BANK INDONESIA
BANK SENTRAL REPUBLIK INDONESIA

PROCEEDING

PEKAN PEREKONOMIAN DAERAH PAPUA BARAT

PAPEDANOMICS 2025

PAPEDANOMICS

Sinergi Memperkuat Stabilitas dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif, Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya

KANTOR PERWAKILAN BANK INDONESIA
PROVINSI PAPUA BARAT

BANK INDONESIA
BANK SENTRAL REPUBLIK INDONESIA

PROCEEDING

PEKAN PEREKONOMIAN DAERAH PAPUA BARAT

PAPEDANOMICS 2025

PAPEDANOMICS

Sinergi Memperkuat Stabilitas dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif, Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya

KANTOR PERWAKILAN BANK INDONESIA
PROVINSI PAPUA BARAT

ISBN

KATA PENGANTAR

Setian

Kepala Perwakilan BI
Provinsi Papua Barat

Papua Barat merupakan salah satu wilayah dengan potensi ekonomi terbesar di kawasan timur Indonesia. Kekayaan alam yang beragam, karakter budaya yang kuat, serta peluang pengembangan pada berbagai sektor mulai dari sektor primer, pariwisata, ekonomi digital, hingga penguatan infrastruktur menjadikan Papua Barat sebagai ruang strategis bagi lahirnya pusat-pusat pertumbuhan ekonomi baru. Namun demikian, dinamika global dan domestik yang berkembang cepat turut mempengaruhi kinerja ekonomi daerah. Pada triwulan III 2025, perekonomian Papua Barat tercatat terkontraksi sebesar -0,13% (yoy), mencerminkan perlunya langkah yang lebih terarah dan terkoordinasi dalam menjaga momentum pemulihan.

Papua Barat merupakan salah satu wilayah dengan potensi ekonomi terbesar di kawasan timur Indonesia. Kekayaan alam yang beragam, karakter budaya yang kuat, serta peluang pengembangan pada berbagai sektor mulai dari sektor primer, pariwisata, ekonomi digital, hingga penguatan infrastruktur menjadikan Papua Barat sebagai ruang strategis bagi lahirnya pusat-pusat pertumbuhan ekonomi baru. Namun demikian, dinamika global dan domestik yang berkembang cepat turut mempengaruhi kinerja ekonomi daerah. Pada triwulan III 2025, perekonomian Papua Barat tercatat terkontraksi sebesar -0,13% (yoy), mencerminkan perlunya langkah yang lebih terarah dan terkoordinasi dalam menjaga momentum pemulihan.

Dalam konteks tersebut, tema Papedanomics tahun ini, “Sinergi Memperkuat Stabilitas dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif, Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya,” menjadi semakin relevan. Tema ini menegaskan pentingnya kolaborasi antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, dunia usaha, akademisi, dan masyarakat untuk memperkuat fondasi ekonomi sekaligus memastikan transformasi struktural berjalan secara merata dan berpihak pada kesejahteraan rakyat.

Arah kebijakan nasional di bawah kepemimpinan Presiden Prabowo Subianto juga memberikan penekanan kuat pada peningkatan produktivitas, penciptaan lapangan kerja melalui program padat karya, percepatan hilirisasi, serta pemanfaatan potensi wilayah secara optimal. Papua Barat menjadi bagian penting dari visi tersebut sebagai daerah yang tidak hanya kaya sumber daya, tetapi juga memiliki peluang besar untuk menjadi episentrum pertumbuhan baru di kawasan timur Indonesia.

Melalui Papedanomics, diharapkan muncul rekomendasi konkret, ruang diskusi yang terbuka, dan pemahaman bersama mengenai strategi penguatan stabilitas serta transformasi ekonomi Papua Barat. Prosiding ini menjadi dokumentasi atas upaya kolektif tersebut, sekaligus pijakan bagi langkah-langkah kolaboratif ke depan dalam membangun Papua Barat yang lebih inklusif, berkelanjutan, dan tangguh menghadapi tantangan global.

Oktober 2025

DAFTAR KARYA TULIS

Kategori UMUM

Hal	Judul	Penulis
3	Analisis Dampak Ekonomi Implementasi Pertanian Tumpang Sari Padi Gogo dan Jagung Pada Lahan Kering di Provinsi Papua Barat Menggunakan Analisis *Cost-benefit* dan *Input-output*	1. Amanda Novriwani Saragih 2. Amardita Nur Fathia 3. Qonita Sabrina
28	*From Land To Value: A Geo-technological Study of Agricultural Downstreaming Using Satellite Data and Shock Modeling in Papua*	1. Yongky Choirul Anam 2. Joko Ade Nursiyono 3. Mutiara Puspita Sari
65	Optimalisasi Peran TPID di Tanah Papua Melalui Analisis Prediktif Data IPH: Perbandingan Kinerja Model Berbasis Statistik dan *Machine Learning* dalam Menjaga Kestabilan Harga Kebutuhan Pokok	1. Lalu Moh. Arsal Fadila 2. Nadia Arsyta Putri
85	Penerapan *Machine Learning* dalam Pemetaan Potensi Wilayah Kecamatan di Pulau Papua Untuk Mendukung Program Makanan Bergizi Gratis	1. Ashabul Kahfi Sipahutar 2. Mutiara Indah 3. Bagus Ardiansyah

DAFTAR KARYA TULIS

Kategori KHUSUS

Hal	Judul	Penulis
107	Analisis Kebutuhan Lokasi dan *Techno-Economic* Terhadap Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam Meningkatkan Elektrifikasi di Pegunungan Arfak, Papua Barat	1. Azizah Nur Sya'bani 2. Izza Aliffatul Auliya 3. Firzatullah Al Ghiffari
129	*Beyond Connectivity:* Literasi, Kapabilitas, dan Masa Depan Inklusi Keuangan di Papua dan Papua Barat	1. Tsabita Husna 2. Zepri Ramadan 3. Devin Nuranggaputra R.
158	*Evaluasi Green Total Factor Productivity* (GTFP) Papua dan Papua Barat: Analisis *Directional Distance Function* dan *Malmquist-luenberger Index*	1. Manuel Exaudi Hutajulu 2. Firda Putri Kurniasari 3. Patricia Eunike Vanuela S.
191	Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat	1. Abdul Mustofa Iqbal Asyrof 2. Eksa Valentine Estrella 3. M.Rayhan Rifqi Alhanzha Putra
213	Perancangan Model *Circular Economy* Berbasis Komunitas Adat Lani di Kabupaten Tolikara Sebagai Strategi Transformasi Potensi Daerah Menuju *Green Economy* Untuk Mencapai *Sustainable Development Goals* (SDGs) di Tanah Papua	1. Fikro Nabila 2. Shevi Kusuma Wardani 3. Pramudya Danish Ersyandi

DAFTAR KARYA TULIS

PAPEDANEUR

Hal	Judul	Penulis
260	Arfak Green Flakes "Mengubah Daun Bawang Pegunungan Arfak Menjadi emas Hijau Bernilai Tinggi"	1. Destrianto Mursalin 2. Nur Lisa Syahbani
279	Gasamson Heritage Digital Platform: Solusi Inovatif untuk Menghubungkan Wisata, Budaya, dan UMKM Raja Ampat	1. Chalilah Syahharbanu Malikin
295	Natural Soap	1. Fitri Iriani 2. Mikardes A. Kalimbuang
309	Papua Polybio Panels "Kelola Sampah, Kelola Limbah, Lingkungan Pun Kembali Indah"	1. Anita Kusumawati, S.M,. M.B.A 2. Tri Putra Jayadi Prima, S.Pd,. M.Pd
327	Sweet Spot Krepsago	1. Vicky Dewa Harianto 2. Elika Gloria Sura 3. Dewi Aulia Revalila

halaman ini sengaja dikosongkan

halaman ini sengaja dikosongkan

BANK INDONESIA
BANK SENTRAL REPUBLIK INDONESIA

Kategori UMUM

PAPEDANOMICS

Sinergi Memperkuat Stabilitas
dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif,
Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya

halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS DAMPAK EKONOMI IMPLEMENTASI PERTANIAN TUMPANG SARI PADI GOGO DAN JAGUNG PADA LAHAN KERING DI PROVINSI PAPUA BARAT MENGGUNAKAN ANALISIS *COST-BENEFIT* DAN INPUT-OUTPUT

Amanda Novriwani Saragih*, Amardita Nur Fathia**, Qonita Sabrina**
*Corresponding Author, Faculty of Economics and Business
University of Indonesia, Depok, Jawa Barat
Email: amandanovri@gmail.com
**Faculty of Economics and Business, University of Indonesia, Depok, Jawa Barat

Abstract

West Papua faces challenges in meeting local food needs, particularly rice, which is still largely dependent on imports. The government is undertaking strategy to strengthen food security by allocating dry land for the cultivation of gogo rice. This study aims to analyze the impact of optimizing gogo rice farming through intercropping with corn on dry land in West Papua. Using Cost-Benefit Analysis (CBA) and Input-Output (IO) Analysis methods, this research aims to evaluate the economic feasibility and broader impacts of this agricultural system. The CBA results show a positive cost-benefit ratio, indicating that this program is financially viable. The IO analysis demonstrates a significant economic multiplier effect on labor absorption and output, especially in the agricultural sector. This study offers policy recommendations for the implementation of intercropping systems as a strategy to address economic challenges and food vulnerability in West Papua.

Keywords: *Food Security; Gogo Rice; Intercropping; Cost-Benefit Analysis; Input-Output Analysis; Multiplier Effect*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Umbi-umbian dan sagu merupakan komoditas tanah Papua yang menjadi makanan pokok sehari-hari bagi masyarakat Papua. Namun, program swasembada pangan beberapa tahun Lalu yang berfokus pada beras mengubah kebiasaan makan masyarakat Papua menjadi lebih terbiasa untuk mengonsumsi beras, meskipun sejatinya tanah Papua bukan penghasil beras (Baransano, et al., 2019). Ketergantungan pada konsumsi beras di Papua yang tidak diikuti dengan kecukupan produksi mandiri termasuk terjadi di Provinsi Papua Barat, dengan 80 persen beras yang dikonsumsi masyarakat Papua Barat berasal dari luar wilayah (Polbangtan Manokwari, 2024). Tingkat produksi beras di Papua Barat hanya 25 ribu ton per tahun, sementara kebutuhan konsumsinya mencapai 110 ribu ton per tahun (Julaini, 2024).

Kabupaten Manokwari dan Manokwari Selatan menjadi penopang produksi beras di wilayah Papua Barat, dengan proporsi produksi beras di Manokwari sebesar 69,7% dan Manokwari Selatan sebesar 25,6% dari total produksi beras di Papua Barat pada tahun 2024 (BPS, 2024). Tingginya kebutuhan akan impor beras dari luar wilayah dan belum meratanya produksi beras di dalam wilayah membuat suplai beras sangat bergantung dengan sistem distribusi antar wilayah. Akan tetapi, kondisi geografis dan infrastruktur di wilayah Indonesia timur yang cukup menantang membuat biaya transportasi untuk rantai pasok di wilayah tersebut, termasuk Papua Barat, menjadi mahal (Ghifari, 2023). Kondisi tersebut memicu tingginya harga beras di Papua Barat (Purnomo, 2025). Tingginya harga beras di Papua Barat didukung dengan data inflasi Papua Barat yang menyatakan jika komoditas beras tercatat sering menjadi penyumbang utama inflasi *year-on-year d*i beberapa bulan pada periode Agustus 2024-Juli 2025 (BPS, 2024; BPS, 2025).

Saat ini, Pemerintah Provinsi Papua Barat tengah menjalankan program-program di bidang pertanian yang dapat meningkatkan produktivitas hasil komoditas pertanian di Papua Barat, mencakup komoditas sagu, jagung, beras, dan sayur-sayuran. Program tersebut mencakup pemberian bantuan alat dan mesin pertanian, serta penyediaan benih unggul serta pupuk dan pestisida untuk mendukung swasembada pangan (Harian Merdeka, 2025). Selain itu, guna meningkatkan produksi beras, Pemerintah Daerah Provinsi Papua Barat memulai penanaman padi gogo di lahan kering (BRMP Papua Barat, 2025). Penanaman padi di lahan kering ini memiliki bertujuan untuk meningkatkan produksi beras dengan memanfaatkan lahan non-sawah yang ada di Papua Barat. Ditargetkan sebanyak 1500 hektare lahan kering di Kabupaten Manokwari, Kabupaten Manokwari Selatan, Kabupaten Teluk Bintuni,

Kabupaten Teluk Wondama, Kabupaten Kaimana, dan Kabupaten Fakfak akan ditanami padi gogo dengan estimasi hasil produksi beras sebanyak 7-8 ribu ton dalam setahun (ANTARA News, 2025).

Sebagai jenis padi yang mampu tumbuh di lahan kering, padi gogo sering ditanam secara tumpang sari dengan tanaman lain seperti cabai, jagung, kedelai, dan ubi kayu (Marpaung, 2018; Taufiq et al.; 2020; Palobo et al., 2023; Maghriza, 2009). Penanaman dengan sistem tumpang sari ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dari lahan kering yang ada. Sistem tumpang sari ini juga dapat mengurangi risiko kegagalan panen karena ketika salah satu jenis tanaman tidak dapat tumbuh, maka terdapat peluang tanaman lainnya untuk tetap tumbuh sehingga lahan tetap produktif (Marpaung, 2018).

Papua Barat merupakan provinsi dengan indeks ketahanan pangan pada tahun 2024 sebesar 51,36 yang termasuk ke dalam kategori rentan (Bapanas, 2024). Artinya, kondisi ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan bahan pangan di provinsi Papua Barat masih belum berada pada kondisi optimal. Inflasi di Provinsi Papua Barat yang seringkali disumbang oleh sektor makanan dan minuman juga mengindikasikan jika akses dan distribusi komoditas di sektor tersebut masih mengalami kendala. Di samping itu, kontribusi tenaga kerja di sektor primer yang mendominasi struktur ketenagakerjaan justru memiliki kontribusi terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) yang rendah.

Jagung merupakan salah satu makanan pokok yang dapat menjadi pengganti beras. Selain itu, jagung juga bisa menjadi komoditas pakan ternak baik untuk ayam, babi, dan sapi. Produktivitas jagung di Papua Barat masih tergolong rendah dan belum menjadi komoditas unggulan daerah (Mawikere, et al., 2024). Dengan adanya inisiasi penanaman padi gogo di lahan kering, dapat dilakukan penanaman secara tumpang sari dengan jagung di lahan tersebut guna memacu peningkatan produksi dari kedua komoditas.

Penerapan sistem tumpang sari padi gogo dan jagung di lahan kering dapat menjadi upaya meningkatkan produktivitas lahan dan produksi bahan pangan di Papua Barat yang akan meningkatkan ketahanan pangan di daerah tersebut. Lewat peningkatan produksi yang terjadi, metode tumpang sari ini juga dapat meningkatkan penyerapan tenaga kerja di Papua Barat.

1.2 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kelayakanan dari segi biaya dan manfaat implementasi pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung pada lahan kering di Papua Barat.

2. Menghitung dampak efek berganda dari implementasi pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung pada lahan kering di Papua Barat terhadap total output dan penyerapan tenaga kerja.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Ekonomi dan Akses Pangan Papua Barat

Berdasarkan data Bank Indonesia, pada triwulan I 2025, perekonomian Papua Barat tumbuh tinggi sebesar 25,53% (yoy), melanjutkan capaian pada triwulan IV 2024 yang mencapai 22,11% (yoy), menjadikannya salah satu wilayah dengan pertumbuhan ekonomi tertinggi secara nasional. Secara sektoral, pertumbuhan ekonomi Papua Barat triwulan I 2025 masih didukung oleh peningkatan ekspor barang dan jasa, serta kinerja kuat dari Lapangan Usaha Industri Pengolahan dan Pertambangan dan Penggalian (LPP Papua Barat, 2025). Meskipun demikian, dalam hal penyerapan tenaga kerja, sektor pertanian masih mendominasi dengan kontribusi 35,59%, meski mengalami kontraksi sebesar 3,06 % (yoy).

Seiring dengan pencapaian pertumbuhan ekonomi yang signifikan, dinamika inflasi juga merupakan hal yang perlu diperhatikan. Sepanjang tahun 2025, kondisi inflasi di Papua Barat menunjukkan pola yang fluktuatif namun cenderung terkendali. Pada triwulan 1 2025, inflasi Papua Barat tercatat negatif atau mengalami deflasi sebesar -1,51% (yoy). Secara umum, dari tahun ke tahun inflasi di Papua Barat didorong oleh inflasi *volatile foods* (bahan makanan bergejolak) dimana berdasarkan Laporan Perekonomian Provinsi Papua Barat oleh Bank Indonesia diperkirakan akan cukup tinggi pada tahun 2025. Peningkatan inflasi *volatile foods* diperkirakan disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan pangan, fluktuasi harga ikan laut segar dan gangguan produksi pangan.

Dinamika inflasi yang dipengaruhi oleh fluktuasi harga pangan juga memunculkan isu penting terkait ketahanan pangan di Papua Barat. Fluktuasi harga pangan, terutama bahan makanan menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi kestabilan pangan di Papua Barat. Dalam mengukur ketahanan pangan, salah satu indikator yang dapat digunakan adalah Indeks Ketahanan Pangan (IKP) yang dikeluarkan oleh WRI, yang mengukur ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan, dengan menggunakan 9 indikator. Secara umum kabupaten di provinsi di wilayah timur Indonesia memiliki tingkat ketahanan pangan yang lebih rendah dibandingkan wilayah barat Indonesia. Berdasarkan data Badan Pangan Nasional tahun 2023, provinsi yang memiliki kabupaten dengan tingkat kerentanan terhadap kerawanan pangan yang tinggi (Prioritas 1) adalah Provinsi Papua dan Papua Barat yaitu 60,71% kabupaten di Provinsi Papua dan 33,33% di Provinsi Papua Barat. Berdasarkan

Ringkasan Studi Pangan dan Tata Guna Lahan (FOLU) Tahun 2021, IKP Papua Barat berkisar antara 26.03 hingga 61.41 dengan 6 kabupaten memiliki IKP <41.52 atau tingkat kerentanan tinggi (prioritas 1): Tambrauw, Pegunungan Arfak, Maybrat, Teluk Wondama, Teluk Bintuni, dan Fakfak.

2.2 Kondisi Geografis Papua Barat

Provinsi Papua Barat memiliki luas wilayah sekitar 60.275,3 km², yang terdiri dari berbagai jenis bentang alam, seperti pesisir laut, dataran rendah, pegunungan, serta sungai yang subur (BPS Papua Barat, 2024). Wilayah ini memiliki kondisi geografis yang mendukung pertumbuhan berbagai jenis tanaman, ideal untuk komoditas perkebunan seperti kelapa sawit dan kakao, serta untuk produksi pertanian, terutama padi dan sagu.

Padi adalah salah satu komoditas pertanian utama yang berperan penting dalam ketahanan pangan di Papua Barat. Pada tahun 2024, luas panen padi di Papua Barat diperkirakan mencapai sekitar 5,12 ribu hektare, dengan produksi padi mencapai 20,73 ribu ton Gabah Kering Giling (GKG). (BPS Papua Barat, 2025). Tanaman padi yang membutuhkan kelembapan tinggi dan suhu stabil untuk optimalisasi industri, dapat tumbuh dengan baik di Papua Barat dengan iklim tropis dengan curah hujan yang merata sepanjang tahun (FOLU, 2019). Lahan pertanian padi di provinsi Papua Barat terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu sawah irigasi yang mencakup sekitar 7.501 hektare, dan sawah non-irigasi yang mencapai 12.160 hektare (FOLU, 2019).

Papua Barat memiliki banyak potensi lahan untuk budidaya padi, seperti lahan-lahan kering yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Di tahun 2025, Pemerintah Provinsi Papua Barat mendapatkan alokasi program pengembangan padi gogo dari Kementerian Pertanian dengan target lahan kering seluas 1.505 hektare (ANTARA News, 2025). Inventarisasi potensi lahan ini meliputi Kabupaten Manokwari, Kabupaten Manokwari Selatan, Kabupaten Teluk Bintuni, Kabupaten Teluk Wondama, Kabupaten Kaimana, dan Kabupaten Fakfak. Penggunaan lahan tidur, seperti lahan kelapa sawit untuk pengembangan komoditas padi gogo mencerminkan inovasi pertanian yang adaptif terhadap kondisi masyarakat lokal Papua Barat. Varietas padi gogo digunakan karena sesuai dengan karakteristik tanah dan cuaca di Papua Barat. Kegiatan ini mendukung usaha pemerintah provinsi dalam menambah luas area tanam padi tanpa bergantung hanya pada lahan basah yang ketersediaannya terbatas (ANTARA News, 2025).

2.3 Padi Gogo

Padi gogo merupakan jenis padi yang dibudidayakan pada lahan kering tanpa penggenangan, memanfaatkan curah hujan sebagai sumber air utama (Hafif, 2016; Rizal et al., 2022). Keunggulan padi gogo terletak pada kemampuannya beradaptasi di lahan marginal, termasuk lahan yang tidak dapat digunakan untuk padi sawah, sehingga berpotensi memperluas areal tanam dan meningkatkan produksi beras (Konyep, 2020). Padi gogo memiliki ketahanan terhadap kekeringan dan efisiensi dalam pemanfaatan air, sehingga dapat menjadi alternatif strategis untuk daerah dengan sumber daya air terbatas (Idwar et al., 2019). Penanaman padi gogo di lahan kering umumnya dilakukan pada awal musim hujan, baik secara monokultur maupun tumpangsari dengan tanaman pangan lainnya (Sahara & Kushartanti, 2019).

Implementasi padi gogo di berbagai wilayah di Indonesia telah menunjukkan keberhasilan dan potensi besar untuk mendukung peningkatan produksi padi nasional. Di Riau, varietas Inpago 8 dan Situ Patenggang mampu menghasilkan 4,0–5,2 ton/ha di lahan Ultisol dengan pemberian pupuk organik, sementara varietas Situ Bagendit menghasilkan hingga 4,58 ton/ha di lahan Inceptisol dengan pupuk kandang ayam 10 ton/ha (Idwar et al., 2019). Di Papua Barat, padi gogo lokal telah lama menjadi bagian dari sistem pertanian tradisional masyarakat, berperan penting dalam ketahanan pangan wilayah pedalaman (Konyep, 2020). Di Lampung dan Jawa Tengah, penerapan teknologi budidaya yang tepat, termasuk varietas unggul nasional dan penyesuaian pola tanam, telah meningkatkan produktivitas sekaligus efisiensi input (Hafif, 2016; Sahara & Kushartanti, 2019).

2.4 Metode Pertanian Tumpang Sari

Menurut Suwena (2002), tumpang sari adalah penanaman dua jenis tanaman atau lebih pada sebidang tanah dalam waktu yang sama atau hampir bersamaan. Penerapan pola tanam tumpangsari merupakan upaya peningkatan intensitas penggunaan lahan (Phalan et al. 2011). Pola tumpang sari telah dipraktekkan di banyak negara, seperti China, India, Nigeria, Mali dan Ethiopia (Ouma 2009; Zomer et al. 2009), dengan kontribusi mencapai 15-20% pasokan pangan dunia (Lithourgidis et al. 2011). Berbeda dengan penanaman monokultur, sistem tumpang sari harus memperhatikan kombinasi berbagai jenis tanaman dari beberapa aspek, di antaranya kedalaman perakaran, tinggi tanaman, kebutuhan unsur hara, dan tingkat kekerabatan tanaman (Palobo, 2023). Secara empiris, sistem penanaman tumpang sari padi gogo telah dilakukan dengan beberapa jenis tanaman lain, diantaranya cabai, jagung, kedelai, dan ubi kayu (Marpaung, 2018; Taufiq et al., 2020; Palobo et al.,

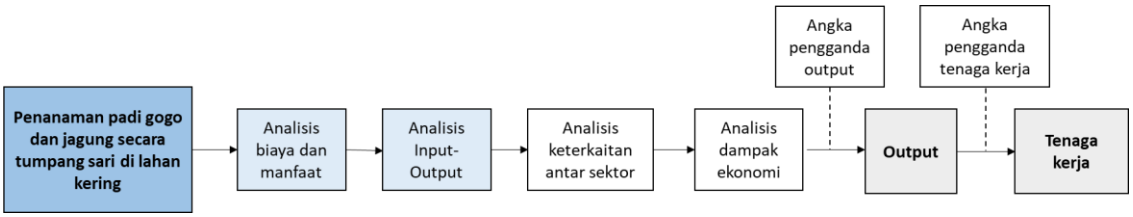
2023; Maghriza, 2009).

Penanaman padi gogo dan jagung secara tumpang sari pernah dilakukan di beberapa daerah seperti Papua, Bangka Selatan, dan Daerah Istimewa Yogyakarta (Taufiq, et al, 2020; Yuliani, et al., 2022; Ghifari, 2024). Alasan penerapan sistem tumpang sari dengan tanaman jagung di antaranya adalah karena kemampuannya menekan pertumbuhan gulma dan meningkatkan kesuburan tanah melalui peningkatan unsur nitrogen (Yuliani, et al., 2022). Dalam sistem tumpang sari, tanaman jagung juga dapat membantu mengurangi erosi tanah dan mendukung kelangsungan budidaya padi gogo dalam jangka panjang (Taufiq et al, 2020).

2.5 Kerangka Berpikir Penelitian

Berikut ini merupakan kerangka berpikir dari penelitian ini yang mencakup analisis biaya dan manfaat serta analisis input-output dari penanaman padi gogo dan jagung secara tumpang sari di lahan kering. Hasil dari kedua analisis tersebut akan mengukur manfaat dan dampak dari metode tumpang sari yang dijalankan, utamanya pada indikator *output* dan penyerapan tenaga kerja.

Gambar 2. Kerangka Berpikir Penelitian



Sumber: Analisis tim

III. METODE PENELITIAN

3.1 Metode Analisis

a) Cost Benefit Analysis

Cost-Benefit Analysis (CBA) atau analisis biaya dan manfaat menurut Boardman et al., 2011 merupakan metode yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dengan mengukur seluruh konsekuensi suatu proyek dalam bentuk nilai moneter. Proses ini dilakukan secara sistematis dengan mengidentifikasi manfaat dan biaya dari suatu program yang dihitung dalam satuan moneter. CBA bertujuan untuk membantu pengambilan keputusan yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya yang terbatas secara efisien (Jiang & Marggraf, 2021). Berdasaarkan Welis, et al. (2022) terdapat beberapa indikator

yang dapat digunakan untuk menghitung analisis biaya dan manfaat:

1. Analisis laba/rugi merupakan penghitungan keuntungan atau kerugian suatu bisnis berdasarkan jumlah pendapatan yang diterima dan biaya yang dikeluarkan selama periode tertentu dengan formula sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Laba(rugi) = total\ pendapatan - total\ biaya}$$

2. *Benefit Cost Ratio* (BCR) merupakan indikator yang digunakan untuk melihat hubungan biaya dan manfaat dari suatu proyek. Jika angka BCR lebih dari sama dengan 1 maka proyek tersebut memiliki *Net Present Value* yang positif sehingga layak untuk dijalankan, sementara jika angka BCR kurang dari 1 maka proyek tersebut kurang layak untuk dijalankan. Penghitungan BCR dilakukan atas dasar formula sebagai berikut:

$$BCR = \frac{TR}{TC}$$

3. *Breakeven Point* menunjukkan tingkat volume produksi yang akan menghasilkan jumlah pendapatan yang sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan dengan formula sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Biaya\ tetap}{Harga\ per\ unit - Biaya\ variabel\ per\ unit}$$

4. *Payback Period* menunjukkan lamanya waktu yang dibutuhkan arus kas masuk kumulatif dengan nilai sekarang untuk menyamai total nilai sekarang investasi. Semakin cepat pengembalian investasi suatu bisnis, semakin baik bisnis tersebut karena perputaran modalnya semakin lancar. *Payback period* dihitung dengan menggunakan formula:

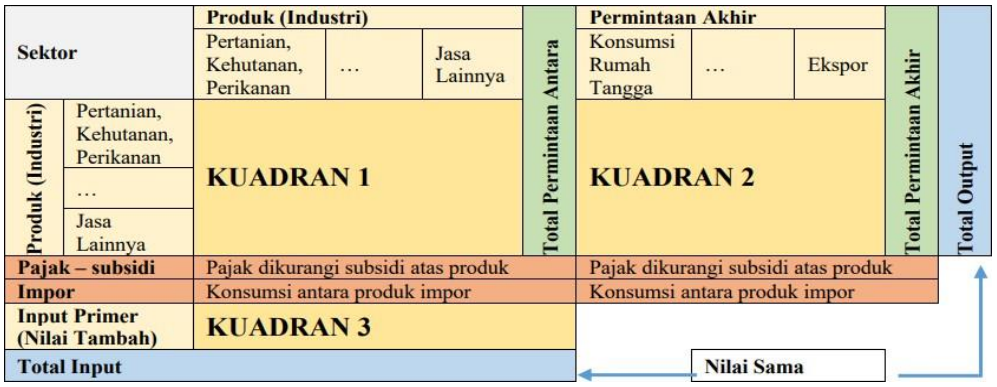
$$PP = \frac{Jumlah\ investasi\ tahunan}{Keuntungan}$$

b) Analisis *Input Output*

Dalam menganalisis dampak implementasi pertanian padi lahan kering terhadap ekonomi Papua Barat, digunakan analisis kuantitatif menggunakan tabel Input-Output (IO). Metode *Input-Output* pertama kali dirumuskan oleh Wassily Leontief (1986), yang mengembangkan kerangka kuantitatif untuk memetakan interdependensi sektor ekonomi melalui tabel input-output. Tabel IO merupakan uraian statistik dalam bentuk matriks yang menyajikan informasi tentang transaksi barang dan jasa serta saling keterkaitan antar satuan

kegiatan ekonomi dalam suatu wilayah, pada suatu periode waktu tertentu.

Gambar 3. Gambaran Umum Struktur Tabel Input-Output



Sumber: Kusuma et al. (2024)

Berdasarkan tabel IO, keterkaitan antar sektor dapat diterjemahkan ke dalam bentuk persamaan yang menunjukkan bahwa total output suatu sektor sama dengan jumlah penggunaannya pada sektor lain serta permintaan akhir. Secara matematis, hubungan keterkaitan ini dapat dijabarkan ke dalam bentuk persamaan kuantitatif sebagai berikut:

1. Persamaan Dasar Leontief

Persamaan dasar input-output adalah bentuk matematis yang menggambarkan hubungan antara masukan (*input*) dan keluaran (*output*) dalam suatu sistem atau proses. Secara umum, persamaan ini dinyatakan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{X = AX + Y}$$

Dalam persamaan tersebut, **X** merupakan vektor output total, **A** adalah matriks koefisien yang menunjukkan proporsi input yang dibutuhkan dari berbagai komponen atau sektor untuk menghasilkan output, dan **Y** adalah vektor permintaan akhir atau masukan eksternal ke sistem. Melalui transformasi matematis, persamaan ini dapat dinyatakan menjadi:

$$\boldsymbol{X = (I - A)^{-1}Y}$$

I adalah matriks identitas yang ukurannya sama dengan matriks A. Persamaan ini menunjukkan bahwa output total suatu sistem dapat dihitung dengan mengalikan invers dari matriks (I−A) dengan vektor permintaan akhir Y.

2. Analisis Keterkaitan *(Backward dan Forward Linkage)*

Analisis keterkaitan ke belakang (*backward linkage*) digunakan untuk mengukur sejauh mana suatu sektor bergantung pada input dari sektor lain. Sebaliknya, analisis keterkaitan ke depan (*forward linkage*) melihat sejauh mana output suatu sektor digunakan

sebagai input oleh sektor lain. Sektor dengan forward linkage tinggi cenderung menjadi pemasok utama bagi banyak sektor lain. Secara matematis, rumus forward dan backward linkage dapat dituliskan sebagai berikut:

(1) Keterkaitan Langsung ke Belakang:

$$BL_j = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}a_{ij}}$$

(2) Keterkaitan Langsung ke Depan:

$$FL_i = \frac{n\sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij}}$$

Selain keterkaitan langsung, keterkaitan antar sektor ekonomi juga dapat bersifat tidak langsung, dimana *output* dari suatu sektor yang digunakan oleh sektor lain dapat kembali menjadi input bagi sektor berikutnya, sehingga membentuk rantai keterkaitan yang lebih panjang. Secara matematis keterkaitan langsung dan tidak langsung ke belakang dan ke depan dapat dirumuskan sebagai berikut:

(1) Keterkaitan Langsung dan Tidak langsung ke Belakang:

$$TBL_j = \frac{n\sum_{i=1}^{n}l_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}l_{ij}}$$

(2) Keterkaitan Langsung dan Tidak Langsung ke Depan

$$TFL_i = \frac{n\sum_{i=1}^{n}g_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}g_{ij}}$$

3. Analisis Pengganda (*Multiplier Effect*)

Selanjutnya, analisis angka pengganda *(multiplier effect)* mencoba melihat apa yang terjadi terhadap variabel-variabel endogen, yaitu output sektoral, apabila terjadi perubahan variabel-variabel eksogen, seperti permintaan akhir, didalam perekonomian (Kristiani, 2016). Analisis angka pengganda dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu angka pengganda output, angka pengganda pendapatan rumah tangga dan pengganda penyerapan tenaga kerja.

a. Dampak Output

Analisis dampak output mengukur bagaimana berapa besar tambahan output jika terdapat tambahan final demand di satu sektor tertentu, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta \boldsymbol{X} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A})^{-1}\Delta \boldsymbol{Y}$$

b. Dampak Penyerapan Tenaga Kerja

Terdapat hubungan yang proporsional antara output yang diproduksi dengan jumlah tenaga kerja yang digunakan. Analisis dampak penyerapan tenaga kerja menghitung besaran tambahan penyerapan tenaga kerja jika terdapat tambahan final demand di satu sektor tertentu. Secara matematis, dampak penyerapan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\Delta \boldsymbol{L} = \boldsymbol{e}(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A})^{-1}\Delta \boldsymbol{Y}$$

c) Analisis Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan suatu wilayah dapat dinilai dari skor Indeks Ketahanan Pangan (IKP) yang dikeluarkan oleh Badan Pangan Nasional (Bapanas) setiap tahun. IKP mengukur tiga dimensi utama ketahanan pangan, yaitu ketersediaan, keterjangkauan, dan pemanfaatan pangan. Pengukuran ketahanan pangan suatu wilayah juga dapat dilakukan melalui analisis defisit pangan. Defisit pangan mengukur selisih antara ketersediaan pangan dengan kebutuhan konsumsi pangan wilayah tertentu. Pendekatan ini memberikan gambaran langsung mengenai ketergantungan suatu wilayah terhadap pasokan pangan eksternal, serta sejauh mana kapasitas lokal dapat mencapainya.

3.2 Sumber Data

Data estimasi biaya dan pendapatan program tumpang sari padi gogo dan jagung pada penelitian ini didasarkan pada *web scrapping* harga pasar dan *benchmark* beberapa studi serupa. Studi yang digunakan sebagai referensi dilakukan di wilayah Papua Selatan, Riau dan Kalimantan Selatan. Data biaya dan pendapatan yang diperoleh dari studi tersebut kemudian diadaptasi untuk konteks Papua Barat, dengan mempertimbangkan perbedaan wilayah, lahan, dan potensi hasil yang spesifik untuk wilayah ini. Estimasi biaya ini digunakan dalam analisis CBA untuk menilai kelayakan finansial dan dampak dari implementasi program tumpang sari bagi petani di Papua Barat.

Dalam analisis Input-Output, penelitian ini menggunakan Tabel Input-Output Provinsi Papua Barat Tahun 2016 yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021, yang merupakan data terbaru untuk wilayah tersebut. Tabel ini menyajikan informasi terkait transaksi barang dan jasa serta hubungan antar sektor ekonomi, baik sektor hulu maupun hilir, di Provinsi Papua Barat. Tabel IO yang digunakan mencakup 52 sektor ekonomi yang digunakan untuk menghitung pengganda output dan penyerapan tenaga kerja dalam konteks ekonomi daerah. Komponen data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sumber Data Penelitian

Data	Cakupan	Sumber
Tabel Input-Output Provinsi Papua Barat Transaksi Domestik atas Harga Produsen (52 Industri) Tahun 2016	Data keterkaitan antar industri dalam proses produksi barang dan jasa yang dihasilkan di Papua Barat	Badan Pusat Statistik (2021)

Produksi Tanaman Pangan per Provinsi Tahun 2021-2024 dalam	Data produksi padi dan jagung dalam ton di wilayah Papua Barat	Badan Pangan Nasional (2024)
Komponen Biaya Sarana Produksi Tumpang Sari Gogo-Jagung	Harga bibit padi gogo, bibit jagung, pupuk, dan pestisida	Harga pasar pada marketplace dan platform e-commerce
Komponen Upah Tenaga Kerja Penanaman Tumpang Sari Gogo-Jagung	Biaya pembersihan lahan, penyemaian, pemupukan, penyiangan, panen, pasca panen	Triono (2016), Hartono et al. (2019), Palobo et al. (2023)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Program Tumpang Sari Padi Gogo dan Jagung pada Lahan Kering Papua Barat

Penerapan tumpang sari padi gogo dengan jagung merupakan pendekatan yang dapat mengoptimalkan pemanfaatan lahan kering di Papua Barat sebagai strategi untuk memperkuat ketahanan pangan. Padi gogo mampu tumbuh pada kondisi curah hujan musiman tanpa sistem irigasi sawah yang sesuai dengan kondisi geografis Papua Barat. Sementara itu jagung dipilih sebagai komoditas pendamping karena berfungsi sebagai bahan pangan pokok alternatif yang juga memiliki nilai ekonomi tinggi. Tanaman jagung dalam sistem tumpang sari dapat mengurangi erosi tanah sehingga mendukung kelangsungan budidaya padi gogo di jangka panjang. Kombinasi kedua komoditas ini dapat memberikan diversifikasi hasil panen dan meningkatkan produksi pangan.

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian telah mengalokasikan program pengembangan padi gogo pada lahan kering seluas 1.505 hektare di enam kabupaten di Papua Barat. Melalui skema tumpang sari dengan jagung, lahan tersebut tidak hanya berkontribusi pada peningkatan produksi beras lokal, tetapi juga memperluas ketersediaan pangan non-beras yang dapat mendukung ketahanan pangan daerah. Dengan pendekatan tersebut, program ini dapat menjadi strategi pembangunan pertanian berkelanjutan yang berdampak pada peningkatan produktivitas lahan, diversifikasi komoditas pangan, penyerapan tenaga kerja baru, serta peningkatan kesejahteraan petani.

4.2 Hasil *Cost-Benefit Analysis*

Rincian biaya dari penanaman padi gogo dan jagung secara sistem tumpang sari meliputi biaya penanaman dan biaya tenaga kerja selama setahun dengan penanaman sebanyak satu kali yaitu pada saat awal tahun di musim penghujan dengan alasan pasokan

air hujan dapat memenuhi kebutuhan tanaman padi dan jagung pada masa awal penanaman (A.D.H., et al., 2011). Selanjutnya, rincian pendapatan diestimasi berdasarkan hasil produksi dan harga jual pada Palobo, et al. (2020). Kemudian, laba/rugi dari total biaya dan penerimaan dihitung. Besaran biaya dan pendapatan diestimasi dengan menghitung luas lahan penanaman padi gogo dan jagung di lahan kering sebesar 1.505 hektare.

Tabel 2. Rincian Biaya Penanaman Tumpang Sari Padi Gogo dan Jagung

Komponen Biaya	**Biaya per Unit**	**Kebutuhan/Hektar Lahan**	**Biaya/Hektar Lahan**
Bibit padi gogo	Rp27.000,-	40 kg	Rp1.080.000,-
Bibit jagung	Rp45.000,-	40 kg	Rp1.800.000,-
Pupuk urea	Rp4.500,-	300 kg	Rp2.250.000,-
Pupuk SP 36	Rp7.500,=	100 kg	Rp900.000,-
Pupuk NPK	Rp3.200,-	400 kg	Rp3.840.000,-
Pestisida decis	Rp75.000,-	3 botol	Rp225.000,-
Pestisida amchoten	Rp150.000,-	3 liter	Rp450.000,-
Total Biaya Penanaman			Rp10,545,000,-
Pembersihan lahan			Rp1.472.000,-
Penanaman			Rp2.334.600,-
Pemupukan			Rp194.400,-
Penyiangan			Rp1.710.450,-
Panen			Rp3.094.200,-
Pasca Panen			Rp10.220.400,-
Total Biaya Tenaga Kerja			Rp10,026,450,-
TOTAL BIAYA/HEKTARE			Rp20.571.450,-
TOTAL BIAYA			Rp21.600.022.500,-

Sumber: Analisis tim berdasarkan Palobo, et al. (2020)

Tabel 3. Rincian Pendapatan Penanaman Tumpang Sari Padi Gogo dan Jagung

Komoditas	**Hasil/Ha (kg)**	**Harga jual/Ha**	**Penerimaan**
Padi	4,500	Rp5,300,-	Rp23.850.000,-
Jagung	8,900	Rp5,000,-	Rp44.500.000,-
TOTAL PENERIMAAN/HEKTARE		Rp68,350,000,-	
TOTAL PENERIMAAN		Rp71.767.500.000	

Sumber: Analisis tim berdasarkan Palobo, et al. (2020)

$$total\ penerimaan - total\ biaya = Laba(rugi) \quad ...(1)$$

$$Rp71.7670.500.000 - Rp21.600.022.500 = Rp50.167.477.500 \ldots..(2)$$

Berdasarkan estimasi total biaya dan penerimaan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**, penanaman padi gogo dan jagung dalam rentang waktu satu tahun seluas 1.505 hektare akan menghasilkan laba sebesar Rp50.167.477.500,-.

$$BCR = \frac{Total\ penerimaan}{Total\ biaya} = \frac{Rp71.767.500.000}{Rp21.600.022.500} = 3{,}3 \ldots (3)$$

Penghitungan BCR menghasilkan angka sebesar 6,8 yang artinya proyek ini memiliki manfaat yang lebih besar dibanding biayanya dan layak untuk dijalankan.

Mengingat masa tanam padi yang berdurasi 6 bulan dan jagung yang berdurasi 3 bulan, proses penanaman dan panen hingga penjualan hasil panen berada dalam rentang waktu tahun yang sama sehingga laba diterima pada tahun yang sama dengan tahun ketika biaya dikeluarkan. Artinya, *payback period* berada pada tahun yang sama dengan tahun ketika investasi dijalankan. Selanjutnya, tidak adanya biaya tetap dan harga jual yang lebih tinggi dibandingkan biaya per unit membuat *breakeven point* tidak dicapai setelah mencapai kuantitas produksi tertentu.

4.3 Hasil Analisis Input-Output

Dalam menghitung dampak langsung dari implementasi metode pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung di Provinsi Papua Barat, maka dilakukan analisis input output (IO) dengan menghitung angka pengganda dari output dan penyerapan tenaga kerja. Data utama yang digunakan untuk analisis IO adalah Tabel IO Provinsi Papua Barat tahun 2016 yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik yang terdiri dari 52 sektor ekonomi. Analisis IO pada penelitian ini diawali dengan analisis keterkaitan antar sektor yang dilihat dari keterkaitan langsung dan tidak langsung baik kedepan (hilir) maupun kebelakang (hulu).

Tabel 4. Analisis Keterkaitan Industri Pertanian Provinsi Papua Barat

Analisis Keterkaitan	Pertanian Tanaman Pangan
Keterkaitan Langsung ke Belakang	0,076
Keterkaitan Langsung ke Depan	0,149
Keterkaitan Langsung dan Tidak Langsung ke Belakang	1,088
Keterkaitan Langsung dan Tidak Langsung ke Depan	1,195

Sumber: BPS, data diolah penulis

Berdasarkan **Tabel 4**, keterkaitan langsung ke belakang dan kedepan pada industri

pertanian tanaman pangan di Papua Barat tercatat sebesar 0,076 dan 0,149. Kedua angka keterkaitan ini masih relatif kecil yang mengindikasikan bahwa kebutuhan input langsung dari sektor hulu dan hilir untuk mendukung proses produksi di sektor ini masih terbatas. Hasil ini mencerminkan bahwa keterhubungan langsung sektor pertanian tanaman pangan, baik terhadap penyedia input maupun terhadap pengguna output, belum terlalu signifikan.

Namun, jika memperhatikan keterkaitan langsung dan tidak langsung, terlihat bahwa nilai keterkaitan ke belakang meningkat cukup besar menjadi 1,088 dimana angka ini dapat di interpretasi bahwa jika terjadi peningkatan permintaan akhir sebesar Rp1 di sektor pertanian tanaman pangan, maka kebutuhan input dari sektor hulu yang terkait akan meningkat sebesar Rp1.088. Sementara itu, nilai keterkaitan langsung dan tidak langsung ke depan juga lebih tinggi, dimana peningkatan permintaan akhir sebesar Rp1 di sektor pertanian tanaman pangan, akan meningkatkan sektor hilir terkait sebesar Rp1.195. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun keterkaitan langsung rendah, sektor pertanian tanaman pangan tetap memberikan efek pengganda *(multiplier effect)* yang cukup besar terhadap perekonomian, terutama melalui mekanisme rantai produksi yang lebih luas.

Selanjutnya, dilakukan analisi dampak *shock* pada industri pertanian tanaman pangan akibat implementasi program pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung di lahan kering Papua Barat yang dilihat terhadap total penambahan output dan total penyerapan tenaga kerja di Provinsi Papua Barat. Berdasarkan hasil analisis CBA sebelumnya, diperoleh total biaya/investasi program tumpang sari padi gogo dan jagung sebesar **Rp 30.960.032.250.** Total biaya tersebut kemudian dijadikan basis shock dalam analisis dampak output dalam analisis Input-Output.

Tabel 5. Hasil Analisis Dampak *Shock* Hasil Pertanian terhadap Total Output

Kode	Industri	Dampak terhadap Output (Rp)	Dampak terhadap Output (%)
I001	Pertanian Tanaman Pangan	32.574.786.689	96,74%
I033	Perdagangan Besar dan Eceran, Bukan Mobil dan Sepeda Motor	406.991.321	1,20%
I005	Jasa Pertanian dan Perburuan	261.017.765	0,77%
	Industri Lainnya	429.129.310	1,27%
	TOTAL	**33.671.925.085**	**100%**

Hasil perhitungan model input-output menunjukkan bahwa *shock* pada industri

pertanian tanaman pangan memberikan kontribusi terbesar terhadap total output industri pertanian tanaman pangan itu sendiri dengan total pertambahan output sebesar Rp32,57 miliar atau sekitar 97,35 persen dari total dampak terhadap output. Kemudian, dampak shock juga meningkatkan output industri Perdagangan Besar dan Eceran, Bukan Mobil dan Sepeda Motor sebesar Rp 406 Juta atau sebesar 1,08% dari total dampak. Kenaikan output pertanian menyediakan lebih banyak produk hasil pangan yang perlu dipasarkan dan didistribusikan ke konsumen. Dengan bertambahnya pasokan produk pertanian, aktivitas perdagangan besar dan eceran meningkat untuk mengelola distribusi dan penjualan produk tersebut. Sementara itu, pada industri Jasa Pertanian dan Perburuan terjadi peningkatan sebesar Rp 261 Juta atau sebesar 0,76% dimana hal ini dapat terjadi karena peningkatan hasil pertanian membutuhkan lebih banyak dukungan jasa pertanian, seperti pengolahan lahan, pemeliharaan tanaman, dan panen, sehingga dapat mendorong kebutuhan pada industri jasa tersebut.

Pola ini menunjukkan adanya efek pengganda (*multiplier*), di mana dorongan dari pertanian tanaman pangan mendorong pergerakan permintaan input dan aktivitas ekonomi lintas sektor. Dengan demikian, implementasi program tumpang sari padi gogo dan jagung di Papua Barat tidak hanya berimplikasi pada peningkatan produksi primer, tetapi juga pada keterkaitan sektoral yang memperkuat basis ekonomi regional secara berkelanjutan.

Tabel 6. Hasil Analisis Dampak *Shock* Hasil Pertanian terhadap Penyerapan Tenaga Kerja di Provinsi Papua Barat

Kode	Industri	Dampak terhadap Lapangan Kerja (RT)	Dampak terhadap Lapangan Kerja (%)
I001	Pertanian Tanaman Pangan	11.008	97,35%
I005	Jasa Pertanian dan Perburuan	6	0,06%
	TOTAL	**11.014**	**100%**

Sumber: BPS, data diolah penulis

Selanjutnya, implementasi program pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung juga dapat dianalisis terhadap angka pencipataan lapangan kerja di Provinsi Papua Barat. Analisis dampak tenaga kerja dilakukan dengan memetakan jumlah tenaga kerja pada masing-masing industri.

Berdasarkan hasil analisis pada **Tabel 6**, adanya impelementasi program pertanian tumpang sari ini secara langsung menciptakan kesempatan kerja dalam jumlah besar di sektor pertanian tanaman pangan dengan total penyerapan tenaga kerja mencapai 11.008

Rumah Tangga. Penyearapan tenaga kerja dengan jumlah yang besar di sektor ini dapat terjadi karena proses produksi pangan di Provinsi Papua Barat yang masih sangat mengandalkan tenaga manusia khususnya untuk penanaman, pemeliharaan, dan panen. Besarnya kontribusi (97,35%) menunjukkan bahwa sektor pertanian tanaman pangan menjadi tulang punggung penyediaan lapangan kerja di wilayah ini. Sementara itu, pada inudstri jasa pertanian dan perburuan terjadi penyerapan tenaga kerja sebesar 6 rumah tangga (0,06%). Adapun analisis dampak penyerapan tenaga kerja pada sektor lain pada analisis ini masih sangat terbatas pada ketersediaan data distribusi tenaga kerja Papua Barat pada 52 industri ekonomi yang digunakan dalam table IO. Keterbatasan ini bisa menyebabkan *underestimation* atau kurangnya representasi penyerapan tenaga kerja di industri-industri lainnya yang secara teoritis juga terpengaruh oleh *shock* pertanian.

4.4 Hasil Analisis Ketahanan Pangan

Berdasarkan estimasi hasil pada **Tabel 3**, dari penanaman tumpang sari padi gogo dan jagung didapat produksi padi sebanyak 4,5 ton/hektare dan produksi jagung sebanyak 8,9 ton per hektare. Dengan menjalankan program di lahan kering seluas 1.505 hektare, maka akan didapat total produksi padi sebanyak 6.772 ton dan total produksi jagung sebanyak 13.394 ton, dengan total keseluruhan produksi sebanyak 20.176 ton. Adapun, dampak dari peningkatan produksi terhadap kondisi ketahanan pangan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Analisis Defisit Padi di Papua Barat

Tahun	Kebutuhan Padi (ton)	Produksi Padi (ton)	Defisit Padi
2021	96,867.23	26,926.93	69,940.30
2022	101,710.59	23,963.92	77,746.67
2023	106,796.12	22,566.81	84,229.31
2024	110,000.00	20,729.15	89,270.85
2025	113,300.00	27,501.15	85,798.85

Sumber: Badan Pusat Statistik, data diolah

Berdasarkan data kebutuhan padi yang didapat dari Bapanas (2024) dan Julaini (2024) pada tahun 2024, dilakukan backcasting kebutuhan padi untuk tahun 2021-2023 dan forecasting kebutuhan padi untuk tahun 2025 dengan asumsi pertumbuhan kebutuhan padi sebesara 3% per tahun yang mengikuti rata-rata pertumbuhan populasi dan pergeseran tren konsumsi makanan pokok masyarakat Papua menjadi beras. Sementara itu, data produksi padi untuk tahun 2021-2024 didapat dari Bapanas (2024) dan estimasi produksi padi pada tahun 2025 didapat dari penjumlahan produksi padi pada tahun 2024 dengan tambahan produksi padi dari penanaman secara tumpang sari di lahan kering seluas 1.505 hektare yang

sebanyak 6.772 ton. Terlihat jika tambahan produksi padi dari penanaman di lahan kering pada 2025 membantu menjaga stabilitas gap produksi dan konsumsi sesuai dengan gap pada dua tahun sebelumnya. Artinya, program ini dapat membantu mereduksi kerawanan pangan yang ada di Papua Barat.

Tabel 8. Hasil Analisis Produksi Jagung di Papua Barat

Tahun	Produksi Jagung Papua Barat (ton)	Catatan
2021	6,389	Data FSVA
2022	1,568	Data FSVA
2023	1,606	Data FSVA
2025	13,395	*Forecast*

Sumber: FSVA, data diolah

Selanjutnya, angka produksi jagung pada 2021-2023 di Papua Barat diambil dari FSVA (2024) dan angka produksi jagung pada tahun 2025 diestimasi dengan menghitung besaran produksi jagung dari penanaman secara tumpang sari di lahan kering seluas 1.505 hektare. Berdasarkan hasil estimasi tersebut, produksi jagung meningkat sebesar 2 kali lipat dari jumlah produksi pada tahun 2021 dan 8 kali lipat dibanding jumlah produksi pada 2022 dan 2023. Artinya, penanaman jagung di lahan kering akan meningkatkan pasokan bahan pangan komoditas jagung secara signifikan.

4.5 Hasil Analisis *Strength, Weakness, Opportunity & Threat* (SWOT)

Analisis SWOT memberikan pendekatan yang sistematis untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang dapat mempengaruhi keberhasilan penerapan sistem tumpang sari antara padi gogo dan jagung di Papua Barat. **Tabel A** pada **Lampiran** merangkum hasil analisis SWOT dari rujukan studi-studi sebelumnya yang meneliti implementasi program serupa di berbagai wilayah.

Implementasi sistem tumpang sari padi gogo dengan jagung di Papua Barat memiliki potensi besar untuk meningkatkan perekonomian petani, ketersediaan pangan, dan efisiensi penggunaan sumber daya. Meskipun terdapat kelemahan seperti penurunan hasil pada salah satu tanaman, secara keseluruhan hasil dari sistem tumpang sari ini dapat mengimbangi dan bahkan meningkatkan produktivitas lahan. Selain itu, biaya produksi awal yang lebih tinggi juga dapat tertutup oleh keuntungan yang diperoleh dari peningkatan total hasil pertanian. Agar potensi program ini dapat dioptimalkan, dukungan akses, pelatihan, serta kebijakan pemerintah akan sangat membantu untuk memperkuat ketahanan pangan dan perekonomian di Papua Barat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis dampak ekonomi dari implementasi pertanian tumpang sari antara padi gogo dan jagung pada lahan kering di Provinsi Papua Barat dengan menggunakan metode *Cost-Benefit Analysis*, Input-Output, dan Analisis SWOT.

Program ini menunjukkan kelayakan finansial yang positif dengan hasil analisis CBA memberikan rasio biaya-manfaat sebesar 3,3. Ini mengindikasikan bahwa manfaat yang dihasilkan jauh melebihi biaya yang dikeluarkan, sehingga program ini layak untuk dijalankan. Analisis IO menunjukkan bahwa implementasi pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung memiliki efek pengganda yang signifikan terhadap sektor pertanian di Papua Barat. Peningkatan output pertanian dari program ini meningkatkan penyerapan tenaga kerja di sektor pertanian tanaman pangan sampai 97,35% atau setara dengan 11.088 rumah tangga. Ini menunjukkan pentingnya sektor ini dalam penyediaan lapangan kerja di Papua Barat.

Peningkatan hasil pertanian melalui sistem tumpang sari padi gogo dengan jagung juga membantu mengurangi ketergantungan pada satu jenis tanaman, sehingga mereka lebih mudah beradaptasi dengan perubahan iklim dan faktor eksternal lainnya. Implementasi program ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut, terutama dengan adanya dukungan kebijakan pemerintah yang mendukung peningkatan akses ke pasar dan penguatan infrastruktur pertanian. Program ini memiliki potensi untuk menciptakan lapangan kerja baru di sektor pertanian serta meningkatkan kesejahteraan petani di Papua Barat. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem tumpang sari padi gogo dan jagung di lahan kering dapat menjadi strategi yang efektif untuk memperkuat ketahanan pangan dan mendorong pertumbuhan ekonomi lokal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat beberapa saran dan rekomendasi untuk mengoptimalkan program pertanian tumpang sari padi gogo dan jagung dalam rangka memperkuat ketahanan pangan Papua Barat sebagai berikut:

a. Penyuluhan dan pelatihan teknis kepada para petani dapat membantu untuk meningkatkan pemahaman terkait metode implementasi sistem tumpang sari, pengelolaan lahan kering, mengoptimalkan penggunaan input pertanian, dan meminimalisir kerugian akibat kegagalan panen.
b. Dalam penerapan pertanian tumpang sari, dapat juga diperkenalkan tanaman alternatif yang dapat mendiversifikasi hasil pertanian dan meningkatkan ketahanan

pangan daerah, seperti sagu dan umbi-umbian lainnya. Pemerintah juga perlu mendorong pengembangan pasar untuk produk pertanian lokal.

c. Untuk mendukung implementasi tumpang sari secara lebih luas, petani di Papua Barat perlu didukung dengan akses pembiayaan yang lebih baik. Pemerintah dapat bekerja sama dengan lembaga keuangan untuk menyediakan kredit pertanian dengan bunga yang rendah dan jangka waktu yang fleksibel, khususnya untuk petani kecil dan menengah.

d. Selaras dengan arah kebijakan makroprudensial Bank Indonesia, maka KPw Bank Indonesia Provinsi Papua Barat dapat melakukan pemberdayaan UMKM petani lokal khususnya kelompok subsiten untuk masuk dalam UMKM binaan Bank Indonesia untuk memfasilitasi keberlanjutan pengembangan petani lokal sehingga dapat meningkatkan produksi pangan di Papua Barat

e. Pemerintah perlu memperkuat infrastruktur pertanian, seperti penguatan aksesibilitas dan transportasi distribusi hasil pertanian untuk menekan biaya distribusi yang tinggi di Papua Barat. Program asuransi pertanian yang mudah diakses dan terjangkau juga sangat penting untuk melindungi petani dari kerugian akibat bencana alam dan fluktuasi harga pasar.

DAFTAR PUSTAKA

ANTARA News. (2025). Kementan Siapkan 4 Ton Benih untuk Budidaya Padi Gogo di Manokwari. ANTARA News. https://www.antaranews.com/berita/4733577/kementan-siapkan-4-ton-benih-untuk-budi-daya-padi-gogo-di-manokwari

ANTARA News. (2025). Papua Barat dapat Alokasi Program Padi Lahan Kering 1.505 Hektare. https://www.antaranews.com/berita/4733393/papua-barat-dapat-alokasi-program-padi-lahan-kering-1505-hektare

ANTARA News. (2025). Pemprov-Kodam Kasuari Tanam Perdana Padi Gogo 200 hektare di Manokwari. https://papuatengah.antaranews.com/berita/62125/pemprov-kodam-kasuari-tanam-perdana-padi-gogo-200-hektare-di-manokwari

Badan Pangan Nasional (Bapanas). (2024). Indeks Ketahanan Pangan (IKP) Provinsi Update Tahun 2024. https://satudata.badanpangan.go.id/datasetpublications/2dd/ikp-prov-2024

Badan Pusat Statistik (BPS). (2025). Produksi Padi dan Beras Menurut Kabupaten/Kota di Papua Barat. https://papuabarat.bps.go.id/id/statistics-table/3/ZDNaak0yODBUVTlGYW5sa2REUkVUVVY1YVZkbmR6MDkjMw==/produksi

-padi-sup-1--sup--dan-beras-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-papua-barat--2024.html?year=2024

Balai Penerapan Modernisasi Pertanian Papua Barat (BRMP). (2025). Kepala BSIP Papua Barat Menghadiri Tanam Perdana Padi Lahan Kering pada Lahan Perkebunan di Masni. https://papuabarat.brmp.pertanian.go.id/berita/kepala-bsip-papua-barat-menghadiri-tanam-perdana-padi-lahan-kering-pada-lahan-perkebunan-di-masni

Bank Indonesia. (2024). LPP Bank Indonesia Provinsi Papua Barat Triwulan II 2024. https://www.bi.go.id/id/publikasi/laporan/lpp/Pages/Laporan-Perekonomian-Provinsi-Papua-Barat-Triwulan-II-2024.aspx

Bank Indonesia. (2025). LPP Bank Indonesia Provinsi Papua Barat Mei 2025. https://www.bi.go.id/id/publikasi/laporan/lpp/Pages/Laporan-Perekonomian-Provinsi-Papua-Barat-Mei-2025.aspx

BPS Provinsi Papua Barat. (2024). Potensi Pertanian Provinsi Papua Barat: Kekayaan Alam Papua Barat sebagai Penggerak Perekonomian.

BPS Provinsi Papua Barat. (2025). Ringkasan Eksekutif Luas Panen dan Produksi Padi di Provinsi Papua Barat 2024 (Angka Tetap).

Ghifari, H. R.. (2023). Jalur Distribusi Panjang Penyebab Harga Pangan di Papua Mahal. Tirto. https://tirto.id/jalur-distribusi-panjang-penyebab-harga-pangan-di-papua-mahal-gNMn

Hafif, B. (2016). Optimasi Potensi Lahan Kering untuk Pencapaian Target Peningkatan Produksi Padi Satu Juta ton di Provinsi Lampung. Jurnal Litbang Pertanian, 35(2), 81-88.

Harian Merdeka. (2025). Harian Merdeka. Dinas Pertanian Papua Barat Fokus Tingkatkan Produktivitas Pangan pada 2025. https://harianmerdekapost.com/dinas-pertanian-papua-barat-fokus-tingkatkan-produktivitas-pangan-pada-2025/

Hartono, T., Rosni, M., & Salawati, U. (2020). Analisis Pendapatan Petani Padi Gogo (Oryza sativa L.) di Lahan Perbukitan Desa Pembakulan Kecamatan Batang Alai Timur Kabupaten Hulu Sungai Tengah. Frontier Agribisnis, 3(4), 44-49.

Idwar, I., Hamzah, A., & Nasrul, B. (2019). Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Marginal Kering untuk Budidaya Padi Gogo di Riau. In Unri Conference Series: Agriculture and Food Security (Vol. 1, pp. 190-198).

Julaini. (2024). Kebutuhan Beras di Papua Barat Capai 110 Ribu Ton Ini Permintaan Yacob Fonataba ke Kadin. https://papuabarat.tribunnews.com/2024/06/26/kebutuhan-beras-di-papua-barat-capai-110-ribu-ton-ini-permintaan-yacob-fonataba-ke-kadin

Konyep, S. (2020). Upaya Pencapaian Swasembada Pangan Melalui Membumikan Padi Amfibi Balitbangtan di Provinsi Papua Barat. Jurnal Triton, 11(2), 32-41.

Lenda Mawikere, N., Kilala, A., Ilona Noya, A., S. Sarungallo, A., Purbokurniawan, & Abbas, B. (2024). Daya hasil genotipe jagung merah Unipa pada beberapa ame-lioran di Distrik Manokwari Utara. *Cassowary*, *7*(2), 73-84. https://doi.org/10.30862/casssowary.cs.v7.i2.222

Maghriza, F. (2009). *Studi Implementasi Teknologi Tumpangsari Padi Gogo-Jagung-Ubi Kayu Pada Prima Tani : studi kasus di Desa Belah Kecamatan Donorojo Kabupaten Pacitan.* Skripsi. Universitas Brawijaya.

Marpaung, et al. (2018). Pemanfaatan Padi gogo sebagai Tanaman Sela Antar Tanaman Cabe di Sumatera Utara (Studi Kasus di Kab. Karo Sumatera Utara). Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018. https://conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/view/1240/620

Palobo, et al. (2021). Analisis Usaha Tani Tumpangsari Padi Gogo-Jagung (Jago) Pada Agroekosistem Lahan Kering Kabupaten Merauke. Jurnal Pertanian Agros, 25(1). http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v25i1.2524

Palobo, F., Masbaitubun, H., & Tirajoh, S. (2019). Analisis Kelayakan Usahatani Jagung Hibrida pada Lahan Kering di Merauke, Papua. SEPA: Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis, 16(1), 1.

Polbangtan Manokwari. (2024). Papua Barat Diimbau Tingkatkan Produksi Beras Antisipasi Krisis Pangan Global. https://polbangtanmanokwari.ac.id/papua-barat-diimbau-tingkatkan-produksi-beras-antisipasi-krisis-pangan-global/

Rizal, M., Murtryarny, E., & Hamdan, S. (2022). Uji Adaptasi beberapa Varietas Unggul Baru (VUB) Padi (Oryza sativa) Gogo terhadap Lahan Podsolik Merah Luning (PMK) di Provinsi Riau. Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM), 2(1), 91-98.

Sahara, D., & Kushartanti, E. (2019). Kajian Sistem Tanam Usaha Tani Padi Gogo di Lahan Kering Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, 24(1), 65-72.

Taufiq, et al. (2020). Evaluasi Teknologi Tumpangsari Kedelai dengan Padi Gogo dan Jagung. Buletin Palawija, 18(1), 20-32.

The Food and Land Use Coalition (FOLU). (2019). Ringkasan Studi Pangan dan Tata Guna Lahan (FOLU) di Provinsi Papua Barat. Kerjasama CIFOR, Provinsi Papua Barat, Econusa, WRI.

Triono, Agung. (2016). Perbandingan Tingkat Produktivitas Padi Sawah dan Padi Gogo (Oryza sativa L) di Kecamatan Rambah Samo. Universitas Pasir Pengairan. Fakultas Pertanian. Riau.

WRI Indonesia. (2021). Ringkasan Studi Pangan dan Tata Guna Lahan (FOLU) Di Provinsi Papua Barat 2021.

WRI Indonesia. (2023). Ringkasan Studi Pangan dan Tata Guna Lahan (FOLU) Di Provinsi Papua Barat 2023.

Yuliani, F., Rusmawan, D., & Iqbal, M. (2022). Keragaan tanaman jagung dan padi gogo dengan pola tanam tumpang sari di kabupaten Bangka Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman*, Vol. 1, 70-74

LAMPIRAN

Tabel A. Analisis SWOT Implementasi Tumpang Sari Padi Gogo dan Jagung

Strengths	***Weaknesses***
• Memberikan keuntungan ekonomi dan peningkatan pendapatan untuk petani dibandingkan sistem monokultur. • Meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, air, dan pupuk dengan hasil yang lebih tinggi per satuan area daripada monokultur. • Mengurangi risiko kegagalan panen dengan adanya diversifikasi hasil pertanian. • Tumpang sari meningkatkan ketahanan tanaman dengan mengganggu siklus hidup hama dan menurunkan populasi mereka.	• Tumpang sari dapat mengurangi hasil tanaman padi gogo dibandingkan penanaman secara monokultur. • Biaya produksi yang lebih tinggi karena membutuhkan input eksternal tambahan. • Pengelolaan lahan yang lebih sulit karena memerlukan perhatian ekstra dalam penataan tanaman dan pemeliharaan.
Opportunities	***Threats***
• Upaya optimalisasi lahan kering oleh pemerintah yang dapat dimanfaatkan untuk petani lokal. • Dukungan kebijakan pemerintah yang memfasilitasi sistem pertanian berkelanjutan dan peningkatan infrastruktur pasar. • Penguatan kelembagaan lokal dan akses modal dapat meningkatkan adopsi tumpang sari di kalangan petani. • Permintaan pasar yang tinggi untuk beras dan meningkatnya permintaan jagung memberikan peluang pasar yang lebih luas.	• Ketidakpastian iklim dapat mempengaruhi keberhasilan penanaman yang bergantung pada suhu dan pola curah hujan. • Keterbatasan teknologi dan pengetahuan petani dapat menghambat implementasi sistem tumpang sari. • Fluktuasi harga komoditas dalam pasar dapat mempengaruhi pendapatan yang diperoleh petani.

FROM LAND TO VALUE: A GEO-TECHNOLOGICAL STUDY OF AGRICULTURAL DOWNSTREAMING USING SATELLITE DATA AND SHOCK MODELING IN PAPUA

Yongky Choirul Anam*, Joko Ade Nursiyono **, Mutiara Puspita Sari ***

*Corresponding Author, Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, Surabaya,

Indonesia Email: yongky.ca@bps.go.id

**Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

***Badan Pusat Statistik Kota Blitar, Kota Blitar, Indonesia

ABSTRAK

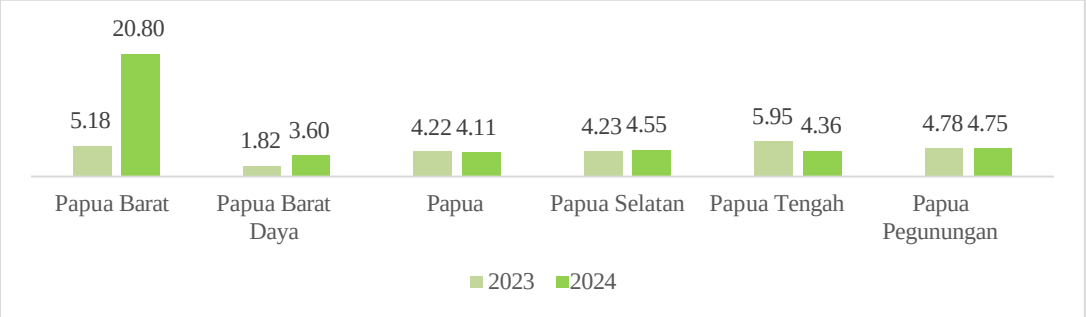
Hilirisasi pertanian di Papua dipengaruhi oleh tekanan lingkungan dan spasial yang bervariasi antarprovinsi. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi *shock index* berbasis citra satelit serta menganalisis pengaruh spasialnya terhadap hilirisasi pertanian menggunakan indikator vegetasi (NDVI) dan variabel pendukung seperti NDBI, NDWI, NO_2, curah hujan, indeks gravitasi, dan suhu permukaan tanah (LST). Data panel mencakup seluruh kecamatan di enam provinsi Papua selama periode 2019–2024, mencerminkan kondisi sebelum, saat, dan pasca pandemi. Shock index dikonstruksi melalui integrasi variabel-variabel penginderaan jauh, dikonversi ke z-score, dan dikategorikan ke dalam tiga tingkat: rendah, sedang, dan tinggi. Hasil identifikasi menunjukkan adanya heterogenitas spasial, dengan konsentrasi aktivitas ekonomi dan hilirisasi lebih tinggi di Papua dan Papua Barat, sedangkan wilayah Pegunungan, Papua Tengah, Papua Selatan, dan Papua Barat Daya memiliki tingkat hilirisasi lebih rendah. Klaster signifikan terdeteksi melalui *Local Indicators of Spatial Association* (LISA), sementara model *General Spatial Panel with Random Effects* (GSPRE) menunjukkan bahwa variabel urbanisasi (NDBI), vegetasi (NDWI), elevasi (NO_2), curah hujan, aksesibilitas, dan suhu permukaan tanah memengaruhi hilirisasi, termasuk efek *spillover* ke wilayah tetangga. Analisis *shock index* menegaskan adanya kecamatan dengan kerentanan tinggi yang memerlukan perhatian kebijakan. Temuan ini menekankan pentingnya pendekatan geo-teknologis dan spasial dalam perencanaan hilirisasi pertanian, serta memberikan masukan strategis bagi perumusan kebijakan pembangunan wilayah, mitigasi risiko, dan penguatan kapasitas produksi pertanian hilir di Papua.

Kata Kunci: Citra Satelit, Geo-Teknologi, Model Shock, Remote Sensing, Spasial Panel

I. PENDAHULUAN

Transformasi ekonomi Tanah Papua semakin menyita perhatian nasional dalam wacana pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan. Wilayah ini dikenal kaya akan sumber daya alam strategis, terutama hasil tambang dan penggalian (Astuti, 2023), namun kontribusi sektor lain seperti pertanian masih relatif terbatas. Data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun menggambarkan fenomena menarik selama 2023-2024, laju pertumbuhan ekonomi di enam provinsi hasil pemekaran Papua cenderung berfluktuasi. Beberapa wilayah bahkan memperlihatkan perlambatan pasca menjadi Daerah Otonomi Baru (DOB) (Fauzi, et al., 2023), sementara wilayah lain justru melesat.

Gambar 1. Laju Pertumbuhan PDRB Atas Harga Konstan menurut Wilayah (persen), 2023-2024



Sumber: BPS, 2025

Gambar 1 memperlihatkan bahwa hampir semua provinsi bergerak dalam kisaran moderat 4-5 persen. Namun, Papua Barat dan Papua Tengah tampak berbeda. Papua Barat mencatat lonjakan luar biasa, dari 5,18 persen pada 2023 menjadi 20,80 persen pada 2024 (BPS, 2025). Lompatan ini bukan sekadar sinyal pemulihan ekonomi pasca Pandemi Covid-19, melainkan cerminan ekspansi besar-besaran di sektor energi, khususnya gas alam cair (LNG) di Teluk Bintuni melalui Proyek Tangguh yang memasuki fase produksi baru (Subekti, 2025). Dengan demikian, Papua Barat menempatkan posisinya sebagai motor ekonomi berbasis energi di kawasan timur Indonesia.

Sebaliknya, Papua Tengah menunjukkan gejala kontraksi. Pertumbuhan ekonominya turun dari 5,95 persen pada 2023 menjadi 4,36 persen pada 2024 (BPS, 2024). Fluktuasi ini erat kaitannya dengan dinamika produksi dan harga mineral, terutama emas dan tembaga dari tambang PT Freeport Indonesia di Mimika (Nafiah, 2025). Karena struktur ekonominya nyaris sepenuhnya bertumpu pada pertambangan, sedikit perubahan di sektor tersebut langsung tercermin pada angka pertumbuhan regional. Kondisi ini

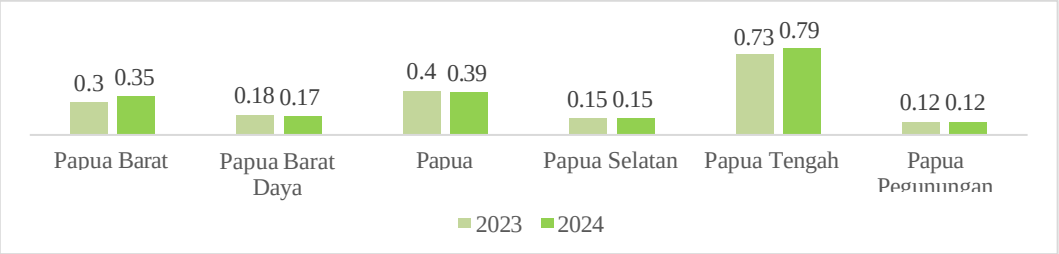
memperlihatkan betapa rapuhnya fondasi ekonomi Papua Tengah yang terlalu bergantung pada satu sektor.

Di luar dua wilayah tersebut, empat provinsi lainnya relatif stabil. Papua Barat Daya misalnya, mencatat kenaikan dari 1,82 persen menjadi 3,60 persen, menandakan adanya pemulihan bertahap pasca pandemi dan pemekaran wilayah. Papua Selatan tumbuh dari 4,23 persen menjadi 4,55 persen, sementara Papua mencatat sedikit penurunan dari 4,22 persen ke 4,11 persen, dan Papua Pegunungan stagnan di kisaran 4,7 persen. Angka-angka ini mencerminkan bahwa selain Papua Barat dan Papua Tengah yang bergejolak, provinsi lain cenderung bergerak dalam pola yang lebih stabil dan tidak ekstrem.

Fenomena tersebut semakin jelas ketika dikaitkan dengan konteks pemulihan pasca pandemi Covid-19. Di banyak wilayah Indonesia, pemulihan ekonomi lebih didorong oleh konsumsi rumah tangga, perdagangan, dan industri pengolahan. Akan tetapi, di Tanah Papua pola pemulihan terlihat sangat berbeda karena sepenuhnya bergantung pada sektor ekstraktif. Papua Barat mengalami ledakan karena ekspansi LNG, sedangkan Papua Tengah melemah akibat gejolak harga mineral. Provinsi lain yang relatif stabil justru menunjukkan pola pemulihan yang lebih “alami”, meski kontribusinya kecil terhadap PDB nasional.

Namun, pertumbuhan ekonomi Tanah Papua yang positif ini tidak serta-merta diterjemahkan menjadi kontribusi signifikan bagi perekonomian nasional. Data distribusi PDRB terhadap PDB nasional memperlihatkan fakta menarik. Dari enam wilayah baru Papua, Papua Tengah menjadi penyumbang terbesar dengan kontribusi 0,73 persen pada 2023 dan meningkat menjadi 0,79 persen pada 2024, lebih dari dua kali lipat kontribusi Papua induk yang hanya 0,39 persen. Papua Barat menyusul dengan kenaikan dari 0,30 persen menjadi 0,35 persen. Sementara itu, Papua Selatan dan Papua Pegunungan stagnan di kisaran 0,15 persen dan 0,12 persen, sedangkan Papua Barat Daya justru menurun dari 0,18 persen ke 0,17 persen. Secara keseluruhan, kontribusi gabungan keenam provinsi di Tanah Papua hanya 1,97 persen pada 2024. Angka ini masih jauh dibandingkan dengan dominasi Jawa yang menyumbang lebih dari 57 persen PDB nasional, serta Sumatera yang sekitar 22 persen (Indonesiasatu.co, 2025).

Gambar 2. Kontribusi PDRB menurut Wilayah terhadap PDB Indonesia (persen), 2023-2024



Sumber: BPS, 2025

Kesenjangan ini memperlihatkan paradoks pembangunan Papua. Meskipun kaya sumber daya, Papua masih berada di posisi marginal dalam struktur ekonomi nasional. Pertumbuhan PDRB yang tinggi di beberapa wilayah tidak berbanding lurus dengan pengurangan kemiskinan atau peningkatan kesejahteraan. Studi menunjukkan bahwa pertumbuhan PDRB Papua yang didominasi sektor padat modal seperti pertambangan tidak berdampak signifikan terhadap penurunan kemiskinan (Wijayanti dan Satrio, 2024). Akibatnya, tingkat kemiskinan Papua tetap tertinggi di Indonesia, diperparah dengan kerentanan pangan yang kronis. Penelitian lain bahkan menegaskan bahwa Papua adalah wilayah dengan tingkat kerawanan pangan tertinggi secara nasional, meskipun ekspansi agribisnis terus berjalan (Abdulgani et al., 2021).

Paradoks tersebut semakin tampak di enam kabupaten, yakni Jayapura, Sarmi, Keerom, Biak Numfor, Mamberamo Raya, dan Waropen, yang memiliki potensi pertanian melimpah tetapi masih menghadapi persoalan ketahanan pangan. Komoditas lokal seperti padi, jagung, dan sagu kerap tidak mampu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat, sehingga sebagian besar pasokan harus didatangkan dari luar Papua. Salah satu penyebab utama adalah lemahnya strategi hilirisasi. Produk pertanian lebih sering dipasarkan dalam bentuk mentah tanpa nilai tambah, sehingga keuntungan ekonomi minim, sementara kerentanan pangan tetap tinggi.

Dalam kerangka pembangunan berkelanjutan, hilirisasi pertanian (*agricultural downstreaming*) menjadi jawaban strategis. Hilirisasi tidak hanya menambah nilai produk pertanian melalui pengolahan, tetapi juga memperkuat kemandirian pangan, membuka lapangan kerja baru, dan meningkatkan daya saing lokal. Potensi pengembangan industri berbasis sagu, misalnya, dapat mengurangi ketergantungan pada beras impor sekaligus memperkuat identitas pangan lokal. Namun, strategi hilirisasi membutuhkan fondasi data yang kuat untuk memahami potensi lahan, pola produksi, dan tantangan iklim yang dihadapi.

Di sinilah *Big Data* melalui citra satelit memainkan peran penting. Satelit seperti GPM, CHIRPS, dan MODIS mampu menyediakan informasi rinci tentang curah hujan, suhu, vegetasi, eksesibilitas, serta kontur alam bahkan di wilayah yang minim infrastruktur observasi seperti Papua Barat. Data ini memungkinkan penyusunan peta Zona Agroekologi (ZAE), yang dapat mengidentifikasi komoditas unggulan sesuai karakteristik lahan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (Faisol dan Atekan, 2020). Pendekatan ini menjadi bagian dari kerangka Geo-Technological Study, yang menggabungkan analisis spasial dan pendekatan ekonomi untuk menilai potensi hilirisasi secara lebih komprehensif.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah menegaskan relevansi pemanfaatan data satelit di Papua. Validasi data hujan dengan GPM dan CHIRPS terbukti meningkatkan akurasi model iklim di wilayah minim stasiun observasi (Faisol dan Bachri, 2021). Pemanfaatan MODIS untuk peta ZAE menghasilkan pemetaan kesesuaian lahan pertanian yang lebih rinci (Hikmatullah dan Ritung, 2014). Studi lain mengenai paradoks agribisnis dan kerentanan pangan di Papua menekankan pentingnya hilirisasi berbasis komunitas lokal (Abdulgani et al., 2021). Bahkan, penelitian ekonomi regional menunjukkan lemahnya korelasi antara PDRB dan pengurangan kemiskinan di Papua, sehingga menegaskan perlunya transformasi struktural melalui sektor produktif (Wijayanti dan Satrio, 2024).

Namun, masih terdapat celah penelitian yang perlu diisi. Mayoritas studi berhenti pada analisis makro, sementara dinamika hilirisasi di tingkat mikro pada level kecamatan belum banyak tersentuh. Kajian mengenai *spillover effect* (efek limpahan), yakni bagaimana hilirisasi di satu kecamatan dapat memberi dampak pada kecamatan lain, juga masih minim. Demikian pula, pendekatan *shock modeling* untuk mengukur dampak guncangan eksternal seperti perubahan iklim ekstrem atau fluktuasi harga pangan terhadap hilirisasi belum banyak dikaji.

Berangkat dari celah tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab tiga pertanyaan utama: faktor-faktor apa yang mendorong hilirisasi pertanian di Papua, bagaimana pola *spillover effect* antar-kecamatan, dan bagaimana gambaran *shock index* terhadap hilirisasi hingga tingkat kecamatan. Dengan memanfaatkan data satelit, analisis spasial, dan kerangka *Geo-Technological Study*, penelitian ini berupaya menghadirkan pemahaman yang lebih utuh mengenai dinamika hilirisasi pertanian di Papua. Harapannya, hasil penelitian ini tidak hanya memperkaya kajian akademik, tetapi juga memberi dasar ilmiah bagi kebijakan pembangunan yang lebih adil, inklusif, dan berkelanjutan. Pada akhirnya, transformasi tersebut diharapkan dapat mengantarkan Tanah Papua keluar dari

ketergantungan pada sumber daya ekstraktif menuju perekonomian berbasis nilai tambah serta bermanfaat bagi masyarakat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkembangan Produktivitas Pertanian dan Hilirisasi Pertanian di Pulau Papua

Pertanian di Papua memiliki potensi besar, terutama dari sisi lahan yang masih terbuka dan belum termanfaatkan secara optimal. Berdasarkan data Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Papua, sepanjang tahun 2009–2010, luas lahan potensial untuk subsektor tanaman pangan dan hortikultura mencapai lebih dari 3,5 juta hektare, sementara yang telah dimanfaatkan masih di bawah 15 %. Salah satu inisiatif besar pemerintah adalah program *food estate* di Kabupaten Merauke, yang saat ini telah mengolah sekitar 500.000 hektare dengan produktivitas padi mencapai sekitar 6 ton per hektare—menunjukkan perbaikan intensifikasi produksi pertanian. Meskipun demikian, kontribusi sektor industri pengolahan di Papua terhadap PDRB masih sangat minim, yaitu di bawah 0,5 % pada tahun 2017, yang mencerminkan tantangan hilirisasi produk pertanian lokal. Upaya hilirisasi seperti pembangunan industri gula berbasis tebu dan pabrik sagu secara terintegrasi belum terdata secara jurnal ilmiah, namun menjadi topik penting untuk diteruskan pengembangannya. Secara keseluruhan, literatur resmi menunjukkan bahwa Papua tengah mengalami transisi substansial: dari lahan potensial jadi produktif melalui mekanisasi modern, tetapi masih perlu percepatan di sektor hilirisasi untuk menyokong pertumbuhan ekonomi lokal.

B. Pemanfaatan Penginderaan Jauh Citra Satelit sebagai Pendukung Statistik Resmi

Big Data didefinisikan sebagai kumpulan data berukuran sangat besar, kompleks, dan dinamis sehingga sulit diproses menggunakan sistem konvensional. Tiga karakteristik utama yang sering disebut adalah volume (jumlah data yang sangat besar), *velocity* (kecepatan akuisisi dan pemrosesan tinggi), serta *variety* (keragaman bentuk dan sumber data, baik terstruktur maupun tidak) (Budi Maryanto, 2017). Dalam bidang penginderaan jauh, pemanfaatan *Big Data* semakin berkembang dengan penggunaan citra satelit untuk berbagai aplikasi. Beberapa studi memfokuskan pada sektor pertanian; misalnya, Hidayat et al. (2023) mengevaluasi akurasi prediksi produksi padi di Jawa Timur menggunakan berbagai indeks vegetasi seperti NDWI, SAVI, dan NTP, sementara Lutfilah et al. (2017) memanfaatkan NDVI dari citra Landsat 8 untuk memetakan tutupan vegetasi di wilayah perkotaan Jakarta.

Selain itu, data *Nighttime Light* (NTL) telah digunakan secara luas untuk menganalisis dinamika sosial-ekonomi. Anand dan Kim (2021) menunjukkan bahwa NTL dapat merepresentasikan aktivitas ekonomi di Afrika selama pandemi COVID-19, sedangkan Hudecheck et al. (2020) mengaplikasikannya di Swiss dengan hasil yang serupa. Di sisi lain, pemanfaatan citra resolusi tinggi Sentinel-1 dan Sentinel-2 dengan pendekatan *Object-Based Image Analysis* (OBIA) di Google Earth Engine terbukti efektif untuk mengekstraksi informasi permukiman secara akurat (Dias Eramudadi & Rokhmana, 2024).

Pada aspek lingkungan, penginderaan jauh juga berkontribusi dalam memantau polusi udara. Kaplan (2018) mengidentifikasi adanya korelasi positif antara konsentrasi polutan (SO_2, NO_2) dengan kepadatan penduduk di kawasan perkotaan, sementara penelitian Faridah et al. (2024) mengungkap distribusi spasial polusi di Jakarta menggunakan Sentinel-5P TROPOMI. Hasil-hasil tersebut memperlihatkan bahwa integrasi *Big Data* dengan citra satelit mampu memberikan informasi spasial yang akurat, baik untuk sektor pertanian, ekonomi, maupun lingkungan.

C. Riset Terdahulu

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) telah menjadi salah satu indikator paling banyak digunakan dalam analisis vegetasi berbasis penginderaan jauh. Sejumlah penelitian di Indonesia maupun luar negeri menunjukkan bahwa NDVI efektif digunakan untuk mengestimasi kondisi vegetasi, produktivitas lahan, hingga analisis perubahan lingkungan. Pada sektor pertanian, pemanfaatan NDVI terbukti mampu meningkatkan akurasi prediksi hasil panen. Fajri et al. (2021) misalnya, membangun model estimasi produktivitas padi di Kabupaten Demak dan menunjukkan bahwa variasi nilai NDVI berkorelasi kuat dengan hasil panen aktual, dengan simpangan rata-rata hanya sekitar satu ton per hektare. Penelitian serupa dilakukan oleh Almadani dan Liyantono (2019) yang membandingkan data Sentinel-2 dan citra UAV untuk pemantauan padi. Hasilnya menunjukkan bahwa NDVI dari citra satelit memiliki hubungan yang cukup erat dengan fase pertumbuhan tanaman, meskipun masih diperlukan penguatan model agar prediksi produktivitas lebih presisi.

Dalam konteks pemetaan potensi lahan, Ramadhani dan Susanto (2024) memanfaatkan NDVI dari citra Sentinel-2 sebagai salah satu parameter utama dalam *overlay* sistem informasi geografis. Dengan menggabungkan data vegetasi, curah hujan, kemiringan, dan tekstur tanah, penelitian tersebut berhasil mengidentifikasi wilayah yang paling sesuai untuk pengembangan lahan padi di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur.

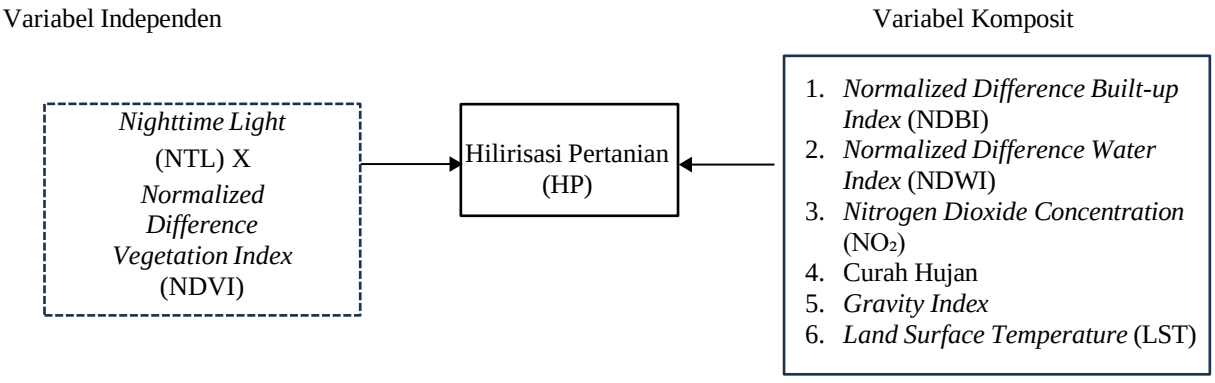
Pendekatan ini menunjukkan bahwa NDVI dapat berfungsi sebagai indikator kunci dalam penentuan kesesuaian lahan secara spasial. Tidak hanya terbatas pada lahan pertanian, NDVI juga digunakan dalam penelitian perkotaan. Penelitian lain oleh Wirawan dan Chernovita (2023) di Kecamatan Tuntang, Kabupaten Semarang, juga menunjukkan efektivitas NDVI dalam memetakan perubahan spasial vegetasi, khususnya untuk memahami dinamika tutupan lahan akibat aktivitas manusia.

Penelitian di tingkat regional lebih luas dilakukan oleh Zaitunah et al. (2018), mereka menggunakan NDVI dari citra Landsat 8 untuk menganalisis tutupan lahan di daerah aliran sungai Besitang, Sumatera Utara. Kemudian, pada 2021, studi lanjutan mereka mengaplikasikan NDVI untuk mengukur kepadatan vegetasi di kawasan perkotaan Jakarta Timur. Kedua penelitian tersebut memperlihatkan bagaimana NDVI dapat diaplikasikan pada skala berbeda mulai dari wilayah pedesaan hingga perkotaan untuk memantau kondisi ekologi.

D. Kerangka Konseptual dan Pernyataan Hipotesis

Kerangka konsep dalam penelitian ini didasarkan pada penelitian-penelitian terdahulu. Namun penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui pemanfaatan *big data* atau data citra satelit terintegrasi dalam memproksi produktivitas pertanian dan ketahanan pangan beserta determinannya. Sebagai dasar penelitian, kerangka konseptual penelitian ini sebagai berikut:

Gambar 3. Kerangka Konsep Penelitian



Dari kerangka konsep tersebut, maka diperoleh beberapa hipotesis penelitian berikut.

Tabel 1. Hipotesis Penelitian

Hipotesis	Perumusan
Hipotesis 1	NDBI berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 2	NDWI berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 3	NO2 berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 4	Curah Hujan berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 5	Indeks Gravity berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 6	LST berpengaruh terhadap Hilirisasi Pertanian
Hipotesis 7	Terdapat efek spillover dari NDVI dan determinannya

III. METODE PENELITIAN

A. Populasi, dan Sampel Penelitian

Penelitian ini berfokus pada Pulau Papua dengan unit analisis enam provinsi hasil pemekaran, yaitu Papua, Papua Tengah, Papua Pegunungan, Papua Selatan, Papua Barat, dan Papua Barat Daya. Pemekaran dari dua provinsi induk dilakukan untuk mempercepat pemerataan pembangunan di wilayah yang luas dan sulit dijangkau. Data yang digunakan berupa panel, menggabungkan *cross section* dan *time series* untuk periode 2019–2024. Pendekatan kuantitatif ditempuh melalui analisis deskriptif guna menggambarkan karakteristik produktivitas pertanian dan hilirisasinya yang diproksi dengan NDVI dan NTL, serta analisis inferens menggunakan regresi spasial panel untuk mengidentifikasi wilayah shock pada level kecamatan.

B. Variabel dan Sumber Data

Variabel-variabel yang diteliti bersumber dari citra satelit dengan rincian berikut:

Tabel 2. Variabel Penelitian

Variabel	Satuan	Metode/Indikator	Notasi	Sumber
Variabel Dependen				
Produktivitas pertanian, ketahanan pangan, kesehatan tanaman (Vegetasi/Produktivitas)	Skor -1 hingga +1	*Normalized Difference Vegetation Index*	NDVI	Citra satelit MODIS, Sentinel-2
Akses teknologi, aktivitas ekonomi, elektrifikasi (Cahaya malam)	nW/cm²/sr 0 – ~60 (umum)	*Nighttime Light*	NTL	Citra satelit VIIRS DNB (NOAA)
Variabel Independen				
Infrastruktur fisik, urbanisasi, permukiman (Area terbangun)	Skor -1 hingga +1	*Normalized Difference Built-up Index*	NDBI	Citra satelit Sentinel-2
Ketersediaan air, efektivitas irigasi	Skor -1 hingga	*Normalized Difference Water*	NDWI	Citra satelit Sentinel-2

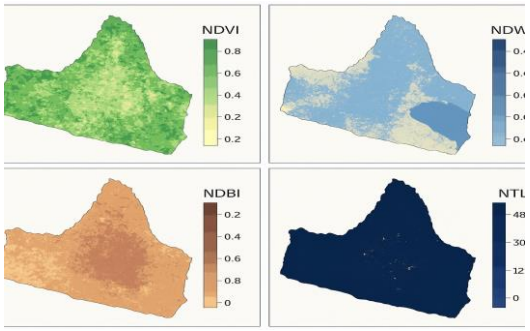
(Air/Irigasi)	+1	*Index*		
Aktivitas berbasis bahan bakar, polutan, emisi traktor, kendaraan, industri (Tropomi)	mol/m² 0 – ~0.0005 mol/m²	NO_2 Tropomi	NO2	Citra satelit Sentinel-5P (Tropomi)
Curah Hujan	Mm	Curah Hujan	Curah Hujan	satelit CHIRPS
Gravity Index	Poin	*Gravity Index*	*Gravity Index*	Citra satelit Sentinel-2
Land Surface Temperature	^oC	*Land Surface Temperature*	LST	Citra satelit Sentinel-3

Penginderaan Jauh Data Satelit

Penelitian ini menggunakan data satelit untuk memproksi beberapa variabel, yaitu NDVI (vegetasi), NTL (NOAA), polutan udara (Copernicus), indeks kelembapan vegetasi (NDWI), dan indeks pembangunan lahan (NDBI). Citra satelit seperti MODIS, Sentinel-2, Sentinel-5P, dan VIIRS bukan sekadar gambar visual bumi, melainkan kumpulan data kuantitatif berbasis spektrum elektromagnetik yang diinterpretasikan secara ilmiah menjadi berbagai indeks lingkungan. Indeks tersebut mencakup tingkat kehijauan vegetasi (NDVI), kelembapan lahan (NDWI), dominasi permukaan terbangun (NDBI), intensitas cahaya malam (NTL), serta konsentrasi polutan udara seperti nitrogen dioksida (NO_2) dan sulfur dioksida (SO_2). Setiap satelit memiliki karakteristik sensor tertentu dalam hal resolusi spasial, cakupan spektral, dan frekuensi peliputan yang memungkinkan pemantauan dinamis dan konsisten terhadap perubahan lingkungan, termasuk di kawasan wisata.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan variabel respon utama dalam studi ini karena menggambarkan kondisi dan perubahan kesehatan vegetasi sebagai indikator tekanan ekologi dari aktivitas pertanian. NDVI dihitung dari perbedaan rasio pantulan spektral kanal *near-infrared* (NIR) dan *red band,* di mana nilai indeks berkisar antara -1 hingga +1. Nilai mendekati +1 menunjukkan vegetasi sehat dan lebat, sedangkan nilai rendah menandakan vegetasi stres atau permukaan tak-vegetatif (Tucker, 1979). Penurunan NDVI di area wisata bisa menunjukkan tekanan pembangunan fisik atau meningkatnya intensitas aktivitas manusia, terutama saat musim liburan (Rahman et al., 2023).

Gambar 4. Visualisasi Citra Satelit yang Digunakan



Satelit Sentinel-5P dari program Copernicus milik Uni Eropa membawa instrumen *Tropospheric Monitoring Instrument* (TROPOMI) yang merekam spektrum ultraviolet hingga inframerah pendek. Sensor ini mengukur seberapa banyak radiasi matahari yang diserap dan dipantulkan kembali oleh molekul gas di atmosfer, seperti nitrogen dioksida (NO_2) dan sulfur dioksida (SO_2). Melalui algoritma inversi radiatif dan koreksi awan, sistem mengestimasi kolom vertikal konsentrasi gas di atmosfer dalam satuan mol/m² atau Dobson Unit. Kegiatan ekonomi pada sektor transportasi dapat meningkatkan emisi NO_2 (Sunarta, 2022) dan SO_2 secara lokal (Perrella et al., 2024).

Sementara itu, *Nighttime Light* (NTL) berasal dari sensor *Visible Infrared Imaging Radiometer Suite* (VIIRS) milik NOAA. Sensor ini merekam intensitas cahaya buatan di malam hari yang khas dari aktivitas ekonomi—lampu jalan, reklame, kawasan wisata malam, dan bangunan komersial. Data NTL diproses melalui koreksi sinyal gangguan seperti pantulan bulan dan awan, lalu menghasilkan nilai radiasi dalam satuan nW/cm²/sr. NTL secara umum dianggap sebagai indikator *proxy* dari kepadatan aktivitas malam hari, dan studi Mokhtari et al. (2025) menunjukkan bahwa NTL sangat berkorelasi dengan dinamika wisata malam di kawasan pesisir.

NDWI (*Normalized Difference Water Index*) digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan air dan kelembapan vegetasi dengan membandingkan kanal green dan NIR. Nilai NDWI yang tinggi menandakan keberadaan air atau vegetasi lembap, sementara penurunan NDWI dapat menandakan kekeringan atau degradasi vegetasi akibat aktivitas manusia (Gao, 1996). Di sisi lain, NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) merepresentasikan dominasi permukaan terbangun, dihitung dari perbedaan kanal SWIR dan NIR. Nilai tinggi pada NDBI mengindikasikan perkembangan fisik seperti betonisasi dan urbanisasi suatu kawasan (Zha et al., 2003).

Gravity Index merupakan ukuran kuantitatif yang dikembangkan dengan mengadaptasi

prinsip *Hukum Gravitasi Newton*. Dalam kajian ilmu sosial, ekonomi, maupun geografi, indeks ini berfungsi untuk menjelaskan intensitas interaksi antara dua wilayah (Haggett et al., 1977). Prinsip dasarnya adalah bahwa besarnya interaksi ditentukan oleh "massa" wilayah yang dapat direpresentasikan oleh jumlah penduduk, tingkat pendapatan, atau produk domestik regional bruto dan menurun seiring bertambahnya jarak antarwilayah (Rodrigue et al., 2020).

Land Surface Temperature (LST) adalah suhu permukaan bumi yang diukur pada lapisan paling atas dari tanah atau tutupan lahan. LST berbeda dengan *air temperature* (suhu udara) karena LST merepresentasikan energi panas yang tersimpan dan dipancarkan oleh permukaan bumi, baik berupa tanah, vegetasi, maupun permukaan buatan (Weng, 2009). Kajian LST penting karena berkaitan erat dengan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), pemantauan perubahan iklim, pertanian, serta manajemen sumber daya air (Peng et al., 2012). Dengan demikian, analisis LST melalui citra satelit dapat menjadi dasar ilmiah dalam perencanaan tata ruang dan mitigasi perubahan iklim di berbagai wilayah

Secara umum, indeks-indeks tersebut saling melengkapi untuk menganalisis keterkaitan antara aktivitas wisata dan kondisi lingkungan. NDVI bertindak sebagai indikator dari produktivitas atau aktivitas (*output*) pertanian, sementara NTL merepresentasikan aktivitas sosial-ekonomi di malam hari. NO_2 mencerminkan emisi udara akibat aktivitas, sedangkan NDWI dan NDBI menggambarkan kondisi kelembapan lahan dan intensitas pembangunan fisik. Dengan pendekatan geospasial berbasis citra satelit dan dinamika spasial dapat dipetakan dan dianalisis secara kuantitatif untuk mendukung perencanaan yang berkelanjutan.

C. Teknik Pengujian Kualitas Data dan Pemodelan

1. *Regresi Spasial Panel*

Regresi spasial panel merupakan pengembangan regresi panel yang memasukkan pengaruh spasial antarunit wilayah. Model ini digunakan ketika satu unit dapat memengaruhi unit lain yang berdekatan (Elhorst, 2014). Pendekatan ini menggabungkan data lintas waktu dan wilayah dengan aspek spasial, sekaligus mengatasi masalah heteroskedastisitas, autokorelasi, dan dependensi spasial yang dapat menimbulkan bias (Belloti, 2017). Dalam penelitian ini, model spasial panel dipakai untuk menganalisis hilirisasi pertanian dengan atau tanpa efek spasial. Setelah diperoleh model terbaik, rekomendasi kebijakan dirumuskan. Model dasar yang digunakan adalah *Spatial Autoregressive* (SAR), yang menggambarkan interaksi spasial melalui variabel dependen

tertinggal. Menggunakan notasi matriks, model SAR didefinisikan sebagai berikut:

$$y = \alpha i_n + \rho W y + X\beta + \varepsilon, \varepsilon \sim N\ 0, \sigma^2 I_n \quad (1)$$

Selanjutnya, *Spatial Error Model* dijabarkan berikut:

$$Y = \alpha i_{\mathrm{N}} + \mathrm{x}\beta + u \quad (2)$$

$$u = \lambda W u + \varepsilon \quad (3)$$

Model selanjutnya menggabungkan interaksi spasial dari dua model yang telah dijelaskan sebelumnya (SAR dan SEM). Terakhir, model yang digunakan adalah *Spatial Durbin Error Model* (SDEM) dan *General Spatial Panel Random Effect* (GSPRE), yang memungkinkan interaksi spasial dalam variabel dependen dan independen. Metode estimasi dalam studi literatur untuk memperkirakan model spasial ini adalah pendekatan *Maximum Likelihood* (ML). Hal ini disebabkan oleh estimasi ML memiliki lebih sedikit bias dan lebih efisien dengan sampel data yang kecil. Untuk mengukur kecocokan model nonspasial dan spasial, digunakan Kriteria Informasi Akaike (AIC) dan Kriteria Informasi Bayesian (BIC) dan diambil yang paling kecil sebagai model terbaik.

2. *Shock Index*

Shock Index yang dibentuk dalam penelitian ini merepresentasikan tingkat tekanan spasial terhadap Hilirisasi Pertanian di wilayah Pulau Papua. Indeks ini disusun berdasarkan kombinasi beberapa indikator lingkungan yang diperoleh dari citra penginderaan jauh, yaitu:

- ***Nighttime Light* (NTL)** sebagai proksi aktivitas ekonomi dan intensitas pembangunan
- **NO_2** sebagai indikator polusi udara yang berdampak pada kesehatan tanaman
- ***Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI)** sebagai representasi kondisi vegetasi
- ***Normalized Difference Water Index* (NDWI)** sebagai ukuran ketersediaan air
- ***Normalized Difference Built-up Index* (NDBI)** sebagai ukuran spasial dari tingkat urbanisasi atau permukaan terbangun
- ***Gravity Index*** sebagai proksi aksesibilitas
- **Curah Hujan** sebagai proksi kemiringan alam
- ***Land Surface Temperature* (LST)** sebagai proksi perubahan iklim

Indeks ini dikembangkan melalui proses standardisasi (*z-score*) terhadap masing-

masing variabel pembentuk, lalu disusun dalam rumus sebagai berikut:

$$Shock\ Index = \frac{1}{\sqrt{7}} \times ((NVDI_z \times NTL_z) + NDWI_z + NO2_z + Gravity\ Index_z + LST_z - Curah\ Hujan_z - NDBI_z) \quad (4)$$

Untuk menginterpretasikan tingkat tekanan, nilai *Shock Index* kemudian dikategorikan berdasarkan pendekatan ***Empirical Rule*** dalam statistik (aturan 68–95–99,7):

- **Kategori Rendah** jika *z-score* ≤ -1
- **Kategori Sedang** jika -1 < *z-score* < 1
- **Kategori Tinggi** jika *z-score* ≥ 1

IV. HASIL, ANALISIS, PEMBAHASAN

A. Karakteristik Hilirisasi Pertanian melalui Data Satelit dan Determinannya

Sebelum melakukan pemodelan, hal pertama yang dilakukan yaitu melihat bagaimana karakteristik dari masing-masing data satelit yang digunakan. Metode yang digunakan yaitu statistik deskriptif berupa rata-rata dan standar deviasi.

Tabel 3. Karakteristik Data

Tahun/ Variabel	Proksi	Papua Barat	Papua Barat Daya	Papua	Papua Selatan	Papua Tengah	Papua Pegunungan
NDVI	Agricultural Downstreaming Composite Index	0,2116 (0,03511)	0,2349 (0,03740)	0,2271 (0,4131)	0,2260 (0,02755)	0,1934 (0,04753)	0,1971 (0,04603)
NTL	Agricultural Downstreaming Composite Index	0,2501 (0,34074)	0,3654 (0,90815)	0,3683 (0,61366)	0,1738 (0,06135)	0,1729 (0,13466)	0,1512 (0,12237)
NO2	Polutan Hasil Pembakaran	3,4497 (0,23168)	3,4606 (0,22463)	3,4532 (0,24936)	3,6509 (0,25208)	3,4853 (0,29105)	3,3878 (0,27000)
NDBI	Infrastruktur Fisik/terbangun	-0,3758 (0,04362)	-0,3632 (0,04004)	-0,3777 (0,04050)	-0,3448 (0,05649)	-0,3014 (0,05378)	-0,2852 (0,04639)
NDWI	Infrastruktur Pendukung Pertanian/Irigasi	-0,1949 (0,03214)	-0,2184 (0,03730)	-0,2071 (0,03878)	-0,2099 (0,02619)	-0,1841 (0,04215)	-0,1871 (0,04254)
Indeks Gravity	Aksesibilitas	129487,7902 (678726,56923)	5333245,9925 (18526160,78382)	5776854,9429 (25235097,46717)	12096,6489 (56342,02683)	1905241,0100 (6626382,64986)	474028,1000 (2412638,45092)
Curah Hujan	Slope / Elevation	2951,2786 (996,58182)	4185,0195 (1157,17610)	2750,7195 (692,49347)	4008,6515 (1260,62474)	3484,8932 (793,96168)	2553,3100 (533,05140)
LST	Perubahan Iklim	25,4950 (2,50628)	26,5078 (1,50486)	26,6294 (1,11548)	27,3957 (0,71104)	20,6227 (4,33771)	20,1287 (3,50722)

*Tanpa kurung (rata-rata); **Dalam kurung (standar deviasi)

Berdasarkan tabel 3, tercatat NDVI kondisi vegetasi Papua relatif homogen. Papua Barat (0,2116), Papua Barat Daya (0,2349), dan Papua (0,2271) memiliki nilai lebih tinggi dibanding Papua Tengah (0,1934) dan Papua Pegunungan (0,1971). Papua Selatan (0,02755) dan Papua Barat Daya (0,03740) menunjukkan variasi kecil, menandakan distribusi vegetasi stabil, sedangkan Papua (0,4131) justru mencatat variasi besar akibat dinamika konversi lahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa vegetasi di Papua relatif

terjaga karena masyarakat masih bertumpu pada sektor primer. Sementara itu, indikator NTL mengungkap disparitas aktivitas ekonomi antarwilayah. Papua (0,3683) dan Papua Barat Daya (0,3654) berada pada level tertinggi, mencerminkan konsentrasi aktivitas di kota-kota seperti Sorong dan Manokwari, sedangkan Papua Pegunungan (0,1512) dan Papua Selatan (0,1738) jauh lebih rendah. Hal ini menandakan lemahnya hilirisasi ekonomi dan akses energi, yang semakin diperburuk oleh hambatan transportasi selama pandemi.

Dari sisi lingkungan dan infrastruktur, nilai NO_2 berkisar 3,38–3,65 dengan variasi kecil, menunjukkan topografi relatif seragam, dengan Papua Selatan tertinggi (3,6509) yang mencerminkan intensifikasi aktivitas manusia di dataran rendah. Seluruh wilayah mencatat NDBI negatif, dengan Papua terendah (-0,3777) dan Papua Pegunungan lebih tinggi (-0,2852), menggambarkan keterbatasan infrastruktur. Demikian pula NDWI bernilai negatif, dengan Papua Barat Daya terendah (-0,2184), menegaskan minimnya dukungan irigasi. Ketimpangan juga tampak pada Indeks Gravity, di mana Papua (57.768.549) dan Papua Barat Daya (53.332.450) jauh lebih tinggi dibanding Papua Barat (129.487) dan Papua Selatan (12.096), sementara Papua Pegunungan (474.028) menghadapi hambatan akses akibat kondisi geografis berat dan keterbatasan transportasi.

Perbedaan iklim semakin memperjelas disparitas antarwilayah. Curah hujan tertinggi terjadi di Papua Barat Daya (4185 mm/tahun) dan Papua Selatan (4008 mm/tahun), jauh melampaui Papua (2750 mm/tahun) dan Papua Pegunungan (2553 mm/tahun). Kondisi ini mendukung produktivitas pertanian namun juga meningkatkan risiko banjir dan erosi. Dari indikator LST, suhu permukaan tanah berkisar 20–27 °C. Papua Selatan mencatat tertinggi (27,3957 °C), yang berpotensi menekan keberlanjutan pertanian, sementara Papua Pegunungan terendah (20,1287 °C) konsisten dengan karakteristik wilayah pegunungan. Temuan ini memperkuat bukti adanya tekanan perubahan iklim, yang sempat mereda selama pandemi namun kembali meningkat pasca-2023 seiring pemulihan aktivitas ekonomi.

B. Pemodelan Menggunakan Regresi Spasial Panel

1. *Penentuan Matriks Pembobot*

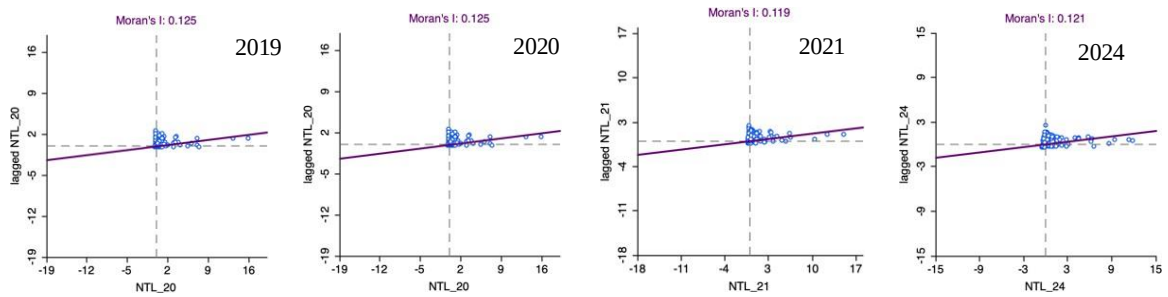
Elemen dasar dalam autokorelasi spasial yaitu inklusi matriks pembobot, dimana posisi geografis yang berbeda diasumsikan memiliki interaksi atau menunjukkan adanya distribusi hubungan spasial. Pulau di Papua terdiri dari 6 provinsi, dengan total kecamatan 779 dan pulau yang dimiliki sebanyak 5.111 pada tahun 2023 (BPS, 2024), sehingga diasumsikan beberapa kecamatan tidak bertetangga secara langsung. Berdasarkan

pertimbangan tersebut, matriks bobot jarak akan lebih presisi dalam proses pendugaan parameter. Dalam studi ini, matriks invers jarak (*inverse distance matrix*) diaplikasikan pada data dikarenakan jarak ini memungkinkan semua kabupaten/kota memiliki setidaknya satu tetangga.

2. *Identifikasi Pola Hubungan Spasial Global*

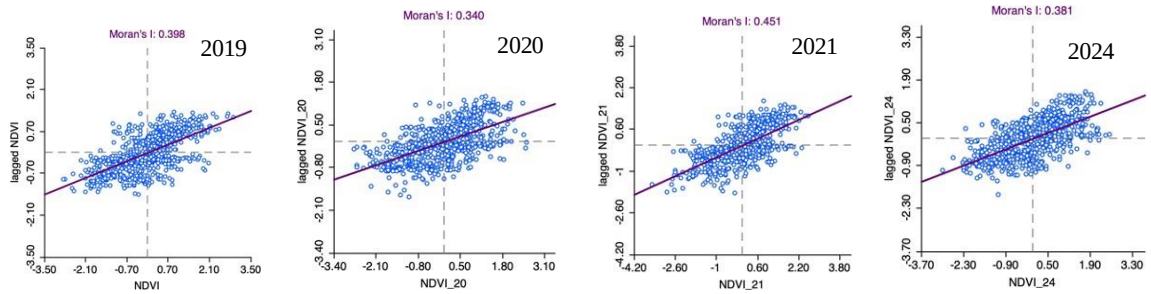
Pola hubungan spasial dapat diidentifikasi secara global/keseluruhan dan secara lokal. Pola hubungan spasial amatan secara global dapat diketahui dengan menggunakan Moran's I, sedangkan pola hubungan spasial secara lokal atau setiap daerah menggunakan LISA (*Local Indicator of Spatial Association*). Hasil Moran's I untuk mengetahui apakah ada autokorelasi spasial antar amatan secara global dari hilirisasi pertanian yang diproksi menggunakan interaksi antara NTL dan NDVI adalah sebagai berikut:

Gambar 5. Moran's I NTL Pulau Papua, 2019–2024



Nilai indikator Moran's I berkisar antara -1 hingga 1, semakin mendekati -1 atau 1 maka terdapat hubungan yang semakin kuat antar amatan. Berdasarkan gambar di atas, dari tahun 2019 hingga 2024, aktivitas ekonomi yang diproksi menggunakan NTL memiliki hubungan yang cukup rendah dan positif antar wilayah. Tahun 2024 semakin tinggi dibandingkan 2021, menandakan aktivitas ekonomi yang semakin tinggi korelasi antar wilayahnya. Secara umum dapat dikatakan autokorelasi dari aktivitas ekonomi yang terbentuk antar kecamatan di Pulau Papua cenderung cukup rendah dikarenakan nilai Moran's I dibawah 0,5.

Gambar 6. Moran's I NDVI Pulau Papua, 2019–2024

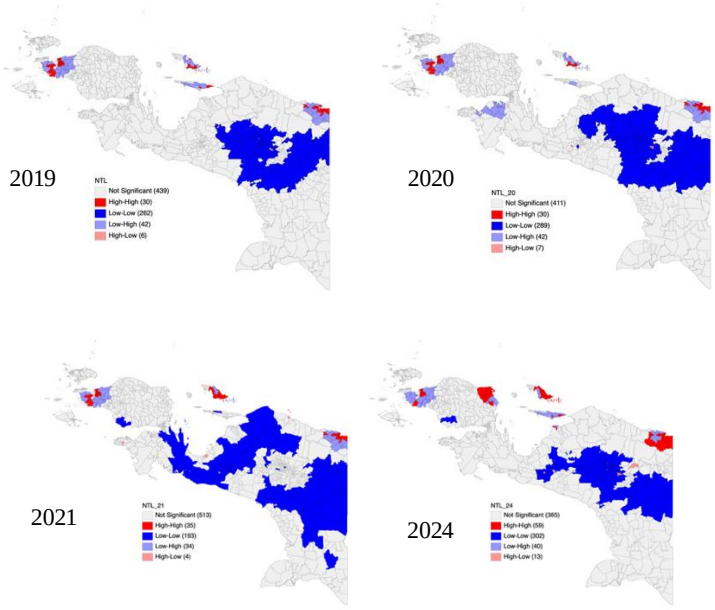


Berdasarkan gambar di atas, dari tahun 2019 hingga 2024, produktivitas pertanian yang diproksi menggunakan NDVI memiliki hubungan yang cukup tinggi dan positif antar wilayah. Dapat dikatakan autokorelasi dari produktivitas pertanian yang terbentuk antar kecamatan di Pulau Papua cenderung cukup tinggi meskipun nilai Moran's I masih dibawah 0,5.

3. *Identifikasi Pola Hubungan Spasial Lokal*

Moran's I menunjukkan hubungan secara keseluruhan/global sehingga perlu diketahui hubungan spasial secara lokal dengan LISA. Hasil pemetaan distribusi LISA untuk mengidentifikasi autokorelasi secara lokal atau korelasi spasial pada setiap kecamatan berdasarkan hilirisasi pertanian adalah sebagai berikut:

Gambar 7. Pola Sebaran LISA pada NTL di Pulau Papua, 2019–2024

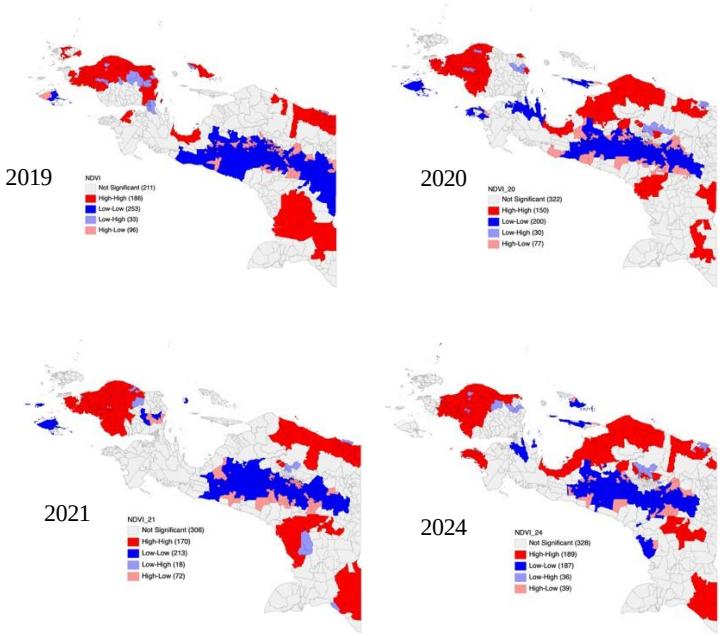


Hasil analisis *Local Indicators of Spatial Association* (LISA) menunjukkan adanya heterogenitas spasial dalam distribusi intensitas cahaya malam (NTL) pada enam provinsi di Papua. Pola *High-High* (HH) teridentifikasi terutama pada wilayah perkotaan dan pusat administrasi, seperti Kota Jayapura di Papua, Kota Timika di Papua Tengah, dan Kota Sorong di Papua Barat Daya. Kondisi ini mengindikasikan adanya konsentrasi aktivitas ekonomi dan infrastruktur yang relatif lebih berkembang dibandingkan wilayah sekitarnya.

Sebaliknya, pola Low-Low (LL) mendominasi sebagian besar wilayah Papua Pegunungan, Papua Selatan, dan Papua Barat, yang ditandai dengan keterbatasan akses infrastruktur, rendahnya intensitas kegiatan ekonomi, serta dominasi kawasan hutan dan

pegunungan. Pola ini menegaskan kesenjangan spasial yang cukup tajam antara wilayah pusat dan hinterland. Selain itu, pola *High-Low* (HL) muncul di beberapa kabupaten sekitar pusat pertumbuhan, misalnya Kabupaten Keerom (berbatasan dengan Jayapura) dan Kabupaten Mimika (sekitar Timika). Pola ini mencerminkan adanya potensi *spillover* aktivitas ekonomi dari pusat pertumbuhan, meskipun tingkat intensitasnya belum seimbang. Di sisi lain, pola *Low-High* (LH) ditemukan secara terbatas, menandakan adanya wilayah dengan aktivitas ekonomi rendah namun berbatasan langsung dengan kawasan berintensitas tinggi. Hal ini dapat diartikan sebagai peluang integrasi spasial apabila didukung oleh pembangunan infrastruktur konektivitas. Secara keseluruhan, hasil LISA ini menegaskan bahwa pembangunan ekonomi di Papua masih terpusat pada koridor perkotaan utama, sementara wilayah lain relatif tertinggal.

Gambar 8. Pola Sebaran LISA pada NDVI di Pulau Papua, 2019–2024



Analisis spasial NDVI pada periode 2019–2024 menunjukkan adanya variasi produktivitas vegetasi antarprovinsi di Papua. Wilayah utara seperti Papua dan Papua Barat cenderung konsisten mempertahankan klaster *High-High*, terutama di kawasan pesisir dan hutan primer, yang menegaskan peran penting wilayah ini sebagai penyangga ekologis regional. Sebaliknya, Papua Tengah dan Papua Pegunungan didominasi klaster *Low-Low* sepanjang periode pengamatan, mencerminkan keterbatasan kondisi ekologis akibat faktor topografi, iklim ekstrem, serta tekanan aktivitas pertambangan. Papua Barat Daya dan Papua Selatan memperlihatkan pola yang lebih dinamis; meskipun kedua provinsi ini memiliki area *High-High* yang signifikan, pada 2024 mulai muncul

peningkatan area tidak signifikan yang mengindikasikan perubahan tata guna lahan, terutama di sekitar kawasan perkotaan baru dan pusat kegiatan ekonomi. Temuan ini menegaskan adanya dualisme spasial, di mana wilayah pesisir utara dan selatan relatif lebih stabil dalam menjaga produktivitas vegetasi, sedangkan kawasan tengah–pegunungan menjadi titik rawan degradasi ekologis yang memerlukan perhatian kebijakan khusus.
Untuk lebih jelasnya, dilakukan pengujian *local cross-section dependence*:

Tabel 4. Uji Pesaran

Metode	Z	p-value
Pesaran Test	307,86	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **

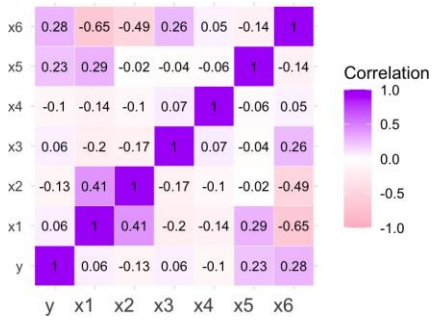
**signifikan pada taraf 5%

Berdasarkan hasil uji Pesaran dapat diketahui bahwa H_0 ditolak karena p-*value* kurang dari 5 persen. Kesimpulannya, terdapat ketergantungan spasial dalam residual model regresi data panel. Dengan kata lain, data hilirisasi pertanian dengan determinannya saling terkait secara spasial. Hal ini juga mendukung temuan autokorelasi spasial global dan lokal pada arah yang sama. Dengan hasil ini maka dapat dilakukan pemodelan menggunakan regresi spasial panel.

4. *Pemodelan Regresi Spasial Panel*

Sebelum melakukan pemodelan, diidentifikasi apakah ada multikolinieritas pada model yang digunakan. Identifikasi dengan melihat pada korelasi dan nilai VIF sebagai berikut:

Gambar 9. *Correlation Heatmap* Hilirisasi Pertanian dan Determinannya di Pulau Papua



Berdasarkan korelasi Gambar 7 dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang cukup kuat antara variabel hilirisasi pertanian dengan determinannya. Lebih jelasnya ditunjukkan nilai VIF berikut (jika nilai VIF lebih dari 10 maka terdapat kasus multikolinieritas):

Tabel 5. Uji Multikolinieritas

Variabel	VIF	Variabel	VIF
NDBI	1,961291	Curah Hujan	1,029634
NDWI	1,384063	Indeks Gravity	1,120403
NO_2	1,076837	LST	2,003976

Dari hasil pengujian multikolinieritas dapat diketahui bahwa tidak ada variabel yang memiliki nilai VIF lebih dari 10, dapat dikatakan tidak ada kasus multikolinieritas.

Langkah awal pemodelan dengan regresi spasial adalah menentukan model yang digunakan antara *Pooling Effect*, *Fixed Effect*, atau *Random Effect*. Metode yang digunakan adalah Uji Hausman dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Uji Hausman

Metode	Chi-Square	p-value
Hausman Test	136,58	$2{,}2 \times 10^{-6}$ **

**signifikan pada taraf 5%

Berdasarkan hasil uji Hausman diketahui bahwa model spasial yang digunakan adalah *Fixed Effect* dikarenakan p-*value* kurang dari 0,05. Selanjutnya dilakukan uji spasialitas dengan metode Lagrange Multiplier (LM) untuk memilih efek spasial yang digunakan.

Tabel 7. Hasil Uji LM Spasial Panel

Pengujian	Efek	LM	p-*value*
Lagrange Multiplier	Spasial Lag	1113,8	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **
	Spasial Error	1120,7	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **

**signifikan pada taraf 5%

Dari hasil uji LM diketahui bahwa spasial *lag* dan spasial *error* signifikan. Model yang terbentuk dapat menggunakan *lag*, *error*, atau kombinasi keduanya. Selanjutnya yaitu memilih model dengan parameter terbaik. Dari pemilihan model, diperoleh model terbaik sesuai kriteria AIC terkecil yaitu model SAR (*Spatial Autoregressive*) dan SDM (*Spatial Durbin Model*). Namun, sebelum diinterpretasi lebih jauh, perlu diketahui hasil pengujian asumsi klasik dikarenakan model SAR menggunakan pendekatan OLS sebagai estimatornya.

Tabel 8. Uji Asumsi Klasik

Pengujian	Metode	Model	Koefisien	p-value
Normalitas	Kolmogorov-Smirnov	SAR	D = 0,27979	$2,2 \times 10^{-16}$ **
		SDM	D = 0,27031	$2,2 \times 10^{-16}$ **
Autokorelasi	Breusch-Godfrey	SAR	LM = 2566,8	$2,2 \times 10^{-16}$ **
		SDM	LM = 530,39	$2,2 \times 10^{-16}$ **

**signifikan pada taraf 5%

Berdasarkan hasil uji asumsi klasik, baik model SAR dan SDM diketahui melanggar asumsi normalitas dan autokorelasi, artinya residual kedua model tidak berdistribusi normal dan terdapat kasus autokorelasi yang signifikan. Untuk mengatasi hal tersebut, dalam penelitian ini menggunakan model *Random Effect* yang lebih *robust* dari pelanggaran asumsi klasik OLS. Menurut Elhorst (2014), model spasial panel dengan pendekatan efek acak (*Random Effect*) memiliki keunggulan dalam menyerap variasi antar unit observasi yang tidak teramati secara langsung, sehingga tetap memberikan estimasi parameter yang konsisten meskipun beberapa asumsi klasik tidak terpenuhi secara ketat. Dalam konteks yang serupa, Baltagi (2008) juga menekankan bahwa pendekatan efek acak dalam regresi panel memiliki ketahanan terhadap ketidaksesuaian asumsi normalitas, selama struktur *error* tidak mengandung bias sistematis yang berkorelasi dengan variabel independen. Dengan menambahkan *robust standard error* dalam proses estimasi, validitas inferensi statistik tetap dapat dijaga, meskipun distribusi residual tidak sepenuhnya normal. Oleh karena itu, model spasial panel *error* dengan pendekatan *Random Effect* dan koreksi standar *error* yang robust dipandang sebagai strategi estimasi yang layak dan andal dalam penelitian ini.

Tabel 9. Hasil Uji LM Spasial Panel *Random Effect*

Pengujian	Efek	LM	p-*value*
Lagrange Multiplier	Spasial Lag	1130,9	$2,2 \times 10^{-16}$ **
	Spasial Error	1139,7	$2,2 \times 10^{-16}$ **
	Locally Robust Spasial Lag	3,9693	0,04634 **
	Locally Robust Spasial Error	12,782	$3,501 \times 10^{-4}$ **

**signifikan pada taraf 5%

Model yang terbentuk dari hasil uji LM pada *Random Effect model* yaitu spasial *lag*, *error* atau kombinasi keduanya. Hal ini ditunjukkan dari hasil keseluruhan spasial yang signifikan. Berikutnya melakukan uji signifikansi parameter dan evaluasi model hilirisasi pertanian dan determinannya di Pulau Papua.

Tabel 8. Signifikansi Parameter Model Spasial Panel Berbagai Model

Parameter	SAR	SEM	SDM	SDEM	GSPRE
Intersep	0,09811518	-0,05900763	-0,00246929	0,012120	-0,05695153
	(3,480 x 10^{-6})**	(0,0198028)**	(0,9069046)	(0,6871996)	(0,035703)**
NDBI	0,09811518	0,19579419	0,30687204	0,28305	0,21314931
	(3,480 x 10^{-6})**	(4,057 x 10^{-12})**	(2,2 x 10^{-16})**	(2,2 x 10^{-16})**	(7,033 x 10^{-15})**
NDWI	-0,23056923	-0,33717929	-0,39672504	-0,39214	-0,32166618
	(2,2 x 10^{-16})**	(2,2 x 10^{-16})**	(2,2 x 10^{-16})**	(2,2 x 10^{-16})**	(2,2 x 10^{-16})**
NO_2	0,00308332	0,00544694	0,00765937	0,0034318	0,00734379
	(0,1065)	(0,0584134)*	(0,6484539)	(0,7987028)	(0,086265)*

Parameter	SAR	SEM	SDM	SDEM	GSPRE
Log (Curah Hujan)	-0,00907542 (1,921 x 10^{-6})**	-0,00796503 (1,403 x 10^{-4})**	-0,00765937 (1,981 x 10^{-4})**	-0,0090326 (1,249 x 10^{-5})**	-0,00413967 (0,007688)**
Log (Indeks Gravity)	0,00134773 (1,989 x 10^{-7})**	0,00141065 (5,838 x 10^{-6})**	0,00104166 (0,0014392)**	0,0012752 (3,695 x 10^{-5})**	0,00064141 (0,012990)**
LST	0,00406592 (8,687 x 10^{-15})**	0,00610100 (2,2 x 10^{-16})**	0,00768658 (1,977 x 10^{-10})**	0,0077274 (3,478 x 10^{-13})**	0,00556636 (2,118 x 10^{-11})**
Lag NDBI			-0,25336910 (6,298 x 10^{-13})**	-0,19717 (7,429 x 10^{-10})**	
Lag NDWI			0,19771315 (6,146 x 10^{-7})**	0,085129 (0,0193542)*	
Lag (*Log* Curah Hujan)			-0,00531956 (0,7498908)	0,000012226 (0,9992742)	
Lag (*Log* Indeks Gravity)			-0,00322636 (0,0908799)*	-0,0057722 (8,089 x 10^{-4})**	
Lag NO_2			0,00057400 (0,0781968)*	0,0010571 (7,956 x 10^{-4})**	
Rho	0,3398540 (2,2 x 10^{-16})**		-0,00408197 (6,340 x 10^{-4})**	-0,0023917 (0,0235193)**	
Lambda		0,3501590 (2,2 x 10^{-16})**	0,351359 (2,2 x 10^{-16})**		-0,471593 (2,2 x 10^{-16})**
Phi				0,3539029 (2,2 x 10^{-16})**	0,6760712 (2,2 x 10^{-16})**
AIC	-16863,79801	-16888,16601	-16929,09417	-16937,56156	5,1647866 (2,2 x 10^{-16})**
BIC	-16818,64962	-16843,01762	-16845,24715	-16853,71454	-17453,43949

Ket
Tidak dikurung merupakan koefisiensi parameter Dalam kurung merupakan p-*value*
**signifikan pada taraf 5%, *signifikan pada taraf 10%

Berdasarkan hasil pengujian berbagai model di atas, dengan melihat dari AIC terkecil, maka model yang diperoleh adalah model *Generalized Spatial Panel Random Effect* (GSPRE) dengan estimator *Random Effect*. Model tersebut telah dilakukan uji asumsi klasik yang menunjukkan model tidak memenuhi asumsi normal, terdapat kasus autokorelasi, dan terdapat pelanggaran heteroskedastisitas dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Uji Asumsi *Random Effect*

Pengujian	Metode	Koefisien	p-*value*
Normalitas	Kolmogorov-Smirnov	D = 0,092158	$3{,}042 \times 10^{-12}$ **
Autokorelasi	Breusch-Godfrey	LM = 386,44	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **
Heteroskedastisitas	Breusch-Pagan	BP = 335,78	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **

**signifikan pada taraf 5%

Dikarenakan asumsi klasik tidak terpenuhi, maka pada model dengan efek random perlu diperiksa *robustness* dengan kriteria *robust standard error* untuk memastikan validitas inferensi koefisien, dilakukan perhitungan robust standard error guna mengatasi kemungkinan adanya heteroskedastisitas dan uji spasial *error* residual dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 11. Uji *Robustness Random Effect*

Pengujian	Metode	Koefisien	p-value
Spasial Residu	Moran's I	Z = -0,217	0,5859
Robust SE	Sanity Test	*t* NDBI = 0,13911774	0,0583014*
		t NDWI = -0,33702073	$2{,}2 \times 10^{-16}$ **
		t NO_2 = 0,00433010	0,0030882**
		t Curah Hujan = -0,01323584	0,0087307**
		t Indeks Gravity = 0,00244436	$2{,}327 \times 10^{-7}$ **
		t LST = 0,00653243	0,0001996**

**signifikan pada taraf 5%

Berdasarkan Tabel 10 hasil pemeriksaan *robustness* model yang terbentuk, dapat diketahui hasil seluruh variabel signifikan secara statistik pada taraf kepercayaan 5% dan 10%. Uji *robust standard error* dilakukan untuk mengantisipasi adanya heteroskedastisitas dan hasil menunjukkan koefisien tetap signifikan. Selain itu, berdasarkan uji Moran's I terhadap residual model, diperoleh nilai statistik Z dengan p-value sebesar 0,5859, yang menunjukkan tidak adanya autokorelasi spasial yang signifikan pada residual. Dengan demikian, model spasial yang digunakan telah berhasil mengatasi masalah autokorelasi spasial dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut secara valid, serta dapat diinterpretasi.

Model spasial panel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Generalized Spatial Panel Random Effects* (GSPRE). Pendekatan ini dirancang untuk menangkap dua bentuk ketergantungan spasial secara simultan, yaitu autokorelasi *lag* pada variabel dependen serta autokorelasi spasial pada komponen *error*. Dengan demikian, GSPRE mampu mengidentifikasi keterkaitan hilirisasi pertanian antarwilayah sekaligus mengoreksi kemungkinan bias akibat adanya korelasi spasial pada *error term*. Pemilihan model ini relevan karena proses hilirisasi pertanian di Pulau Papua tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi internal suatu wilayah, tetapi juga oleh interaksi dan keterhubungan dengan wilayah sekitarnya, baik melalui aliran komoditas, distribusi infrastruktur, maupun kebijakan regional yang saling bersinggungan. Model yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$\textit{HILIR} = -0{,}057 + 0{,}213\ \text{NDBI}_{it} - 0{,}322\ \text{NDWI}_{it} + 0{,}007\ \text{NO}_{2it} - 0{,}004\ \textit{Log}\ \text{Curah Hujan}_{it} + 0{,}0006\ \textit{Log}\ \text{Indeks Gravity}_{it} + 0{,}0056\ \text{LST}_{it} + \mu_{it} + \text{E}_{it}$$

di mana, *i* adalah unit observasi kecamatan dan *t* adalah periode waktu. Dari model tersebut kemudian dapat diinterpretasikan bahwa:

- NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*) – Koefisien: 0,213

  Peningkatan satu satuan pada NDBI, yang mencerminkan ekspansi kawasan terbangun atau urbanisasi, berhubungan positif dengan tingkat hilirisasi pertanian. Hal ini menunjukkan bahwa daerah dengan tingkat urbanisasi yang lebih tinggi cenderung memiliki infrastruktur yang lebih baik, memudahkan distribusi hasil pertanian dan akses pasar. Penelitian oleh Karanam (2020) mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa urbanisasi meningkatkan aksesibilitas pasar dan infrastruktur, mendukung pertumbuhan sektor hilir.

- NDWI (*Normalized Difference Water Index*) – Koefisien: -0,322

  Koefisien negatif pada NDWI menunjukkan bahwa wilayah dengan kandungan air yang lebih tinggi atau lahan basah cenderung memiliki tingkat hilirisasi pertanian yang lebih rendah. Hal ini dapat disebabkan oleh keterbatasan infrastruktur dan aksesibilitas di daerah tersebut. Penelitian oleh Seto et al. (2015) mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa lahan basah sering kali kurang berkembang dan memiliki keterbatasan dalam mendukung kegiatan ekonomi hilir.

- NO_2 (*Nitrogen Dioxide*) – Koefisien: 0,007

  Meskipun koefisiennya kecil, peningkatan satu satuan pada konsentrasi NO_2 berhubungan positif dengan tingkat hilirisasi pertanian. Hal ini mengindikasikan bahwa

daerah dengan polusi udara yang lebih tinggi, sering kali terkait dengan aktivitas industri, juga memiliki tingkat hilirisasi yang lebih tinggi. Penelitian oleh Zhang et al. (2022) mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa kawasan industri dengan emisi tinggi cenderung memiliki aktivitas ekonomi hilir yang lebih intens.

- Log Curah Hujan – Koefisien: -0,004

  Koefisien negatif pada curah hujan menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan sedikit banyak menurunkan tingkat hilirisasi pertanian. Meskipun pengaruhnya kecil, hal ini mungkin terkait dengan dampak negatif curah hujan tinggi terhadap infrastruktur dan logistik. Penelitian oleh Suryani et al. (2017) menemukan bahwa curah hujan yang tinggi dapat mengganggu transportasi dan distribusi barang, yang pada gilirannya mempengaruhi aktivitas hilirisasi.

- Log Indeks Gravitasi – Koefisien: 0,0006

  Koefisien positif pada indeks gravitasi menunjukkan bahwa peningkatan aksesibilitas dan kedekatan dengan pusat ekonomi meningkatkan tingkat hilirisasi pertanian. Hal ini sejalan dengan teori gravitasi dalam ekonomi, yang menyatakan bahwa interaksi ekonomi antara dua wilayah berbanding lurus dengan ukuran ekonomi dan terbalik dengan jarak antar wilayah. Penelitian oleh Anderson dan van Wincoop (2003) mendukung temuan ini, menunjukkan bahwa aksesibilitas yang lebih baik meningkatkan aktivitas ekonomi hilir.

- LST (*Land Surface Temperature*) – Koefisien: 0,0056

  Peningkatan satu satuan pada suhu permukaan tanah berhubungan positif dengan tingkat hilirisasi pertanian. Hal ini mungkin mencerminkan efek panas perkotaan yang terkait dengan urbanisasi dan aktivitas industri. Penelitian oleh Li et al. (2022) menunjukkan bahwa suhu permukaan yang lebih tinggi sering kali terkait dengan peningkatan aktivitas ekonomi dan urbanisasi, yang mendukung hilirisasi.

Hasil model GSPRE menunjukkan bahwa variabel NDBI, NDWI, NO_2, curah hujan, indeks gravitasi, dan LST memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat hilirisasi pertanian. Ketika dikaitkan dengan hasil LISA, terlihat bahwa tingkat hilirisasi pertanian di Papua sangat bervariasi antarprovinsi. Provinsi seperti Papua dan Papua Barat yang memiliki konsentrasi urbanisasi tinggi, aksesibilitas relatif baik, serta produktivitas vegetasi yang stabil, menunjukkan tingkat hilirisasi pertanian yang lebih tinggi sesuai dengan efek positif NDBI, indeks gravitasi, dan LST pada model GSPRE. Sebaliknya, provinsi seperti Papua Tengah, Papua Pegunungan, Papua Selatan, dan Papua Barat Daya, yang didominasi

oleh wilayah dengan vegetasi lebih rentan dan keterbatasan infrastruktur, cenderung memiliki tingkat hilirisasi yang lebih rendah, sejalan dengan pengaruh negatif NDWI dan curah hujan. Temuan ini menegaskan adanya heterogenitas spasial tingkat hilirisasi pertanian di Papua, di mana pusat-pusat perkotaan di masing-masing provinsi berperan sebagai motor penggerak aktivitas hilirisasi, sementara daerah dengan keterbatasan akses dan kondisi ekologis menuntut perhatian kebijakan khusus untuk mendorong pengembangan hilirisasi yang lebih merata.

C. Identifikasi Wilayah Shock Berbasis Spasial

Tabel 12. Hasil Tabulasi *Shock Index* Berdasarkan Provinsi

Provinsi	Rata-rata	Kategori	Jumlah Kecamatan		
			Rendah	Sedang	Tinggi
Papua Barat	0,53276938	Sedang	0	64	20
Papua Barat Daya	-0,0595678	Sedang	8	109	13
Papua	0,71838567	Sedang	0	83	23
Papua Tengah	-0,2906884	Sedang	16	109	5
Papua Selatan	0,47160195	Sedang	0	71	11
Papua Pegunungan	-0,4398359	Sedang	39	206	2

Hasil tabulasi *shock index* menunjukkan adanya heterogenitas spasial tingkat potensi shock hilirisasi pertanian di enam provinsi Papua. Provinsi Papua memiliki rata-rata shock index tertinggi (0,718), dengan mayoritas kecamatan berada dalam kategori sedang dan sejumlah 23 kecamatan masuk kategori tinggi, menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar wilayah relatif stabil, terdapat beberapa kecamatan yang rentan terhadap gangguan eksternal yang dapat memengaruhi hilirisasi pertanian. Provinsi Papua Barat juga memiliki rata-rata shock index positif (0,533), dengan 20 kecamatan tergolong tinggi, mengindikasikan potensi shock yang cukup besar di beberapa titik, terutama di wilayah perkotaan atau pusat aktivitas ekonomi pertanian.

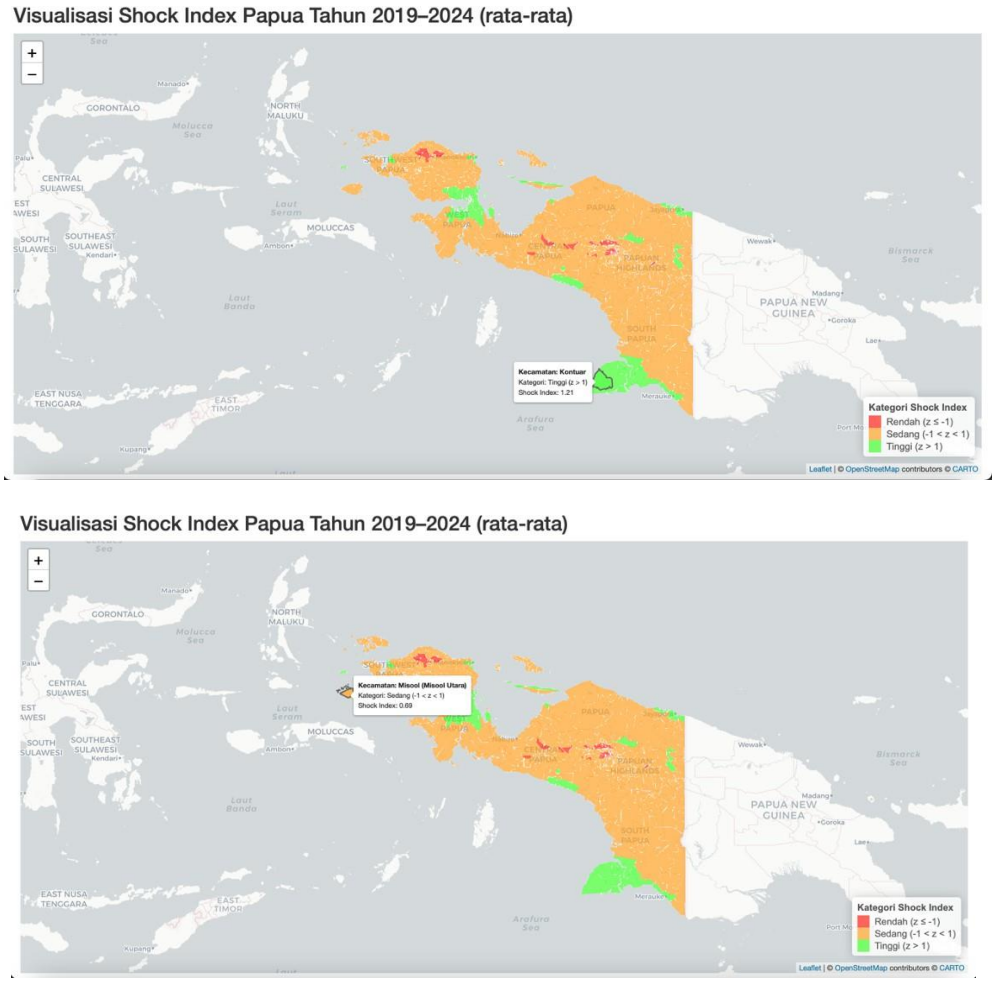
Sementara itu, provinsi seperti Papua Tengah (-0,291), Papua Pegunungan (-0,440), dan Papua Barat Daya (-0,060) memiliki rata-rata shock index lebih rendah, meskipun sebagian besar kecamatan berada dalam kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa meski tingkat rata-rata shock tampak moderat, beberapa kecamatan tetap memiliki kerentanan lokal yang harus diperhatikan, terutama di Papua Pegunungan yang memiliki 39 kecamatan kategori rendah, 206 kecamatan kategori sedang, dan 2 kecamatan kategori tinggi, mencerminkan keterbatasan kapasitas adaptasi akibat kondisi topografi dan aksesibilitas yang menantang. Provinsi Papua Selatan menunjukkan pola serupa, dengan rata-rata 0,472 dan 11 kecamatan masuk kategori tinggi, menegaskan adanya variasi lokal dalam potensi shock.

Secara keseluruhan, tabulasi ini menegaskan bahwa meskipun sebagian besar kecamatan di Papua berada pada kategori sedang, terdapat titik-titik konsentrasi kecamatan yang rentan terhadap shock hilirisasi pertanian. Temuan ini menjadi dasar penting bagi perumusan strategi penguatan kapasitas wilayah, peningkatan infrastruktur, dan diversifikasi kegiatan ekonomi untuk mengurangi risiko gangguan dan memastikan keberlanjutan pengembangan hilirisasi pertanian di seluruh provinsi Papua.

Aplikasi Peta Interaktif Shock Index

Melalui fitur interaktif pada peta, pengguna dapat menelusuri informasi masing-masing kecamatan secara langsung, termasuk nama wilayah, nilai indeks *shock*, dan klasifikasinya.

Gambar 13. Aplikasi Peta Interaktif *Shock Index* di Pulau Papua



Aplikasi peta interaktif ini dikembangkan menggunakan ***R Shiny***, dan dapat diakses secara daring melalui tautan berikut:

https://yongkyeye.shinyapps.io/shock_index_papua/

Hasil identifikasi *Shock Index* Papua 2019–2024 menunjukkan bahwa pola kerentanan hilirisasi pertanian bervariasi secara spasial di enam provinsi Papua. Mayoritas kecamatan berada pada kategori *shock* sedang, menandakan bahwa sistem hilirisasi relatif berjalan namun tetap memiliki potensi terguncang bila ada tekanan eksternal. Pada wilayah dengan *shock* tinggi, distribusi terlihat lebih dominan di Papua Barat, Papua Selatan, dan sebagian Papua Tengah, di mana kapasitas adaptasi lebih baik ditopang oleh keberadaan pusat produksi dan akses relatif lebih memadai. Kondisi ini membuka peluang untuk memperkuat basis hilirisasi karena meski menghadapi tekanan, wilayah tersebut masih mampu menjaga ketahanan proses pasca panen dan distribusi. Sebaliknya, wilayah dengan *shock* rendah cukup terkonsentrasi di Papua Pegunungan dan Papua Tengah bagian dalam, yang mencerminkan keterbatasan infrastruktur logistik, akses transportasi, serta tekanan ekologis yang lebih besar. Provinsi Papua Barat Daya memperlihatkan kombinasi shock sedang hingga tinggi, menandakan adanya potensi sekaligus kerentanan yang harus diantisipasi.

Secara spasial, hasil ini menegaskan bahwa kebijakan hilirisasi pertanian tidak bisa seragam antarprovinsi, melainkan perlu diferensiasi. Provinsi dengan shock tinggi bisa diarahkan untuk penguatan investasi dan inovasi teknologi agar momentum hilirisasi tetap terjaga, sedangkan provinsi dengan shock rendah perlu prioritas intervensi berupa pembangunan infrastruktur dasar, akses ke pasar, serta perlindungan lingkungan. Temuan ini juga konsisten dengan analisis spasial panel, di mana efek *spillover* menunjukkan bahwa tekanan di satu wilayah dapat berdampak ke wilayah sekitarnya, sehingga koordinasi antarprovinsi menjadi kunci untuk memastikan hilirisasi pertanian di Papua lebih berkelanjutan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini bersifat analisis inferensial. Dalam artikel ini menjawab 3 tujuan utama penelitian, yaitu **pertama**, karakteristik dari enam provinsi di Papua menunjukkan heterogenitas ekologis, ekonomi, dan infrastruktur yang memengaruhi hilirisasi pertanian. Papua, Papua Barat, dan Papua Barat Daya memiliki vegetasi dan aktivitas ekonomi lebih tinggi, sementara Papua Tengah, Papua Pegunungan, dan Papua Selatan relatif rendah. Infrastruktur terbangun (NDBI) dan aksesibilitas spasial (Indeks Gravity) masih terbatas di beberapa wilayah, terutama Papua Pegunungan. Variasi curah hujan dan suhu permukaan tanah menunjukkan perbedaan kondisi iklim antarprovinsi, yang berdampak pada produktivitas pertanian dan risiko lingkungan. Secara keseluruhan, kondisi ini menegaskan

adanya kesenjangan spasial yang perlu diperhatikan dalam perencanaan hilirisasi pertanian berkelanjutan di Papua. **Kedua,** berdasarkan hasil analisis GSPRE dan LISA, terdapat heterogenitas spasial yang jelas dalam tingkat hilirisasi pertanian di Papua. Variabel seperti urbanisasi (NDBI), vegetasi (NDVI/NDWI), polusi industri (NO_2), curah hujan, aksesibilitas (indeks gravitasi), dan suhu permukaan tanah (LST) terbukti memengaruhi tingkat hilirisasi. Selain efek langsung, beberapa variabel menunjukkan efek spillover ke wilayah tetangga, yang berarti perubahan kondisi di satu wilayah dapat memengaruhi tingkat hilirisasi di kabupaten atau provinsi sekitarnya. Hasil LISA menegaskan adanya konsentrasi aktivitas ekonomi di pusat perkotaan, terutama di Papua dan Papua Barat, sementara wilayah Pegunungan, Papua Tengah, Papua Selatan, dan Papua Barat Daya cenderung memiliki tingkat hilirisasi yang lebih rendah. Temuan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan interaksi spasial antarwilayah dalam perumusan strategi pengembangan hilirisasi pertanian. **Ketiga,** Analisis shock index menunjukkan bahwa sebagian besar kecamatan di Papua berada dalam kategori sedang, namun terdapat sejumlah kecamatan di setiap provinsi yang masuk kategori tinggi, menandakan potensi kerentanan terhadap gangguan eksternal yang dapat memengaruhi hilirisasi pertanian. Provinsi seperti Papua dan Papua Barat memiliki rata-rata indeks lebih tinggi, mengindikasikan bahwa pusat-pusat aktivitas ekonomi lebih rentan terhadap shock, sementara provinsi seperti Papua Pegunungan, Papua Tengah, dan Papua Selatan menunjukkan kerentanan lokal yang tinggi akibat keterbatasan akses dan kapasitas adaptasi. Hasil ini menekankan perlunya strategi penguatan infrastruktur, diversifikasi kegiatan ekonomi, dan mitigasi risiko untuk memastikan keberlanjutan hilirisasi pertanian di seluruh provinsi Papua.

Keterbatasan

Keterbatasan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Beberapa citra satelit dalam penelitian ini menggunakan *proxy* atau pendekatan yang menggambarkan variabel yang digunakan pada masing-masing daerah, oleh karena itu penelitian selanjutnya dapat menggunakan lebih banyak *proxy* agar lebih representatif.
2. Metode yang digunakan hanya sebatas melihat ada tidaknya limpahan antar wilayah namun belum melihat pengaruhnya tiap kabupaten/kota, sehingga penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang dapat melihat konvergensi.

VI. REKOMENDASI KEBIJAKAN

Saran dan rekomendasi yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini, antara lain:

1. Penguatan Infrastruktur dan Konektivitas

   Pemerintah perlu membangun dan memperbaiki jaringan transportasi darat, udara, serta fasilitas pasar di pusat-pusat kota dan kabupaten strategis agar distribusi hasil pertanian dan bahan baku industri hilir lebih lancar, misalnya *Rural Roads Program*.

2. Konservasi Lahan dan Adaptasi Pertanian

   Kembangkan program konservasi vegetasi, pengelolaan irigasi, dan praktik pertanian adaptif iklim untuk menjaga produktivitas pertanian, mengurangi tekanan lingkungan, dan meningkatkan keberlanjutan hilirisasi, misalnya *Green Bond*.

3. Mitigasi Risiko dan *Shock* Manajemen

   Fokus pada wilayah atau kecamatan dengan potensi *shock* tinggi melalui bantuan modal, diversifikasi usaha, pelatihan manajemen risiko, dan koordinasi lintas kabupaten untuk mengurangi kerentanan terhadap gangguan eksternal, misalnya *slow farming insurance*.

4. Pengendalian Dampak Lingkungan

   Tetapkan regulasi dan pemantauan kualitas udara, pengelolaan polusi industri, serta perlindungan sumber daya air agar hilirisasi pertanian tidak merusak lingkungan dan tetap berkelanjutan, misalnya *Green Tax* atau pajak hijau.

5. Pengembangan Klaster Hilirisasi dan *Spillover*

   Dorong pembentukan klaster industri hilir pertanian yang terintegrasi antarwilayah, sehingga keberhasilan satu kabupaten dapat mendorong pertumbuhan hilirisasi di wilayah tetangga, misalnya Kawasan Agroindustri Sirkular.

6. Penguatan Kelembagaan dan Akses Informasi

   Tingkatkan kapasitas kelembagaan lokal, fasilitasi kerja sama antara petani, pelaku industri hilir, dan lembaga penelitian, serta perbaiki akses informasi pasar agar kebijakan berbasis bukti dapat diterapkan secara efektif.

7. Rekomendasi Kebijakan Pemerintah per Provinsi Papua:

   a. **Papua:** Peningkatan infrastruktur pasar dan transportasi di pusat kota seperti Jayapura, mendorong pengelolaan lahan pertanian dan vegetasi secara berkelanjutan, berfokus pada mitigasi kecamatan dengan *shock* tinggi dan memfasilitasi klaster hilirisasi untuk efek *spillover* ke wilayah tetangga.

b. **Papua Barat:** Memperkuat jaringan transportasi dan aksesibilitas antar kabupaten, mengembangkan sistem irigasi dan praktik pertanian adaptif iklim, dan meningkatkan pengawasan polusi dan kualitas lingkungan, terutama di kecamatan berkembang.

c. **Papua Barat Daya:** Meningkatkan konektivitas logistik dan pasar lokal memfokuskan pada pengelolaan sumber daya air (NDWI rendah) untuk mendukung pertanian hilir, dan membangun kapasitas lokal untuk mengurangi kerentanan *shock* di kecamatan rentan.

d. **Papua Tengah:** Memperkuat transportasi dan aksesibilitas wilayah pegunungan, melakukan konservasi vegetasi dan rehabilitasi lahan untuk meningkatkan produktivitas, dan mendorong kerja sama antarwilayah agar efek *spillover* dari pusat pertumbuhan terasa.

e. **Papua Selatan:** Meningkatkan akses ke pasar dan distribusi hasil pertanian dari kecamatan terpencil, menerapkan mitigasi risiko hidrometeorologi karena curah hujan tinggi, dan mengembangkan klaster hilirisasi agar wilayah yang lebih rendah tingkat hilirisasi mendapat dorongan ekonomi.

f. **Papua Pegunungan:** Memperkuat infrastruktur dasar dan transportasi untuk mengurangi isolasi wilayah, memfokuskan pada konservasi ekosistem pegunungan dan praktik pertanian adaptif suhu rendah, serta memberikan dukungan khusus bagi kecamatan dengan potensi *shock* tinggi untuk meningkatkan ketahanan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulgani, F., Zulfikar, M., & Nurdin, B. V. (2021). Food Insecurity and Agribusiness Expansion in Papua, Indonesia: A Developmental Paradox. In *Proceedings of the 2nd International Indonesia Conference on Interdisciplinary Studies (IICIS 2021)* (pp. 213-219). Atlantis Press SARL.

Astuti, A. A. (2023). An Analysis of Indonesian Economic Development: Case Study Mining Business in Papua Province. *International Journal of Public Administration, Management and Economic Development*, *8*(1), 1-17.

Badan Pusat Statistik Provinsi Papua Barat. (5 Februari 2025). *Ekonomi Papua Barat Triwulan IV-2024 Tumbuh 20,80 persen (c-to-c)*. Diakses pada 21 Agustus 2025, dari https://papuabarat.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/05/995/ekonomi-papua-barat-triwulan-iv-2024-tumbuh-20-80-persen--c-to-c-.html.

Badan Pusat Statistik Provinsi Papua. (6 Februari 2025). *Pertumbuhan Ekonomi Provinsi Papua Tengah Triwulan IV-2024*. Diakses pada 21 Agustus 2025, dari https://papua.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/06/1285/-economic-growth-of-papua-tengah-province--quarter-iv-2024.html

Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2021). *Global non-linear effect of temperature on economic production*. Nature, 527(7577), 235-239.

Dinas Tanaman Pangan dan Holtikultura Provinsi Papua. (n.d.). *Potensi lahan pertanian Papua*. Diakses dari situs resmi Pemerintah Provinsi Papua.

Elhorst, J.P. (2014). *Spatial Panel Data Models : Spatial Econometrics From Cross Sectional Data to Spatial Panels*, Ch.3. New York : Springer.

Faisol, A., & Atekan, A. (2020). Potensi Pemanfaatan Data Iklim Berbasis Citra Satelit untuk Pengembangan Lahan Pertanian di Provinsi Papua Barat. *Igya Ser Hanjop*, *2*(2), 69-80.

Faisol, A., & Bachri, S. (2021). *Komparasi dan Evaluasi Data Hujan Berbasis Satelit dalam Mengestimasi Curah Hujan Harian Maksimum di Provinsi Papua Barat* (Doctoral dissertation, Sebelas Maret University).

Fauzi, F. Z., Mayor, D. E., & Liauw, G. (2023). The Direction of Papua Development: Is A New Autonomous Region the Answer?. *Policy & Governance Review*, *7*(1), 1-20.

Gao, B.C. (1996). *NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space*. Remote Sensing of Environment, 58(3), 257–266.

Hikmatullah, H., & Ritung, S. (2014). Perkembangan Pemetaan Zona Agro-Ekologi (ZAE) di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, *8*(1), 133983.

Karanam, H. K. (2020). *Study of Normalized Difference Built-Up (NDBI) Index in Automatically Mapping Urban Areas from Landsat TM Imagery*. ResearchGate.

Li, X., Zhou, Y., & Xu, X. (2022). *Quantitative Analysis of a Spatial Distribution and Driving Factors of Urban Heat Islands*. Scientific Reports, 12(1), 1-12.

Mokhtari, M., et al. (2025). *Mapping Tourist Dynamics with Nighttime Lights in Coastal Zones*. Remote Sensing Letters.

Newswire. (2018, November 14). *Kontribusi industri pengolahan di Papua rendah.*

Bisnis.com.

Perrella, G., et al. (2024). *Monitoring SO_2 Emission from Urban Tourism Activity Using Sentinel-5P*. Environmental Research Letters.

Rachmawati, D. (2024, April 17). *500.000 hectare lahan sawah di Food Estate Merauke mulai digarap*. Bisnis.com.

Rahman, M.A., et al. (2023). *Spatio-temporal Analysis of NDVI in Tourism Zones: A Remote Sensing Perspective*. Sustainability, 15(4), 2341.

Seto, K. C., Güneralp, B., & Hutyra, L. R. (2015). *Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(40), 16083-16088.

Sunarta, N. (2022). *Dampak Transportasi Pariwisata terhadap Kualitas Udara Perkotaan*. Jurnal Ekowisata Indonesia, 5(1), 33–42.

Suryani, E., et al. (2017). *Pengaruh Infrastruktur terhadap Aktivitas Ekonomi di Wilayah Perdesaan*. Jurnal Pembangunan Wilayah, 10(2), 75-85.

Tucker, C.J. (1979). *Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation*. Remote Sensing of Environment, 8(2), 127–150.

Wijayanti, D., Ramadhani, S. N., & SatrioWibowo, B. (2024). Analisis determinan kemiskinan di Provinsi Papua. *Jurnal Kebijakan Ekonomi dan Keuangan*, 117-123.

Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594.

Zhang, Y., Li, Z., & Li, X. (2022). *Investigate the Effects of Industrial Agglomeration on Nitrogen Dioxide Pollution*. Frontiers in Environmental Science.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pemodelan GSPRE

ML panel with spatial lag, spatial RE (KKP), spatial error correlation

Call:
spreml(formula = formula, data = data, index = index, w = listw2mat(listw), w2 = listw2mat(listw2), lag = lag, errors = errors, cl = cl)

Residuals:

Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
-0.10474	-0.03684	-0.02240	-0.01215	-0.00792	1.79810

Error variance parameters:

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(>|t|)
phi	5.1647866	0.3015835	17.126	< 2.2e-16 ***
rho	0.6760712	0.0075916	89.055	< 2.2e-16 ***

Spatial autoregressive coefficient:

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(>|t|)
lambda	-0.471593	0.012017	-39.245	< 2.2e-16 ***

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t-value	Pr(>|t|)
(Intercept)	-0.05695153	0.02711603	-2.1003	0.035703 *
x1	0.21314931	0.02738341	7.7839	7.033e-15 ***
x2	-0.32166618	0.03086258	-10.4225	< 2.2e-16 ***
x3	0.00734379	0.00428099	1.7154	0.086265 .
x4	-0.00413967	0.00155306	-2.6655	0.007688 **
x5	0.00064141	0.00025821	2.4840	0.012990 *
x6	0.00556636	0.00083109	6.6977	2.118e-11 ***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Lampiran 2. Hasil Uji Spasial Residu

Moran I test under randomisation

data: resid_cross
weights: listw_kor

Moran I statistic standard deviate = -0.217, p-value = 0.5859 alternative hypothesis: greater
sample estimates:

Moran I statistic	Expectation	Variance
-1.482073e-03	-1.285347e-03	8.219102e-07

Lampiran 3. Hasil Uji Robust SE (Sanity Test)

t test of coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>|t|)	
(Intercept)	-0.04266139	0.04162219	-1.0250	0.3054316	
x1	0.13911774	0.07345608	1.8939	0.0583014	.
x2	-0.33702073	0.03880222	-8.6856	< 2.2e-16	***
x3	0.00433010	0.00146269	2.9604	0.0030882	**
x4	-0.01323584	0.00504505	-2.6235	0.0087307	**
x5	0.00244436	0.00047199	5.1788	2.327e-07	***
x6	0.00653243	0.00175484	3.7225	0.0001996	***

Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

halaman ini sengaja dikosongkan

OPTIMALISASI PERAN TPID DI TANAH PAPUA MELALUI ANALISIS PREDIKTIF DATA IPH: PERBANDINGAN KINERJA MODEL BERBASIS STATISTIK DAN *MACHINE LEARNING* DALAM MENJAGA KESTABILAN HARGA KEBUTUHAN POKOK

Lalu Moh. Arsal Fadila*, Nadia Arsyta Putri**
*Corresponding Author, BPS Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
arsalmuhammad023@gmail.com
**BPS Kabupaten Manokwari, Papua Barat, Indonesia.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan peran Tim Pengendalian Inflasi Daerah (TPID) di Tanah Papua dengan memanfaatkan analisis prediktif data Indeks Perkembangan Harga (IPH) mingguan. Dengan kondisi ekonomi regional yang heterogen dan dinamis, TPID sering kali menghadapi tantangan besar dalam menjaga stabilitas harga bahan pokok. Menggunakan data IPH periode 1 Januari 2024 hingga 2 Agustus 2025, penelitian ini membandingkan kinerja model statistik ARIMA dan *machine learning* LSTM dalam memprediksi pergerakan IPH. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model LSTM memiliki akurasi yang secara konsisten lebih tinggi daripada ARIMA di semua provinsi, terbukti dari nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang lebih rendah. Keunggulan ini membuktikan bahwa LSTM lebih andal dalam menangkap pola non-linear dan kompleks yang menjadi ciri khas volatilitas harga di Papua. Berdasarkan temuan ini, penelitian merekomendasikan integrasi hasil prediksi LSTM ke dalam sebuah *dashboard* interaktif. *Dashboard* ini akan berfungsi sebagai alat bantu visual yang kuat, memberikan wawasan real-time kepada TPID untuk merumuskan kebijakan yang lebih proaktif dan berbasis data, seperti intervensi pasar yang tepat sasaran, sehingga peran TPID dalam menjaga kestabilan ekonomi dan daya beli masyarakat dapat berjalan lebih efektif.

Kata Kunci: harga bahan pokok, inflasi, IPH, ARIMA, LSTM

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Stabilitas harga pada kebutuhan pokok menjadi salah satu syarat penting dalam menjaga kestabilan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat di suatu daerah (Widya et al., 2023). Kenaikan harga suatu barang dan jasa dapat disebabkan karena adanya ketidakseimbangan antara *supply* dan *demand* (Nandhi, 2020). Harga barang dan jasa yang cenderung naik dalam suatu periode waktu tertentu dapat disebut dengan inflasi (Kabul, 2025). Sementara itu, penurunan harga barang dan jasa secara terus menerus disebut dengan deflasi atau dikenal dengan inflasi minus. Rendahnya suatu inflasi dan menjadi stabil merupakan suatu syarat bagi pertumbuhan ekonomi yang *sustainable*. Hal ini dapat menyebabkan terjaganya daya beli masyarakat dan menjaga kekondusifan pelaku usaha dalam pengambilan keputusan untuk aktivitas transaksi ekonomi yang dapat berdampak pada pertumbuhan ekonomi (Kabul, 2025).

Di Indonesia, penyumbang utama dalam inflasi adalah adanya fluktuasi harga pangan yang berpengaruh pada daya beli masyarakat. Inflasi dapat disebabkan karena *demand-pull inflation* yaitu terjadinya *demand* barang dan jasa yang melebihi *supply* (Vetria, 2023). Hal ini dapat terjadi karena adanya konsumsi, investasi, atau pengeluaran pemerintah yang meningkat melebihi dari kapasitas produksi ekonomi. Vetria (2023) juga menyatakan bahwa inflasi dapat disebabkan oleh *cost-push inflation*, artinya ketika suatu biaya produksi barang dan jasa mengalami peningkatan yang dapat menyebabkan produsen barang dan jasa menaikkan harga jual guna untuk tetap mendapatkan margin keuntungan yang tinggi. Lebih lanjut, inflasi dapat disebabkan oleh *built-in inflation*, yakni adanya suatu harapan inflasi di masa yang mendatang dan menyebabkan pekerja meminta kenaikan upah yang tinggi untuk mengimbangi kenaikan harga. Selain itu, Kabul (2025) menyatakan bahwa karakteristik inflasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bencana alam dan kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM) yang tentu saja dapat mempengaruhi inflasi pada kelompok bahan makanan (*volatile food*). Oleh karena itu, diperlukannya pengendalian inflasi oleh pemerintah dengan kolaborasi dari banyak sektor.

Respon pemerintah dalam hal pengendalian inflasi ditunjukkan dengan pembentukkan Tim Pengendalian Inflasi Daerah (TPID) yang berperan dalam hal ketersediaan pasokan, memperlancar distribusi, menjaga kestabilan harga, dan memperkuat komunikasi (Bank Indonesia, 2022). TPID sangat dibutuhkan dalam pengendalian inflasi guna mewujudkan stabilitas harga (Vetria, 2023). TPID berperan aktif dalam pengkoordinasian terkait

pengendalian inflasi dengan berbagai pihak. Selain itu, Vetria (2023) juga menyatakan bahwa TPID memiliki tugas dalam pemantauan perkembangan harga, menentukan sumber-sumber inflasi, dan membuat kebijakan yang tepat untuk pengendalian inflasi.

Dalam rangka mendukung pengendalian inflasi, indikator statistik krusial disusun guna untuk memantau perkembangan harga di pasar yang disebut dengan Indeks Perkembangan Harga (IPH). Badan Pusat Statistik (BPS) melakukan kolaborasi dengan Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri) dan Kementerian Perdagangan (Kemendag) untuk menghitung IPH pada 20 komoditas pokok di seluruh kabupaten/kota di Indonesia sejak tahun 2022 (Sandyawan, Rimawati, dan Suarjaya, 2024). Kolaborasi tersebut merupakan suatu inisiatif untuk mengendalikan inflasi di Indonesia dengan cara memantau IPH dan indikator lainnya yang mencerminkan perkembangan harga di pasar. Penghitungan data IPH dilakukan oleh BPS, pengumpulan data dilaksanakan oleh Kemendag, dan Kemendagri berperan sebagai wali data. Hasil data IPH yang telah diolah akan dirilis setiap hari senin agar dapat dilakukan penindaklanjutan oleh Dinas Perdagangan dan Perindustrian (Disperindag). Namun, dalam praktiknya penggunaan IPH hanya sebatas analisis deskriptif masih belum dilakukan proses prediksi data harga yang komprehensif bagi TPID agar dapat merumuskan kebijakan yang tepat sasaran.

Di ujung timur Indonesia, Tanah Papua, memiliki tantangan besar dalam hal pengendalian stabilitas harga. Hal ini dapat dilihat dari kondisi geografis yang luas dan sulit, keterbatasan sarana infrastruktur, dan tingginya biaya logistik dalam distribusi menyebabkan harga kebutuhan pokok di Papua menjadi fluktuatif, tidak stabil, dan lebih tinggi dibandingkan wilayah lain di Indonesia (Sarjito, 2024). Hal ini ditambah dengan ketergantungan pada kiriman bahan pokok dari luar Papua menjadikan rawan terhadap fluktuatif harga, baik akibat faktor cuaca, musiman, ataupun kondisi nasional dan global. Hal ini membuat TPID kesulitan dalam hal memprediksi kestabilan harga dengan pendekatan monitoring ataupun dengan pendekatan manual lainnya.

Seiring berkembangnya ilmu dan teknologi analisis, terdapat dua pendekatan model dengan berbasis statistik dan *machine learning* yang dapat dilakukan untuk melakukan analisis prediksi. Untuk pendekatan statistik, terdapat metode *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) dan pendekatan *machine learning*, terdapat metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Model ARIMA dan LSTM merupakan dua metode analisis prediksi (*forecasting*) sering digunakan dalam peramalan data harga yang bersifat fluktuatif (Milniadi & Adiwijaya, 2023). Model ARIMA memiliki kelebihan dalam hal pemodelan

tren musiman dengan historis data yang stabil (Gunawan & Astika, 2022). Model LSTM merupakan arsitektur *Recurrent Neural Network* (RNN) yang digunakan untuk mempelajari pola data *time series* yang kompleks dan panjang, serta mampu untuk menyelesaikan masalah *vanishing gradient* di saat metode RNN tidak mampu melakukan analisis data yang panjang dan kompleks (Cahyani, Mujahidin, Fiqar, 2023). Masing-masing metode memiliki keunggulan dan keterbatasan, namun memiliki persamaan dalam melakukan prediksi data deret waktu seperti IPH. Penentuan metode terbaik dalam dilihat dari nilai RMSE terkecil. Penelitian sebelumnya lebih banyak melakukan prediksi terhadap data harga saham dan harga bahan pokok. Sementara itu belum ada penelitian yang melakukan perbandingan metode ARIMA dan LSTM terhadap IPH di Indonesia maupun daerah lainnya. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis perbandingan kinerja model antara ARIMA dan LSTM dalam melakukan prediksi data IPH di Tanah Papua.

1.2. Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan prediksi harga bahan pokok yang akurat bagi TPID di Papua
2. Memberikan saran metode prediktif terbaik guna melihat hasil prediksi data IPH
3. Mendukung kebijakan pengendalian inflasi di Tanah Papua.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Harga Bahan Pokok

Harga bahan pokok merupakan salah satu nilai dari suatu bahan pokok yang rentan mengalami kenaikan maupun penurunan harga. Kenaikan harga bahan pokok diartikan kenaikan harga satu komoditas atau lebih yang akan mempengaruhi perekonomian masyarakat (Lestari & Winarto, 2023). Sembilan bahan pokok yang paling sering mengalami kenaikan harga adalah padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, ubi jalar, ubi kayu, cabai, dan jagung (Data Komoditas Pangan, 2014).

2.2. Inflasi

Inflasi merupakan kecenderungan peningkatan yang berlangsung secara berkelanjutan dari harga-harga (Boediono, 1995). Awal mula penyebutan istilah inflasi dimulai setelah perang dunia kedua, yang diartikan sebagai kelebihan permintaan *(excess demand)* terhadap barang yang tersedia (Gunawan, 1991).

2.3. Indeks Perkembangan Harga (IPH)

IPH merupakan indeks yang digunakan untuk melakukan pemantauan perubahan

harga suatu komoditas tertentu. Proses penghitungan IPH adalah sebagai berikut.

1. Penghitungan rata-rata geometri

Rata-rata geometri digunakan secara efektif untuk mengukur pertumbuhan suatu nilai, serta memiliki kelebihan dalam mengatasi adanya pencilan, baik yang bernilai tinggi maupun rendah. Adapun rumus perhitungan rata-rata geometri dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P\ geom = \sqrt{x_0 \times x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4} \quad (1)$$

Keterangan:

x_0 = nilai harga komoditas pada minggu pertama bulan berjalan

x_n = nilai harga komoditas pada hari terakhir pada minggu berjalan

2. Penghitungan Relatif Harga (RH)

Relatif harga adalah rasio antara rata-rata geometri pada minggu berjalan dengan rata-rata geometri pada bulan sebelumnya. Adapun rumus perhitungannya dituliskan sebagai berikut:

$$RH_n = \frac{P\ geom_n}{P\ geom_{n-1}} \times 100 \quad (2)$$

3. Penghitungan Nilai Konsumsi (NK)

Perhitungan nilai konsumsi dilakukan dengan cara mengalikan relatif harga dengan nilai konsumsi pada bulan sebelumnya (n-1), lalu hasilnya dibagi 100. Rumus perhitungan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$NK_n = \frac{RH_n \times NK_{(n-1)}}{100} \quad (3)$$

4. Penghitungan IPH

Indeks perkembangan harga ditentukan dengan membandingkan NK periode berjalan terhadap NK pada tahun dasar. Adapun perhitungan IPH dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$IPH_n = \frac{NK_n}{NK_{dasar}} \times 100 \quad (4)$$

5. Penghitungan Perubahan IPH

Perubahan IPH diperoleh dengan menghitung selisih antara IPH periode berjalan dan IPH bulan sebelumnya, kemudian dibandingkan dengan IPH bulan sebelumnya. Rumus perhitungan perubahan IPH adalah sebagai berikut:

$$Perubahan\ IPH_n = \frac{IPH_n - IPH_n}{IPH_{n-1}} \times 100 \quad (5)$$

6. Penghitungan Bobot

Bobot ditentukan dengan cara mengalikan bobot bulan sebelumnya dengan nilai RH pada periode berjalan. Rumus perhitungan bobot dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Bobot_n = Bobot_{n-1} \times RH_n \quad (6)$$

7. Penghitungan Bobot Komposit

Bobot komposit didefinisikan sebagai rasio antara NK suatu kabupaten/kota dengan total NK seluruh komoditas dari kabupaten/kota. Rumus perhitungan bobot komposit adalah sebagai berikut:

$$Bobot\ Komposit_n = \frac{NK_n}{\Sigma \mathrm{NK}_n} \times 100 \quad (7)$$

8. Penghitungan Andil

Andil dihitung dengan mengalikan bobot bulan sebelumnya dengan perubahan IPH pada periode berjalan. Rumus perhitungan andil dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Andil_n = \frac{bobot_{n-1} \times perubahan\ IPH_n}{100} \quad (8)$$

9. Penghitungan Disparitas

Adapun rumus penghitungan disparitas adalah sebagai berikut:

$$Disporitas_n = \sum_{j=0}^{k} \frac{P\ geom_j}{P\ geom\ nasional_j} \times bobot\ komposit_j$$

Keterangan:

k = jumlah komoditas

2.4. ARIMA

ARIMA merupakan suatu model *time series* dengan rata-rata bergerak *autoregresif* (ARMA) yang menggabungkan antara proses *Autoregresif* (AR) dengan *Moving Average* (MA) untuk membuat model deret waktu komposit (Pandji, dkk, 2019). Setiawan et.al (2020) menyatakan bahwa model ARIMA mampu menghasilkan akurasi yang tinggi pada prediksi data pada jangka pendek, tetapi menghasilkan akurasi yang kurang baik pada data jangka panjang. Berikut rumus sederhana dari ARIMA pada model AR:

$$x_t = \sum_{i=}^{p} \emptyset_i\, x_{t-1} + \epsilon_t$$

Keterangan:

x_t : variabel stasioner
C : konstanta
ϕ_i : koefisien autokorelasi pada lag 1,2,p
ε_t : deret derau putih Gaussian dengan mean nol dan varian $\sigma\sigma^2$

Sedangkan rumus pada model MA:

$$x_t = \mu + \sum_{i=1}^{q} \theta_i \, \epsilon_{t-1}$$

Keterangan:

x_t : variabel stasioner

μ : rata-rata

θ_i : bobot yang diterapkan pada arus dan nilai sebelumnya dari suku yang stokastik dalam deret waktu

ϵ_{t-1} : deret derau putih Gaussian dengan mean nol dan varian $\sigma\sigma^2$

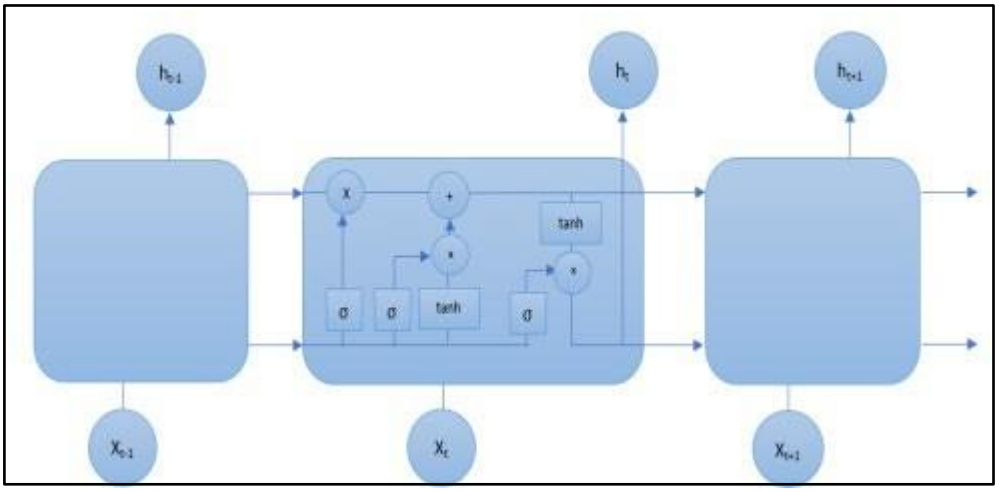
Sehingga, dapat diperoleh model ARIMA dengan urutan (p,q) pada rumus berikut:

$$x_t = c + \sum_{i=1}^{p} \emptyset \, x_{t-1+\epsilon_t} + \sum_{i=0}^{q} \theta_i \, \epsilon_{t-i}$$

2.5. LSTM

LSTM merupakan suatu arsitektur dari *Recurrent Neural Network* (RNN) yang pada setiap neuronnya memiliki gerbang dan dapat melakukan *controlling* terhadap masing-masing memori neuron. LSTM dapat menyimpan suatu informasi pada setiap pola data dan mempelajari bagian data mana saja yang disimpan maupun dihapus (Umam dan Ardiansyah, 2023). LSTM dihitung dengan sebuah nilai sigmoid dan tanh. Kedua nilai diproses dan diubah menjadi *supervised learning problem*. *Supervised learning problem* merupakan sebuah model algoritma yang digunakan untuk memetakan suatu inputan ke output. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data *time series*, oleh karena itu outputnya adalah data kemarin (t-1) dan output hari ini (t). Proses selanjutnya adalah menentukan *min-max scaling* untuk proses normalisasi. Kemudian dilakukan penghapusan pada variabel yang tidak dibutuhkan. Selanjutnya membagi data menjadi dua kategori yakni data *training* dan data *testing*. Kemudian dilakukan pemodelan LSTM dengan memilih jumlah neuron, *hidden layer*, dan *epoch* yang sesuai. Terakhir, dilakukan proses penghitungan nilai *forget gate* dengan menghitung *input gate*. Struktur LSTM digambarkan pada ilustrasi pada Gambar 1.

Gambar 1. Struktur LSTM (Wiranda & Sadikin, 2019)



III. METODE PENELITIAN

1. Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data IPH periode Minggu 1 Januari 2024 hingga Minggu 2 Agustus 2025. Data diperoleh dari hasil pengolahan BPS, dimana pengumpulan datanya dilaksanakan oleh Dinas Perdagangan dan Perindustrian. Hasil pengolahan data dari BPS kemudian dirilis setiap hari senin untuk dibahas dan ditindaklanjuti oleh dinas terkait.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode *time series* yakni model ARIMA dan LSTM. Pada model ARIMA akan digunakan orde AR (p) dan MA(q). Kemudian pada model LSTM akan ditentukan jumlah neuron, *hidden layer*, dan *epoch* yang sesuai. Setelah model ARIMA dan LSTM didapatkan, maka penentuan model terbaik didapatkan dari ukuran *Root Mean Square Error* (RMSE).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(A_t - F_t)^2}{n}} \quad (13)$$

Keterangan:

AA_{tt} : nilai aktual

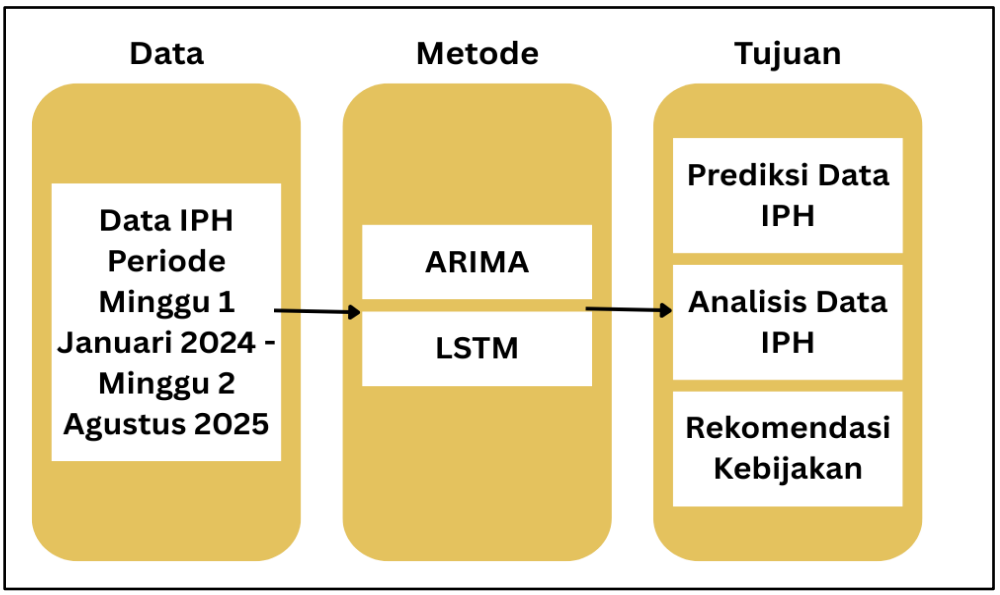
FF_{tt} : nilai hasil peramalan

aa : banyaknya data

3. Kerangka Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan metode *time series* yakni ARIMA dan LSTM dengan memanfaatkan data IPH wilayah Papua (Papua, Papua Barat, Papua Barat Daya, Papua Pegunungan, Papua Selatan, dan Papua Tengah) periode Minggu 1 Januari 2024 hingga Minggu 2 Agustus 2025. Dari model yang telah terbentuk, akan dibandingkan model mana yang merupakan model terbaik dengan RMSE. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin akurat suatu metode analisis dalam melakukan prediksi. Hasil analisis akan digunakan sebagai rujukan dalam memberikan rekomendasi kebijakan terhadap pemangku kepentingan. Kerangka Penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Kerangka Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Perkembangan IPH per Minggu di Papua periode Minggu 1 Januari 2024 hingga Minggu 2 Agustus 2025

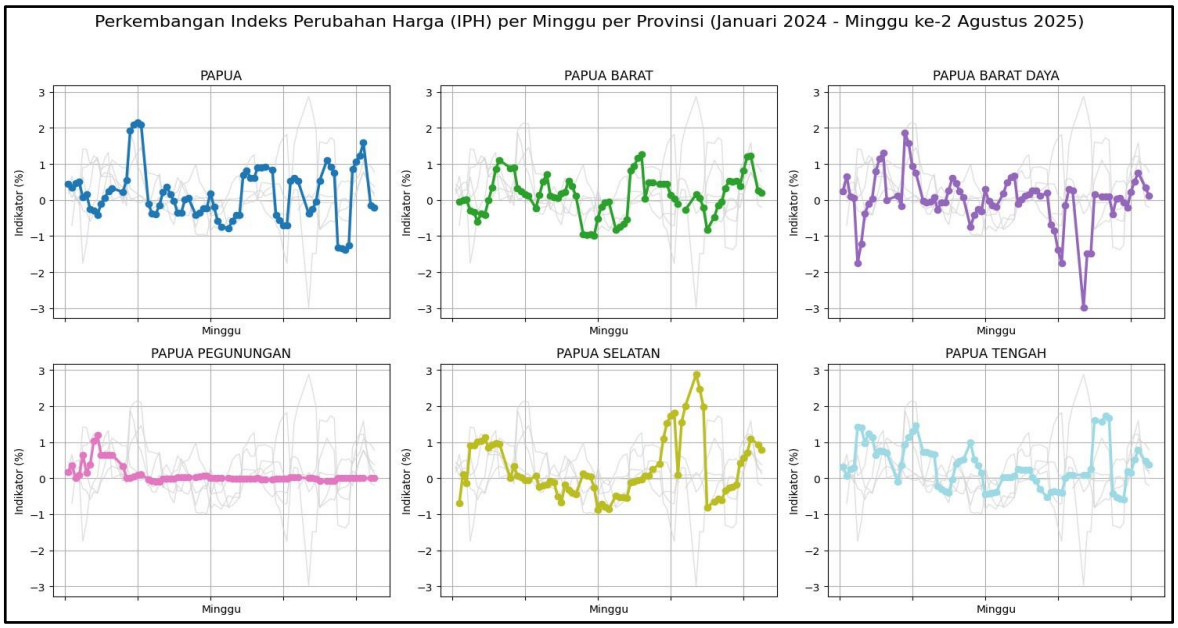
Berdasarkan data perkembangan IPH per Minggu di provinsi-provinsi Papua dari Minggu 1 Januari 2024 hingga Minggu 2 Agustus 2025, terlihat adanya gambaran ekonomi regional yang sangat dinamis dan heterogen (Gambar 3). Secara umum, IPH menunjukkan fluktuasi yang mencerminkan ketidakstabilan pasokan dan permintaan di berbagai wilayah. Pergerakan IPH yang positif menandakan kenaikan harga atau inflasi, sementara IPH negatif mengindikasikan penurunan harga atau deflasi. Pola fluktuasi yang tajam dan bervariasi antar provinsi ini menunjukkan bahwa tidak ada satu pun pendekatan tunggal yang bisa diterapkan untuk mengelola kondisi ekonomi di seluruh wilayah Papua.

Provinsi Papua dan Papua Tengah menunjukkan pola fluktuasi yang cukup dinamis, dengan IPH yang sering kali naik turun secara signifikan dari minggu ke minggu. Kondisi ini mencerminkan sensitivitas pasar yang tinggi terhadap perubahan pasokan dan permintaan. Lonjakan IPH yang terjadi di kedua provinsi ini sering kali diikuti oleh koreksi harga yang tajam, menunjukkan adanya siklus yang berulang dalam rantai pasokan. Volatilitas ini mengindikasikan perlunya pemantauan ketat dan intervensi yang cepat untuk mencegah tekanan inflasi yang berkelanjutan. Kenaikan harga yang tajam, khususnya di Papua, bisa menjadi sinyal awal adanya disrupsi pada logistik atau permintaan yang melonjak, sementara penurunan harga yang drastis bisa mengindikasikan koreksi pasar yang agresif.

Analisis yang lebih mendalam pada provinsi Papua Barat dan Papua Pegunungan menunjukkan gambaran yang berbeda. Papua Barat memperlihatkan fluktuasi IPH yang relatif lebih terkontrol, dengan pergerakan yang cenderung berada dalam rentang yang lebih stabil dibandingkan provinsi lain. Pola ini bisa jadi merupakan cerminan dari rantai pasokan yang lebih efisien atau keberhasilan program stabilisasi harga. Sementara itu, Papua Pegunungan menunjukkan IPH yang paling stabil, dengan pergerakan yang hampir datar di sekitar 0% selama seluruh periode. Kestabilan ini bisa jadi disebabkan oleh kurangnya konektivitas pasar dengan wilayah lain, atau justru adanya intervensi pemerintah yang sangat efektif. Stabilitas di Papua Pegunungan bisa menjadi model studi kasus untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memungkinkan harga tetap terkendali.

Dinamika paling ekstrem terlihat di Papua Barat Daya dan Papua Selatan. Papua Barat Daya mengalami fluktuasi yang sangat liar, dengan IPH yang melonjak ke puncak tertinggi dan jatuh ke titik terendah. Volatilitas ekstrem ini menyoroti kerapuhan ekonomi provinsi ini terhadap guncangan eksternal. Pergerakan harga yang sangat tidak terduga ini dapat menjadi tantangan serius bagi daya beli masyarakat dan perencanaan ekonomi. Sementara itu, Papua Selatan menunjukkan tren yang lebih tenang di awal, tetapi kemudian mengalami lonjakan IPH yang sangat signifikan pada pertengahan 2025, mencapai puncaknya di sekitar 3%. Lonjakan ini merupakan sinyal peringatan dini akan adanya tekanan inflasi yang kuat dan perlu segera diinvestigasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab utamanya, seperti kelangkaan komoditas atau masalah logistik yang mendadak.

Gambar 3. Perkembangan IPH Minggu 1 Januari 2024 hingga Minggu 2 Agustus 2025



4.2 Hasil *Forecasting* Menggunakan Model ARIMA

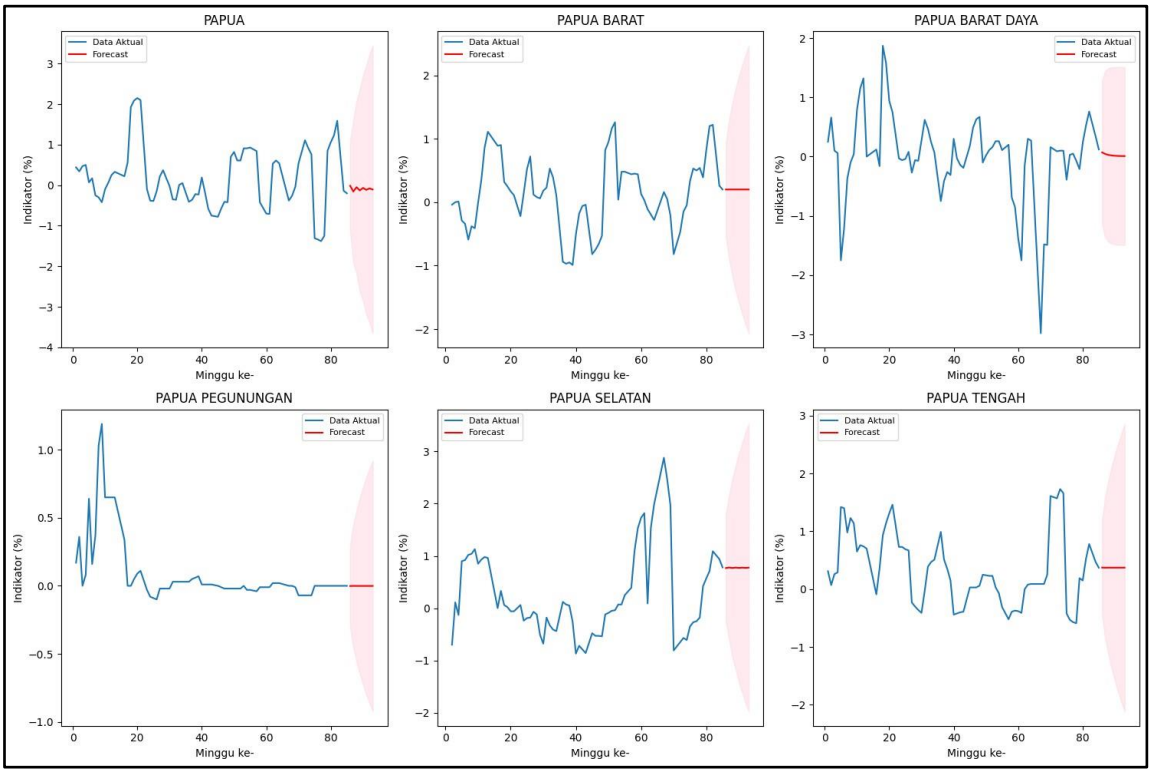
Untuk provinsi Papua, Papua Barat, dan Papua Tengah, hasil *forecasting* menunjukkan bahwa IPH di minggu-minggu mendatang diprediksi akan bergerak di sekitar titik nol, dengan tren yang cenderung stabil (Gambar 4). Garis prediksi berwarna merah terlihat hampir datar, mengindikasikan bahwa model ARIMA memperkirakan harga akan relatif stabil tanpa lonjakan atau penurunan yang signifikan. Namun, area selang kepercayaan berwarna merah muda terlihat melebar dengan cepat. Ini adalah *insight* penting; meskipun IPH diprediksi stabil, model mengakui adanya kemungkinan besar bagi IPH untuk bergerak naik atau turun secara signifikan, yang mencerminkan volatilitas historis dan ketidakpastian pasar. Hal ini menunjukkan bahwa IPH di ketiga provinsi ini, meskipun cenderung stabil, masih sangat rentan terhadap guncangan pasar yang tidak terduga.

Sebaliknya, Papua Barat Daya dan Papua Selatan menunjukkan hasil *forecasting* yang berbeda. Pola fluktuasi IPH di kedua provinsi ini sangat ekstrem, dan model ARIMA mencoba untuk menangkap dinamika tersebut. Namun, karena tingginya volatilitas data aktual, model mengalami kesulitan untuk memberikan prediksi yang pasti. Garis prediksi merah pada kedua provinsi ini juga cenderung datar di sekitar nol atau sedikit di atasnya. Namun, yang paling mencolok adalah selang kepercayaan yang sangat lebar dan meluas dengan cepat, bahkan lebih lebar dari provinsi lainnya. Rentang yang sangat lebar ini menunjukkan bahwa model tidak yakin akan arah pergerakan harga di masa depan. Ketidakpastian ini adalah cerminan langsung dari pergerakan harga yang sangat ekstrem

dan tidak terduga di masa lalu, menunjukkan bahwa ekonomi di kedua provinsi ini sangat rapuh dan sulit diprediksi.

Provinsi Papua Pegunungan memberikan hasil forecasting yang paling unik. Mengingat data historisnya yang sangat stabil dengan IPH yang hampir datar di sekitar 0%, model ARIMA memproyeksikan bahwa stabilitas ini akan terus berlanjut di masa depan. Garis prediksi berwarna merah terlihat hampir sempurna datar, dan yang paling penting, selang kepercayaan berwarna merah muda juga sangat sempit dibandingkan provinsi lainnya. Rentang yang sempit ini mengindikasikan bahwa model memiliki tingkat kepercayaan yang sangat tinggi terhadap prediksinya. Ini menunjukkan bahwa IPH di Papua Pegunungan memiliki pola yang paling dapat diprediksi, kemungkinan besar karena faktor-faktor lokal yang dominan dan minimnya pengaruh eksternal yang dapat memicu fluktuasi harga.

Gambar 4. Hasil *Forecasting* dengan Model ARIMA



4.3 Hasil *Forecasting* Menggunakan Model LSTM

Untuk provinsi Papua, Papua Barat, dan Papua Tengah, hasil *forecasting* LSTM menunjukkan prediksi yang relatif lebih dinamis dibandingkan dengan ARIMA (Gambar 5). Alih-alih meramalkan IPH yang datar, LSTM memproyeksikan tren penurunan secara bertahap. Di Papua, IPH diprediksi akan turun dari sekitar 0.5% menjadi sekitar 0.2% di minggu-minggu mendatang. Sementara itu, Papua Tengah juga diprediksi akan mengalami

penurunan serupa. Pola ini menunjukkan bahwa model LSTM mengidentifikasi adanya tren penurunan harga yang mungkin tidak terlihat oleh model yang lebih sederhana. Ini bisa jadi disebabkan oleh faktor musiman, stabilisasi pasokan, atau intervensi kebijakan yang berhasil meredam kenaikan harga.

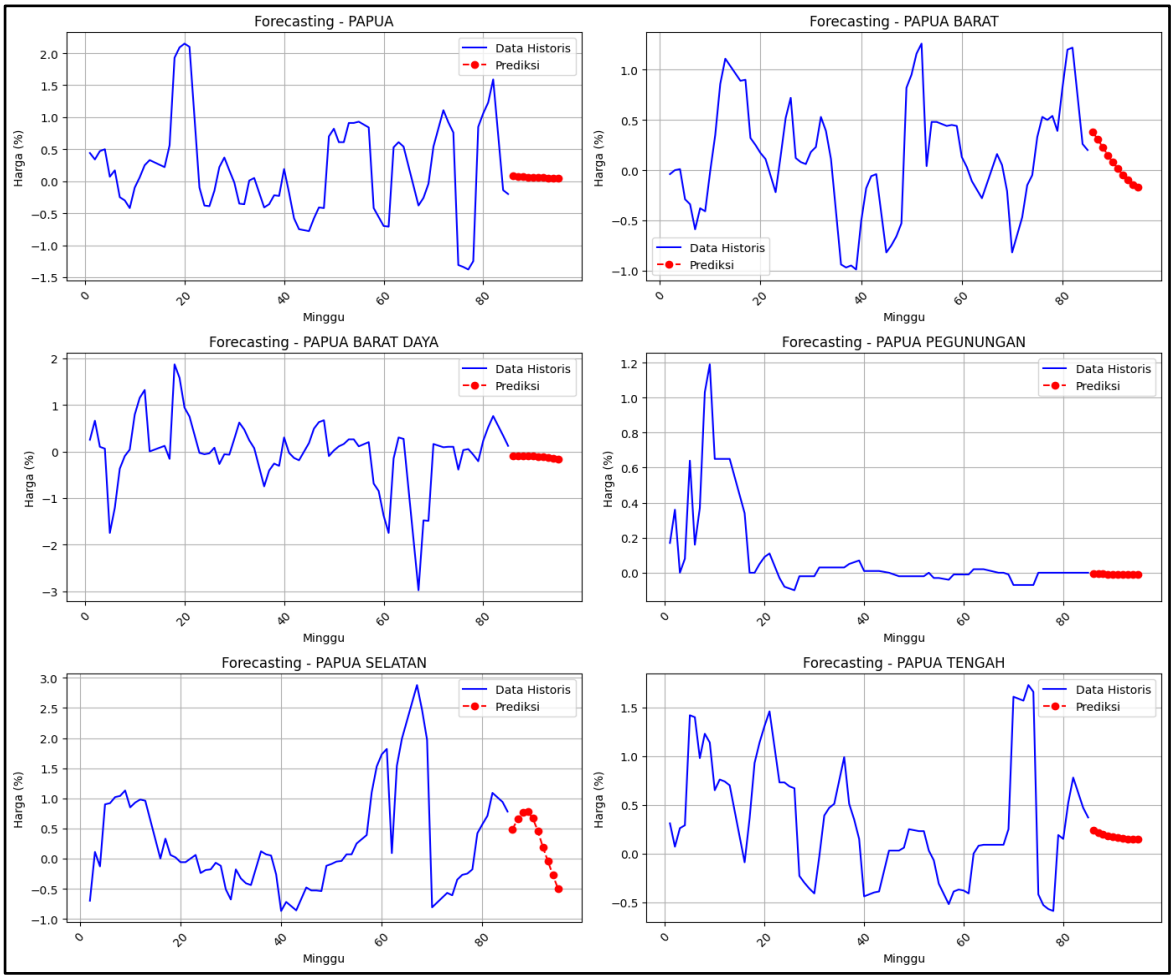
Prediksi untuk Papua Barat juga menunjukkan tren penurunan, tetapi dengan pola yang lebih curam. Setelah melonjak ke angka positif yang cukup tinggi, IPH diprediksi akan turun tajam dan mendekati titik nol. Pola ini mencerminkan koreksi harga yang kuat setelah kenaikan yang signifikan. Prediksi ini memberikan insight berharga bahwa model LSTM melihat adanya dinamika pasar yang cenderung mengoreksi dirinya sendiri. Hal ini bisa jadi merupakan indikasi bahwa pasar di Papua Barat memiliki mekanisme penyesuaian yang efektif, di mana kenaikan harga yang terlalu tinggi akan diikuti oleh penurunan harga di kemudian hari.

Pola yang paling menarik terlihat pada Papua Selatan. Berbeda dari provinsi lainnya, model LSTM memprediksi IPH akan mengalami penurunan yang signifikan dan terus-menerus. Mengingat lonjakan IPH yang sangat ekstrem pada data historisnya, model ini memprediksi adanya koreksi harga yang kuat dan terus berlanjut. IPH diproyeksikan akan turun dari sekitar 0.5% menjadi sekitar -0.5% di masa depan. Prediksi penurunan IPH yang tajam ini menunjukkan bahwa model LSTM menangkap adanya pola "pembalikan" *(reversion)* dari kondisi ekstrim. Hal ini memberikan sinyal penting bahwa tekanan inflasi yang dialami Papua Selatan kemungkinan besar bersifat sementara dan akan mereda.

Sebaliknya, Papua Barat Daya dan Papua Pegunungan menunjukkan prediksi yang berbeda. Pada Papua Barat Daya, meskipun data historis nya sangat volatil, model LSTM memprediksi IPH akan relatif stabil di sekitar nol persen, meskipun ada sedikit penurunan.

Prediksi ini dapat diartikan bahwa meskipun masa lalu penuh dengan fluktuasi, model menemukan pola yang menunjukkan adanya kecenderungan pasar untuk stabil. Di sisi lain, Papua Pegunungan, yang data historis nya paling stabil, diprediksi akan melanjutkan stabilitas tersebut. IPH diproyeksikan akan tetap berada di sekitar 0% hingga 0.1%. Keterbatasan pergerakan IPH ini mengindikasikan bahwa model LSTM tidak menemukan pola yang signifikan untuk memprediksi kenaikan atau penurunan, sehingga cenderung mengikuti pola historis yang stabil.

Gambar 5. Hasil *Forecasting* dengan LSTM



4.4 Perbandingan Metode ARIMA dan LSTM

Berdasarkan Tabel 1, perbandingan akurasi model ARIMA dan LSTM menggunakan *Root Mean Squared Error* (RMSE) secara jelas menunjukkan bahwa model LSTM memiliki akurasi yang lebih tinggi dalam memprediksi IIPH mingguan untuk semua provinsi di Papua. Nilai RMSE yang lebih kecil mengindikasikan tingkat kesalahan prediksi yang lebih rendah, yang berarti model tersebut lebih akurat dalam memproyeksikan pergerakan IPH. Data pada tabel secara konsisten menunjukkan bahwa nilai RMSE pada model LSTM selalu lebih kecil dibandingkan nilai RMSE pada model ARIMA untuk setiap provinsi di Tanah Papua. Hal ini membuktikan bahwa LSTM secara signifikan lebih unggul dalam menangkap kompleksitas dan pola non-linear dari data deret waktu IPH.

Keunggulan LSTM ini dapat dijelaskan oleh arsitektur dasarnya. Berbeda dengan ARIMA yang merupakan model statistik linier, LSTM adalah bagian dari keluarga *deep*

learning yang mampu mengingat informasi penting dari data masa lalu dalam jangka waktu yang lebih lama. Fitur ini sangat krusial dalam data IPH yang sering kali memiliki pola musiman, tren, atau anomali yang tidak berulang secara linier. Sebagai contoh, di provinsi Papua Barat Daya dan Papua Selatan, di mana data IPH sangat volatil dan penuh dengan fluktuasi ekstrem, model LSTM berhasil mencatatkan nilai RMSE yang sangat rendah (0,10 dan 0,31), jauh lebih baik daripada ARIMA (0,63 dan 0,52). Ini menunjukkan bahwa LSTM lebih efektif dalam mengidentifikasi dan memodelkan perilaku yang tidak teratur, yang sulit ditangkap oleh model statistik tradisional.

Secara khusus, hasil yang paling mencolok adalah pada provinsi Papua Pegunungan. Model LSTM hanya memiliki nilai RMSE 0,01, yang berarti prediksinya hampir sempurna. Meskipun ARIMA juga menunjukkan akurasi yang baik (0,15), keunggulan LSTM jauh lebih besar. Akurasi luar biasa ini konsisten dengan data historis IPH Papua Pegunungan yang sangat stabil dan datar. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model LSTM tidak hanya unggul dalam memprediksi data yang kompleks dan volatil, tetapi juga sangat andal untuk data yang stabil dan memiliki pola yang konsisten. Dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, hasil prediksi dari model LSTM dapat menjadi alat yang lebih kuat dan terpercaya bagi pemerintah atau pemangku kepentingan untuk merumuskan kebijakan ekonomi yang tepat dan proaktif.

Tabel 1. Perbandingan Akurasi Model ARIMA dan LSTM dengan RMSE

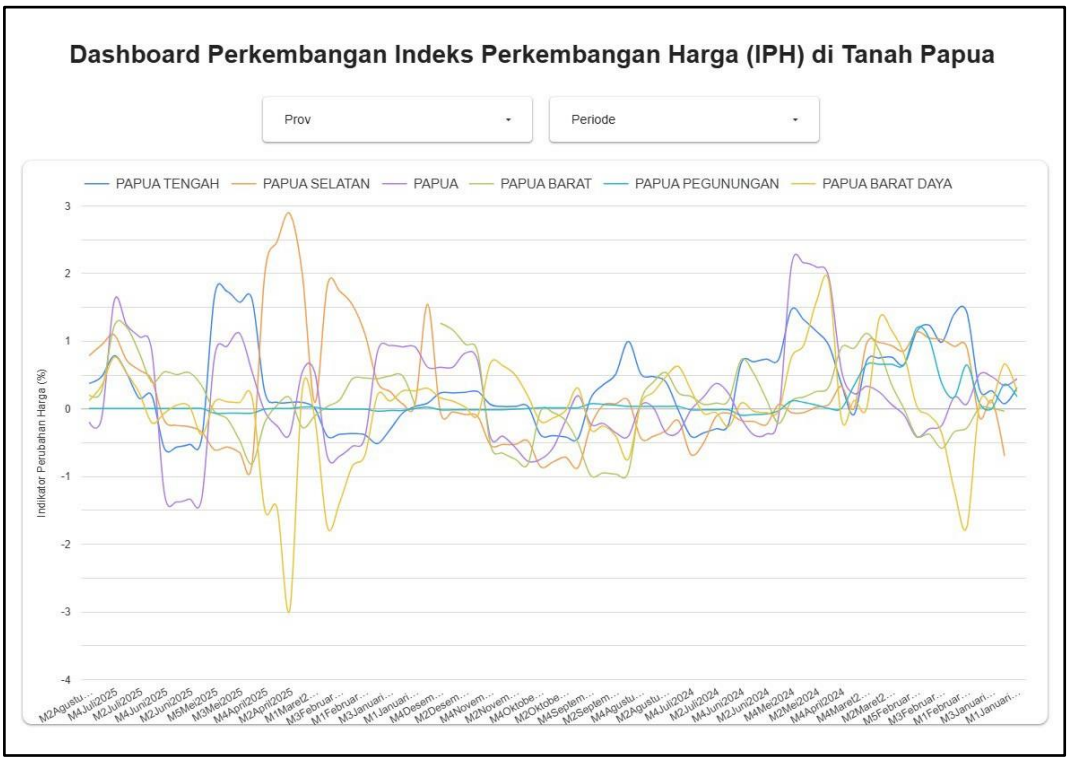
Provinsi	ARIMA	LSTM
(1)	(2)	(3)
Papua	0,57	0,30
Papua Barat	0,38	0,23
Papua Barat Daya	0,63	0,10
Papua Pegunungan	0,15	0,01
Papua Selatan	0,52	0,31
Papua Tengah	0,42	0,28

4.5 Pembangunan *Dashboard* IPH

Dashboard interaktif perkembangan Indeks Perubahan Harga (IPH) ini dirancang sebagai alat bantu visual yang sangat penting bagi para pemangku kepentingan dan Tim Pengendali Inflasi Daerah (TPID) di Tanah Papua. Dengan menyajikan data IPH secara

real-time dan interaktif, dashboard ini memungkinkan TPID untuk memantau pergerakan harga di setiap provinsi secara simultan. Fungsinya sangat krusial, yaitu menyediakan informasi yang cepat dan akurat untuk mendeteksi dini potensi lonjakan inflasi, mengidentifikasi provinsi-provinsi dengan fluktuasi harga paling signifikan, serta mengevaluasi efektivitas program stabilisasi harga yang telah dijalankan. Keberadaan dashboard ini memungkinkan TPID untuk merumuskan kebijakan yang lebih proaktif, terukur, dan tepat sasaran, sehingga dapat menjaga stabilitas ekonomi dan daya beli masyarakat secara lebih efektif.

Gambar 6. *Dashboard* IPH



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi ekonomi di keenam provinsi di tanah Papua sangat heterogen. Fluktuasi IPH yang dinamis dan berbeda-beda ini mencerminkan tantangan unik di masing-masing wilayah. Provinsi Papua Pegunungan menunjukkan stabilitas IPH yang luar biasa, sementara Papua Barat Daya dan Papua Selatan mengalami volatilitas ekstrem yang menyoroti kerentanan pasar mereka. Pola-pola ini tidak hanya terlihat pada data historis, tetapi juga berhasil ditangkap oleh model prediksi yang digunakan.

Perbandingan akurasi model *forecasting* menunjukkan bahwa model LSTM *(Long Short-Term Memory)* secara konsisten lebih unggul daripada model ARIMA dalam memprediksi IPH di semua provinsi. Keunggulan LSTM terletak pada kemampuannya untuk memproses pola data non-linear dan kompleks, menjadikannya alat yang lebih andal untuk memproyeksikan pergerakan harga di masa depan. Hasil ini menggarisbawahi pentingnya penggunaan model yang canggih dan sesuai dengan karakteristik data untuk membuat keputusan yang tepat.

5.2 Saran dan Rekomendasi Kebijakan

1. Prioritaskan Intervensi Berbasis Data

Pemerintah daerah harus menjadikan hasil *forecasting* LSTM sebagai dasar untuk membuat keputusan. Mengingat akurasi yang lebih tinggi, prediksi ini dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini untuk mengantisipasi potensi lonjakan inflasi. Dengan memantau prediksi IPH mingguan, pemerintah bisa segera mengambil tindakan seperti operasi pasar atau stabilisasi harga komoditas.

2. Tingkatkan Kapasitas Pemantauan dan Analisis

Pemerintah perlu berinvestasi dalam teknologi dan sumber daya manusia untuk melakukan pemantauan IPH secara *real-time*. Tim analis yang terlatih dalam model *machine learning* seperti LSTM sangat penting untuk memastikan data yang akurat dan prediksi yang tepat. Kolaborasi antara pemerintah daerah, universitas, dan lembaga riset juga bisa menjadi langkah strategis untuk memperkuat kemampuan ini.

3. Manfaatkan Teknologi untuk Diseminasi Informasi

Selain menggunakan dashboard untuk pemantauan internal, TPID harus memanfaatkan teknologi untuk menyebarkan informasi harga secara *real-time* kepada masyarakat. Buat aplikasi atau platform digital yang menyediakan data harga komoditas terkini di pasar-pasar tradisional. Informasi ini akan memberdayakan masyarakat untuk membuat keputusan belanja yang lebih bijak dan mencegah praktik penimbunan atau spekulasi yang dapat memperburuk inflasi. Dengan adanya transparansi harga, TPID dapat meningkatkan kepercayaan publik dan mendorong stabilitas pasar.

DAFTAR PUSTAKA

Bank Indonesia. (2022). Laporan Perekonomian Indonesia 2022. Jakarta: Bank Indonesia. Boediono, D. R. (1999). Seri Sinopsis Pengantar Ilmu Ekonomi No. 1 Ekonomi Mikro.

BPFE, edisi, 2.

Cahyani, J., Mujahidin, S., & Fiqar, T. P. (2023). Implementasi metode Long Short Term Memory (LSTM) untuk memprediksi harga bahan pokok nasional. *J. Sist. dan Teknol. Inf*, *11*(2), 346.

Data Komoditas Pangan (2014)

Gunawan, A. H. (1991). *Anggaran pemerintah dan inflasi di Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama.

Gunawan, D., & Astika, W. (2022). The Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) Model for Predicting Jakarta Composite Index. *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, 1-6.

Kabul, L. M. (2025). Implementasi Model Kebijakan Prospek: Data IPH Kabupaten Lombok Timur 2024. *Ganec Swara*, *19*(1), 169-175.

Lestari, R. D., & Winarto, W. W. A. (2023). Pengaruh kenaikan harga bahan pokok terhadap kesejahteraan masyarakat di Kedungwuni. *Sahmiyya: Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 117-124.

Nahdhi, M. T. (2020). Regional Inflation Control Team Management (Tpid) As An Efforts To Control Inflation In Blitar District. *Revitalisasi: Jurnal Ilmu Manajemen*, *9*(2), 278-291.

Pandji, B. Y., Indwiarti, I., & Rohmawati, A. A. (2019). Perbandingan Prediksi Harga Saham dengan model ARIMA dan Artificial Neural Network. Indonesia Journal on Computing (Indo-JC), 4(2), 189–198. https://socj.telkomuniversity.ac.id/ojs/index.php/indojc/article/view/344

Sarjito, Aris. (2024). Dampak Topografi Sulit dan Rendahnya Persebaran Penduduk Terhadap Ketersediaan Pelayanan Publik di Papua. *Journal of Social Sciences and Politics.* 11(1).

Umam, K., & Ardiansyah, A. (2023). Perbandingan Metode ARIMA dan LSTM pada Prediksi Jumlah Pengunjung Perpustakaan. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, *8*(2), 119-129.

Vetria, S. (2023). Optimalisasi Peran Tim Penanggulangan Inflasi Daerah (TPID) Kota Palembang dalam Penanggulangan Inflasi di Kota Palembang. *Journal of Mandalika Social Science*, *1*(1), 43-52.

Widya, Fira Arista, et al. *"Inflation and Its Contribution to Economic Stability in Indonesia in an Islamic Economic Perspective." Proceedings of Islamic Economics, Business, and Philanthropy* 2.2 (2023): 84-99.

Wiranda, L., & Sadikin, M. (2019). Penerapan *Long Short Term Memory* Pada Data *Time Series* Untuk Memprediksi Penjualan Produk Pt. Metiska Farma. Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI, 8(3), 184–196.

LAMPIRAN

Syntax Pyhton *Forecasting* dengan ARIMA

```python
# Install library jika perlu
!pip install statsmodels matplotlib pandas scikit-learn

import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.arima.model import ARIMA
import math
from sklearn.metrics import mean_squared_error

# ------------------------------
# 1. Import data dari Google Sheets
# ------------------------------
url = "https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Shp6eUiJQTbyQuAUPZZE0CcGEhP-vteRomOVIM1zQA0/export?format=csv&gid=356150326"
df = pd.read_csv(url)

print(df.head())  # cek dulu kolomnya

# ------------------------------
# 2. Loop forecasting per Prov
# ------------------------------
forecast_steps = 8  # jumlah minggu ke depan
all_forecasts = {}
rmse_results = {}   # simpan RMSE per provinsi

provinsi = df["Prov"].unique()
n_prov = len(provinsi)

# Tentukan layout subplot (misalnya 3 kolom)
ncols = 3
nrows = math.ceil(n_prov / ncols)

fig, axes = plt.subplots(nrows=nrows, ncols=ncols, figsize=(15, 5*nrows), sharex=False, sharey=False)
axes = axes.flatten()  # jadikan array 1D biar gampang looping

for i, (prov, group) in enumerate(df.groupby("Prov")):
    ax = axes[i]
    group = group.copy().sort_values("Minggu").set_index("Minggu")
    y = group["Indikator Perubahan Harga (%)"]

    if len(y) < 10:
        ax.set_title(f"{prov} (Data terlalu sedikit)")
        continue
```

Syntax Pyhton *Forecasting* dengan LSTM

```python
[ ] # Import library
    import numpy as np
    import pandas as pd
    import matplotlib.pyplot as plt
    from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
    from sklearn.metrics import mean_squared_error
    from tensorflow.keras.models import Sequential
    from tensorflow.keras.layers import LSTM, Dense
    import requests
    from io import StringIO
    import math

    # --- Bagian 1: Mengunduh dan Mempersiapkan Data ---

    url = "https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Shp6eUiJQTbyQuAUPZZE0CcGEhP-vteRomOVIM1zQA0/export?format=csv&gid=356150326"

    try:
        response = requests.get(url)
        response.raise_for_status()
        data = pd.read_csv(StringIO(response.text))
        print("Data berhasil diunduh dan dibaca.")
    except requests.exceptions.RequestException as e:
        print(f"Error saat mengunduh data: {e}")
        exit()

    # Rename kolom agar mudah
    data.rename(columns={'Indikator Perubahan Harga (%)': 'Harga', 'Minggu': 'Minggu'}, inplace=True)

    # Bersihkan data dari NaN
    data = data.dropna(subset=['Harga', 'Prov', 'Minggu'])
    print("Jumlah data setelah drop NaN:", len(data))

    # Daftar provinsi
    provinces = data['Prov'].unique()
    print(f"\nProvinsi yang akan diproses: {provinces}")

    # --- Bagian 2: Fungsi Forecasting ---
    def forecast_by_province(province_name, dataframe, sequence_length=20, forecast_periods=10, epochs=50):
        print(f"\n--- Memproses Provinsi: {province_name} ---")

        province_data = dataframe[dataframe['Prov'] == province_name].sort_values(by='Minggu').dropna(subset=['Harga'])
```

halaman ini sengaja dikosongkan

PENERAPAN MACHINE LEARNING DALAM PEMETAAN POTENSI WILAYAH KECAMATAN DI PULAU PAPUA UNTUK MENDUKUNG PROGRAM MAKANAN BERGIZI GRATIS

Ashabul Kahfi Sipahutar*, Mutiara Indah**, Bagus Ardiansyah***

*Badan Pusat Statistik Kabupaten Padang Lawas Utara, Padang Lawas Utara, Indonesia

**PGMI, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

***Lantamal XI Merauke Kabupaten Merauke, Merauke, Indonesia

Email: ashabul.sipahutar15@gmail.com, mutiarai947@gmail.com, serdamesbagusa@gmail.com

ABSTRACT

Pulau Papua memiliki tantangan pembangunan manusia yang kompleks, ditandai dengan tingginya tingkat kemiskinan, rendahnya Indeks Pembangunan Manusia (IPM), serta prevalensi stunting yang masih jauh di atas ambang batas WHO. Untuk mengatasi heterogenitas kondisi wilayah, penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis data dengan menerapkan algoritma *K-Means clustering* sebagai salah satu metode *machine learning*. Data yang digunakan berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS), meliputi indikator potensi tanaman pangan, pendidikan, kesehatan, dan ekonomi pada level kecamatan. Indeks untuk masing-masing dimensi dibentuk menggunakan metode *weighted sum model*, kemudian dianalisis dan divisualisasikan melalui perangkat lunak *QGIS*. Hasil penelitian menunjukkan adanya empat klaster kecamatan dengan karakteristik yang berbeda. Program makanan bergizi gratis perlu dirancang berdasarkan karakteristik klaster agar lebih tepat sasaran, efektif, dan berkelanjutan. Selain itu, dashboard berbasis web yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat menjadi instrumen pendukung pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merancang intervensi gizi yang lebih adaptif sesuai kondisi wilayah.

Keywords: K-Means, Machine Learning, Papua, Potensi.

I. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN

Pembangunan sumber daya manusia (SDM) yang unggul merupakan fondasi utama dalam visi Indonesia Emas 2045. Salah satu tantangan terbesar dalam mewujudkan visi tersebut adalah persoalan gizi buruk dan stunting, yang berdampak langsung pada kualitas kognitif dan produktivitas generasi mendatang. Pemerintah Indonesia telah menempatkan percepatan penurunan stunting sebagai program prioritas nasional, yang diwujudkan melalui berbagai intervensi, termasuk program strategis penyediaan makanan bergizi gratis bagi anak-anak sekolah dan balita. Program ini bertujuan untuk memastikan setiap anak Indonesia mendapatkan asupan gizi yang cukup untuk tumbuh kembang optimal.

Pulau Papua, yang terdiri dari enam provinsi, menjadi fokus perhatian khusus dalam program pembangunan nasional. Meskipun kaya akan sumber daya alam, wilayah ini menghadapi tantangan pembangunan manusia yang kompleks dan multidimensional. Data secara konsisten menunjukkan bahwa provinsi-provinsi di Papua memiliki beberapa indikator sosial-ekonomi yang paling menantang di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) per September 2023, Provinsi Papua dan Papua Barat menempati urutan pertama dan kedua provinsi dengan tingkat kemiskinan tertinggi di Indonesia, masing-masing sebesar 26,03% dan 20,49% (BPS, 2024). Angka ini jauh di atas rata-rata kemiskinan nasional sebesar 9,36%.

Kesenjangan ini juga tercermin pada Indeks Pembangunan Manusia (IPM). Pada tahun 2023, Provinsi Papua, Papua Pegunungan, dan Papua Barat Daya tercatat memiliki IPM terendah di Indonesia, masing-masing sebesar 61,39, 60,06, dan 66,26, yang masih berada dalam kategori "sedang" atau bahkan "rendah" dibandingkan rata-rata nasional yang mencapai 74,39 (BPS, 2023). Tantangan ini diperparah dengan kondisi gizi yang mengkhawatirkan. Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022 menunjukkan bahwa prevalensi stunting di provinsi-provinsi Papua masih sangat tinggi, misalnya Papua Barat sebesar 30,0% dan Papua sebesar 34,6%, angka yang jauh melampaui ambang batas masalah kesehatan masyarakat kronis yang ditetapkan WHO sebesar 20% (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Pemerintah daerah di seluruh Pulau Papua diamanatkan untuk mengimplementasikan program makanan bergizi gratis sebagai salah satu intervensi kunci. Namun, tantangan utama dalam pelaksanaan program ini adalah heterogenitas kondisi wilayah yang ekstrem. Pulau Papua memiliki karakteristik geografis yang sangat beragam, mulai dari pesisir perkotaan hingga pegunungan terisolasi. Setiap kecamatan memiliki profil potensi

dan tantangan yang unik. Sebuah kecamatan di pesisir mungkin memiliki akses ekonomi yang baik tetapi potensi tanaman pangan yang rendah, sementara kecamatan di pegunungan bisa jadi lumbung pangan lokal namun sangat tertinggal dalam akses pendidikan dan kesehatan.

Menerapkan kebijakan program makanan bergizi gratis dengan pendekatan satu ukuran untuk semua *(one-size-fits-all*) di seluruh Papua berisiko tinggi menjadi tidak efektif dan tidak efisien. Intervensi yang berhasil di satu kecamatan belum tentu relevan di kecamatan lain. Misalnya, program yang berbasis distribusi makanan dari luar akan cocok untuk wilayah dengan potensi pangan rendah, namun akan mematikan ekonomi lokal di wilayah yang sebenarnya memiliki potensi pangan tinggi. Sebaliknya, program berbasis edukasi gizi akan efektif di wilayah dengan tingkat pendidikan tinggi, namun kurang berdampak di wilayah yang akses pendidikannya minim. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan yang berbasis data untuk memetakan dan mengklasifikasikan kecamatan berdasarkan potensi multidimensional mereka.

Di sinilah penerapan teknologi *machine learning* menawarkan solusi inovatif. Algoritma *clustering* seperti *K-Means* mampu menganalisis data dari berbagai dimensi dalam hal ini indeks potensi tanaman pangan, pendidikan, kesehatan, dan ekonomi secara simultan untuk mengelompokkan kecamatan-kecamatan dengan karakteristik serupa. Metode ini diharapkan dapat mengungkap pola-pola tersembunyi yang tidak terlihat melalui analisis statistik konvensional, menghasilkan segmentasi wilayah yang objektif dan komprehensif.

Berdasarkan permasalahan tersebut dirumuskan lima tujuan yang ingin dicapai di dalam penelitian ini yaitu : 1) Membangun indeks potensi tanaman pangan, indeks potensi pendidikan, indeks potensi kesehatan dan indeks potensi ekonomi pada level kecamatan di Pulau Papua, 2) Membangun model klaster menggunakan algoritma *k-means* dengan bantuan *machine learning*, 3) Membangun dashboard berbentuk website sebagai output nyata yang menampilkan peta hasil analisis yang telah dilakukan. Dashboard ini dirancang sebagai alat bantu pengambilan keputusan bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lainnya untuk merancang dan menargetkan program makanan bergizi gratis yang lebih tepat sasaran, efektif, dan sesuai dengan konteks dan kebutuhan unik setiap kelompok wilayah. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya dan mempercepat pencapaian target perbaikan gizi dan SDM di Tanah Papua.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Tanaman Pangan

Tanaman pangan adalah jenis tanaman yang menghasilkan bahan makanan pokok untuk kebutuhan manusia sehari-hari, meliputi padi, jagung, kedelai, ubi kayu, ubi jalar, kacang-kacangan, dan umbi-umbian lainnya (Kementerian Pertanian RI, 2021). Menurut Badan Pusat Statistik (2022), tanaman pangan merupakan salah satu subsektor penting dalam pertanian yang berkontribusi besar terhadap ketahanan pangan dan ekonomi nasional.

Potensi tanaman pangan suatu wilayah secara tradisional sering diukur melalui pendekatan agronomis, seperti luas lahan baku, kesesuaian iklim dan tanah, serta produktivitas per hektar. Namun, pendekatan ini tidak lengkap tanpa memasukkan dimensi sosial-ekonomi. Potensi sejati tidak hanya terletak pada sumber daya alam, tetapi juga pada sumber daya manusia yang mengelolanya. Dalam konteks ini, unit analisis yang paling fundamental dalam produksi tanaman pangan, terutama di Indonesia, adalah rumah tangga usaha pertanian. Oleh karena itu, jumlah rumah tangga usaha pertanian dapat menjadi indikator kunci untuk memahami potensi pengembangan tanaman pangan secara lebih holistik, yang mencakup kapasitas produksi, ketahanan sosial, dan keberlanjutan ekonomi pedesaan.

Badan Pusat Statistik (BPS) mendefinisikan Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) sebagai rumah tangga yang melakukan minimal satu kegiatan usaha pertanian dengan tujuan sebagian atau seluruh hasilnya untuk dijual/ditukar, dengan menanggung risiko usaha. Data dari Sensus Pertanian 2023 (ST2023) menunjukkan bahwa mayoritas usaha pertanian di Indonesia dijalankan oleh rumah tangga perorangan (BPS, 2023). Struktur pertanian Indonesia yang didominasi oleh petani skala kecil (yang terhitung sebagai RTUP) memiliki peran strategis dalam mewujudkan ketahanan pangan. Ariani dan Sembiring (2018) menegaskan bahwa petani kecil merupakan tulang punggung dalam penyediaan pangan nasional, khususnya komoditas pangan pokok seperti padi, jagung, dan kedelai. Wilayah dengan jumlah RTUP tanaman pangan yang tinggi cenderung memiliki tingkat subsistensi yang kuat, di mana sebagian hasil panen dikonsumsi sendiri oleh rumah tangga.

2.2 Potensi Pendidikan

Potensi pendidikan adalah kemampuan dan sumber daya yang dimiliki oleh suatu individu, lembaga, atau daerah dalam mengembangkan kualitas pendidikan. Menurut Tilaar (2002), potensi pendidikan tidak hanya mencakup aspek sumber daya manusia

(peserta didik, pendidik, dan tenaga kependidikan), tetapi juga mencakup sarana, prasarana, serta lingkungan sosial yang mendukung tercapainya tujuan pendidikan.

Sanjaya (2013) menegaskan bahwa potensi pendidikan merupakan modal dasar yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan mutu pendidikan, baik pada tingkat mikro (individu) maupun makro (sistem pendidikan). Sementara itu, UNESCO (2015) menjelaskan bahwa potensi pendidikan erat kaitannya dengan akses, kualitas, relevansi, dan pemerataan kesempatan belajar.

Beberapa penelitian menunjukkan pentingnya analisis potensi pendidikan. Misalnya, penelitian Nurdin (2019) menyebutkan bahwa peran masyarakat dan lingkungan sekitar sekolah dapat memperkuat potensi pendidikan di tingkat daerah. Sementara itu, laporan UNESCO (2015) menunjukkan bahwa negara-negara berkembang yang berhasil meningkatkan akses dan kualitas pendidikan adalah negara yang mampu memanfaatkan potensi lokal, baik sumber daya manusia maupun sumber daya alam, untuk mendukung pembelajaran.

2.3 Potensi Kesehatan

Potensi kesehatan adalah kemampuan suatu wilayah, institusi, maupun individu dalam mengelola sumber daya yang dimiliki untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Menurut Notoatmodjo (2012), potensi kesehatan mencakup sumber daya manusia kesehatan, fasilitas pelayanan, dan ketersediaan sarana prasarana yang dapat dimanfaatkan untuk mewujudkan masyarakat sehat.

Menurut Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan, pembangunan kesehatan diarahkan untuk meningkatkan kesadaran, kemauan, dan kemampuan hidup sehat bagi setiap orang agar terwujud derajat kesehatan masyarakat yang setinggi-tingginya. Hal ini menegaskan bahwa potensi kesehatan menjadi modal utama dalam meningkatkan kualitas hidup. Beberapa penelitian menunjukkan pentingnya potensi kesehatan dalam pembangunan. Penelitian Arifah (2020) mengungkapkan bahwa ketersediaan sarana kesehatan dasar (puskesmas dan posyandu) berkontribusi pada peningkatan derajat kesehatan ibu dan anak.

2.4 Potensi Ekonomi

Potensi ekonomi merupakan kemampuan suatu wilayah untuk mengelola dan memanfaatkan sumber daya yang dimiliki, baik berupa sumber daya alam, sumber daya manusia, maupun sumber daya buatan, guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Menurut Tarigan (2005), potensi ekonomi adalah peluang yang dapat dikembangkan suatu

daerah melalui kegiatan ekonomi produktif yang memiliki nilai tambah. Sejalan dengan itu, Arsyad (2010) menegaskan bahwa potensi ekonomi daerah sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya serta kemampuan masyarakat dalam mengelola sumber daya tersebut secara optimal.

Sarana perdagangan, yang mencakup pasar tradisional, toko, minimarket, hingga pusat perbelanjaan modern, merupakan tulang punggung aktivitas distribusi dan konsumsi dalam suatu perekonomian. Keberadaannya secara langsung mencerminkan tingkat perputaran uang di masyarakat. Penelitian yang dilakukan oleh Tarmizi, dkk. (2017) menemukan bahwa sektor perdagangan memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi. Aktivitas perdagangan tidak hanya menciptakan nilai tambah pada komoditas, tetapi juga memiliki efek pengganda (multiplier effect) yang kuat.

Jumlah dan kualitas fasilitas akomodasi (hotel, vila, wisma) seringkali digunakan sebagai indikator utama kemajuan sektor pariwisata dan jasa bisnis di suatu wilayah. Sektor ini tidak hanya melayani wisatawan, tetapi juga para pebisnis, investor, dan pengunjung lainnya yang melakukan perjalanan dinas. Kehadiran akomodasi yang memadai menandakan bahwa wilayah tersebut merupakan destinasi yang menarik, baik untuk rekreasi maupun bisnis. Studi oleh Wardhana dan Suman (2019) di Kabupaten Badung, Bali, secara empiris membuktikan bahwa pendapatan dari sektor hotel dan restoran memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap Pendapatan Asli Daerah. Oleh karena itu, kepadatan sarana akomodasi tidak hanya mencerminkan potensi pariwisata, tetapi juga menunjukkan kemampuan suatu wilayah dalam menarik investasi sehingga dapat meningkatkan potensi ekonomi wilayah tersebut.

Tanpa akses terhadap modal dan layanan keuangan yang efisien, sektor perdagangan dan akomodasi tidak akan dapat berkembang optimal. Lembaga keuangan memegang peran vital sebagai perantara (intermediasi) yang menyalurkan dana dari pihak yang surplus kepada pihak yang membutuhkan modal untuk investasi. Penelitian oleh Yacob (2016) menunjukkan bahwa penyaluran kredit perbankan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Ketersediaan lembaga keuangan yang mudah dijangkau oleh masyarakat dan pelaku usaha menjadi prasyarat mutlak bagi terciptanya ekosistem ekonomi yang dinamis dan berdaya saing.

2.5 Machine Learning

Machine Learning (ML) atau Pembelajaran Mesin adalah cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* - AI) yang berfokus pada pengembangan algoritma yang

memungkinkan komputer untuk belajar dari dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan data. Berbeda dengan pemrograman konvensional di mana aturan eksplisit ditulis oleh manusia, sistem ML membangun model matematis dari data sampel, yang dikenal sebagai data pelatihan (*training data)*, untuk melakukan tugas tanpa diinstruksikan secara eksplisit. Arthur Samuel (1959) menyatakan bahwa *machine learning* adalah bidang studi yang memberi komputer kemampuan untuk belajar tanpa diprogram secara eksplisit. Ada dua pendekatan utama dalam machine learning yaitu *supervised learning* dan *unsupervised learning*.

2.6 K-Means Clustering

K-Means adalah salah satu algoritma *unsupervised learning* yang paling fundamental dan banyak digunakan untuk tugas pengklasteran. *K-Means* pertama kali diusulkan oleh Stuart Lloyd pada tahun 1957 di Bell Labs dan secara independen oleh E.W. Forgy pada tahun 1965 (Lloyd, 1982). Tujuannya algoritma ini adalah mengelompokkan data ke dalam k klaster (kelompok) berdasarkan kemiripan karakteristik, sehingga data dalam satu klaster memiliki kesamaan yang tinggi, sedangkan antar klaster memiliki perbedaan yang signifikan (Jain, 2010).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Data dan Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Deskripsi dan Sumber Data Pembentukan Indeks

No	Data	Deskripsi	Sumber
		Potensi Ekonomi	
1	Jumlah Sarana Perdagangan menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah sarana perdagangan setiap kecamatan yang terdiri dari kelompok pertokoan, pasar permanen, pasar semi permanen, pasar tanpa bangunan, minimarket, dan restoran.	Badan Pusat Statistik
2	Jumlah Sarana Akomodasi menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah sarana akomodasi setiap kecamatan yang terdiri dari hotel dan penginapan.	Badan Pusat Statistik
3	Jumlah Lembaga Keuangan menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah lembaga keuangan setiap kecamatan yang terdiri dari bank umum pemerintahan, bank umum swasta, BPR, KUD, Kopinkra, KSP/Kospin, dan Koperasi lainnya.	Badan Pusat Statistik
		Potensi Pendidikan	
4	Jumlah SD/MI menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya SD/MI setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik
5	Jumlah SMP/MTs menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya SMP/MTs setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik
6	Jumlah SMA/MA/SMK menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya SMA/MA/SMK setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik

		Potensi Kesehatan	
7	Jumlah Rumah Sakit menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya Rumah Sakit setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik
8	Jumlah Puskesmas menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya Puskesmas setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik
9	Jumlah Apotek menurut kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data banyaknya Apotek setiap kecamatan.	Badan Pusat Statistik
		Potensi Tanaman Pangan	
10	Jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) tanaman pangan komoditas Padi menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian tanaman pangan komoditas padi setiap kecamatan hasil Sensus Pertanian 2023.	Badan Pusat Statistik
11	Jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) tanaman pangan komoditas Talas menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian tanaman pangan komoditas talas setiap kecamatan hasil Sensus Pertanian 2023.	Badan Pusat Statistik
12	Jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian (RTUP) tanaman pangan komoditas Ubi Kayu menurut Kecamatan di Pulau Papua	Kumpulan data jumlah Rumah Tangga Usaha Pertanian tanaman pangan komoditas ubi kayu setiap kecamatan hasil Sensus Pertanian 2023.	Badan Pusat Statistik

3.2 Tahapan Penelitian

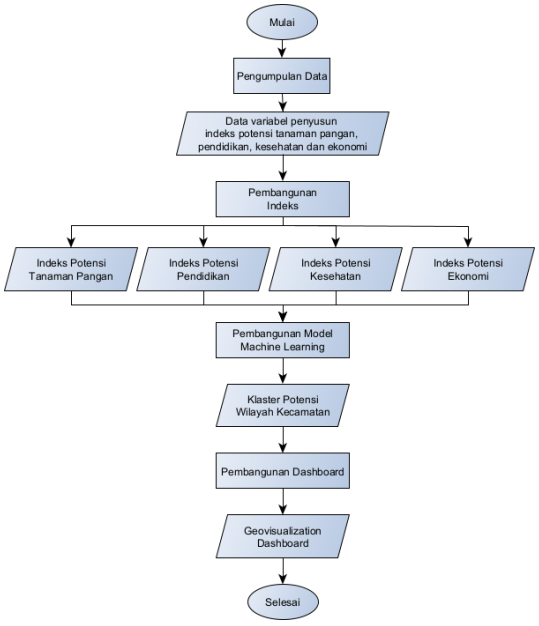
3.2.1 Analisis Klaster dengan *K-Means*

Tahapan analisis klaster dapat dilihat pada **Gambar 1**. Dimulai dengan tahap pengumpulan data. Setelah data didapatkan, kode kecamatan yang masih mengikuti kode BPS dilakukan konversi menjadi kode kecamatan Kemendagri agar bisa divisualisasikan menggunakan peta batas administrasi kecamatan yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial. Kemudian dilakukan perhitungan indeks menggunakan formula *weighted sum model* sebagai berikut.

$$Indeks = \sum_{i=1}^{p} w_i \, x_i$$

Dimana p adalah jumlah kecamatan, w adalah bobot yang ditetapkan, serta x adalah nilai yang diamati.

Gambar 1. Tahapan Analisis Klaster



Indeks yang sudah didapatkan kemudian dilakukan analisis klaster menggunakan algoritma *k-means* yang merupakan salah satu teknik dalam pembelajaran mesin *(machine learning).* Metode ini bekerja dengan cara mempartisi atau membagi data ke dalam k buah klaster yang telah ditentukan sebelumnya. Prinsip utama dari *k-means* adalah meminimalkan variasi di dalam suatu cluster dan memaksimalkan variasi antar klaster. Hal ini dicapai dengan meminimalkan nilai *Within-Cluster Sum of Squares* (WCSS), yang merupakan total dari jarak kuadrat antara setiap titik data dengan centroid (titik pusat) klasternya (MacQueen, 1967).

Setelah klaster terbentuk lalu dilakukan pengolahan menggunakan perangkat lunak QGIS 3.40 untuk mendapatkan visualisasi hasil klaster menurut kecamatan. Lalu dilakukan pembangunan dashboard menggunakan plugin *QGIS2Web* yang terdapat pada perangkat lunak QGIS.

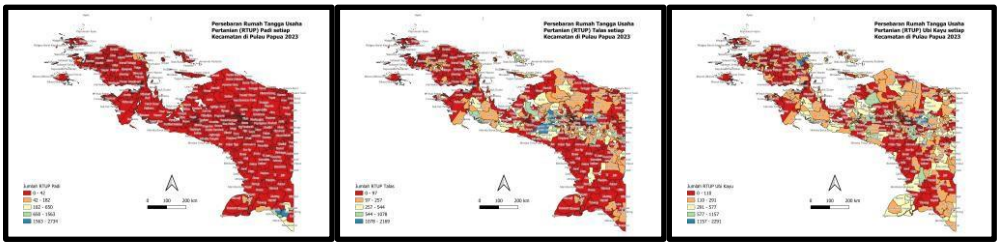
IV. HASIL, ANALISIS, PEMBAHASAN

4.1 Indeks Potensi Tanaman Pangan

Variabel yang digunakan dalam penyusunan indeks potensi tanaman pangan diantaranya yaitu jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas padi, jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas talas dan jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas ubi kayu. Ketiga variabel tersebut diolah menggunakan aplikasi QGIS untuk mendapatkan visualisasi persebaran setiap variabelnya menurut kecamatan di Pulau Papua. Adapun hasil visualisasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 2**.

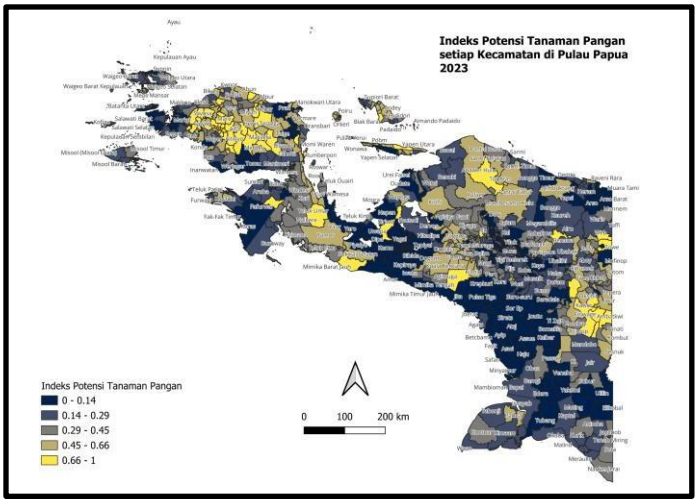
Wilayah berwarna biru menunjukkan nilai yang sangat tinggi, wilayah berwarna hijau menunjukkan nilai yang tinggi, wilayah berwarna kuning menunjukkan nilai yang sedang, wilayah berwarna orange menunjukkan nilai yang rendah, dan wilayah berwarna merah menunjukkan nilai yang sangat rendah.

Gambar 2. Visualisasi Variabel Penyusun Indeks Potensi Tanaman Pangan



Ketiga variabel tersebut kemudian dilakukan penyusunan indeks menggunakan *weighted sum model* yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 3**. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa kecamatan dengan potensi tanaman pangan yang sangat tinggi terdapat pada kecamatan Aifat Timur Jauh di Kabupaten Maybrat Provinsi Papua Barat Daya dan kecamatan Kawor di Kabupaten Pegunungan Bintang Provinsi Papua Pegunungan. Kemudian untuk wilayah dengan potensi tanaman pangan yang sangat rendah terdapat pada 1 kecamatan di Provinsi Papua Barat, 1 kecamatan di Provinsi Papua, 4 kecamatan di Provinsi Papua Selatan, 7 kecamatan di Provinsi Papua Tengah dan 3 kecamatan di Provinsi Papua Pegunungan.

Gambar 3. Visualisasi Indeks Potensi Tanaman Pangan

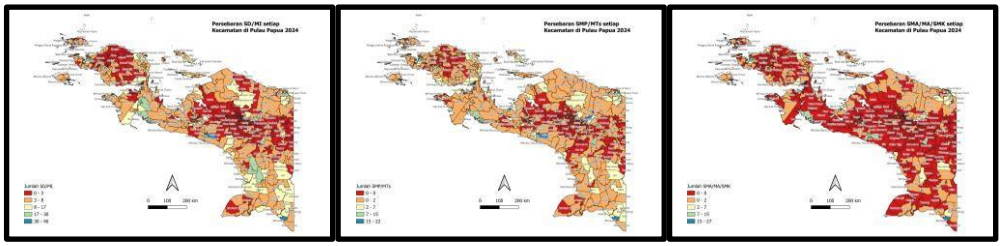


4.2 Indeks Potensi Pendidikan

Variabel yang digunakan dalam penyusunan indeks potensi pendidikan diantaranya yaitu jumlah SD/MI, jumlah SMP/MTs dan jumlah SMA/MA/SMK. Ketiga variabel tersebut diolah menggunakan aplikasi QGIS untuk mendapatkan visualisasi persebaran

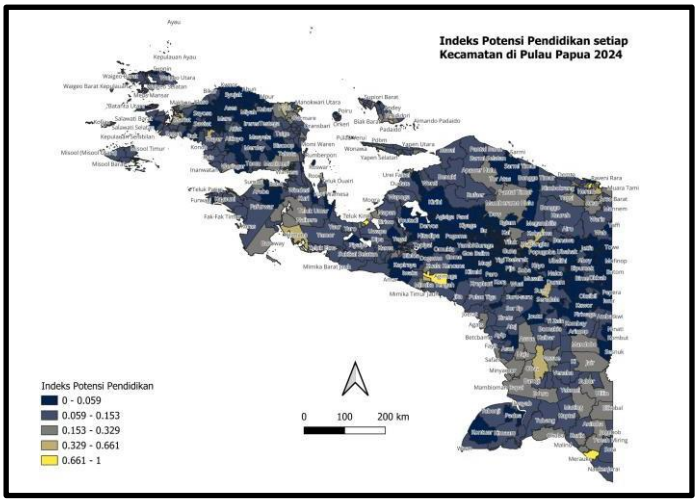
setiap variabelnya menurut kecamatan di Pulau Papua. Adapun hasil visualisasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**. Wilayah berwarna biru menunjukkan nilai yang sangat tinggi, wilayah berwarna hijau menunjukkan nilai yang tinggi, wilayah berwarna kuning menunjukkan nilai yang sedang, wilayah berwarna orange menunjukkan nilai yang rendah, dan wilayah berwarna merah menunjukkan nilai yang sangat rendah.

Gambar 4. Visualisasi Variabel Penyusun Indeks Potensi Pendidikan



Ketiga variabel tersebut kemudian dilakukan penyusunan indeks menggunakan *weighted sum model* yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 5**. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa kecamatan dengan potensi pendidikan yang sangat tinggi terdapat pada kecamatan Merauke Kabupaten Merauke Provinsi Papua Selatan. Kemudian untuk wilayah dengan potensi pendidikan yang sangat rendah yang belum memiliki ketiga fasilitas pendidikan tersebut terdapat pada 7 kecamatan di Provinsi Papua Barat Daya, 2 kecamatan di Provinsi Papua, 22 kecamatan di Provinsi Papua Tengah, dan 25 kecamatan di Provinsi Papua Pegunungan.

Gambar 5. Visualisasi Indeks Potensi Pendidikan menurut Kecamatan

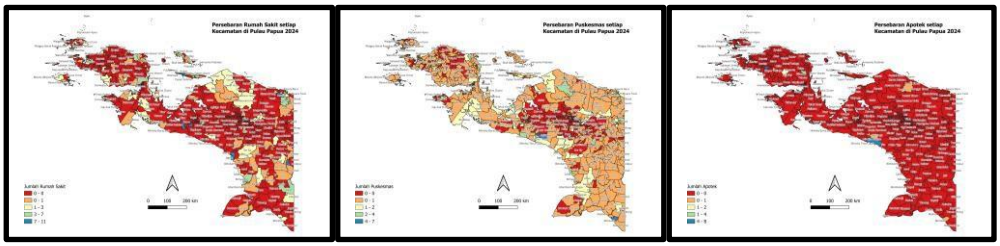


4.3 Indeks Potensi Kesehatan

Variabel yang digunakan dalam penyusunan indeks potensi kesehatan diantaranya yaitu jumlah Rumah Sakit, jumlah Puskesmas dan jumlah Apotek. Ketiga variabel tersebut diolah menggunakan aplikasi QGIS untuk mendapatkan visualisasi persebaran setiap

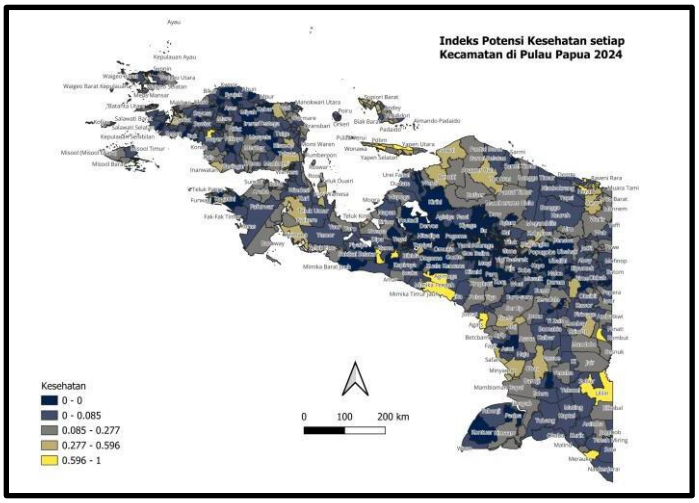
variabelnya menurut kecamatan di Pulau Papua. Adapun hasil visualisasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 6**. Wilayah berwarna biru menunjukkan nilai yang sangat tinggi, wilayah berwarna hijau menunjukkan nilai yang tinggi, wilayah berwarna kuning menunjukkan nilai yang sedang, wilayah berwarna orange menunjukkan nilai yang rendah, dan wilayah berwarna merah menunjukkan nilai yang sangat rendah.

Gambar 6. Visualisasi Variabel Penyusun Indeks Potensi Kesehatan



Ketiga variabel tersebut kemudian dilakukan penyusunan indeks menggunakan *weighted sum model* yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 7**. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa kecamatan dengan potensi kesehatan yang sangat tinggi terdapat pada kecamatan Kemtuk Kabupaten Jayapura Provinsi Papua. Kemudian untuk wilayah dengan potensi kesehatan yang sangat rendah yang belum memiliki ketiga fasilitas kesehatan tersebut terdapat pada 6 kecamatan di provinsi Papua Barat, 28 kecamatan di Provinsi Papua Barat Daya, 9 Kecamatan di Provinsi Papua, 7 kecamatan di Provinsi Papua Selatan, 59 kecamatan di Provinsi Papua Tengah dan 113 kecamatan di Provinsi Papua Pegunungan.

Gambar 7. Visualisasi Indeks Potensi Kesehatan menurut Kecamatan

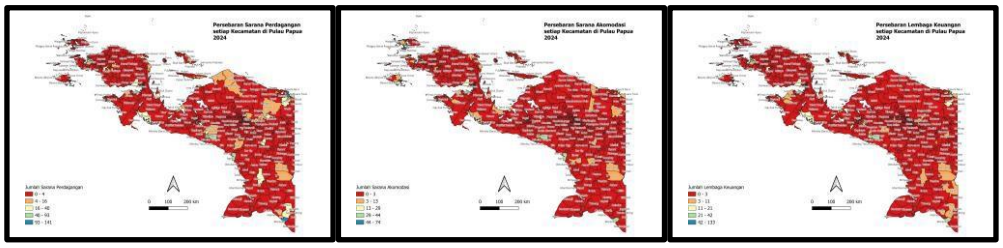


4.4 Indeks Potensi Ekonomi

Variabel yang digunakan dalam penyusunan indeks potensi ekonomi diantaranya yaitu jumlah sarana perdagangan, jumlah sarana akomodasi dan jumlah lembaga keuangan.

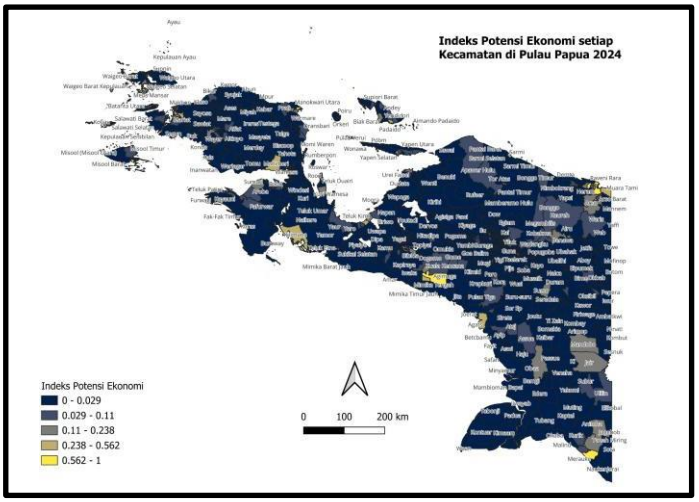
Ketiga variabel tersebut diolah menggunakan aplikasi QGIS untuk mendapatkan visualisasi persebaran setiap variabelnya menurut kecamatan di Pulau Papua. Adapun hasil visualisasi tersebut dapat dilihat pada **Gambar 8**. Wilayah berwarna biru menunjukkan nilai yang sangat tinggi, wilayah berwarna hijau menunjukkan nilai yang tinggi, wilayah berwarna kuning menunjukkan nilai yang sedang, wilayah berwarna orange menunjukkan nilai yang rendah, dan wilayah berwarna merah menunjukkan nilai yang sangat rendah.

Gambar 8. Visualisasi Variabel Penyusun Indeks Potensi Ekonomi



Ketiga variabel tersebut kemudian dilakukan penyusunan indeks menggunakan *weighted sum model* yang hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 9**. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa kecamatan dengan potensi ekonomi yang sangat tinggi terdapat pada kecamatan Jayapura Utara Kabupaten Jayapura Provinsi Papua. Kemudian untuk wilayah dengan potensi ekonomi yang sangat rendah yang belum memiliki ketiga fasilitas ekonomi tersebut terdapat pada 33 kecamatan di provinsi Papua Barat, 62 kecamatan di Provinsi Papua Barat Daya, 27 Kecamatan di Provinsi Papua, 37 kecamatan di Provinsi Papua Selatan, 69 kecamatan di Provinsi Papua Tengah dan 126 kecamatan di Provinsi Papua Pegunungan.

Gambar 9. Visualisasi Indeks Potensi Ekonomi menurut Kecamatan

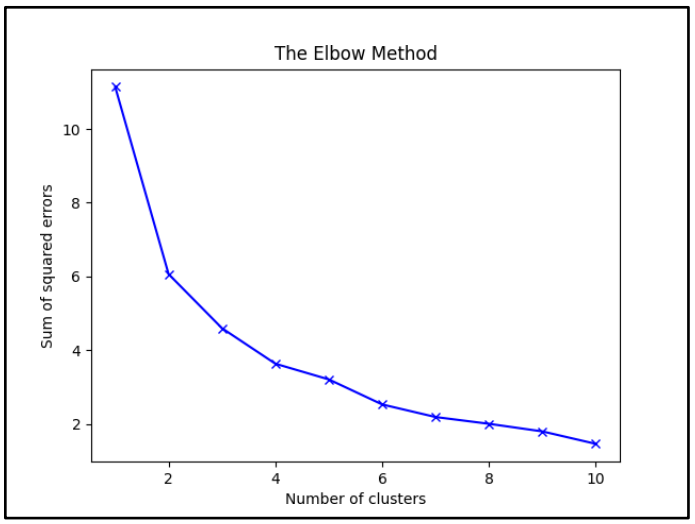


4.5 Hasil Analisis Klaster

Tahapan berikutnya setelah didapatkan indeks potensi tanaman pangan, indeks potensi pendidikan, indeks potensi kesehatan dan indeks potensi ekonomi untuk seluruh kecamatan adalah pembangunan klaster menggunakan *machine learning* dengan algoritma *K-Means*. Analisis klaster ini dilakukan untuk memetakan dan memahami potensi unik setiap kelompok kecamatan di Pulau Papua.

Sebelum melakukan pembangunan klaster perlu dilakukan penentuan jumlah klaster yang optimal salah satunya menggunakan *elbow method*. Seperti yang terlihat pada **Gambar 10** menunjukkan bahwa jika jumlah klaster diatas 4 penurunan *sum of squared errors* mulai melambat atau tidak terlalu signifikan, sehingga jumlah klaster yang paling optimal adalah 4 klaster.

Gambar 10. Pemilihan Jumlah Klaster dengan *Elbow Method*



Dalam melakukan interpretasi hasil analisis klaster perlu diketahui terlebih dahulu titik pusat (*centroid*) dari masing-masing klaster. **Tabel 2** menunjukkan distribusi karakteristik pusat dari masing-masing klaster yang nilainya semakin tinggi semakin baik potensinya. Klaster pertama menggambarkan wilayah dengan potensi tanaman pangan sangat rendah, potensi pendidikan tinggi, potensi kesehatan sangat rendah, potensi ekonomi rendah. Klaster kedua menggambarkan wilayah dengan potensi tanaman pangan rendah, potensi pendidikan sangat tinggi, potensi kesehatan sangat tinggi, potensi ekonomi sangat tinggi. Klaster ketiga menggambarkan wilayah dengan potensi tanaman pangan tinggi, potensi pendidikan rendah, potensi kesehatan rendah, potensi ekonomi tinggi. Klaster keempat menggambarkan wilayah dengan potensi tanaman pangan sangat tinggi, potensi pendidikan sangat rendah, potensi kesehatan tinggi, potensi ekonomi sangat rendah.

Tabel 2. Interpretasi Centroid Klaster

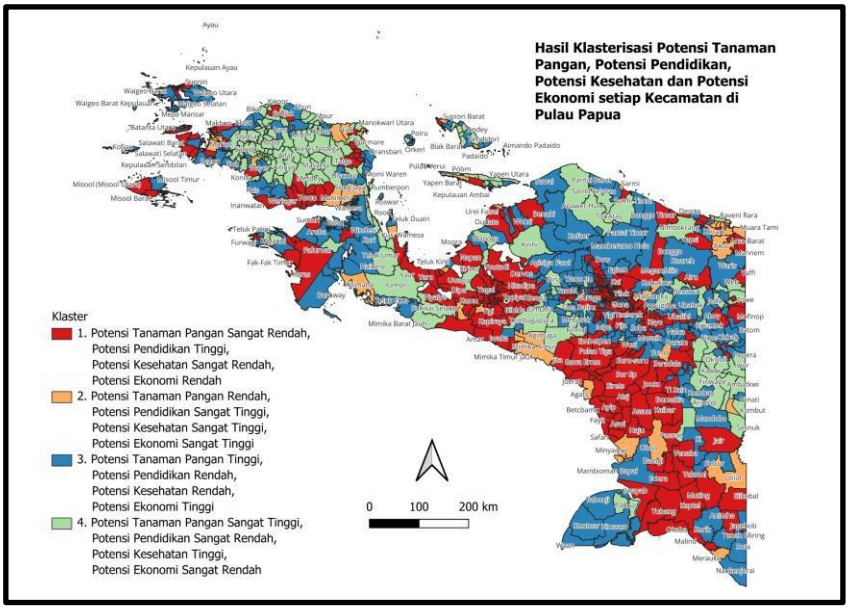
Klaster	Warna	Centroid Klaster Indeks Potensi Tanaman Pangan	Centroid Cluster Indeks Potensi Pendidikan	Centroid Cluster Indeks Potensi Kesehatan	Centroid Cluster Indeks Potensi Ekonomi	Interpretasi
1	Merah	0.0860	0.0698	0.0702	0.0150	Potensi Tanaman Pangan Sangat Rendah, Potensi Pendidikan Tinggi, Potensi Kesehatan Sangat Rendah, Potensi Ekonomi Rendah
2	Orange	0.1854	0.3556	0.4590	0.2815	Potensi Tanaman Pangan Rendah, Potensi Pendidikan Sangat Tinggi, Potensi Kesehatan Sangat Tinggi, Potensi Ekonomi Sangat Tinggi
3	Biru	0.3320	0.0653	0.0750	0.0173	Potensi Tanaman Pangan Tinggi, Potensi Pendidikan Rendah, Potensi Kesehatan Rendah, Potensi Ekonomi Tinggi
4	Hijau	0.6573	0.0565	0.0998	0.0097	Potensi Tanaman Pangan Sangat Tinggi, Potensi Pendidikan Sangat Rendah, Potensi Kesehatan Tinggi, Potensi Ekonomi Sangat Rendah

Visualisasi hasil analisis klaster pada level kecamatan di Pulau Papua dapat dilihat pada **Gambar 11**. Berdasarkan gambar tersebut, wilayah klaster 1 merupakan wilayah prioritas pertama dalam program makanan bergizi gratis karena memiliki potensi pendidikan tinggi, namun tidak ada lahan pertanian yang memadai. Akses kesehatan buruk dan ekonomi masyarakat lemah, sehingga mereka tidak mampu membeli makanan bergizi. Wilayah klaster 2 merupakan wilayah prioritas terakhir dalam program makanan bergizi gratis karena wilayah ini sebagian besar adalah ibu kota provinsi atau kota-kota besar yang sudah maju. Infrastruktur pendidikan dan kesehatan sangat baik, dan ekonomi kuat. Meskipun tidak memproduksi pangan sendiri, masyarakat memiliki daya beli yang tinggi untuk mengakses makanan dari luar.

Wilayah klaster 3 merupakan merupakan wilayah prioritas ketiga dalam program makanan bergizi gratis karena memiliki aktivitas ekonomi yang kuat dan potensi pangan yang melimpah, namun akses dan kualitas layanan publik (pendidikan dan kesehatan) buruk. Masyarakat mungkin menghasilkan uang dan pangan, tetapi tidak memiliki pengetahuan untuk mengolahnya menjadi makanan bergizi. Untuk wilayah klaster 4 yang merupakan wilayah prioritas kedua dalam program makanan bergizi gratis karena memiliki kemampuan untuk menghasilkan makanan sendiri tetapi terisolasi dari pasar, layanan kesehatan, dan pendidikan. Kemiskinan dan kurangnya pengetahuan dapat menyebabkan masalah gizi pada wilayah ini.

Peta tematik visualisasi potensi tanaman pangan, potensi pendidikan, potensi kesehatan dan potensi ekonomi serta hasil klaster setiap kecamatan di Pulau Papua tersebut bisa dilihat melalui dashboard yang dapat diakses pada tautan berikut : https://s.bps.go.id/Papua_PotensiWilayahKecamatan.

Gambar 11. Visualisasi Hasil Klaster menurut Kecamatan



V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian telah didapatkan empat indeks yang menggambarkan potensi di setiap kecamatan yaitu indeks potensi tanaman pangan, indeks potensi pendidikan dan indeks potensi kesehatan dan indeks potensi ekonomi. Indeks potensi tanaman pangan dibangun menggunakan variabel jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas padi, jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas talas dan jumlah rumah tangga usaha pertanian (RTUP) komoditas ubi kayu di setiap kecamatan. Indeks potensi

pendidikan dibangun menggunakan variabel jumlah SD/MI, jumlah SMP/MTs dan jumlah SMA/MA/SMK di setiap kecamatan. Indeks potensi kesehatan dibangun menggunakan variabel jumlah Rumah Sakit, jumlah Puskesmas dan jumlah Apotek di setiap kecamatan. Indeks potensi ekonomi dibangun menggunakan variabel jumlah sarana perdagangan, jumlah sarana akomodasi dan jumlah lembaga keuangan di setiap kecamatan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *machine learning* dengan algoritma *K-Means* efektif untuk memetakan potensi wilayah kecamatan di Pulau Papua berdasarkan empat dimensi utama, yaitu tanaman pangan, pendidikan, kesehatan, dan ekonomi. Hasil pemetaan menghasilkan empat klaster kecamatan dengan karakteristik berbeda yang mencerminkan heterogenitas kondisi wilayah.

- Klaster pertama mencerminkan wilayah dengan potensi pendidikan tinggi, tetapi sangat rendah pada sektor pangan, kesehatan, dan ekonomi, sehingga menjadi prioritas utama dalam intervensi program makanan bergizi gratis.
- Klaster kedua merupakan prioritas terakhir program makanan bergizi gratis karena didominasi oleh wilayah perkotaan/ibu kota dengan potensi pendidikan, kesehatan, dan ekonomi sangat tinggi.
- Klaster ketiga merupakan prioritas ketiga program makanan bergizi gratis. Klaster ini memiliki potensi pangan dan ekonomi tinggi, tetapi akses pendidikan dan kesehatan masih rendah, sehingga memerlukan intervensi berbasis peningkatan layanan publik.
- Klaster keempat merupakan wilayah prioritas kedua program makanan bergizi gratis karena memiliki potensi pangan sangat tinggi, tetapi pendidikan dan ekonomi sangat rendah, serta akses kesehatan terbatas, sehingga perlu intervensi yang menekankan pemberdayaan dan pemanfaatan potensi pangan lokal.

Seluruh data beserta visualisasi hasil penelitian telah dibuat dalam sebuah dashboard berbentuk website. Dashboard ini bisa diakses melalui tautan s.bps.go.id/Papua_PotensiWilayahKecamatan. Dashboard ini memungkinkan pengguna baik masyarakat maupun pemerintah memperoleh informasi potensi setiap kecamatan di Pulau Papua sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk mengambil keputusan atau menetapkan kebijakan dalam mendukung program makanan bergizi gratis.

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran yang dapat dipertimbangkan oleh pemerintah, baik tingkat provinsi, kabupaten maupun kecamatan di Pulau Papua:

- Klaster 1: Menjadikan sekolah sebagai pusat distribusi program makanan bergizi utama. Karena potensi pangan lokal sangat rendah, program ini mungkin memerlukan suplai makanan dari luar wilayah. Potensi kesehatan sangat rendah sehingga program juga harus diintegrasikan dengan upaya revitalisasi Puskesmas atau Posyandu. Mendistribusikan suplemen gizi bersamaan dengan paket makanan untuk keluarga.
- Klaster 2: Fokus pada Edukasi, Bukan Distribusi Massal. Program di wilayah ini sebaiknya tidak berbentuk pembagian makanan secara masif. Alihkan fokus ke kampanye gizi seimbang melalui sekolah dan puskesmas yang sudah maju. Pemerintah daerah harus fokus pada kebijakan yang memastikan kelancaran pasokan pangan bergizi dari wilayah produsen (Klaster 3 & 4) ke pusat-pusat kota ini, dengan menjaga harga tetap terjangkau.
- Klaster 3: Program utama di sini adalah demonstrasi memasak dan edukasi gizi. Ajarkan masyarakat cara mengolah hasil panen mereka menjadi menu makanan yang bergizi seimbang. Libatkan kader Posyandu dan ibu-ibu PKK sebagai motor penggerak. Selain itu juga fokus pada optimalisasi potensi tanaman pangan itu sendiri. Contohnya dengan memberikan dorongan untuk inovasi teknologi pertanian modern sehingga bisa menghasilkan produksi tanaman pangan yang lebih optimal dan efisien agar dapat mendongkrak ekonomi produktif secara signifikan dan memperkuat pasokan pangan nasional khususnya di Pulau Papua.
- Klaster 4: Fokus pada edukasi pengolahan hasil panen lokal. Contohnya membuat tepung sagu atau ubi yang kemudian bisa diolah menjadi bubur atau kue untuk dibagikan kepada balita dan anak sekolah. Program jangka panjang yang paling vital adalah pembangunan infrastruktur (jalan, jembatan) akan memungkinkan mereka menjual kelebihan hasil panen, yang akan meningkatkan ekonomi (mengatasi akar masalah) dan memungkinkan masuknya layanan kesehatan dan pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

Ariani, M., & Sembiring, H. (2018). Peran Strategis Petani Skala Kecil dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Forum Penelitian Agro Ekonomi, 36(1), 15-30.

Arifah, L. (2020). Potensi Pelayanan Kesehatan Dasar dalam Meningkatkan Kesehatan Ibu dan Anak. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 15(2), 123–135.

Arsyad, L. (2010). Ekonomi Pembangunan. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). Hasil Sensus Pertanian 2023 (Angka Sementara).

Berita Resmi Statistik No. 89/12/Th. XXVI, 4 Desember 2023.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). Indeks Pembangunan Manusia (IPM) 2023.

Berita Resmi Statistik No. 89/12/Th. XXVI, 1 Desember 2023.

Badan Pusat Statistik (BPS). (2024). Profil Kemiskinan di Indonesia September 2023.

Berita Resmi Statistik No. 11/01/Th. XXVII, 15 Januari 2024.

Jain, A. K. (2010). "Data clustering: 50 years beyond K-means". Pattern Recognition Letters, 31(8), 651–666.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) Tahun 2022. Buku Saku. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2021). Outlook Komoditas Pertanian

Subsektor Tanaman Pangan. Jakarta: Kementan.

Lloyd, S. P. (1982). "Least Squares Quantization in PCM". IEEE Transactions on Information Theory, 28(2), 129–137.

MacQueen, J. (1967) Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations. Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1, 281-297.

Notoatmodjo, S. (2012). Promosi Kesehatan dan Perilaku Kesehatan. Jakarta: Rineka Cipta.

Nurdin, M. (2019). Potensi Pendidikan Berbasis Masyarakat dalam Penguatan Mutu Sekolah Dasar. Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia, 4(2), 101–112.

Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers.

IBM Journal of Research and Development, 3(3), 210–229.

Sanjaya, W. (2013). Strategi Pembelajaran. Jakarta: Kencana.

Tarigan, R. (2005). Ekonomi Regional: Teori dan Aplikasi. Jakarta: Bumi Aksara.

Tarmizi, dkk. (2017). Pengaruh Investasi, Perdagangan dan Tenaga Kerja Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Provinsi Aceh. Jurnal Perspektif Ekonomi Darussalam, 3(2), 173-187.

Tilaar, H. A. R. (2002). Pendidikan, Kebudayaan, dan Masyarakat Madani Indonesia.

Bandung: Remaja Rosdakarya.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan. UNESCO. (2015). Education for All 2000–2015: Achievements and Challenges.

Paris: UNESCO.

Wardhana, I., & Suman, A. (2019). Pengaruh Pendapatan Sektor Hotel dan Restoran Terhadap Pendapatan Asli Daerah Kabupaten Badung. Jurnal Ekonomi Pembangunan, 8(11), 2269-2294.

Yacob, N. (2016). Analisis Pengaruh Penyaluran Kredit Perbankan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota-Kota Propinsi Sulawesi Utara. Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi, 16(01), 273-283.

halaman ini sengaja dikosongkan

halaman ini sengaja dikosongkan

BANK INDONESIA
BANK SENTRAL REPUBLIK INDONESIA

Kategori KHUSUS

PAPEDANOMICS

Sinergi Memperkuat Stabilitas
dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif,
Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya

halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS KEBUTUHAN LOKASI DAN *TECHNO-ECONOMIC* TERHADAP SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DALAM MENINGKATKAN ELEKTRIFIKASI DI PEGUNUNGAN ARFAK, PAPUA BARAT

Azizah Nur Sya'bani[1], Izza Aliffatul Auliya [2] dan Firzatullah Al Ghiffari[3]

[1] Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung [2] Aktuaria, Institut Teknologi Bandung [3] Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis kebutuhan lokasi dan *techno-economic* di Pegunungan Arfak, Papua Barat terhadap sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan tujuan meningkatkan elektrifikasi yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. PLTS dipilih pada penelitian ini sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan mengingat di beberapa desa terpencil di Papua Barat masih menggunakan diesel dalam pemakaian listriknya. Dalam menganalisis kebutuhan lokasi, dibuat sebuah indeks bernama Indeks Kebutuhan Lokasi (IKL) untuk menunjukkan seberapa membutuhkannya kecamatan-kecamatan di Pegunungan Arfak terhadap PLTS dengan mempertimbangkan variabel PVOUT, jumlah rumah tangga pengguna listrik non-PLN, curah hujan, dan kemiringan daerah. IKL tersebut menunjukkan bahwa Kecamatan Hingk paling membutuhkan PLTS ketimbang sembilan kecamatan lain. Selanjutnya, penelitian melakukan analisis techno-economic untuk menilai kelayakan sistem PLTS 50 Wp bagi rumah tangga di Pegunungan Arfak. Berdasarkan perhitungan produksi energi, biaya investasi (CAPEX), dan biaya operasional (OPEX), PLTS terbukti mampu menyediakan listrik dengan biaya lebih rendah dan lebih stabil dibandingkan penggunaan diesel (PLTD) di desa-desa terpencil. Selain itu, penelitian memberikan analisis SWOT untuk menentukan kapabilitas keseluruhan aspek. Dengan menggabungkan hasil Indeks Kebutuhan Lokasi (IKL), evaluasi techno-economic, dan analisis SWOT, penelitian ini memberikan rekomendasi kecamatan prioritas untuk implementasi PLTS, sehingga investasi listrik terbarukan dapat tepat sasaran dan efisien.

Kata Kunci: PLTS, IKL, Pegunungan Arfak, *techno-economic*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemerataan akses energi merupakan fondasi utama pembangunan nasional, sebuah mandat yang secara tegas ditargetkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) untuk mencapai rasio elektrifikasi 100% pada tahun 2029 (KESDM, 2021). Meskipun Rasio Desa Berlistrik (RDB) nasional telah mencapai angka tinggi sebesar 99,92% (PLN, 2025), realitas di tingkat tapak menunjukkan krisis kualitas layanan. Di desa-desa terpencil Papua Barat, ketergantungan pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) menjadi masalah utama, yang mana jam nyala seringkali hanya 6 hingga 12 jam. Layanan yang terbatas ini ditambah biaya operasional yang sangat tinggi akibat fluktuasi harga BBM dan logistik yang rumit secara langsung melumpuhkan potensi ekonomi produktif, membatasi akses terhadap pendidikan dan kesehatan modern, serta menurunkan kualitas hidup masyarakat secara keseluruhan (PLN, 2024).

Kondisi ini semakin mengerucut pada satu wilayah yang menjadi episentrum krisis elektrifikasi di Papua Barat: Kabupaten Pegunungan Arfak. Data Badan Pusat Statistik terbaru menunjukkan realitas yang mengkhawatirkan, berarti hanya 44,21% rumah tangga di Pegunungan Arfak yang terhubung dengan jaringan listrik PLN yang merupakan angka terendah di seluruh provinsi. Sebagian besar masyarakat, yaitu 47,04%, terpaksa bergantung pada sumber listrik non-PLN yang tidak andal dan mahal, sementara 8,74% sisanya hidup sepenuhnya tanpa akses listrik (BPS, 2024). Fakta ini menempatkan Pegunungan Arfak sebagai studi kasus paling krusial dan representatif untuk menganalisis urgensi intervensi elektrifikasi.

Ironisnya, krisis energi ini terjadi di tengah melimpahnya potensi energi terbarukan lokal yang belum termanfaatkan. Pengembangan ini pun sejalan dengan strategi nasional yang tercantum dalam RUPTL untuk memanfaatkan potensi tenaga air di Papua (PLN, 2021). Selain itu, potensi energi surya di wilayah ini dapat dioptimalkan untuk mendukung pasokan listrik berkelanjutan. Kombinasi sinergis teknologi ini menawarkan sebuah solusi yang tangguh dan berkelanjutan, yang mampu menyediakan pasokan listrik 24 jam penuh untuk menggantikan peran Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, terdapat kesenjangan antara kebutuhan elektrifikasi yang mendesak di wilayah Pegunungan Arfak dengan belum adanya analisis mendalam mengenai solusi Energi Baru terbarukan (EBT) yang paling

potensial khususnya pada energi surya. Maka, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana profil potensi energi surya di tiap kecamatan Pegunungan Arfak berdasarkan *Photovoltaic Out* (PVOUT)?
2. Bagaimana kebutuhan PLTS di tiap-tiap kecamatan berdasarkan PVOUT, rumah tangga yang tidak mendapatkan pasokan listrik dari PLN, kemiringan daerah, dan curah hujan?
3. Berapa besar estimasi produksi energi listrik tahunan dari sistem Solar Home System (SHS) 50 Wp, dan berapa estimasi biaya penyediaannya (CAPEX, OPEX, serta LCOE) apabila diterapkan secara masif pada seluruh rumah tangga?

1.3. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan memetakan potensi energi surya di Kabupaten Pegunungan Arfak berdasarkan data PVOUT, rumah tangga yang tidak mendapatkan pasokan listrik dari PLN, kemiringan daerah, dan curah hujan.
2. Menghitung estimasi produksi energi tahunan (kWh/tahun) dari sistem SHS 50 Wp serta menilai kelayakan ekonomi melalui perhitungan CAPEX, OPEX, dan LCOE.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan memberikan dampak positif yang signifikan bagi berbagai pihak yang terlibat, sebagai berikut:

1. Masyarakat: Memberikan solusi elektrifikasi yang berkelanjutan dan berbasis potensi lokal, sehingga mampu meningkatkan akses energi, menunjang aktivitas ekonomi produktif, serta meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan
2. Pemerintah: Menjadi bahan pertimbangan dalam perumusan kebijakan daerah maupun nasional terkait percepatan elektrifikasi berbasis energi baru dan terbarukan, khususnya di Pegunungan Arfak.
3. Akademisi: Menambah referensi ilmiah dalam kajian *techno-economic* dan dampak sosial pemanfaatan sistem hybrid energi terbarukan, sekaligus membuka peluang untuk studi lanjutan atau pengembangan model replikasi di wilayah lain.
4. Pihak Swasta: Memberikan data kelayakan teknis dan keekonomian yang dapat dijadikan acuan awal dalam perencanaan investasi atau pengembangan proyek energi terbarukan di wilayah terpencil namun potensial.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pegunungan Arfak

Pegunungan Arfak di Papua Barat merupakan kawasan konservasi penting dengan luas sekitar 68.325 ha berdasarkan SK Menteri Pertanian No. 820/Kpts/Um/II/1982. Wilayah ini memiliki topografi pegunungan yang curam dengan akses terbatas sehingga jaringan listrik konvensional sulit dikembangkan. Kondisi tersebut menjadikan energi terbarukan seperti PLTS relevan untuk elektrifikasi masyarakat sekitar yang masih minim akses listrik (Supriatna, 2020; BKSDA Papua Barat, 2021).

Selain fungsi konservasi, Pegunungan Arfak masuk dalam rencana pembangunan rendah emisi Papua Barat. Studi teknis menunjukkan potensi pemanfaatan energi surya dan mikrohidro untuk sistem hibrida di kawasan ini. Hal ini mendukung penerapan PLTS sebagai solusi elektrifikasi desa yang ramah lingkungan sekaligus berkontribusi pada target pengurangan emisi (Wambrauw et al., 2018; WWF Indonesia, 2020).

2.2. EBT

EBT menjadi kunci transisi energi global untuk menurunkan ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi emisi karbon. Indonesia menargetkan bauran EBT mencapai 23% pada 2025 dan 31% pada 2050 sebagaimana tertuang dalam *National Energy Policy (KEN)*. Potensi EBT nasional diperkirakan mencapai 3.686 GW, dengan porsi terbesar berasal dari energi surya sekitar 3.295 GW (KESDM, 2021). Pemanfaatan energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menjadi strategi penting, mengingat wilayah Indonesia yang berada di garis khatulistiwa memiliki potensi radiasi matahari rata-rata 4–5,5 kWh/m² per hari (IESR, 2021).

Wilayah Papua Barat, termasuk Pegunungan Arfak, merupakan kawasan dengan potensi EBT yang besar tetapi masih minim pemanfaatan. Akses listrik di beberapa wilayah pedalaman masih terbatas, sehingga PLTS menjadi pilihan utama karena sifatnya modular, cepat dibangun, dan sesuai dengan kondisi geografis terpencil. Data *Global Solar Atlas* menunjukkan potensi produksi listrik dari PLTS di Papua Barat cukup tinggi, sehingga pengembangannya berkontribusi langsung terhadap target bauran energi nasional dan agenda pembangunan rendah karbon (*Low Carbon Development Initiative*). Selain itu, penerapan EBT di Papua bukan hanya solusi teknis energi, tetapi juga menjadi instrumen penguatan ekonomi lokal dan pemberdayaan masyarakat (World Bank, 2020; IESR, 2022).

2.3. PLTS

PLTS mengubah energi surya menjadi listrik melalui modul *photovoltaic* dan dievaluasi dengan indikator kinerja seperti *yield* dan *performance ratio*. Di Indonesia, biaya pembangunan PLTS semakin menurun seiring ketersediaan data radiasi surya sehingga menjadikannya pilihan utama untuk elektrifikasi di wilayah timur yang masih banyak bergantung pada PLTD (Handayani et al., 2019; IESR, 2021).

PLTS juga mendukung target penurunan emisi dengan mengurangi jam operasi genset diesel. Dokumen pembangunan kelistrikan pedesaan menegaskan bahwa mini grid PLTS, baik berdiri sendiri maupun hibrida, merupakan strategi paling efektif untuk menyediakan listrik berkelanjutan dengan biaya terjangkau bagi masyarakat di Papua (Bappenas, 2020; ESDM, 2022).

2.4. PVOUT

PVOUT merupakan data yang menunjukkan potensi daya listrik dari sistem photovoltaic di seluruh dunia yang dikembangkan oleh The Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) dan Solargis di bawah World Bank. Perhitungannya memperhitungkan intensitas cahaya matahari serta variabel lingkungan seperti temperatur udara, topografi, albedo, kemiringan modul, hingga potensi bayangan. PVOUT menggunakan asumsi modul silikon kristalin monofacial dengan kemiringan optimal untuk menghasilkan energi tahunan maksimal, serta inverter berefisiensi tinggi agar hasil perhitungan dapat merepresentasikan kondisi ideal (World Bank & Solargis, 2020).

Lebih jauh, PVOUT tidak hanya menampilkan potensi energi tetapi juga mempertimbangkan kerugian teknis. Dalam model perhitungannya, diasumsikan adanya kerugian akibat kotoran dan debu sebesar 3,5%, serta kerugian tambahan dari bayangan, kabel, inverter, dan transformator sekitar 7,5% (ESMAP, 2020). Untuk wilayah Papua Barat, termasuk Pegunungan Arfak, data Global Solar Atlas menunjukkan potensi PVOUT tahunan berkisar antara 1.300–1.500 kWh/kWp, angka yang cukup tinggi dibandingkan rata-rata global sehingga menjadikan PLTS sebagai salah satu solusi energi terbarukan paling prospektif untuk mendukung pembangunan rendah emisi di kawasan ini (Solargis, 2021; IESR, 2021).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan studi kasus terkait dengan upaya peningkatan

elektrifikasi yang berpusat di Kabupaten Pegunungan Arfak, Provinsi Papua Barat. Selain itu, penelitian ini memakai pendekatan kuantitatif untuk menganalisis kebutuhan lokasi terhadap pembangunan PLTS serta menganalisis ekonomi melalui estimasi produksi listrik rumah tangga dan perhitungan kelayakan *techno-economic*.

Analisis kebutuhan lokasi terhadap pembangunan PLTS berfokus pada variabel PVOUT, jumlah rumah tangga pengguna listrik non-PLN, serta dua faktor geografis (kemiringan dan curah hujan). Analisis ekonomi difokuskan pada estimasi potensi energi yang dapat dihasilkan oleh sistem Solar Home System (SHS) 50 Wp per rumah tangga, serta evaluasi biaya pokok penyediaan listrik (BPP) dengan mempertimbangkan belanja modal (CAPEX), biaya operasional (OPEX), dan Levelized Cost of Electricity (LCOE). Selain itu, penelitian ini memakai analisis analisis SWOT (Strenght, Weakness, Oportunity, dan Threat) untuk mengetahui kapabilitas keseluruhan aspek teknis dan ekonomi.

3.2. Sumber dan Jenis Data

Sumber dan jenis data pada penelitian ini tertuang pada tabel 3.1, berikut:

Tabel 3.1. Data, jenis data, dan sumber data

Data	Jenis data	Sumber data
Photovoltaic potential (PVOUT)	Raster	Global Solar Atlas
Rumah tangga PLN dan non-PLN	Tabular	Badan Pusat Statistik Kabupaten Pegunungan Arfak
DEMNAS (Digital Elevation Model Nasional)	Raster	Ina-Geoportal
Curah Hujan	Raster	Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS)

3.3. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan data-data sekunder yang terbuka secara publik di internet. Untuk studi literatur penunjang penelitian ini diambil dari artikel hingga buku yang memiliki kredibilitas tinggi dan keabsahannya dapat dipertanggungjawabkan.

3.4. Metode Analisis Data

3.4.1. Indeks Kebutuhan Lokasi

Dalam menganalisis kebutuhan lokasi terhadap PLTS, dibuat sebuah indeks dengan bobot-bobot tertentu pada setiap variabelnya. Indeks tersebut dinamakan Indeks Kebutuhan Lokasi (IKL). Kata *kebutuhan* di sini bukan merujuk pada sesuatu butuh atau tidak butuh melainkan sebuah prioritas lokasi mana yang cocok untuk dibangun PLTS. Nilai IKL terentang dari 0-1. Nilai 0 menunjukkan bahwa suatu lokasi tidak membutuhkan PLTS dan nilai 1 menunjukkan lokasi sangat membutuhkan PLTS.

Dalam struktur rumus IKL terdapat empat variabel yang dibutuhkan, yaitu PVOUT, data rumah tangga (RT) pengguna non-PLN, curah hujan, dan kemiringan. Rumusnya tertuang sebagai berikut:

$$IKL = w_1(PVOUT) + w_2\,(RT\ non - PLN) + w_3(curah\ hujan) + w_4(kemiringan)$$

Indeks kebutuhan diambil dari perbandingan jumlah ramah tangga pengguna listrik non-PLN per kecamatan dengan jumlah total rumah tangga yang diskalakan (dinormalisasi) menjadi nilai di antara 0-1. Pemakaian data pengguna rumah tangga non-PLN dibutuhkan untuk mengasumsikan bahwa rumah tangga tersebut menggunakan diesel atau bahkan tidak sama sekali dalam pemakaian listrik.

Nilai kemiringan diolah lebih lanjut dalam perangkat lunak QGIS menggunakan data DEMNAS. Walaupun PVOUT mempertimbangkan faktor topografis pada sisi produksi energi, indikator tersebut tidak mengevaluasi lahan sebagai aspek konstruktabilitas. Oleh karena itu, variabel kemiringan diperlukan kembali untuk memenuhi aspek tersebut agar analisis menjadi lebih holistik.

Variabel kemiringan serta curah hujan digunakan untuk mendukung faktor geografis yang mengurangi atau menambah nilai IKL dalam pembuatan PLTS. Semakin tinggi curah hujan dan kemiringan, semakin menurunkan IKL, begitu pun sebaliknya. Ini terjadi karena apabila suatu lokasi memiliki curah hujan yang tinggi, radiasi matahari tidak terpancar maksimal akibat tertutup awan. Apabila suatu lokasi juga memiliki nilai kemiringan yang tinggi, maka akan semakin sulit dalam pengaplikasian PLTS.

Setelah mendapatkan data PVOUT, kemiringan, dan curah hujan, keseluruhan data dinormalisasi agar data berada di antara nilai 0-1. Rumus untuk normalisasi tersaji sebagai berikut:

$$X(Normal) = \frac{x(data\ raster) - x(maksimum)}{x(maksimum - x(minimum)}$$

Keterangan:
x(data raster) = Seluruh data yang ada pada tiap-tiap variabel
x(maksimum) = Data maksimum
x(minimum) = Data minimum

Setelah itu, tiap-tiap variabel diberi pembobotan untuk menghitung IKL. Nilai bobot IKL tersebut ditentukan menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP) yang dicetuskan oleh Saaty (1987). Pada tahapan awal, keseluruhan variabel dibandingkan nilai kepentingan putusan antarsatu variabel dengan yang lain berdasarkan tabel 3.2 dan nantinya dimasukkan ke dalam matriks (M) putusan berjumlah 4x4 sel.

Tabel 3.2. Nilai kepentingan putusan

Nilai	Definisi
1	Sama-sama penting
3	Penting moderat
5	Penting esensial
7	Sangat penting
9	Mutlak penting
2, 4, 6, 8	Penting di antara dua nilai

Kemudian nilai-nilai yang berada pada matriks tersebut diolah sehingga mendapatkan nilai bobot atau *eigenvalues* yang nantinya digunakan pada rumus indeks. Pengolahan tersebut mengikuti urutan cara berikut:

1. Jumlahkan seluruh nilai yang ada pada masing-masing kolom di matriks 4 x 4.

$$sumColumn = \sum_{i=1}^{n} M_{ij}$$

Keterangan:

M ij = Nilai matriks pada baris ke-i dan kolom ke-j

N = jumlah data

2. Normalisasikan nilai-nilai pada matriks 4x4 tabel () dengan cara membagi tiap-tiap sel matriks (i x j) dengan jumlah kolom pada perhitungan nomor satu.
   Nij = Nilai matriks pada baris ke-i dan kolom ke-j yang telah dinormalisasi
3. Untuk dapat mengetahui nilai bobot, dihitung nilai eigenvalues dengan cara merata-ratakan baris pada matriks yang sudah dinormalisasi.

$$w = \frac{\sum_{j=1}^{n} N_{ij}}{n}$$

Keterangan

w = Bobot

Selain itu, untuk mengetahui konsistensi keputusan antara satu variabel dengan variabel yang lain diperoleh menggunakan Consistency Ratio (CR). Apabila nilai CR kurang dari 0,1 berarti nilai keputusan tersebut konsisten antarsatu variabel dengan variabel yang lain. Rumusnya sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan:
CI = Consistency Index
RI = Random Index

Nilai RI didapat dari Saaty (1987) yang menyatakan bahwa nilai RI untuk variabel bernilai 0,9. Kemudian untuk nilai CI didapat dari rumus berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{\max - n}}{n - 1}$$

Keterangan:
λ max = *eigenvalues* maksimum
n = jumlah variabel

Eiganvalues maksimum tersebut didapat dari eigenvalues masing-masing variabel. Untuk mengetahui eigenvalues masing-masing variabel diperoleh dengan cara mengalikan matriks putusan (M) dengan matriks bobot (w).

$$\lambda = M \; x \; w$$

Rumus untuk mengetahui eigenvalues maksimum diperoleh dengan cara merata-ratakan seluruh nilai pada kolom yang didapat dari eigenvalues masing-masing variabel.

Untuk rumusnya sebagai berikut:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=n}^{n} \lambda_{ij}}{n}$$

3.4.2. Estimasi Produksi Listrik

Estimasi produksi listrik dilakukan untuk mengetahui potensi energi yang dapat dihasilkan apabila setiap rumah tangga di Kabupaten Pegunungan Arfak dipasangi SHS 50 Wp. Perhitungan didasarkan pada data Photovoltaic Output (PVOUT) dengan satuan kWh/kWp/hari yang diperoleh untuk setiap kecamatan. Langkah perhitungan dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Energi Harian} = PVOUT \times 0{,}05\ (kWh/kWp/\text{hari})$$

$$\text{Energi Bulanan} = Energi\ Harian \times 30$$

$$\text{Energi Tahunan} = Energi\ Harian \times 365$$

Dengan demikian, setiap kecamatan akan memiliki estimasi produksi listrik harian, bulanan, dan tahunan yang dapat digunakan sebagai dasar analisis kebutuhan energi rumah tangga.

3.4.3. Analisis Kelayakan Techno-Economic

Analisis techno-economic dilakukan untuk mengevaluasi biaya penyediaan listrik dari sistem SHS. Komponen biaya utama yang dianalisis terdiri dari:

1. CAPEX (Capital Expenditure)

   Menghitung investasi awal untuk instalasi SHS 50 Wp berdasarkan nilai *Total Installed Cost (TIC)* per kW dari sumber internasional (IRENA, 2024). Rumus perhitungannya adalah:

   $$CAPEX = TIC \times 0.05\ (kW)$$

2. OPEX (Operational Expenditure)

   OPEX diasumsikan sebagai persentase dari CAPEX, dengan kisaran 1–2% per tahun. Rumus perhitungannya adalah:

   $$OPEX = \alpha \times CAPEX$$

3. LCOE (Levelized Cost of Electricity)

   LCOE memberikan gambaran biaya produksi listrik per kWh sepanjang umur sistem. Formula LCOE adalah:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{CAPEX + OPEX}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}}$$

dengan keterangan:

r = tingkat diskonto

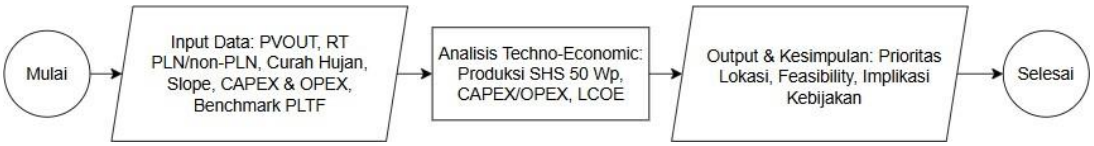
t = umur teknis sistem (diasumsikan 20 tahun untuk SHS) E_t = energi listrik tahunan

Hasil perhitungan dari tahapan ini akan digunakan untuk menilai kelayakan teknis dan keekonomian penggunaan SHS 50 Wp sebagai solusi elektrifikasi di Pegunungan Arfak.

3.4.4. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir dari penelitian kami:

Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian



IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Parameter Kebutuhan Lokasi Terhadap PLTS

Parameter kebutuhan lokasi terhadap PLTS didasarkan pada nilai PVOUT, komposisi penggua listrik dalam satuan rumah tangga, curah hujan, serta kemiringan. Data di bawah ini merupakan data rata-rata per kecamatan yang diekstrak dari data raster.

Tabel 4.1. Nilai PVOUT per kecamatan

Kecamatan	PVOUT (kwh/kwp)
Anggi	3,33029405
Anggida	3,115979738
Catubouw	3,555938777
Didohu	3,182074505
Hingk	3,299073447
Minyambouw	3,302000000
Membey	2,953250004
Sururey	3,106037169
Taige	3,286102574
Testega	3,492201286

Tabel 4.2. Komposisi sumber penggunaan listrik dalam rumah tangga

Kecamatan	PLN	Non-PLN
Anggi	1078	468
Anggida	0	434
Catubouw	0	495
Didohu	0	790
Hingk	0	1645
Minyambouw	185	457
Membey	0	287
Sururey	70	84
Taige	0	189
Testega	0	307

Tabel 4.3. Nilai curah hujan dalam setahun per kecamatan

Kecamatan	Curah hujan (mm)
Anggi	2089,998291
Anggida	1575,660217
Catubouw	2459,810364
Didohu	2329,88687
Hingk	2227,623389
Minyambouw	2269,131429
Membey	1825,968164
Sururey	2121,38996
Taige	2364,598551
Testega	2861,579684

Tabel 4.4. Nilai kemiringan per kecamatan

Kecamatan	Kemiringan (°)
Anggi	14,75759726
Anggida	17,99640654
Catubouw	26,54448813
Didohu	18,04965096
Hingk	22,32657200
Minyambouw	27,27834260
Membey	26,99181649
Sururey	25,03856360
Taige	23,81560666
Testega	23,28628134

4.2. Pemetaan Indeks Kebutuhan Lokasi PLTS

Agar data-data pada tabel 4.1, 4.2, 4.3, dan 4.4 memiliki makna yang utuh dan menjelaskan kasus secara komprehensif digunakan IKL untuk memutuskannya. Data-data pada tabel tersebut kemudian dinormalisasi untuk dilakukan perhitungan.

Tabel 4.5. Data-data yang telah dinormalisasi

Kecamatan	PVOUT	RT non-PLN	Kemiringan	Curah Hujan
Anggi	0,86247845	0,28449848	0,40085756	0,80754187
Anggida	0,80703956	0,26382978	0,54164916	0,76530458
Catubouw	0,92098904	0,30091185	0,29481872	0,65382155
Didohu	0,82415811	0,48024316	0,33206533	0,76460849
Hingk	0,85446086	1	0,36138235	0,70882637
Minyambouw	0,85521884	0,27781155	0,34948278	0,64424827
Membey	0,76489252	0,17446808	0,47652933	0,64797999
Sururey	0,80446443	0,05106383	0,39183747	0,67347017
Taige	0,85110139	0,11489361	0,32211416	0,68940829
Testega	0,90448101	0,18662614	0,17963903	0,69631585

Selain itu, bobot untuk menentukan tingkat kebutuhan lokasi ditentukan dengan matriks 4 x 4 dengan nilai CR kurang dari 0,1, yaitu 0,0076316 ditunjukkan pada tabel 4.8. Itu berarti nilai-nilai putusan pada tabel 4.6 sudah konsisten dan hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.7 siap digunakan untuk menentukan tingkat kebutuhan lokasi per kecamatan.

Penilaian pada tabel 4.6 didasarkan dengan logika bahwa PVOUT sedikit lebih tinggi ketimbang RT non-PLN dan sangat penting ketimbang curah hujan dan kemiringan. Ini ditentukan karena PVOUT merupakan variabel paling penting dalam indeks ini. RT non-PLN dengan curah hujan dan kemiringan juga memiliki pengaruh yang tinggi karena variabel RT non-PLN berperan dalam menentukan apakah suatu lokasi benar-benar membutuhkan pasokan listrik dari PLTS. Terakhir curah hujan dan kemiringan sama-sama penting. Ini disebabkan karena keduanya merupakan faktor geografis apakah suatu lokasi dapat ditempatkan suatu PLTS atau tidak.

Tabel 4.6. Matriks 4 x 4 putusan final

Kriteria	PVOUT	RT non-PLN	Curah hujan	Kemiringan
PVOUT	1	2	4	4
RT non-PLN	0,5	1	3	3
Curah hujan	0,25	0,33	1	1
Kemiringan	0,25	0,33	1	1

Tabel 4.7. Tabel bobot

Bobot	Nilai
PVOUT	0,483585859
RT non-PLN	0,297348485
Curah hujan	0,109532828
Kemiringan	0,109532828

Tabel 4.8. Uji konsistensi

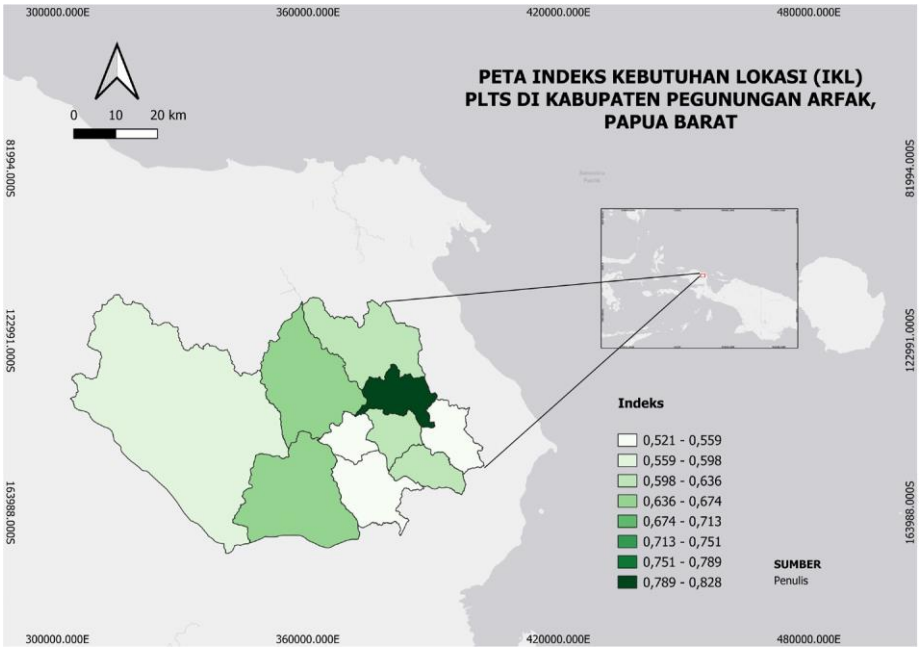
λ max	CI	RI	CR
4,020605272	0,006868	0,9	0,0076316

Bobot-bobot yang terdapat pada tabel 4.7 dimasukkan ke dalam rumus sehingga menghasilkan IKL per kecamatan. Tabel 4.9 menunjukkan nilai IKL masing-masing kecamatan serta gambar 4.1 merupakan peta IKL berwarna hijau. Peta ini nantinya dapat mempermudah orang awam untuk mengetahui kebutuhan lokasi terhadap PLTS di tiap-tiap kecamatan.

Tabel 4.9. Nilai IKL per kecamatan

Kecamatan	IKL
Anggi	0,634036981
Anggida	0,611876647
Catubouw	0,638760211
Didohu	0,66147257
Hingk	0,827776661
Minyambouw	0,605024752
Membey	0,544939715
Sururey	0,520897534
Taige	0,556538956
Testega	0,588833041

Gambar 4.1. Peta Indeks Kebutuhan Lokasi (IKL)



Dari gambar 4.1 dan tabel 4.9 dapat diketahui bahwa daerah yang paling membutuhkan PLTS adalah Kecamatan Hingk. Ini terjadi karena disamping geografis dan potensi photovoltaic (PVOUT) yang mendukung, kebutuhan akan listrik pada kecamatan tersebut juga sangat tinggi. Itu ditandai dengan jumlah rumah tangga yang memakai listrik bukan dari PLN.

Selain itu, dalam tabel 4.9 ditunjukkan bahwa IKL di seluruh kecamatan Kabupaten Pegunungan Arfak memiliki rentang antara 0,5 hingga 0,85. Ini menunjukkan bahwa seluruh kecamatan di Kabupaten Pegunungan Arfak membutuhkan listrik. *Threshold* lebih dari 0,5 dianggap bahwa suatu daerah cukup membutuhkan listrik yang berasal dari PLTS.

Dari gambar 4.1 dan tabel 4.9 juga menunjukkan bahwa IKL bisa dipakai untuk merekomendasikan daerah mana yang diprioritaskan dalam pembuatan PLTS. Hal ini akan berguna kepada pemangku kebijakan dalam pembuatan anggaran hingga pembuatan kebijakan PLTS di Kabupaten Pegunungan Arfak, Papua Barat.

4.3. Estimasi Produksi Listrik Rumah Tangga

Estimasi produksi listrik rumah tangga pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Pegunungan Arfak dihitung menggunakan kapasitas SHS 50 Wp. Tabel berikut menyajikan hasil perhitungan energi harian, bulanan, dan tahunan per rumah tangga:

Tabel 4.10. Estimasi Produksi Listrik Rumah Tangga

Kecamatan	PVOUT (kWh/kWp)	Energi Harian (kWh)	Energi Bulanan (kWh)	Energi Tahunan (kWh)
Anggi	3,330029405	0,1665014703	4,995044108	60,77303664
Anggigida	3,115979738	0,1557989869	4,673969607	56,86663022
Catubouw	3,555938777	0,1777969389	5,333908166	64,89588268
Didohu	3,182074505	0,1591037253	4,773111758	58,07285972
Hingk	3,299073447	0,1649536724	4,948610171	60,20809041
Minyambouw	3,302000000	0,1651000000	4,953000000	60,26150000
Membey	2,953250004	0,1476625002	4,429875006	53,89681257
Sururey	3,106037169	0,1553018585	4,659055754	56,68517833
Taige	3,286102574	0,1643051287	4,929153861	59,97137198
Testega	3,492201286	0,1746100643	5,238301929	63,73267347

Berdasarkan hasil tersebut, produksi listrik tahunan per rumah tangga berada pada kisaran 53,89–64,89 kWh. Nilai tertinggi dicapai Kecamatan Catubouw (64,89 kWh/tahun)

dan terendah Kecamatan Membey (53,89 kWh/tahun). Produksi listrik ini dapat mencukupi kebutuhan dasar rumah tangga seperti penerangan, pengisian daya telepon genggam, serta pemakaian peralatan berdaya rendah, namun belum memadai untuk peralatan elektronik berdaya besar.

4.4. Analisis Kelayakan Techno-Economic

Analisis *Techno-Economic* dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan sistem SHS 50 Wp yang diusulkan sebagai solusi elektrifikasi rumah tangga di Kabupaten Pegunungan Arfak. Analisis ini mempertimbangkan tiga komponen utama, yaitu CAPEX (biaya investasi awal), OPEX (biaya operasional dan pemeliharaan), serta LCOE (biaya pokok penyediaan listrik sepanjang umur teknis sistem).

1. CAPEX (*Capital Expenditure*)

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya investasi awal untuk instalasi SHS 50 Wp adalah sekitar Rp 558.328 per unit. Nilai ini didasarkan pada estimasi global dari laporan IRENA (2024) dengan rata-rata *Total Installed Cost (TIC)* sebesar USD 691/kW.pada laporan IRENA Renewable Power Generation Costs in 2024, rata-rata Total Installed Cost (TIC) untuk teknologi solar PV global adalah USD 691/kW.

Meskipun relatif rendah, biaya ini belum memasukkan faktor tambahan seperti:

a. Balance of System (BoS) – mencakup baterai, inverter, kabel, dan sistem proteksi.
b. Distribusi dan logistik – biaya transportasi untuk pengiriman peralatan ke daerah pegunungan terpencil, yang kemungkinan besar lebih tinggi dibandingkan daerah perkotaan.
c. Biaya tenaga kerja lokal – untuk instalasi dan pelatihan masyarakat dalam pemeliharaan SHS.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, nilai riil CAPEX di lapangan berpotensi meningkat 20–40% dari estimasi awal. Hal ini menunjukkan perlunya dukungan pembiayaan eksternal agar masyarakat dapat mengakses SHS dengan harga terjangkau.

2. OPEX (*Operational Expenditure*)

Biaya operasional tahunan dihitung sebesar Rp 11.150,40 per unit per tahun atau sekitar 2% dari CAPEX. Biaya ini relatif rendah karena SHS tidak membutuhkan bahan bakar dan hanya memerlukan perawatan sederhana, seperti:

a. Membersihkan panel dari debu dan kotoran,
b. Mengganti baterai setiap 5–7 tahun (bergantung pada tipe baterai),
c. Perbaikan kecil pada inverter atau kabel.

Dengan demikian, SHS memiliki keunggulan dari sisi OPEX dibandingkan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel), yang membutuhkan biaya bahan bakar minyak solar tinggi setiap tahunnya

3. LCOE (*Levelized Cost of Electricity*)

Berdasarkan perhitungan menggunakan formula *Levelized Cost of Electricity (LCOE)*, penelitian ini menetapkan tingkat diskonto (r) sebesar 8%, merujuk pada praktik umum untuk proyek energi terbarukan di Indonesia yang secara khusus menggunakan 8% untuk teknologi bersih (IESR, 2024). Dengan asumsi CAPEX Rp558.328 per unit, OPEX Rp 11.150,40 per tahun, dan umur teknis 20 tahun.

Tabel 4.11. *Levelized Cost of Electricity*

Kecamatan	Energi Tahunan (kWh)	LCOE (Rp/kWh)
Anggi	60,77303664	1119.20
Anggigida	56,86663022	1196.09
Catubouw	64,89588268	1048.10
Didohu	58,07285972	1171.24
Hingk	60,20809041	1129.70
Minyambouw	60,26150000	1128.70
Membey	53,89681257	1261.99
Sururey	56,68517833	1199.91
Taige	59,97137198	1134.16
Testega	63,73267347	1067.23

Jika dibandingkan dengan biaya pembangkitan listrik berbasis diesel (PLTD) yang berkisar antara Rp 3.000–4.000/kWh di wilayah terpencil Indonesia Timur, maka biaya listrik dari SHS 50 Wp relatif lebih murah dalam jangka panjang meskipun masih jauh lebih tinggi dibandingkan LCOE PLTS skala utilitas. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan Solar Home System (SHS) di Kabupaten Pegunungan Arfak memiliki kelayakan ekonomi, terutama sebagai solusi elektrifikasi perdesaan dan daerah yang sulit dijangkau jaringan PLN.

4.5. Analisis SWOT

Tabel 4.12. Analisis SWOT

Strengths	**Bobot**	**Rating**	**Skor**
Potensi energi surya tinggi (PVOUT 2,95–3,55 kWh/kWp/tahun).	0,3	4	1,2
LCOE PLTS (Rp 1.048,10-1.261,99/kWh) lebih murah dari PLTD (Rp 2.800–3.300/kWh)	0,25	4	1
Modular & scalable, cocok untuk SHS rumah tangga terpencil.	0,2	3	0,6
Dukungan kebijakan nasional (EBT 23% 2025, elektrifikasi 100% 2029).	0,25	3	0,75
Total	1		3,55
Weaknesses	Bobot	Rating	Skor
Biaya logistik tinggi (Rp130.000,00/kg)	0,5	2	1
Daya beli masyarakat rendah (PDRB/kapita Rp 7,9 juta/tahun pada 2023)	0,5	1	0,5
Total	1		1,5
Opportunities	Bobot	Rating	Skor
Skema pembiayaan (carbon trading, donor, Dana Desa).	0,25	4	1
Dukungan kebijakan energi nasional & SDGs.	0,25	3	0,75
Potensi pasar besar: 79% rumah tangga non-PLN di Arfak	0,25	4	1
Penciptaan lapangan kerja lokal (±15 teknisi untuk 50 kWp).	0,25	3	0,75
Total	1		3,5
Threats	Bobot	Rating	Skor
Curah hujan tinggi >1500 mm/tahun menjadi degradasi kinerja panel.	0,3	2	0,6
Risiko keberlanjutan proyek jika subsidi CAPEX berhenti.	0,25	2	0,5
Ketergantungan pada O&M eksternal (jika SDM lokal tidak dilatih).	0,25	2	0,5
Regulasi harga listrik off-grid belum jelas.	0,2	1	0,2
Total	1		1,8

Melalui analisis SWOT, PLTS di Arfak berpotensi besar karena energi surya tinggi, biaya lebih murah dari PLTD, serta dukungan kebijakan nasional. Namun, biaya logistik mahal dan daya beli rendah jadi hambatan, meski peluang pasar masih luas dan bisa membuka lapangan kerja. Tantangan seperti curah hujan tinggi, regulasi belum jelas, dan ketergantungan subsidi perlu diatasi lewat pembiayaan inovatif, pelatihan SDM lokal, dan dukungan kebijakan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa profil potensi energi surya di tiap kecamatan Pegunungan Arfak ditunjukkan oleh nilai PVOUT pada tabel () dengan rincian bahwa kecamatan yang memiliki PVOUT tinggi ada di Kecamatan Catubouw dan kecamatan yang memiliki PVOUT rendah ada di Kecamatan Membey.

Untuk menganalisis kebutuhan PLTS di tiap-tiap kecamatan dibuat Indeks Kebutuhan Lokasi (IKL) dengan menggabungkan variabel PVOUT, jumlah rumah tangga yang tidak mendapatkan pasokan listrik dari PLN, kemiringan daerah, dan curah hujan. IKL tersebut dibuat dengan menggunakan Analytic Hierarchy Process (AHP) untuk menentukan bobot tiap-tiap variabel. Dari IKL tersebut ditunjukkan bahwa Kecamatan Hingk paling membutuhkan PLTS. Lebih dari itu, IKL pun menunjukkan bahwa seluruh kecamatan di Pegunungan Arfak, Papua Barat membutuhkan PLTS dengan rentang IKL di antara 0,5 hingga 0,85. Angka *threshold* IKL lebih dari 0,5 dianggap termasuk cukup membutuhkan sistem PLTS untuk elektrifikasi.

Berdasarkan hasil estimasi, Solar Home System (SHS) berkapasitas 50 Wp mampu menghasilkan energi listrik tahunan per rumah tangga di Kabupaten Pegunungan Arfak dalam kisaran 53,89–64,89 kWh, dengan output tertinggi di Kecamatan Catubouw dan terendah di Kecamatan Membey. Analisis techno-economic menunjukkan bahwa meskipun nilai LCOE bervariasi antar kecamatan (Rp 1.048,10–1.261,99/kWh), seluruhnya tetap lebih kompetitif dibandingkan biaya listrik PLTD di wilayah Indonesia Timur yang mencapai Rp 2.800–3.300/kWh. Dengan CAPEX yang relatif rendah namun berpotensi meningkat akibat faktor logistik dan BoS, serta OPEX yang minimal, penerapan SHS terbukti layak secara ekonomi dan dapat menjadi solusi elektrifikasi bagi daerah yang sulit dijangkau jaringan PLN. Temuan ini sekaligus menegaskan bahwa penggunaan energi surya skala rumah tangga tidak hanya memberikan manfaat finansial dalam jangka panjang, tetapi juga relevan untuk mendukung transisi energi bersih di kawasan perdesaan. Oleh karena itu, untuk memahami tingkat kebutuhan PLTS di tiap kecamatan secara lebih komprehensif, dilakukan analisis lanjutan) dengan mempertimbangkan variabel-variabel strategis seperti PVOUT, jumlah rumah tangga belum teraliri listrik, kemiringan wilayah, dan curah hujan.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis SWOT, penerapan Solar Home System (SHS) berkapasitas 50 Wp perlu dipertimbangkan sebagai alternatif utama dalam upaya elektrifikasi rumah tangga di Kabupaten Pegunungan Arfak. Variasi potensi energi surya yang terlihat dari perbedaan nilai PVOUT antar kecamatan, dengan Catubouw sebagai wilayah tertinggi dan Membey sebagai wilayah terendah, menunjukkan bahwa perencanaan pembangunan harus memperhatikan kondisi spesifik setiap daerah. Agar SHS dapat diimplementasikan secara efektif, pemerintah daerah bersama pemangku kepentingan energi perlu menyiapkan skema pembiayaan yang inklusif, misalnya melalui subsidi atau program bantuan, mengingat biaya investasi awal (CAPEX) berpotensi meningkat akibat faktor logistik, transportasi, serta kebutuhan komponen tambahan.

Selain itu, meskipun analisis techno-economic menunjukkan bahwa LCOE SHS (Rp 1.048,10–1.261,99/kWh) lebih rendah dibandingkan biaya pembangkitan PLTD di wilayah Indonesia Timur (Rp 2.800–3.300/kWh), strategi distribusi dan pendampingan teknis tetap diperlukan untuk menjamin keterjangkauan dan keandalan sistem dalam jangka panjang. Program pelatihan sederhana untuk masyarakat setempat, seperti perawatan panel surya dan penggantian baterai, juga penting agar SHS dapat beroperasi optimal selama umur teknisnya.

Dengan dukungan kebijakan yang tepat, mekanisme pembiayaan yang terjangkau, serta keterlibatan aktif masyarakat, penerapan SHS di Kabupaten Pegunungan Arfak diyakini mampu memberikan solusi elektrifikasi yang berkelanjutan, efisien, dan relevan dengan kebutuhan perdesaan. Lebih jauh lagi, keberhasilan implementasi sistem ini dapat menjadi contoh nyata bagi daerah lain di Papua dan wilayah terpencil Indonesia dalam mendorong transisi energi bersih sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Provinsi Papua Barat. (2024, Februari 28). *Provinsi Papua Barat dalam angka 2024*. BPS Provinsi Papua Barat. https://papuabarat.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/1abcd220e6df6bf3af905766/provinsi-papua-barat-dalam-angka-2024.html

Badan Pusat Statistik Provinsi Papua Barat. (2024, November 29). *Indikator kesejahteraan rakyat Provinsi Papua Barat 2024*. BPS Provinsi Papua Barat. https://papuabarat.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/e7706997e1d0a270f6bd7903/welf are-indicators-of-papua-barat-province-2024.html

Funk, Chris, Pete Peterson, Martin Landsfeld, Diego Pedreros, James Verdin, Shraddhanand Shukla, Gregory Husak, James Rowland, Laura Harrison, Andrew Hoell & Joel Michaelsen. "The climate hazards infrared precipitation with stations-a new environmental record for monitoring extremes". Scientific Data 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015

Global Solar Atlas. (2025). *Global solar atlas 2.0: Solar resource data for Pegunungan Arfak, Indonesia*. Solargis. Diakses 2 Agustus 2025, dari https://globalsolaratlas.info

International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: IRENA; 2024. Tersedia dari: https://www.irena.org/publications

Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi. (2024). *Status indeks desa membangun (IDM) tahun 2024*. Diakses 30 Juli 2025, dari https://idm.kemendesa.go.id/

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13.K/HK.02/MEM.L/2021 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional (RUKN) Tahun 2019-2038*.

Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Keuangan Nomor 146 Tahun 2023 tentang Pengalokasian Dana Bagi Hasil, Dana Alokasi Umum, dan Dana Otonomi Khusus*. JDIH Kemenkeu. https://peraturan.bpk.go.id/Details/284963/pmk-no-146-tahun-2023

NewClimate Institute, & Institute for Essential Services Reform (IESR). (2024, February).

Identifying finance needs for a just transformation of Indonesia's power sector (Full report).

NewClimate Institute. https://newclimate.org/sites/default/files/2024-02/indonesiajetp_financeneeds_newclimate_iesr_fullreport_3.pdf

Palintin, A., Patandianan, E., & Bawan, E. (2020). Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Kabupaten Pegunungan Arfak. *Igya Ser Hanjop: Jurnal Pembangunan Berkelanjutan, 2*(1), 11-24. https://doi.org/10.47039/ish.2.2020.11-24

PT PLN (Persero). (2021). *Rencana usaha penyediaan tenaga listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030*. https://web.pln.co.id/statics/uploads/2021/10/ruptl-2021-2030.pdf

PT PLN (Persero). (2025, Januari 15). *Wujud negara hadir, pemerintah dan PLN berhasil listriki 99,92 persen desa di seluruh Indonesia* [Siaran Pers]. https://web.pln.co.id/cms/media/siaran-pers/2025/01/wujud-negara-hadir-pemerintah-dan-pln-berhasil-listriki-9992-persen-desa-di-seluruh-indonesia/

Saaty, R. W. (1987). *THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS-WHAT IT IS AND HOW IT IS USED* (Vol. 9, Issue 5).

Suri, Marcel; Betak, Juraj; Rosina, Konstantin; Chrkavy, Daniel; Suriova, Nada; Cebecauer, Tomas; Caltik, Marek; Erdelyi, Branislav. *Global Photovoltaic Power Potential by Country (English).* Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Washington, D.C.: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/466331592817725242

BEYOND CONNECTIVITY: LITERASI, KAPABILITAS, DAN MASA DEPAN INKLUSI KEUANGAN DI PAPUA DAN PAPUA BARAT

Tsabita Husna*, Zepri Ramadan**, Devin Nuranggaputra Ramadhani***
*Corresponding Author, Universitas Gadjah Mada
tsabitahusna@mail.ugm.ac.id
**Universitas Gadjah Mada
***Universitas Gadjah Mada

ABSTRACT

As one of the least connected regions in Indonesia, Papua and West Papua offer a critical case for understanding the nexus between digital infrastructure and financial inclusion. This study examines the roles of internet connectivity, human development, and digital literacy in shaping digital financial adoption, using panel data from 42 districts and cities covering the period 2021–2024, with a total of 168 observations. The results show that while connectivity is a necessary condition, it is not sufficient: internet access drives adoption in the long run but often has inconsistent or negative short-term effects due to adaptation delays and limited literacy. In contrast, the Human Development Index (HDI) consistently supports adoption, while the Digitalization Index (IDMI) shows fluctuating impacts, reflecting uneven digital readiness. Regional disparities are clear, with West Papua adapting faster due to higher quality of life and more stable networks, whereas Papua faces persistent structural barriers. The study concludes that sustainable inclusion requires integrating (i) reliable last-mile connectivity, (ii) human capability through education and health, and (iii) trust-based digital literacy. Policy implications highlight differentiated regional strategies, alignment of infrastructure programs such as Palapa Ring Timur and BTS by BAKTI with human development, and outcome-based governance to ensure productive use of networks.

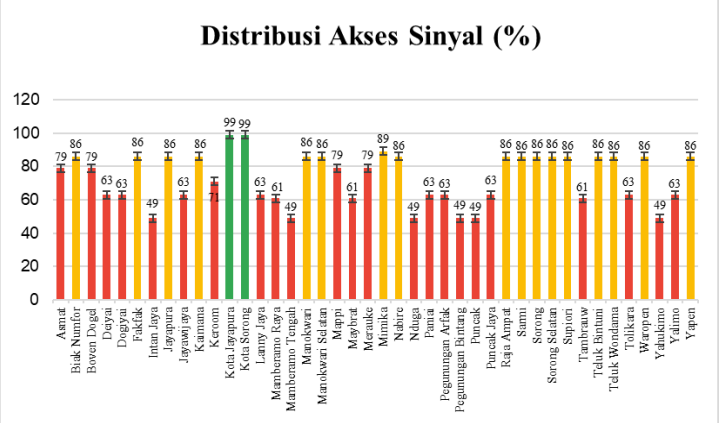
Keywords: *digital infrastructure; financial inclusion; human development; digital literacy*

I. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia secara agresif mendorong transformasi digital sebagai pilar fundamental pembangunan nasional. Komitmen ini termanifestasi dalam investasi infrastruktur digital yang masif dan merata, sebagaimana dirinci dalam laporan *Data Penyelenggaraan Pos dan Informatika 2024*. Upaya pemerintah yang tak henti-hentinya memperluas jangkauan jaringan melalui pembangunan *Base Transceiver Station* (BTS) 4G dan 5G serta menggelar jaringan fiber optik, termasuk di wilayah-wilayah terdepan, terluar, dan tertinggal seperti Tanah Papua, menunjukkan keseriusan dalam agenda ini. Kebijakan ini diperkuat dengan kerangka regulasi yang solid, seperti Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 114 Tahun 2020 tentang Strategi Nasional Keuangan Inklusif (SNKI), yang menargetkan peningkatan indeks inklusi keuangan nasional hingga 90% pada tahun 2024. Keberhasilan parsial dari upaya ini tercermin dari peningkatan indeks inklusi keuangan dari 76,19% pada tahun 2019 menjadi 85,10% pada tahun 2022. Secara teoretis, seluruh inisiatif ini bertujuan untuk membuka akses dan mendorong partisipasi masyarakat dalam ekonomi digital yang terus berkembang.

Namun, di tengah optimisme pembangunan infrastruktur ini, muncul sebuah paradoks yang signifikan, terutama di Tanah Papua. Visualisasi data distribusi akses sinyal di 42 kabupaten/kota menunjukkan gambaran pembangunan yang belum merata. Di satu sisi, pusat-pusat perkotaan seperti Kota Jayapura dan Kota Sorong telah mencapai akses sinyal mendekati 100%. Namun di sisi lain, banyak wilayah pedalaman dan pegunungan seperti Lanny Jaya, Puncak Jaya, dan Dogiyai yang masih berjuang dengan tingkat akses di bawah 63%, bahkan beberapa di antaranya hanya 49%.

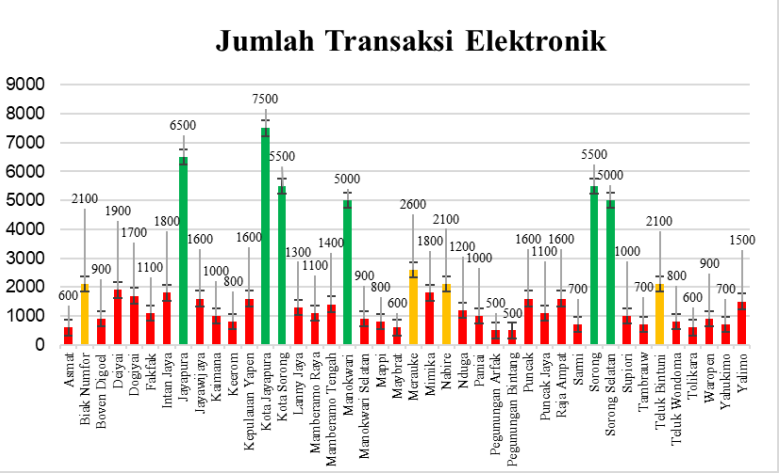
Diagram 1. Distribusi Akses Sinyal Kota/Kabupaten Provinsi Papua dan Papua Barat Tahun 2024



Sumber: DJPPI / Komdigi (2025)

Paradoks ini semakin tajam ketika data akses sinyal tersebut disandingkan dengan jumlah transaksi elektronik. Meskipun daerah dengan sinyal kuat seperti Kota Jayapura dan Kota Sorong menunjukkan volume transaksi tertinggi (mencapai 7.500 dan 5.500 transaksi), banyak daerah lain dengan akses sinyal yang relatif memadai (sekitar 86%) justru menunjukkan tingkat adopsi yang sangat bervariasi dan seringkali rendah. Sebagai contoh, Kabupaten Fakfak mencatatkan 6.500 transaksi, sementara Kabupaten Jayapura dengan tingkat sinyal yang sama hanya mencatatkan 1.600 transaksi. Fenomena ini secara gamblang mengilustrasikan bahwa ketersediaan infrastruktur tidak serta-merta diikuti oleh pemanfaatan layanan keuangan digital. Data empiris dari analisis terhadap 42 kabupaten/kota di wilayah tersebut menunjukkan bahwa peningkatan akses internet hanya memiliki dampak yang moderat terhadap adopsi layanan keuangan digital. Fenomena ini merefleksikan apa yang dikenal dalam literatur ekonomi sebagai "Solow Paradox," di mana investasi besar dalam teknologi informasi tidak secara otomatis dan proporsional menghasilkan peningkatan produktivitas atau adopsi yang diharapkan (Zhao & Liu, 2025). Kesenjangan antara masifnya investasi dari sisi penawaran (*supply-side*) dengan realitas adopsi dari sisi permintaan (*demand-side*) ini menjadi tantangan sentral dalam mewujudkan inklusi keuangan digital yang merata.

Diagram 2. Distribusi Jumlah Transaksi Elektronik Kota/Kabupaten Provinsi Papua dan Papua Barat Tahun 2024



Sumber: Bank Indonesia (2025)

Penelitian ini mengajukan tesis bahwa ketersediaan infrastruktur fisik adalah kondisi yang perlu namun tidak cukup (*necessary but not sufficient condition*) untuk mendorong inklusi keuangan digital yang efektif dan berkelanjutan di Tanah Papua. Kegagalan untuk menjembatani kesenjangan ini berisiko menciptakan fenomena "infrastruktur kosong"

(*hollow infrastructure*), jaringan yang terbangun dengan biaya mahal namun kurang dimanfaatkan secara produktif oleh masyarakat yang menjadi targetnya. Keberhasilan inklusi secara fundamental bergantung pada kesiapan dan kapabilitas dari sisi pengguna, terutama **literasi keuangan** dan **literasi digital** sebagai prasyarat utama. Argumen ini didukung oleh temuan bahwa literasi keuangan secara signifikan memengaruhi tingkat inklusi, dan dampaknya semakin kuat dengan adanya program pelatihan yang relevan (Ariefin et al., 2023). Lebih jauh, kesenjangan digital harus dipahami sebagai isu multidimensional yang melampaui sekadar ketersediaan akses fisik, melainkan juga mencakup keterampilan, keterjangkauan, dan relevansi budaya (Haniko et al., 2023).

Untuk mengupas tuntas paradoks ini, laporan ini akan disusun secara sistematis. Bagian pertama akan memetakan lanskap nasional, menyoroti ambisi digital pemerintah yang disandingkan dengan realitas kesenjangan kapasitas manusia di seluruh Indonesia. Bagian kedua akan menyajikan analisis studi kasus empiris di Tanah Papua, membedah faktor-faktor penentu adopsi keuangan digital di tingkat lokal. Bagian ketiga akan menggali lebih dalam akar masalah dari sisi permintaan, dengan fokus pada peran krusial literasi. Terakhir, laporan ini akan ditutup dengan serangkaian rekomendasi kebijakan yang holistik dan berbasis konteks lokal, yang bertujuan untuk menyelaraskan investasi infrastruktur dengan investasi pada sumber daya manusia, demi mewujudkan inklusi digital yang sejati dan merata.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Infrastruktur Digital dan Produktivitas Ekonomi

Infrastruktur digital yang memadai terutama jaringan internet broadband dan telekomunikasi, berperan vital bagi pertumbuhan serta produktivitas. Bukti lintas negara menunjukkan bahwa perluasan akses broadband meningkatkan laju pertumbuhan PDB (Czernich dkk., 2011). Di berbagai kota di Tiongkok, pembangunan infrastruktur informasi memperbaiki efisiensi alokasi sumber daya di tingkat perusahaan dan mengangkat produktivitas perkotaan. Pada tataran makro, ekonomi digital mendorong kenaikan TFP; Pan dkk. (2022) menemukan kontribusi signifikan melalui kanal inovasi dan adopsi teknologi. Penguatan infrastruktur digital mempercepat transformasi hijau, sedangkan revitalisasi perdesaan menuntut sinergi infrastruktur dan keuangan digital (Bi, 2024; Jung & López-Bazo, 2019). Kesenjangan infrastruktur memperlebar disparitas antardaerah. Di Indonesia, kawasan timur tertinggal; pada 2023, Maluku dan Papua hanya memiliki kurang

dari satu persen (sekitar 0,47%) dari total infrastruktur 3G nasional. Keterbatasan ini menekan akses informasi dan layanan digital, sehingga menahan produktivitas lokal. Sebaliknya, wilayah dengan infrastruktur lebih baik menikmati difusi teknologi dan peningkatan output yang lebih cepat. Karena itu, perluasan jaringan serat optik dan akses internet cepat di wilayah tertinggal merupakan prasyarat pemerataan produktivitas dan pertumbuhan.

2.2 Adopsi Teknologi dan Literasi Digital

Selain pasokan infrastruktur, adopsi teknologi oleh rumah tangga dan pelaku usaha menentukan apakah manfaat ekonomi digital terealisasi. Teori difusi inovasi menyatakan bahwa adopsi dipengaruhi karakteristik inovasi, saluran komunikasi, waktu, dan sistem sosial (Rogers, 1962 dikutip dalam Goldfarb & Tucker, 2019). Literasi digital yang didefinisikan sebagai kemampuan mengakses, memahami, dan memanfaatkan TIK, telah menjadi syarat partisipasi dalam masyarakat digital. Kesenjangan literasi dan keterampilan menumbuhkan *digital divide*; persoalannya tidak berhenti pada akses fisik, melainkan juga kemampuan menggunakan teknologi secara efektif (Van Dijk, 2006; 2020). Karena itu, program peningkatan literasi dan pelatihan TIK bagi masyarakat menjadi krusial (Febriyantoro & Arisandi, 2018; Noviana dkk., 2022). Banyak pengalaman internasional menautkan adopsi tinggi dengan kinerja ekonomi, misalnya adopsi *e-government* di Austria yang meningkatkan efisiensi layanan publik dan partisipasi warga. Namun di banyak negara berkembang, adopsi layanan keuangan formal dan digital tetap rendah akibat literasi keuangan yang terbatas dan kurangnya kepercayaan. Di Indonesia, literasi keuangan dan digital yang rendah merupakan tantangan utama; hanya sekitar 36% penduduk memiliki rekening bank formal, jauh di bawah rata-rata Asia Pasifik (69%).

Rendahnya kepemilikan dipengaruhi pengetahuan, pendapatan, persepsi relevansi, dan hambatan akses; studi lokal menegaskan bahwa keterbatasan literasi dan pemahaman teknologi menekan inklusi (Noor dkk., 2020). Kelompok rentan seperti lansia memerlukan dukungan tambahan; selama pandemi mereka kesulitan beradaptasi saat layanan beralih daring, sehingga desain dan dukungan literasi perlu disesuaikan (Xie dkk., 2020). Faktor lain yang memengaruhi adopsi ialah *perceived benefit* dan kepercayaan. Di Indonesia, berkembangnya OVO, GoPay, dan platform serupa menunjukkan bahwa kemudahan dan insentif seperti *cashback* memicu adopsi; tetapi kepercayaan terhadap institusi keuangan formal yang rendah tetap menjadi kendala, sehingga edukasi konsumen dan perlindungan pengguna harus mengiringi strategi akselerasi adopsi.

2.3 Inklusi Keuangan Digital dan Dampaknya

Inklusi keuangan digital adalah kemudahan akses dan penggunaan layanan keuangan berbasis teknologi oleh seluruh lapisan masyarakat. Cakupannya meliputi perbankan digital, pembayaran elektronik, fintech, asuransi, dan kredit digital. Sejumlah penelitian menegaskan korelasi positif inklusi dengan pertumbuhan dan penurunan kemiskinan; kepemilikan akun formal merupakan langkah awal pemberdayaan ekonomi (Allen dkk., 2016; Inoue, 2019; Le dkk., 2019). Inovasi finansial mempercepat perluasan akses: IMF (2019) mencatat bahwa Bangladesh, Indonesia, dan Mongolia memanfaatkan branchless banking serta mobile banking; Morgan (2022) mengamati lonjakan peran fintech di Asia Tenggara. Di Indonesia, e-wallet menjangkau kelompok unbanked karena tidak mensyaratkan rekening bank. Pengalaman Kenya selaras: adopsi luas uang seluler M-Pesa menurunkan kemiskinan dan meningkatkan kesejahteraan, khususnya bagi perempuan (Suri & Jack, 2016). Dampak inklusi digital bersifat multidimensi. Pada rumah tangga, akses ke pembayaran digital dan mikro kredit mendorong konsumsi serta investasi (Li, Wu, & Xiao, 2020; Ye dkk., 2022).

Pada level usaha, keuangan inklusif digital mendorong kewirausahaan dan penciptaan kerja; di pedesaan Tiongkok, indeks inklusi digital berkorelasi dengan pendirian usaha baru tingkat kabupaten (Liang dkk., 2022), dan *fintech* berpotensi menjadi "dividen digital" bagi wirausaha migran di wilayah tertinggal (Liu dkk., 2022). Pada tataran makro, inklusi keuangan berkontribusi pada pertumbuhan yang lebih inklusif; penelitian pada negara OKI menemukan pengaruh positif signifikan terhadap pertumbuhan PDB per kapita (Kim dkk., 2017), sementara temuan lintas negara di Asia mengaitkan peningkatan akses keuangan dengan penurunan kemiskinan dan peningkatan efisiensi ekonomi (Inoue, 2019; Le dkk., 2019). Meski demikian, risiko dan tantangan perlu dikelola. Ekspansi keuangan digital mesti dibarengi mitigasi agar lonjakan pengguna baru tidak meningkatkan eksposur risiko (Ozili, 2018). Bukti mengenai dampak pengentasan kemiskinan juga beragam; tanpa dukungan seperti edukasi dan perlindungan konsumen, manfaatnya tidak otomatis (Duvendack & Mader, 2019).

Sementara di Indonesia Timur, studi mengenai Papua menunjukkan bahwa inklusi keuangan menurunkan kemiskinan dan mendorong pertumbuhan tetapi juga meningkatkan ketimpangan pendapatan, karena kelompok yang lebih siap secara pendidikan dan melek digital, memetik manfaat lebih awal (Erlando, Riyanto, & Masakazu, 2020). Dari sisi kebijakan, pemerintah mendorong QRIS, literasi keuangan digital, dan penguatan

ekosistem *fintech* untuk wilayah 3T yang terpencil, terdepan, tertinggal, dan terluar. Model alternatif yang sensitif pada konteks sosial-budaya juga relevan; keuangan syariah digital seperti Takaful digital diusulkan sebagai solusi berkelanjutan bagi komunitas yang belum tersentuh asuransi konvensional (Alhammadi, 2023).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Sumber Data

Berdasarkan ketersediaan data, periode penelitian ditentukan antara tahun 2021 hingga 2024. Sampel penelitian mencakup 42 kabupaten/kota di Pulau Papua, dengan total observasi sebanyak 168 data. Sebagian besar data diperoleh dalam bentuk agregat dari publikasi lembaga pemerintahan terkait. Untuk pengukuran Inklusi Keuangan (dalam bentuk Jumlah Transaksi Elektronik dalam logaritma), data statistik yang tersedia berasal dari publikasi Bank Indonesia melalui pelaporan SPIP 2 yang hanya mencakup tingkat provinsi. Oleh karena itu, dilakukan proses interpolasi dengan mengalikan jumlah penduduk per kabupaten/kota dengan proporsi jumlah penduduk provinsi, lalu dikali dengan total transaksi elektronik provinsi yang tercatat (BPS, 2023). Selanjutnya, untuk pengukuran Indeks Digital Masyarakat (IDMI) pada tahun 2021 Digitalisasi Masyarakat dihitung berdasarkan bobot 8 pilar penyusun IDMI, dengan setiap pilar mencakup sejumlah sub indikator yang relevan. Pengukuran kedua aspek ini mendukung tujuan penelitian untuk mengeksplorasi pengaruh digitalisasi masyarakat dan infrastruktur digital (akses internet) terhadap tingkat inklusi keuangan.

3.2. Pengukuran Digitalisasi Masyarakat dan Inklusi Keuangan

Pengukuran digitalisasi masyarakat dan inklusi keuangan di Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan Indeks Digital Masyarakat Indonesia (IDMI). IDMI dihitung berdasarkan delapan pilar utama, di mana setiap pilar mencakup sejumlah subindikator yang relevan untuk mengukur tingkat digitalisasi dan inklusi keuangan. Tujuan utama pengukuran ini adalah untuk mengeksplorasi pengaruh digitalisasi masyarakat serta infrastruktur digital (seperti akses internet) terhadap tingkat inklusi keuangan di Indonesia. IDMI memberikan gambaran yang jelas mengenai sejauh mana masyarakat Indonesia mengadopsi teknologi digital dan mengakses layanan keuangan berbasis digital di berbagai daerah, baik di tingkat kota maupun kabupaten.

Model perhitungan IDMI menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IDMIit = w1 \cdot (S_{1A} + S_{1B} + S_{1c}) + w2 \cdot (S_{2A} + S_{2B} + S_{2c}) + w3 \cdot (S_{3A} + S_{3B} + S_{3c}) + w4 \\ (S_{4A} + S_{4B} + S_{4c}) \ldots w8 \cdot (S_{8A} + S_{8B} + S_{8c}) \quad (1)$$

Setiap pilar (dari 1 hingga 8) mencakup sub indikator yang relevan, seperti tingkat akses internet, jumlah perangkat digital yang digunakan masyarakat, literasi digital, serta tingkat adopsi sistem pembayaran digital. Bobot diterapkan pada setiap pilar untuk menggambarkan kontribusi masing-masing terhadap skor keseluruhan IDMI.

$$IDMI_{it} = \sum_{k=1}^{8} wk \cdot (\sum_{j=1}^{m_k} sk_j) \quad (2)$$

$$IDMI_{it} = \sum_{k=1}^{8} (wk \cdot \sum_{j=1}^{m_k} sk_j) \quad (3)$$

Pengukuran IDMI ini mengacu pada platform IMDI (Indeks Digital Masyarakat Indonesia), yang dirancang untuk mengukur tingkat digitalisasi masyarakat Indonesia tanpa terfokus pada data uang elektronik. Platform ini mengumpulkan data mengenai tingkat adopsi teknologi dan penggunaan layanan berbasis digital, yang memungkinkan untuk menilai sejauh mana inklusi keuangan terjadi dalam masyarakat.

Selain itu, data terkait jumlah transaksi uang elektronik, yang mencakup transaksi berbasis kartu, chip, server, serta status pengguna terdaftar dan tidak terdaftar dalam sistem pembayaran digital, dilaporkan oleh Bank Indonesia (BI) dan Otoritas Jasa Keuangan (OJK). Data ini memberikan informasi yang relevan tentang penetrasi dan penggunaan uang elektronik di Indonesia. Sementara itu, Badan Pusat Statistik (BPS) menyediakan data jumlah penduduk di setiap kabupaten/kota, yang lebih berguna untuk perhitungan distribusi populasi daripada langsung terhubung dengan pengukuran inklusi keuangan yang lebih menekankan pada adopsi teknologi (BPS, 2023).

Untuk menghitung total transaksi di setiap kota/kabupaten, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &Total\ Transaksi\ di\ Provinsi \\ &= Jumlah\ Kartu/Instrumen + Chip\ Based + Server\ Based + Registered \\ &+ Unregistered \end{aligned} \quad (4)$$

$$Estimasi\ Transaksi\ di \frac{Kota}{Kab} = \frac{jumlah\ Penduduk\ Kabupaten}{Jumlah\ Penduduk\ Provinsi}\ x\ Total\ Transaksi\ di\ Provinsi \quad (5)$$

Metode pengukuran ini sejalan dengan pedoman yang diberikan dalam sistem SPIP2 yang digunakan oleh Bank Indonesia (2021) untuk memantau dan mengukur tingkat inklusi keuangan di daerah. Pengukuran ini tidak hanya memberikan gambaran yang jelas tentang digitalisasi masyarakat dan inklusi keuangan, tetapi juga mendukung kebijakan yang lebih baik dalam meningkatkan akses keuangan digital secara inklusif, sebagaimana direkomendasikan dalam laporan OJK (2023) tentang penguatan inklusi keuangan.

3.3. Model Ekonometrika

Dalam penelitian ini, pemodelan ekonometrik dilakukan dengan menggunakan estimasi regresi Generalized Method of Moments (GMM) Arellano-Bond (Arellano & Bond, 1991) yang dijalankan dalam bentuk one-step difference. Pendekatan ini dianggap tepat untuk menangkap dinamika hubungan antar variabel dari waktu ke waktu, serta efektif dalam mengatasi permasalahan umum dalam model data panel statis, seperti heteroskedastisitas, korelasi serial, dan endogenitas, yang seringkali muncul pada pendekatan fixed effect, random effect, maupun ordinary least squares (OLS) (Arellano & Bond, 1991; Othman et al., 2021). Selain itu, pemilihan prosedur ini juga dipertimbangkan berdasarkan keterbatasan jumlah sampel (sebanyak 154 kota/kabupaten) serta periode observasi yang relatif pendek (tahun 2018–2022) pada Lampiran 1-2, sehingga pendekatan one-step menjadi alternatif yang efisien dan sesuai (Hwang & Sun, 2018).

Model GMM dalam studi ini mengadopsi lag dari jumlah transaksi elektronik sebagai variabel penjelas utama, serta menerapkan metode variabel instrumental untuk mengatasi potensi endogenitas akibat kemungkinan hubungan kausal dua arah antara inklusi keuangan dan faktor-faktor penentu lainnya dengan persamaan model sebagai berikut:

$$Jumlah\ Transaksi\ Elekronik_t = \alpha + \beta \cdot Jumlah\ Transaksi\ Elekronik_{t-1} + \delta 1 \cdot Akses\ Internet_{i,t}\ \alpha^1{}_j\ \Delta + \delta 2 \cdot IDMI_{i,t} + \delta 3 \cdot Sosio\ Domegrafi_{i,t} + \delta 4.\ ControlVariable_{i,t} + \mu_{i,t} + \sigma_{i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (6)$$

Dimana $\mu_{i,t}$ mewakili konsekuensi spesifik kabupaten/ kota, $\sigma_{i,t}$ merupakan konsekuensi spesifik tahun pengamatan, dan $\epsilon_{i,t}$ adalah error term. Penelitian menggunakan Variabel sosio-demografi dan kontrol meliputi: Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), Indeks Pembangunan Manusia (IPM), Pendapatan Per Kapita Keluarga (PPK), rata-rata lama sekolah, dan jumlah penduduk. Pemilihan variabel-variabel ini didasarkan pada relevansi makronya dalam mempengaruhi akses dan penggunaan layanan keuangan digital (Chen et al., 2021; Li et al., 2023) .Penjelasan lebih rinci mengenai masing-masing variabel serta metode pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Proksi/Pengukuran		Sumber
Variabel Dependen	Inklusi Keuangan (Jumlah Transaksi Elektronik (Log))	Ketersediaan akses untuk berbagai produk maupun layanan keuangan pada pelaporan SPIP yang diproyeksikan	Bank Indonesia dan Badan Pusat Statistik
Variabel Independen	Adopsi teknologi (Akses Internet)	Persentase akses internet dari estimasi semua jaringan per kabupaten/kota	Badan Pusat Statistik per provinsi
	Indeks Digitalisasi Masyarakat(IDMi)	Estimasi bobot (w) untuk masing-masing pilar yang terdiri dari kombinasi nilai dari masing-masing dalam 8 pilar	KOMDIGI
Variabel Sosio Demografi	Indeks Pembangunan Manusia (IPM)	Rasio persen konsumsi telekomunikasi rumah tangga provinsi dibagi jumlah penduduk per kabupaten/kota	Badan Pusat Statistik per provinsi
	Produk Regional Domestik Bruto (PDB(log))	Nilai logaritma natural dari Produk Domestik Regional Bruto	

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Deskriptif Statistik

Pada Lampiran 1, dapat kita lihat rata-rata akses internet menunjukkan peningkatan yang signifikan. Pada Tahun 2021, rata-rata akses internet tercatat sebesar 21.05, yang kemudian melonjak tajam pada Tahun 2022 menjadi 46.60, dan terus mengalami kenaikan hingga mencapai 50.55 pada Tahun 2024. Hal ini mengindikasikan semakin berkembangnya infrastruktur digital yang mendukung akses informasi dan komunikasi masyarakat.

Indeks Digital Masyarakat Indonesia (IDMI) juga mengalami tren peningkatan. Rata-rata IDMI meningkat dari 33.74 pada Tahun 2021 menjadi 38.88 pada Tahun 2023, meskipun sedikit menurun menjadi 38.57 pada Tahun 2024. Hal ini menunjukkan perkembangan dalam adopsi digital di masyarakat, meskipun ada tantangan dalam menjaga konsistensi peningkatannya. Sementara itu, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) menunjukkan tren kenaikan yang stabil. Rata-rata IPM meningkat dari 59.96 pada Tahun 2021 menjadi 62.40 pada Tahun 2024. Peningkatan ini mencerminkan adanya perbaikan dalam kualitas hidup masyarakat, terutama dalam bidang pendidikan, kesehatan, dan perekonomian.

Untuk variabel PDB (log), terlihat adanya fluktuasi. Pada Tahun 2021, rata-rata PDB tercatat sebesar 4.19, kemudian menurun ke 4.01 pada Tahun 2022, sebelum akhirnya meningkat lagi menjadi 4.29 pada Tahun 2024. Begitu pula dengan PPK (log), yang

menunjukkan tren yang relatif stabil, berkisar antara 4.11 hingga 4.20 sepanjang periode pengamatan. Hal ini mengindikasikan adanya pergerakan yang adaptif terhadap kondisi perekonomian yang terus berkembang. Rata-rata lama sekolah juga mengalami peningkatan yang berkelanjutan. Dari 6.82 tahun pada Tahun 2021, rata-rata lama sekolah naik menjadi 7.11 tahun pada Tahun 2024. Peningkatan ini menunjukkan adanya perbaikan dalam akses pendidikan meskipun angkanya masih bersifat gradual. Terakhir, jumlah penduduk (log) menunjukkan kenaikan kecil namun konsisten, dari 11.52 pada Tahun 2021 menjadi 11.55 pada Tahun 2024. Kenaikan ini menunjukkan adanya pertumbuhan penduduk yang stabil di Papua selama periode pengamatan. Secara keseluruhan, hasil deskriptif ini menggambarkan adanya perkembangan positif dalam berbagai aspek seperti digitalisasi, kualitas hidup, dan pendidikan di Papua. Namun, beberapa variabel ekonomi masih mengalami fluktuasi yang perlu diperhatikan untuk memastikan keberlanjutan pembangunan yang lebih stabil ke depannya.

4.2 Hasil Regresi

4.2.1 Hasil Uji Stasioneritas

Lampiran 3 menunjukkan hasil uji stasioneritas yang dilakukan menggunakan Fisher-Type Unit-Root Test berdasarkan Augmented Dickey-Fuller Test. Dalam pengujian ini, hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa semua panel mengandung unit root atau tidak stasioner, sementara hipotesis alternatif (H_a) menyatakan bahwa setidaknya ada satu panel yang stasioner. Berdasarkan hasil pengujian, kita dapat menolak hipotesis nol (H_0) pada tingkat signifikansi 10% untuk mayoritas variabel yang diuji, yang menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut bersifat stasioner. Hasil ini konsisten dengan nilai p yang sangat kecil (semua variabel memiliki nilai kurang dari 0.05), yang mengindikasikan bahwa tidak ada unit root pada sebagian besar variabel yang diuji, dan semua variable terpilih stabil untuk dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut.

4.2.2 Panel Regresi dalam Kelompok Provinsi

Dalam hasil analisis ini mengambil data sebelum pemekaran, didapatkan baik Papua maupun Papua Barat menunjukkan pengaruh positif yang signifikan dari akses internet terhadap inklusi keuangan digital, meskipun dengan intensitas yang berbeda. Di Papua Barat, meskipun tantangan infrastruktur internet lebih besar, perbaikan kualitas konektivitas yang terus dilakukan menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan penggunaan produk keuangan digital.

Tabel 2. Hasil Regresi Berdasarkan Kelompok Provinsi

	Papua			Papua Barat		
Dependen: Jumlah Transaksi Elektronik (Log)						
Akses Internet	0.0279***	0.0268***	0.0265***	0.0373***	0.0106	0.0128
	(-17.38)	(-21.09)	(-24.27)	(-6.23)	(-1.64)	(-1.78)
IDMI	-0.00000008	0.00000397	0.0000034	0.0104	0.00432	0.00447
	(-0.01)	(-0.91)	(-0.91)	(-0.5)	(-0.28)	(-0.29)
IPM		0.0134	-0.0159		0.253***	0.210**
		(-1.4)	(-1.67)		(-5.64)	(-2.74)
PDB(log)		0.0348	-0.043		-0.210*	-0.188
		(-1.39)	(-1.73)		(-2.33)	(-1.97)
PPK(log)		0.0402	0.165***		-0.0169	-0.189
		(-0.83)	(-3.57)		(-0.02)	(-0.23)
Rata-rata Lama Sekolah		0.0105	0.103**		-0.816**	-0.759***
		(-0.3)	(-3.03)		(-4.24)	(-3.62)
Jumlah Penduduk (log)			0.261***			0.38
			(-6.21)			(-0.7)
Constant	5.823***	4.294***	1.741**	4.576***	-2.899	-3.387
	(-76.13)	(-8.2)	(-2.86)	(-5.69)	(-0.55)	(-0.63)
Year Fixed	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Observation	116	116	116	52	52	52
Number of Cities	27	27	27	13	13	13
Overall R2	0.7314	0.8613	0.8942	0.5006	0.7605	0.7642

Catatan:Regresi dijalankan melalui skema robust standar error. Taraf signifikansi pada * p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Sementara itu, di Papua, meskipun akses internet juga membaik, pengaruhnya terhadap adopsi teknologi keuangan cenderung lebih moderat, yang kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat literasi digital yang masih terbatas.

Adapun, Indeks Digitalisasi Masyarakat (IDMI) tidak menunjukkan pengaruh signifikan di kedua provinsi, meskipun keduanya menunjukkan tren positif. Ini menunjukkan bahwa faktor-faktor lain, seperti literasi teknologi dan ketersediaan layanan, lebih mempengaruhi adopsi teknologi keuangan dibandingkan hanya tingkat digitalisasi masyarakat itu sendiri. Di sisi lain, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) memiliki

pengaruh yang lebih signifikan terhadap inklusi keuangan digital di Papua Barat dibandingkan dengan Papua, mencerminkan bahwa peningkatan kualitas hidup, terutama di sektor pendidikan dan kesehatan, mempermudah masyarakat Papua Barat dalam mengadopsi teknologi keuangan digital dengan lebih cepat. Secara keseluruhan, meskipun kedua provinsi menghadapi tantangan serupa dalam hal infrastruktur dan digitalisasi, Papua Barat cenderung lebih siap untuk memanfaatkan teknologi digital dalam mendorong inklusi keuangan, berkat dukungan kualitas hidup yang lebih baik. Sementara Papua masih perlu memberikan perhatian lebih pada peningkatan literasi digital dan distribusi akses yang lebih merata untuk mencapai hasil yang serupa dalam penggunaan teknologi keuangan digital.

4.2.3 Pengaruh Jangka Pendek dan Panjang terhadap Inklusi Keuangan Digital

Dalam jangka pendek, infrastruktur digital (akses internet) menunjukkan pengaruh negatif yang signifikan terhadap inklusi keuangan (jumlah transaksi elektronik dalam bentuk log), dengan penurunan sebesar 0,131% pada Spesifikasi (1). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan akses internet dalam jangka pendek justru mengurangi jumlah transaksi elektronik. Namun, pada Spesifikasi (2), pengaruh infrastruktur digital (akses internet) tidak signifikan, yang berarti tidak terdapat dampak yang jelas terhadap transaksi elektronik. Pada Spesifikasi (3), infrastruktur digital (akses internet) kembali menunjukkan pengaruh positif yang signifikan, meningkatkan inklusi keuangan (jumlah transaksi elektronik dalam bentuk log) sebesar 0,345%.

Tabel 3. Hasil Pengaruh Jangka Pendek dan Panjang

	Jangka Pendek			**Jangka Panjang**		
	Spesifikasi (1)	*Spesifikasi (2)*	*Spesifikasi (3)*	*Spesifikasi (1)*	*Spesifikasi (2)*	*Spesifikasi (3)*
	Dependen: *Jumlah Transaksi Elektronik(log)*					
L.LogJumlTrEl	0.964***	0.865***	0.786***			
	(-134.95)	(-17.18)	(-41.69)			
Akses Internet	-0.00131***	0.00109	0.00345***	-0.0363956	0.0080888	0 .016 ***
	(-4.62)	(-0.49)	(-5.1)	(0.03549)8	(0.013667)	(0.00186)
IDMI	0.00446***	-0.0151	-0.0028	0.1240482*	-0.1118628	-0.0130969
	(-5.87)	(-0.98)	(-0.66)	(0.06526)	(0.08076)	(0.0197)
IPM		0.00989**	0.00487***		0.073411**	0 .02275***
		(-3.11)	(-4.09)		(0.02348)	(0.00661)
PDB(log)		0.00545	-0.00159		0.0404946	-0.0074311
		(-0.39)	(-0.45)		0.0954521	0.016552
PPK(log)		-0.0138	-0.00846***		-0.102563*	-0.0395***
		(-1.81)	(-4.17)		(0.058857)	(0.010835)

Rata-rata Lama Sekolah Tahun		-0.00825	0.0029		-0.0612422	0.013554
		(-0.57)	(-0.74)		(0.122281)	(0.01751)
Jumlah Penduduk(log)			0.0440***			0.20571***
			(-5.36)			(0.026606)
Constant	0.278***	1.088	0.786***			
	(-7.03)	(-1.84)	(-5.31)			
Diagnostic test	GMM:					
Sargan Test	0.862	0.215	0.239			
Hansen Test	0.122	0.34	0.341			
AR(1) p-value	0.046	0.472	0.482			
AR(2) p-value	0.156					
R-squared						
Observation	126	126	126	126	126	126
No.Cities	42	42	42	42	42	42
No. Instrument	9	11	12			

Literasi digital masyarakat (IDMI), pada Spesifikasi (1), menunjukkan pengaruh positif yang signifikan terhadap inklusi keuangan (jumlah transaksi elektronik dalam bentuk log). Semakin tinggi literasi digital masyarakat semakin besar kemungkinan mereka mengakses dan menggunakan layanan keuangan digital. Namun, pada Spesifikasi (2) dan (3), pengaruh IDMI menunjukkan hasil negatif yang tidak signifikan, mengindikasikan bahwa dalam jangka pendek, literasi digital tidak berpengaruh signifikan. Indeks Pembangunan Manusia (IPM) berpengaruh positif yang signifikan pada Spesifikasi (2) dan (3), masing-masing sebesar 0,00989% dan 0,00487%. Hal ini menunjukkan peningkatan kualitas hidup masyarakat berkontribusi pada peningkatan jumlah transaksi elektronik (log), mendukung inklusi keuangan digital jangka pendek. Penambahan variabel sosio demografi seperti PDB (log) pada Spesifikasi (2) dan (3), menunjukkan pengaruh yang sangat kecil dan tidak signifikan. Pada Spesifikasi (2), pengaruh PDB (log) terhadap inklusi keuangan hanya sebesar 0,00545%, dan pada Spesifikasi (3), pengaruhnya lebih kecil, yakni -0,00159%. Hal ini menunjukkan dalam jangka pendek, PDB (log) tidak berpengaruh signifikan. PPK (log) pada Spesifikasi (2) dan (3) menunjukkan pengaruh negatif yang signifikan, dengan penurunan 1,38% pada Spesifikasi (3) dan 0,846% pada Spesifikasi (3). Ketimpangan sosial-ekonomi ini menghambat akses masyarakat terhadap produk keuangan digital. Rata-rata Lama Sekolah (tahun) menunjukkan pengaruh negatif tetapi tidak signifikan, yang berarti dalam jangka pendek pengaruhnya belum cukup besar.

Dalam jangka panjang, akses internet menunjukkan hasil berbeda. Pada Spesifikasi (1), akses internet berpengaruh negatif terhadap jumlah transaksi elektronik (log), dengan penurunan 3,64%. Namun, pada Spesifikasi (2) dan (3), akses internet berpengaruh positif signifikan, yang berarti peningkatan akses internet dapat meningkatkan inklusi keuangan sebesar 0,81% pada Spesifikasi (2) dan 1,61% pada Spesifikasi (3). IDMI dalam jangka panjang menunjukkan hasil bervariasi. Pada Spesifikasi (1), IDMI berpengaruh positif terhadap inklusi keuangan dengan peningkatan 12,4%. Namun, pada Spesifikasi (2) dan (3), IDMI berpengaruh negatif tidak signifikan. IPM menunjukkan pengaruh positif signifikan pada Spesifikasi (2) dan (3). Pada Spesifikasi (2), IPM berkontribusi pada peningkatan jumlah transaksi elektronik (log) sebesar 7,34%. Pada Spesifikasi (3), pengaruhnya sedikit lebih kecil, yaitu 2,28%, namun tetap signifikan. Penambahan variabel PDB (log) pada Spesifikasi (3), menunjukkan pengaruh positif terhadap jumlah transaksi elektronik (log) sebesar 4,05%. Hal ini menunjukkan PDB (log) lebih berpengaruh dalam jangka panjang, di mana ekonomi yang lebih besar dapat meningkatkan transaksi karena peningkatan daya beli dan infrastruktur. Variabel kontrol Jumlah Penduduk (log) hanya terlihat pada Spesifikasi (3) dalam jangka panjang, dan berpengaruh positif signifikan dengan peningkatan transaksi 20,57%. Ini menunjukkan daerah dengan populasi lebih besar cenderung mempercepat inklusi keuangan digital. Secara keseluruhan, hasil estimasi menunjukkan akses internet, IDMI, dan IPM memberikan pengaruh positif signifikan pada Jangka Pendek maupun Jangka Panjang. Sebaliknya, PPK (log) berpengaruh negatif, menunjukkan ketimpangan sosial-ekonomi menghambat akses masyarakat. Selain itu, Rata-rata Lama Sekolah memberikan dorongan positif, menunjukkan pendidikan yang lebih tinggi mendukung literasi keuangan.

4.3. Pemeriksaan Robustness

Pengujian System GMM dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *robust standard errors* dan mempertimbangkan variabel kontrol yang relevan untuk menghindari potensi omitted variable bias. Untuk memastikan konsistensi hasil, kami melakukan uji multi-analisis dengan tiga pendekatan yang berbeda. Pertama, regresi OLS Robust digunakan untuk menguji hubungan antar variabel dengan asumsi model bebas dari heteroskedastisitas (Wooldridge, 2010). Kedua, System GMM, yang dikenal lebih efisien dalam menangani estimasi model dengan variabel endogen, digunakan sebagai metode alternatif (Hwang & Sun, 2018). Ketiga, uji Fixed Effects (FE) diterapkan untuk mengonfirmasi validitas estimasi System GMM, dengan harapan bahwa estimasi GMM

yang signifikan akan menunjukkan koefisien yang mendekati atau lebih kecil dibandingkan estimasi FE, sesuai dengan prosedur yang dijelaskan oleh Bond et al. (2001).

Hasil dari pemeriksaan robustness yang disajikan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa ketiga metode pengujian tersebut memberikan hasil yang konsisten. Variabel L.JulTraEl(log) terbukti berpengaruh signifikan terhadap Jumlah Transaksi Elektronik (log), dengan koefisien yang positif dan konsisten di seluruh model yang digunakan. Pengaruh Akses Internet terhadap Jumlah Transaksi Elektronik (log) juga terlihat positif, meskipun hanya signifikan pada System GMM dan FE. Variabel IDMI menunjukkan pengaruh signifikan yang konsisten, meskipun arah koefisiennya berbeda pada uji System GMM. Interaksi antara Akses Internet, IDMI, dan IPM menunjukkan hasil signifikan, dengan arah koefisien yang sejalan dengan temuan pada pengujian sebelumnya. Selain itu, variabel sosiodemografi dan kontrol turut berperan signifikan dalam mempengaruhi Jumlah Transaksi Elektronik (log). Secara keseluruhan, hasil penelitian ini terbukti robust, memberikan keyakinan bahwa temuan yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan dan valid.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Robustness

	OLS			System-GMM			FEM		
	Spesifikasi (1)	*Spesifikasi (2)*	*Spesifikasi (3)*	*Spesifikasi (1)*	*Spesifikasi (2)*	*Spesifikasi (3)*	*Spesifikasi (1)*	*Spesifikasi (2)*	*Spesifikasi (3)*
	Dependen: *Jumlah Transaksi Elektronik(log)*								
L.JulTraEl(log)	0.9756***	0.939***	0.939***	0.964***	0.865***	0.786***	0.711***	0.706***	0.707***
	(-129.62)	(-116.05)	(-107.39)	(-134.95)	(-17.18)	(-41.69)	(-100.39)	(-102.01)	(-97.2)
Akses Internet	-0.000851**	-0.000928**	-0.000911**	-0.00131***	0.00109	0.00345***	0.0103***	0.0102***	0.0101***
	(-3.05)	(-3.32)	(-2.97)	(-4.62)	(-0.49)	(-5.1)	(-18.01)	(-6.83)	(-6.68)
IDMI	0.00275***	0.00218**	0.00219**	0.00446***	-0.0151	-0.0028	0.000264*	0.000256*	0.000248*
	(-3.8)	(-2.72)	(-2.71)	(-5.87)	(-0.98)	(-0.66)	(-2.31)	(-2.17)	(-2.09)
IPM		0.00432**	0.00421*		0.00989**	0.00487***		-0.000453	-0.00166
		(-2.92)	(-2.51)		(-3.11)	(-4.09)		(-0.13)	(-0.43)
PDB(log)		-0.00592	-0.00579		0.00545	-0.00159		-0.000703	-0.000708
		(-1.49)	(-1.42)		(-0.39)	(-0.45)		(-1.03)	(-1.04)
PPK(log)		-0.00708	-0.00694		-0.0138	-0.00846***		-0.00185*	-0.00187*
		(-1.69)	(-1.60)		(-1.81)	(-4.17)		(-2.07)	(-2.09)
Rata-rata Lama Sekolah Tahun		-0.0104*	-0.01		-0.00825	0.0029		0.0193*	0.0196*
		(-2.01)	(-1.69)		(-0.57)	(-0.74)		(-2.11)	(-2.14)
Jumlah Penduduk(log)			0.000923			0.0440***			0.0832
			(-0.14)			(-5.36)			(-0.74)
Constant	0.379***	0.382***	0.376***	0.278***	1.088	0.786***	1.649***	1.590***	0.696
	(-8.05)	(-5.53)	(-4.58)	(-7.03)	(-1.84)	(-5.31)	(-58.84)	(-11.52)	(-0.57)
Diagnostic test									

GMM:									
Sargan Test				0.862	0.215	0.239			
Hansen Test				0.122	0.34	0.341			
AR(1) p-value				0.046	0.472	0.482			
AR(2) p-value				0.156					
R-squared	0.9969	0.9972	0.997				0.999	0.9991	0.9992
Observation	126	126	126	126	126	126	126	126	126
Number Of Cities	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Number Of instrument				9	11	12			

Catatan: Regresi OLS Robust dijalankan menggunakan mekanisme *OLS Robust Regression* pada Stata, yang memastikan model bebas dari heteroskedastisitas (Wooldridge, 2010). Metode System GMM dijalankan dengan menggunakan *robust standard errors*. Statistik AR(2) yang lebih besar dari 0,05 menerima hipotesis nol, yang menunjukkan tidak adanya autokorelasi serial (Wooldridge, 2002). Statistik Hansen yang lebih besar dari 0,05 menerima hipotesis nol, yang mengindikasikan bahwa instrumen tidak berkorelasi dengan *standard errors* dan mengkonfirmasi validitas instrumen (Hansen, 1982). Statistik Sargan yang lebih besar dari 0,05 menerima hipotesis nol, yang menunjukkan tidak adanya masalah overidentifikasi dalam estimasi model (Sargan, 1958). Jumlah instrumen tidak melebihi jumlah grup (<42). Regresi Fixed Effects (FE) dijalankan dengan menggunakan *cluster-robust standard errors*, yang mengasumsikan tidak adanya heteroskedastisitas (Angrist & Pischke, 2009).Nilai-p didasarkan pada uji dua arah; * p < 0,10, ** p < 0,05, *** p < 0,01.

4.4 Hasil dan Pembahasan

Penelitian yang mencakup 42 kabupaten/kota di Pulau Papua menunjukkan bahwa akses internet memiliki pengaruh signifikan terhadap perluasan inklusi keuangan digital, meskipun intensitas pengaruh tersebut berbeda antara Papua dan Papua Barat. Papua Barat memperlihatkan dampak yang lebih kuat dibandingkan Papua. Meskipun infrastruktur digital di Papua Barat masih menghadapi sejumlah keterbatasan, peningkatan kualitas konektivitas yang dilakukan secara bertahap terbukti mampu mendorong pemanfaatan layanan keuangan digital secara lebih luas. Hasil ini sejalan dengan temuan Meng dan Xu (2025) serta Zhao dan Liu (2025), yang menekankan bahwa pembangunan infrastruktur digital merupakan prasyarat fundamental bagi transformasi ekonomi berbasis teknologi. Sebaliknya, di Papua, perbaikan jaringan internet belum sepenuhnya diikuti oleh peningkatan signifikan dalam penggunaan layanan keuangan digital. Hal ini dapat dikaitkan dengan rendahnya tingkat literasi digital masyarakat, yang masih membatasi kemampuan mereka dalam beradaptasi dengan teknologi baru (Hu et al., 2024). Dengan demikian, meskipun infrastruktur digital menjadi fondasi penting, faktor kapasitas masyarakat untuk mengakses, memahami, dan memanfaatkan teknologi tetap menjadi penentu utama dalam memperkuat inklusi keuangan digital.

Temuan selanjutnya memperlihatkan bahwa Indeks Digitalisasi Masyarakat (IDMI) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap inklusi keuangan digital, baik di Papua maupun Papua Barat, meskipun keduanya menunjukkan tren positif. Kondisi ini menunjukkan bahwa digitalisasi masyarakat tidak otomatis meningkatkan inklusi keuangan, melainkan perlu disertai dengan peningkatan literasi teknologi dan ketersediaan

layanan keuangan yang relevan serta mudah dijangkau (Qian et al., 2024; Guo et al., 2025). Sebaliknya, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terbukti memberikan kontribusi lebih besar, terutama di Papua Barat. Peningkatan kualitas pendidikan dan kesehatan tidak hanya memperbaiki kesejahteraan masyarakat, tetapi juga mempercepat proses adaptasi terhadap layanan keuangan berbasis digital (Li et al., 2025; Xu et al., 2024). Dengan kata lain, pembangunan manusia berperan lebih fundamental dibandingkan sekadar penyediaan teknologi, karena menjadi modal sosial yang memastikan keberhasilan transformasi keuangan digital.

Analisis lebih lanjut mengenai dinamika jangka pendek dan jangka panjang memperlihatkan hasil yang beragam. Dalam jangka pendek, peningkatan akses internet justru menunjukkan pengaruh negatif terhadap volume transaksi elektronik. Hal ini dapat dijelaskan oleh adanya *time lag* dalam proses adopsi teknologi, di mana perluasan akses internet belum langsung meningkatkan penggunaan layanan digital karena masyarakat masih membutuhkan waktu untuk beradaptasi, memperdalam literasi, serta membangun kepercayaan terhadap sistem keuangan digital. Namun, dalam jangka panjang, akses internet terbukti memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap pertumbuhan inklusi keuangan digital. Temuan ini konsisten dengan studi Song et al. (2025) dan Cheng et al. (2023), yang menegaskan bahwa dampak digitalisasi terhadap produktivitas dan adopsi keuangan digital cenderung lebih nyata dalam horizon waktu yang lebih panjang. Demikian pula, IPM terbukti konsisten memberikan pengaruh positif, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, sehingga menegaskan peran penting pembangunan manusia sebagai fondasi utama transformasi digital sektor keuangan (Deng et al., 2022; Lin et al., 2025).

Sementara itu, pengaruh IDMI memperlihatkan pola yang fluktuatif. Pada beberapa model, IDMI berperan dalam mendorong adopsi layanan keuangan digital, tetapi pada model lain efeknya tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa literasi digital masyarakat Papua dan Papua Barat masih belum merata dan sangat dipengaruhi oleh faktor lokal, ketersediaan infrastruktur pendukung, serta kapasitas adaptasi masyarakat (Lu et al., 2024; Jiang et al., 2024). Dari sisi sosial ekonomi, Produk Domestik Bruto (PDB) per kapita terbukti lebih berpengaruh dalam jangka panjang. Pertumbuhan ekonomi daerah mampu memperluas daya beli sekaligus meningkatkan kemampuan masyarakat dalam mengakses layanan keuangan digital (Zhang et al., 2023). Sebaliknya, ketimpangan sosial masih menjadi penghambat serius bagi inklusi keuangan digital, karena membatasi kelompok

masyarakat rentan dalam memanfaatkan teknologi, sebagaimana juga ditunjukkan dalam studi Sun et al. (2024).

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan adanya perbedaan kesiapan antara Papua dan Papua Barat dalam memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung inklusi keuangan. Papua Barat relatif lebih siap, ditopang oleh kualitas hidup masyarakat yang lebih baik dan percepatan pembangunan infrastruktur digital, sehingga adopsi layanan keuangan digital lebih cepat terwujud. Papua, sebaliknya, masih menghadapi tantangan besar berupa keterbatasan literasi digital dan distribusi akses yang tidak merata. Oleh karena itu, strategi pembangunan yang mengintegrasikan peningkatan kualitas manusia, pemerataan infrastruktur digital, serta penguatan literasi keuangan harus dijadikan prioritas utama guna mewujudkan transformasi keuangan digital yang inklusif dan berkelanjutan di kawasan timur Indonesia.

V. KESIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini menegaskan bahwa pembangunan infrastruktur digital di Papua dan Papua Barat merupakan prasyarat penting namun tidak cukup untuk mendorong inklusi keuangan digital. Konektivitas internet terbukti berperan signifikan dalam jangka panjang, tetapi dalam jangka pendek justru dapat menurunkan transaksi akibat adanya jeda pembelajaran. Fenomena ini sejalan dengan teori *Diffusion of Innovation*, di mana adopsi teknologi menuntut proses bertahap mulai dari pengetahuan, persuasi, keputusan, implementasi, hingga konfirmasi, sehingga konektivitas yang tersedia belum otomatis terkonversi menjadi transaksi nyata. Hal ini menunjukkan bahwa adopsi layanan digital bersifat prosesual: masyarakat memerlukan waktu untuk beradaptasi, memperoleh literasi, dan membangun kepercayaan. Lebih lanjut, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) terbukti berkontribusi secara konsisten positif, menandakan bahwa pendidikan dan kesehatan adalah fondasi agar konektivitas dapat terkonversi menjadi pemanfaatan nyata. Sebaliknya, Indeks Digitalisasi Masyarakat (IDMI) memperlihatkan pengaruh yang fluktuatif, yang mengindikasikan belum meratanya literasi digital. Perbedaan kesiapan antarwilayah juga terlihat jelas: Papua Barat lebih cepat merespons pembangunan infrastruktur, sedangkan Papua masih menghadapi hambatan serius berupa rendahnya literasi, distribusi akses yang timpang, dan ketimpangan sosial-ekonomi. Dari sisi kontribusi, temuan ini memperkuat literatur bahwa infrastruktur digital hanyalah kondisi perlu (*necessary condition*), sementara literasi, kapabilitas manusia, dan kepercayaan adalah kondisi cukup (*sufficient*

condition) bagi inklusi digital. Dengan demikian, kontribusi konseptual penelitian ini adalah penegasan bahwa tanpa penguatan dimensi manusia, pembangunan infrastruktur berisiko menjadi *hollow infrastructure*.

5.2. Saran

Dari sudut akademik, penelitian lanjutan disarankan untuk lebih menekankan pada dimensi permintaan (*demand side*), khususnya aspek literasi digital, persepsi risiko, dan tingkat kepercayaan masyarakat terhadap layanan digital. Instrumen pengukuran literasi perlu dikembangkan lebih kontekstual, tidak hanya berbasis indeks nasional, tetapi disesuaikan dengan realitas sosial budaya Papua. Kajian kualitatif seperti melalui survei etnografi digital, wawancara mendalam, atau eksperimen sosial dapat memberikan pemahaman yang lebih kaya tentang proses adopsi. Secara strategis, penelitian mendatang juga sebaiknya memperluas ruang lingkup hingga mencakup dinamika pasca-pemekaran wilayah Papua. Hal ini penting karena konfigurasi sosial-politik dan administratif yang baru berpotensi memengaruhi kecepatan maupun pola adopsi digital. Diferensiasi kebijakan antardaerah akan lebih tepat jika berbasis pada data spasial mikro serta indikator sosial-ekonomi lokal, bukan semata rata-rata provinsi. Secara operasional, pendekatan *mixed methods* menjadi relevan untuk mengintegrasikan analisis kuantitatif berbasis data panel dengan kajian kualitatif berbasis pengalaman pengguna. Implikasi akademik dari saran ini adalah penguatan teori adopsi teknologi yang lebih kontekstual terhadap masyarakat marjinal, sementara implikasi kebijakan adalah tersedianya model uji coba pelajari skala (*trial learn scale*) yang dapat dipraktikkan di Papua dan Papua Barat. Dengan demikian, penelitian ke depan dapat sekaligus memperkaya teori dan menghasilkan rekomendasi kebijakan yang aplikatif.

5.3. Rekomendasi

Secara konseptual, strategi pembangunan digital di Papua dan Papua Barat perlu ditopang oleh tiga poros utama: (i) peningkatan kualitas konektivitas *last-mile*, (ii) penguatan kapabilitas manusia melalui pendidikan, kesehatan, dan literasi finansial-digital, serta (iii) rekayasa pasar yang menyederhanakan pengalaman nilai pertama bagi masyarakat. Pembangunan infrastruktur seperti program Palapa Ring Timur dan penyediaan BTS oleh BAKTI harus dipastikan tidak hanya terpasang secara fisik, melainkan juga berkualitas dan dapat mendukung transaksi finansial secara berkelanjutan. Kerangka ini sejalan dengan logika *Diffusion of Innovation*, karena mempercepat transisi masyarakat dari tahap pengetahuan ke tahap implementasi dan konfirmasi.

Secara strategis, kebijakan harus dibedakan antardaerah. Papua Barat lebih siap untuk pengembangan diversifikasi layanan digital, sedangkan Papua membutuhkan intervensi sisi permintaan yang lebih agresif, terutama pada distrik dengan rasio sinyal tinggi tetapi tingkat transaksi rendah. Fokus pada diferensiasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan anggaran, tetapi juga mempersempit ketimpangan digital antardaerah. Selain itu, peningkatan IPM harus dipandang sebagai bagian integral dari strategi digitalisasi, karena kualitas hidup masyarakat terbukti menjadi faktor paling fundamental dalam menentukan keberhasilan inklusi keuangan digital. Secara operasional, terdapat beberapa langkah konkret yang direkomendasikan:

1. Desain layanan adaptif terhadap kondisi Papua: aplikasi ringan, mode *offline-first*, fallback USSD/SMS, QR statis interoperabel, serta perluasan agen *cash-in/cash-out* dengan jarak tempuh wajar.
2. Regulasi berbasis kepercayaan: penyelesaian sengketa cepat, transparansi biaya dalam format sederhana, dan kampanye anti-penipuan lintas kanal.
3. Tata kelola berbasis hasil (*outcome-based governance*): indikator keberhasilan mencakup pengguna aktif, frekuensi dan nilai transaksi, persistensi pengguna baru, dan kepuasan layanan. Untuk itu, diperlukan pelaporan mikro-spasial yang teragregasi dan anonim, sehingga evaluasi kebijakan dapat dilakukan melalui siklus *trial learn scale*.

Implikasi akademik dari rekomendasi ini adalah pengayaan model pembangunan digital yang tidak hanya berbasis infrastruktur, tetapi juga menekankan kapabilitas manusia dan kepercayaan. Implikasi kebijakan, sebaliknya, adalah ketersediaan panduan operasional yang konkret bagi pemerintah, regulator, maupun penyedia layanan untuk menjadikan konektivitas digital sebagai pengganda kesejahteraan masyarakat, bukan sekadar aset pasif.

DAFTAR PUSTAKA

Alhammadi, S. A. (2023). A sustainable digital Takaful model for the unbanked population.

In *Digital Transformation and the Future of Finance* (pp. 209-224). Routledge

Allen, F., Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., & Martinez Peria, M. S. (2016). The foundations of financial inclusion: Understanding ownership and use of formal accounts. *Journal of Financial Intermediation*, *27*, 1-30.

Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. The Review of Economic Studies, 58(2), 277–297.

Badan Pusat Statistik (BPS). *Data jumlah penduduk dan indikator pembangunan di Indonesia per provinsi.* Jakarta: BPS.

Bank Indonesia. (2023). *Pelaporan SPIP: Statistik transaksi elektronik dan inklusi keuangan.* Jakarta: Bank Indonesia.

Bi, C. (2024). Can digital infrastructure strengthening empower green transformation?.

Gondwana Research, *126*, 123-138.

Cheng, Y., Zhou, X., & Li, Y. (2023). The effect of digital transformation on real economy enterprises' total factor productivity. *International Review of Economics & Finance, 85*, 231–245. https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.02.007

Czernich, N., Falck, O., Kretschmer, T., & Woessmann, L. (2011). Broadband infrastructure and economic growth. *The Economic Journal*, *121*(552), 505-532.

Deng, H., Bai, G., & Xia, L. (2022). Digital economy and its spatial effect on green productivity gains in manufacturing: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*, *375*, 134150. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134539

Direktorat Jenderal Penyelenggaraan Pos dan Informatika. (2024). *Data Penyelenggaraan Pos dan Informatika 2024*. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia.

Duvendack, M., & Mader, P. (2019). Impact of financial inclusion in low-and middle-income countries: A systematic review of reviews. *Campbell Systematic Reviews*, *15*(1-2), e1009.

Erlando, A., Riyanto, F. D., & Masakazu, S. (2020). Financial inclusion, economic growth, and poverty alleviation: evidence from eastern Indonesia. *Heliyon*, *6*(10). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05235

Febriyantoro, M. T., & Arisandi, D. (2018). Pemanfaatan Digital Marketing Bagi Usaha Mikro, Kecil, Dan Menengah Pada Era Masyarakat Ekonomi Asean. *Jurnal Manajemen Dewantara*, *1*(2), 62-76.

Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. Journal of Economic Literature, 57(1), 3–43. https://doi.org/10.1257/jel.20171452

Guo, Y., Jin, Y., & Xue, Q. (2024). How does digital transformation affect corporate total factor productivity? *Finance Research Letters*, *61*, 104573.

https://doi.org/10.1016/j.frl.2024.105850

Haniko, P., Sappaile, B. I., Gani, I. P., Sitopu, J. W., Junaidi, A., Sofyan, & Cahyono, D. (2023). Menjembatani Kesenjangan Digital: Memberikan Akses ke Teknologi, Pelatihan, Dukungan, dan Peluang untuk Inklusi Digital. Jurnal Pengabdian West Science, 2(05), 306–315. https://doi.org/10.58812/jpws.v2i5.371

Hu, C., Liu, Y., & Liu, X. (2024). Can new digital infrastructure enhance ecological total factor productivity? Evidence from Chinese cities. *Economic Analysis and Policy*, *83*, 1084–1099. https://doi.org/10.1016/j.eap.2024.10.040

Hwang, J., & Sun, Y. (2018). Should we go one step further? An accurate comparison of onestep and two-step procedures in a generalized method of moments framework. Journal of Econometrics, 207(2), 381–405.

Inoue, T. (2019). Financial inclusion and poverty reduction in India. *Journal of Financial Economic Policy*, *11*(1), 21-33.

International Monetary Fund (IMF). (2019). *Financial Inclusion of Small and Medium-Sized Enterprises in the Middle East and Central Asia*. IMF Departmental Paper.

Jiang, Y., Han, G., & Yu, D. (2024). Digital finance and agricultural green total factor productivity: The mediating role of digital village development. Finance Research Letters, 65, 104112.https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104338

Jung, J., & López-Bazo, E. (2019). Digital infrastructure and regional economic growth in Spain. *The Annals of Regional Science*, *62*, 299-319.

Kim, D. W., Yu, J. S., & Hassan, M. K. (2017). Financial inclusion and economic growth in OIC countries. *Research in International Business and Finance*, *43*, 1-14.

KOMDIGI. (2021). *Indeks Digitalisasi Masyarakat Indonesia (IDMI): Pedoman dan metode perhitungan.* Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Informatika.

Le, T. H., Chuc, A. T., & Taghizadeh-Hesary, F. (2019). Financial inclusion and its impact on financial efficiency and sustainability: Empirical evidence from Asia. *Borsa Istanbul Review*, *19*(4), 310-322.

Li, J., Wu, Y., & Xiao, J. J. (2020). The impact of digital finance on household consumption: Evidence from China. *Economic Modelling*, *86*, 317-326.

Li, K., You, X., & Zhou, W. (2025). Mechanisms and effects of the digital economy on agricultural modernization: A sustainable development perspective. Journal of Environmental Management, 378, 122455.https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125435

Liang, H., Wang, J., & Wang, Y. (2022). Digital financial inclusion and rural entrepreneurship: Evidence from China. *The Singapore Economic Review*, 1-26.

Lin, S., & Miao, S. (2025). The enhancing effect and role path of digital finance on the resilience of agricultural industry chain. Finance Research Letters, 66, 104378.https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107697

Liu, G., Huang, Y., & Wang, Q. (2022). Can fintech become a new digital dividend for migrant entrepreneurs? Evidence from China. *China Economic Review*, *73*, 101783.

Lu, S., Zhuang, J., & Huang, M. (2024). How can rural digitalization improve agricultural green total factor productivity: Empirical evidence from counties in China. Heliyon, 10(8), e32523.

Lu, S., Peng, S., & Feng, Y. (2024). How does digital transformation affect the total factor productivity of China's A-share listed enterprises in the mineral resource-based sector? *Resources Policy, 89,* 103178. https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.105146 Othman, N., Yusop, Z., Ismail, M. M., & Afandi, S. H. M. (2021). Energy Tax and the Downstream Palm Oil Trade Competitiveness Nexus in Malaysia: An Application of

GMM Approach. International Journal of Energy Economics and Policy, 11(5): 5.

Meng, S., & Xu, X. (2025). Can digital infrastructure improve corporate productivity? Evidence from a quasi-natural experiment in China. Economic Analysis and Policy, 88, 456–469.https://doi.org/10.1016/j.eap.2025.02.030Get rights and content

Morgan, P. J. (2022). *Fintech and Financial Inclusion in Southeast Asia*. Asian Development Bank Institute.

Noor, M., Haucsa, G. M., & Hasyim, C. (2020). The Determinants of Financial Inclusion in Indonesia. *Journal of Indonesian Economy and Business*, *35*(2), 158-174.

Noviana, F. C., Wilantari, R. N., & Nugroho, A. (2022). The Role of Digital Literacy on Financial Inclusion in Indonesia. *Jurnal Ekonomi & Studi Pembangunan*, *23*(1), 127-138.

Ozili, P. K. (2018). Impact of digital finance on financial inclusion and stability. *Borsa Istanbul Review*, *18*(4), 329-340.

Pan, W., Xie, T., Wang, Z., & Ma, L. (2022). Digital economy, technological innovation and total factor productivity: The moderating effect of government governance. *Technological Forecasting and Social Change*, *174*, 121227.

Qian, J., Zhou, Y., & Hao, Q. (2024). The effect and mechanism of digital economy on green total factor productivity — Empirical evidence from China. Journal of Environmental Management, 345, 118734.https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.123237

Shi, P., Zhang, H., & Li, X. (2025). The driving effect of digital finance on green total factor productivity—Analysis based on double/debiased machine learning model and spatial Durbin model. Finance Research Letters, 67, 104421.

Song, C., Han, M., & Yuan, H. (2025). The impact of digital transformation on firm productivity: From the perspective of sustainable development. *Finance Research Letters, 64,* 104731. https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.106912

Sun, H., Chen, T., & Wang, C. N. (2024). Spatial impact of digital finance on carbon productivity. Geoscience Frontiers, 15(2), 101622. DOI: 10.1016/j.rser.2024.114501

Suri, T., & Jack, W. (2016). The long-run poverty and gender impacts of mobile money.

Science, *354*(6317), 1288-1292.

Van Dijk, J. A. (2006). Digital divide research, achievements and shortcomings. *Poetics*, *34*(4-5), 221-235.

Van Dijk, J. A. (2020). *The Digital Divide*. Polity Press.

Xie, B., Charness, N., Fingerman, K., Kaye, J., Kim, M., & Khurshid, A. (2020). When going digital becomes a necessity: Ensuring older adults' needs for information,

services, and social inclusion during the COVID-19 pandemic. *Journal of Aging & Social Policy*, *32*(4-5), 460-470.

Xu, T., Yang, G., & Chen, T. (2024). The role of green finance and digital inclusive finance in promoting economic sustainable development: A perspective from new quality productivity. Journal of Environmental Management, 350, 121401.https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122892

Ye, C., Yang, W., & Lu, Z. (2022). Does digital financial inclusion promote household consumption? Evidence from China. *Plos one*, *17*(8), e0272697.

Zhang, Y., & Nunziante, G. (2023). The effect of the digital economy on total factor productivity in European regions. Telecommunications Policy, 47(9), 102643.https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104231

Zhao, X., & Liu, J. (2025). The impact of digital infrastructure on labor productivity. Economic Analysis and Policy, 87, 122–134.https://doi.org/10.1016/j.eap.2025.03.030

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Deskriptif

Variabel	Deskripsi Data	2021	2022	2023	2024
Transaksi Elektronik (Log)	Mean	6.847915	7.004883	7.136695	7.25115
	Std. Dev.	0.841944	0.783343	0.745197	0.71825
Akses Internet	Mean	21.04823	46.59524	48.57143	50.5476
	Std. Dev.	21.20536	21.14879	21.09345	21.0391
IDMI	Mean	33.74395	38.15357	38.8831	38.5724
	Std. Dev.	6.032857	5.10017	4.550771	6.41151
IPM	Mean	59.95976	60.72476	61.56357	62.4024
	Std. Dev.	10.43638	10.32487	10.23417	10.1446
PDB (log)	Mean	4.188441	4.010037	4.064322	4.28803
	Std. Dev.	0.87608	1.013266	1.043213	0.84477
PPK(log)	Mean	4.1552	4.109557	4.118525	4.19546
	Std. Dev.	0.911663	0.980505	1.046136	0.88044
Rata- rata Lama Sekolah	Mean	6.820714	6.953095	7.05381	7.10595
	Std. Dev.	2.754566	2.76692	2.770827	2.7809
Jumlah Penduduk(log)	Mean	11.51687	11.52881	11.54083	11.5528
	Std. Dev.	0.745721	0.747075	0.748592	0.7501

Lampiran 2. Hasil Korelasi Matriks Variabel

	Jumlah Transaksi Elektronik (Log)	Akses Internet	IDMI	IPM	PDB (log)	PPK(log)	Rata-rata Lama Sekolah	Jumlah Penduduk(log)
Jumlah Transaksi Elektronik (Log)	1							
Akses Internet	0.7612	1						
IDMI	-0.0537	-0.0655	1					
IPM	0.5024	0.3118	-0.1436	1				
PDB (log)	-0.2328	-0.207	-0.0411	0.0363	1			
PPK(log)	-0.3325	-0.362	-0.0601	0.0751	0.1305	1		
Rata- rata Lama Sekolah	0.3786	0.1856	-0.0733	0.9598	0.06	0.1373	1	

Jumlah Penduduk(log)	0.4158	0.1735	-0.1073	0.1323	-0.2519	-0.2889	-0.0109	1

Lampiran 3 . Hasil Uji Stasioneritas Fisher-Type Unit-Root Test Based on Augmented Dickey-Fuller Test

H0: All panels contain unit roots

Ha: At least one panel is stationary

ADF regressions: 0 lags

P-Value

	LnJumlTraEl	Akses Internet	IPM	LnPDB	LnPPK	RatarataLama SekolahTahun	LnJumlPendu	IDMI
Inverse chi-squared (20)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inverse normal (Z)	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inverse logit t(54)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Modified inv. chi-squared (Pm)	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

EVALUASI *GREEN TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY* (GTFP) PAPUA DAN PAPUA BARAT: ANALISIS *DIRECTIONAL DISTANCE FUNCTION* DAN *MALMQUIST-LUENBERGER INDEX*

Manuel Exaudi Hutajulu[1)*], Firda Putri Kurniasari[1)], Patricia Eunike Vanuela Simarmata[1)]
[1]Program Studi Ilmu Ekonomi, Universitas Indonesia
*Penulis korespondensi: manuel.exhut@gmail.com

ABSTRACT

Amidst the national agenda of the National Medium-Term Development Plan (RPJMN) and the Net Zero Emissions (NZE) commitment, the formulation of data-driven policies for sustainable development has become crucial. However, studies measuring green productivity in complex island regions like Papua and Papua Barat remain limited, prompting this research to address this gap by analyzing the efficiency and green productivity levels in Papua for 2017-2022 and Papua Barat for 2012-2017. Using the Data Envelopment Analysis (DEA) method and the Malmquist-Luenberger Index (MLI), this study measures the performance of each province using labor input and total credit, as well as output in the form of total GRDP by sector (desirable) and emissions (undesirable) using data from the Ministry of Environment and Forestry (KLHK), the Central Statistics Agency (BPS), and the Financial Services Authority (OJK). Papua Province consistently operates at the optimal efficiency frontier, where green productivity growth is purely driven by technological progress. In contrast, Papua Barat exhibits inefficiencies stemming from excessive emissions and experiences a decline in green productivity due to technological regression, despite improvements in internal efficiency. These findings imply the need for different policy recommendations for the two provinces. Papua Barat requires maintaining the momentum of efficiency improvements through local capacity-building programs, while simultaneously addressing technological regression by promoting clean technology adoption. In contrast, policy for Papua should prioritize maintaining its optimal efficiency while fostering further green innovation.

Keywords: Green Total Factor Productivity, Malmquist-Luenberger, Directional Distance Function, Efficiency Change, Technological Change, Low Carbon Development

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang, Motivasi, dan Research Gap

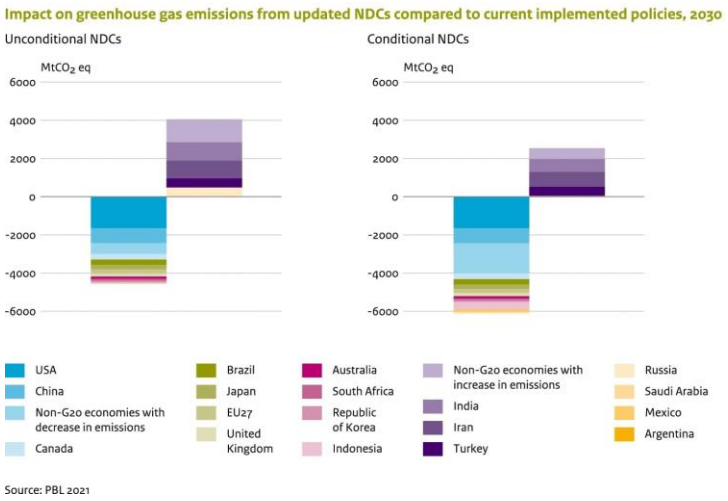
Kerangka kebijakan lingkungan global mengalami perkembangan yang sangat signifikan sejak pengesahan *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) tahun 1992 yang menjadi dasar institusional bagi koordinasi internasional dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. *Paris Agreement* pada 2015 memperkuat kerangka tersebut melalui mekanisme *Nationally Determined Contributions* (NDCs) yang mewajibkan setiap negara menyusun target penurunan emisi secara periodik dan progresif agar mampu berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim global (Panagiotis Fragkos et al., 2024). Namun, meskipun banyak negara telah memperbarui NDC mereka, proyeksi global yang dilakukan melalui simulasi iklim jangka panjang menunjukkan bahwa langkah ini masih belum cukup untuk menjaga kenaikan suhu global tetap berada di bawah ambang 1,5°C yang menjadi target *Paris Agreement* (Rogelj et al., 2016). Studi empiris menunjukkan bahwa instrumen berbasis pasar, seperti pajak karbon dan skema perdagangan emisi semakin diakui sebagai pilar penting untuk memastikan efektivitas implementasi kebijakan iklim. RIzal et al. (2025) menekankan bahwa meskipun tarif awal pajak karbon di Indonesia relatif rendah yaitu hanya IDR 30 per kilogram CO_2e, instrumen ini tetap menjadi katalis penting yang dapat mendorong perubahan perilaku industri sekaligus mengawali pergeseran menuju ekonomi rendah karbon yang lebih berkelanjutan.

Perkembangan riset terkini menegaskan bahwa pajak karbon tidak hanya berdampak pada pengurangan emisi tetapi juga memberikan potensi keuntungan fiskal bagi negara. Halizah & Furqon (2024) menyatakan bahwa pajak karbon memiliki peran ganda, yaitu sebagai instrumen lingkungan dan sebagai instrumen fiskal yang dapat mendukung transformasi ekonomi menuju ekonomi hijau. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi sangat bergantung pada konsistensi regulasi, kesiapan kelembagaan, serta penerimaan publik terhadap biaya tambahan yang muncul akibat kebijakan ini. Ramdani (2023) melalui studi komparatif terhadap 15 negara menunjukkan bahwa penerapan pajak karbon secara umum tidak menurunkan laju pertumbuhan ekonomi dan justru efektif dalam menekan emisi. Temuan ini memberikan dasar empiris yang kuat bahwa Indonesia dapat mengadopsi kebijakan serupa tanpa harus mengorbankan stabilitas makroekonomi. Lebih jauh, pendekatan ini juga memungkinkan terciptanya ruang fiskal baru yang dapat dialokasikan untuk mendukung inovasi teknologi hijau, subsidi energi terbarukan, serta program sosial kompensatif untuk melindungi rumah tangga

berpendapatan rendah dari dampak regresif kebijakan.

Studi empiris juga menyoroti aspek sosial yang tidak kalah penting dalam penerapan pajak karbon. Siregar (2025) menemukan bahwa kebijakan ini berpotensi menimbulkan beban yang lebih besar pada rumah tangga miskin karena proporsi pengeluaran energi terhadap total pendapatan mereka relatif lebih tinggi dibandingkan kelompok kaya. Oleh karena itu, mereka merekomendasikan penerapan mekanisme kompensasi berbasis subsidi silang atau transfer langsung agar kebijakan tetap adil secara distributif. Rosalie et al. (2024) menekankan bahwa insentif fiskal berupa keringanan pajak bagi pelaku usaha yang beralih ke teknologi bersih dapat menjadi strategi penting untuk mempercepat penerimaan kebijakan oleh sektor industri. Bukti empiris ini mengindikasikan bahwa pajak karbon tidak hanya merupakan instrumen mitigasi iklim, tetapi juga dapat memainkan peran sebagai instrumen kesehatan publik, instrumen redistribusi sosial, serta pendorong inovasi teknologi yang sejalan dengan tujuan pembangunan rendah karbon dan target *net zero emissions* Indonesia pada 2060.

Gambar 1. Dampak NDC Tanpa Syarat dan Bersyarat terhadap Emisi GRK (2030)
Sumber: den Elzen et al. (2022)



Selain itu, komitmen Indonesia dalam *Nationally Determined Contributions* (NDCs) menuntut implementasi kebijakan yang lebih ambisius. Gambar 1 menegaskan bahwa pencapaian penurunan emisi Indonesia dalam kerangka NDC sangat ditentukan oleh dukungan internasional. Pada skenario tanpa syarat, reduksi emisi masih terbatas, sementara pada skenario bersyarat terdapat potensi penurunan signifikan melalui akses pendanaan global dan mekanisme transfer teknologi. Relevansi Papua dan Papua Barat krusial sebagai wilayah dengan cadangan hutan tropis terbesar sekaligus rentan terhadap deforestasi. Efektivitas kebijakan di kawasan ini terkait erat dengan pendanaan iklim

global, mengingat perannya sebagai penyangga karbon dunia. Dengan kata lain, peningkatan *green total factor productivity* (GTFP) di sektor-sektor strategis Indonesia hanya dapat dicapai apabila inovasi teknologi hijau dan efisiensi produksi ditopang oleh aliran investasi hijau lintas negara. Hal ini menegaskan urgensi integrasi kebijakan nasional dengan komitmen transnasional untuk mendorong transformasi produktivitas yang berkelanjutan.

Berdasarkan telaah literatur, terdapat beberapa kesenjangan riset yang menjadi dasar penelitian ini. Pertama, studi empiris mengenai keterkaitan regulasi lingkungan, inovasi teknologi hijau, dan GTFP di Indonesia, khususnya Papua dan Papua Barat masih relatif terbatas, padahal konteks unik Indonesia sebagai negara berkembang kepulauan dengan struktur ekonomi heterogen menuntut analisis yang lebih kontekstual dan spesifik (Luo et al., 2022). Kedua, pengukuran GTFP jarang memperhitungkan output buruk secara komprehensif dengan pendekatan *meta-frontier directional distance function*. Padahal, metode ini terbukti mampu menangkap perbedaan efisiensi dan disparitas regional dengan lebih akurat dibandingkan model konvensional yang hanya mengandalkan *single frontier* (O'Donnell et al., 2007; Oh, 2010).

Ketiga, mekanisme mediasi antara kebijakan lingkungan dan GTFP melalui peningkatan struktur industri serta inovasi teknologi hijau belum banyak diuji di Indonesia, meskipun sejumlah studi lintas negara menunjukkan bahwa jalur mediasi tersebut berkontribusi signifikan dalam mendorong produktivitas hijau (Qiu et al., 2023). Keempat, interaksi simultan antara dinamika inovasi teknologi dan komitmen NDCs pasca-*Paris Agreement* masih belum dieksplorasi secara mendalam. Padahal, kedua faktor ini merupakan komponen fundamental dalam merancang kebijakan transisi energi yang efektif sekaligus menjaga daya saing ekonomi di tengah tekanan global untuk menekan emisi.

Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan model evaluasi GTFP yang mampu mengintegrasikan dimensi ekonomi, lingkungan, dan kebijakan secara komprehensif. Peneliti menggunakan pendekatan *non-radial directional distance function* dan *Malmquist-Luenberger Productivity Index* untuk mengukur produktivitas hijau sekaligus analisis mediasi untuk menguji peran struktur industri dan inovasi teknologi hijau dalam memperkuat dampak regulasi lingkungan terhadap GTFP. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat memberikan bukti empiris yang relevan bagi perumusan strategi pembangunan rendah karbon di Indonesia serta memperkaya diskursus akademik mengenai kebijakan iklim di negara berkembang.

1.2 Permasalahan dan Pertanyaan Penelitian

Permasalahan utama yang dihadapi Indonesia dalam transisi menuju pembangunan rendah karbon terletak pada ketidakseimbangan antara pertumbuhan ekonomi yang masih sangat bergantung pada eksploitasi sumber daya alam dengan tuntutan penurunan emisi gas rumah kaca secara signifikan (Rachman Djamal et al., 2022). Meskipun kebijakan nasional seperti *Long-Term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience 2050* dan RPJPN 2025–2045 telah memuat peta jalan menuju *Net Zero Emissions* (NZE) pada 2060 atau lebih cepat, pelaksanaannya masih menghadapi hambatan struktural yang kompleks. Hambatan ini mencakup lemahnya sinergi lintas sektor, keterbatasan mekanisme pembiayaan hijau, serta rendahnya adopsi teknologi ramah lingkungan di sektor-sektor penghasil emisi tinggi seperti energi, transportasi, dan pertanian (RIzal et al., 2025; Reyseliani et al., 2022).

Selain itu, data *Climate Action Tracker* menunjukkan bahwa komitmen NDC Indonesia per 2022 masih berada pada jalur yang tidak memadai untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 1,5°C, bahkan jika kebijakan saat ini diimplementasikan sepenuhnya (Reyseliani et al., 2022). Di sisi lain, *carbon pricing* yang telah diterapkan melalui pajak karbon awal sebesar IDR 30/kg CO_2e berada jauh di bawah *global benchmark* yang direkomendasikan oleh IMF, yaitu sekitar USD 75/tCO_2e untuk mencapai target iklim global (RIzal et al., 2025). Hal ini mengindikasikan adanya *policy gap* yang signifikan, di mana instrumen fiskal belum dioptimalkan untuk mendorong inovasi teknologi dan perbaikan efisiensi sumber daya di tingkat industri.

Dari perspektif metodologis, pengukuran GTFP di Indonesia masih jarang mengintegrasikan output buruk seperti emisi karbon secara komprehensif. Sebagian besar penelitian domestik menggunakan pendekatan *Cobb-Douglas* konvensional yang tidak sepenuhnya menangkap heterogenitas teknologi antarwilayah dan tidak memperhitungkan potensi *technology frontier shift* akibat kebijakan lingkungan. Padahal, literatur internasional menunjukkan bahwa penerapan model *meta-frontier directional distance function* mampu mengidentifikasi kesenjangan produktivitas antarwilayah sekaligus mengevaluasi kontribusi inovasi hijau terhadap pertumbuhan berkelanjutan (Zhang & Guo, 2024).

Lebih jauh, masih minim penelitian yang mengkaji keterkaitan simultan antara kebijakan fiskal (pajak karbon), inovasi teknologi hijau, transformasi struktur industri, dan pencapaian target NDC dalam kerangka analisis GTFP. Studi lintas negara menunjukkan

bahwa kombinasi instrumen kebijakan dan inovasi teknologi memiliki efek sinergis dalam mengurangi intensitas emisi sekaligus meningkatkan produktivitas (Zhang & Guo, 2024). Namun, bukti empiris dari Indonesia yang menguji efek mediasi tersebut hampir tidak tersedia, padahal relevansinya sangat tinggi mengingat konteks geografis dan struktur ekonomi nasional yang unik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berangkat dari pertanyaan mendasar, yakni sejauh mana kebijakan fiskal berbasis lingkungan, inovasi teknologi hijau, dan transformasi struktur industri dapat secara bersamaan meningkatkan GTFP di Indonesia dengan mempertimbangkan disparitas antar wilayah dan target penurunan emisi yang diamanatkan dalam NDCs. Pertanyaan ini memerlukan pendekatan kuantitatif berbasis *meta-frontier* yang mengintegrasikan dimensi ekonomi, lingkungan, dan kebijakan secara simultan sehingga mampu memberikan bukti empiris yang tidak hanya menjawab gap literatur tetapi juga memberikan implikasi kebijakan yang operasional bagi perencanaan transisi energi dan pembangunan rendah karbon di Indonesia.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Menganalisis perubahan efisiensi dan perubahan teknologi menggunakan *Malmquist-Luenberger Productivity Index* untuk mengidentifikasi sumber pertumbuhan produktivitas yang bersifat efisiensi (*catch-up effect*) maupun inovasi teknologi (*frontier-shift effect*).
2. Menganalisis keterkaitan kebijakan pembangunan dan pengelolaan sumber daya di Papua dan Papua Barat dengan pencapaian pertumbuhan hijau, khususnya dalam konteks agenda nasional, seperti RPJMN dan target *Net Zero Emissions* (NZE).
3. Memberikan rekomendasi berbasis data kepada pemerintah daerah dan pusat mengenai strategi peningkatan produktivitas hijau yang seimbang antara pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan sehingga relevan untuk perumusan kebijakan sektoral di Papua dan Papua Barat.
4. Memperkaya literatur akademik mengenai pengukuran produktivitas hijau di wilayah kepulauan dan daerah tertinggal, serta menyediakan kerangka metodologis yang dapat diadaptasi untuk studi lanjutan di wilayah lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Regulasi Lingkungan dan Pertumbuhan *Green Total Factor Productivity*

Regulasi lingkungan telah menjadi salah satu instrumen kebijakan yang paling signifikan dalam mendorong transisi menuju pembangunan berkelanjutan dan peningkatan *green total factor productivity* (GTFP). Dalam kerangka ekonomi hijau, GTFP tidak hanya mengukur produktivitas faktor total tradisional seperti modal dan tenaga kerja, tetapi juga menginternalisasi input dan output lingkungan, termasuk emisi polutan serta efisiensi energi (Cheng & Kong, 2022). Peran regulasi lingkungan dalam mempengaruhi GTFP sangat erat terkait dengan teori *Porter Hypothesis*, yang menyatakan bahwa kebijakan lingkungan yang ketat, jika dirancang dengan baik, dapat memacu inovasi dan efisiensi teknologi, sehingga tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan daya saing industri (Pan et al., 2023).

Dari perspektif metodologis, pengukuran GTFP umumnya dilakukan dengan pendekatan indeks seperti *Malmquist-Luenberger Productivity Index* atau *Data Envelopment Analysis* (DEA) yang mengakomodasi *undesirable outputs* (emisi CO_2, limbah padat, dan sebagainya) ke dalam fungsi produksi (Tone, 2001; Chung et al., 1997). Regulasi lingkungan mempengaruhi indikator ini melalui dua mekanisme utama. Pertama, mekanisme *compliance*, di mana perusahaan menyesuaikan proses produksinya untuk memenuhi standar emisi dan efisiensi energi yang ditetapkan pemerintah (*compliance cost*), dan kedua, mekanisme *innovation compensation*, di mana tekanan regulasi mendorong investasi dalam teknologi bersih dan proses produksi yang hemat sumber daya (Ma et al., 2022).

Secara empiris, penelitian lintas negara menunjukkan bahwa intensitas regulasi lingkungan memiliki hubungan berbentuk kurva U-terbalik dengan GTFP. Pada tahap awal, regulasi yang terlalu ketat dapat menambah beban biaya kepatuhan, menurunkan profitabilitas, dan mengurangi kapasitas investasi pada teknologi baru (Ambec et al., 2013). Namun, pada titik kritis tertentu, regulasi justru mendorong inovasi teknologi dan meningkatkan GTFP secara signifikan (Liu et al., 2024). Fenomena ini konsisten dengan *weak* dan *strong* Porter Hypothesis, yang membedakan antara efek jangka pendek yang cenderung negatif dengan efek jangka panjang yang positif terhadap produktivitas.

Konteks Papua dan wilayah timur Indonesia menawarkan lanskap yang unik untuk menguji keterkaitan ini. Dengan kekayaan sumber daya alam yang besar namun tingkat industrialisasi yang relatif rendah, regulasi lingkungan dapat berperan ganda: mencegah

degradasi ekosistem sekaligus mengarahkan proses industrialisasi menuju jalur hijau sejak awal. Mengingat bahwa sektor-sektor utama di wilayah Papua, seperti pertambangan memiliki intensitas sumber daya dan potensi polusi yang tinggi, penerapan regulasi lingkungan berbasis insentif (*market-based instruments*) seperti pajak karbon atau skema perdagangan emisi dapat menjadi katalis dalam meningkatkan GTFP tanpa mengorbankan pertumbuhan ekonomi (Dissanayake et al., 2020).

Selain itu, pengalaman dari provinsi-provinsi lain di Indonesia menunjukkan bahwa efektivitas regulasi lingkungan terhadap GTFP sangat dipengaruhi oleh kapasitas kelembagaan dan koordinasi lintas sektor. Di daerah dengan tata kelola lingkungan yang lemah, regulasi cenderung tidak efektif atau bahkan kontraproduktif karena lemahnya penegakan hukum dan minimnya investasi pada teknologi bersih (Ou & Jiang, 2023). Oleh karena itu, bagi wilayah Papua, strategi peningkatan GTFP melalui regulasi lingkungan perlu dikombinasikan dengan peningkatan kapasitas teknis pemerintah daerah, penyediaan pembiayaan hijau, dan integrasi target-target lingkungan ke dalam RPJMN. Dengan demikian, hubungan antara regulasi lingkungan dan GTFP bukanlah linier, melainkan dipengaruhi oleh desain kebijakan, kapasitas implementasi, serta karakteristik struktural ekonomi daerah.

2.2 Peningkatan Struktur Industri dan Pertumbuhan *Green Total Factor Productivity*

Peningkatan struktur industri merupakan salah satu determinan fundamental dalam mendorong pertumbuhan *green total factor productivity* (GTFP), terutama di wilayah yang sedang mengalami transformasi ekonomi berbasis sumber daya alam menuju ekonomi yang lebih terdiversifikasi. Dalam literatur pembangunan berkelanjutan, peningkatan struktur industri didefinisikan sebagai proses pergeseran dari sektor-sektor berteknologi rendah dan padat sumber daya menuju sektor-sektor berteknologi tinggi, berbasis pengetahuan, serta memiliki intensitas emisi yang lebih rendah (Yang et al., 2022). Pergeseran ini tidak hanya memengaruhi komposisi PDRB, tetapi juga berimplikasi langsung pada efisiensi alokasi faktor produksi, difusi inovasi hijau, dan penurunan *environmental intensity* dari output ekonomi.

Hubungan antara peningkatan struktur industri dan GTFP seringkali dimediasi oleh kapasitas teknologi dan kualitas regulasi lingkungan di suatu wilayah. Teori *structural bonus* menyatakan bahwa perpindahan tenaga kerja dan modal dari sektor-sektor dengan produktivitas rendah ke sektor-sektor dengan produktivitas tinggi akan meningkatkan efisiensi agregat, termasuk efisiensi penggunaan energi dan pengelolaan limbah (McMillan

& Rodrik, 2011). Dalam konteks hijau, bonus struktural ini diperkuat oleh *green technological upgrading*, yaitu adopsi teknologi produksi yang mengurangi intensitas karbon dan meningkatkan efisiensi sumber daya, yang pada gilirannya mendorong kenaikan GTFP (Sun et al., 2022).

Secara empiris, studi lintas-provinsi di Tiongkok menemukan bahwa peningkatan proporsi sektor tersier dan sektor industri berteknologi tinggi berkontribusi signifikan terhadap kenaikan GTFP, dengan elastisitas yang lebih tinggi di provinsi yang memiliki kapasitas inovasi dan kualitas tata kelola lingkungan yang baik (Yang et al., 2022). Sebaliknya, di wilayah yang masih bergantung pada sektor primer dengan intensitas emisi tinggi, efek upgrading struktural terhadap GTFP cenderung lemah atau bahkan negatif, terutama bila transformasi tersebut tidak disertai adopsi teknologi bersih (Liu et al., 2022). Temuan ini menegaskan bahwa kualitas transisi struktural lebih penting daripada sekadar perubahan komposisi sektor secara kuantitatif.

Papua dan kawasan timur Indonesia berada pada tahap awal transformasi struktural, di mana sektor pertambangan, kehutanan, dan perikanan masih mendominasi kontribusi PDRB. Kondisi ini memberikan peluang sekaligus tantangan. Di satu sisi, tingginya kontribusi sektor primer dapat menjadi sumber pembiayaan untuk investasi pada sektor-sektor hijau melalui skema *resource rent taxation* atau *sovereign wealth funds* yang dialokasikan untuk infrastruktur energi terbarukan dan pengembangan industri berbasis pengetahuan. Di sisi lain, jika pergeseran ke sektor sekunder dan tersier dilakukan tanpa strategi mitigasi lingkungan, peningkatan output ekonomi justru dapat disertai degradasi lingkungan yang lebih besar, yang pada akhirnya menurunkan GTFP.

Dalam kerangka analisis *Malmquist-Luenberger Productivity Index* yang digunakan di banyak penelitian GTFP, peningkatan struktur industri tercermin pada peningkatan *efficiency change* (EC) dan *technical change* (TC) secara simultan. Peningkatan EC terjadi ketika sumber daya dialokasikan dari sektor intensif emisi ke sektor rendah emisi dengan produktivitas tinggi, sedangkan peningkatan TC mencerminkan difusi teknologi hijau yang diadopsi oleh sektor-sektor baru dalam struktur ekonomi (Tone & Tsutsui, 2010; Chung et al., 1997). Oleh karena itu, efektivitas kebijakan industrial upgrading terhadap GTFP akan sangat dipengaruhi oleh sinergi antara strategi diversifikasi ekonomi dan kebijakan inovasi teknologi hijau yang didukung oleh insentif fiskal maupun pembiayaan internasional (*green financing*).

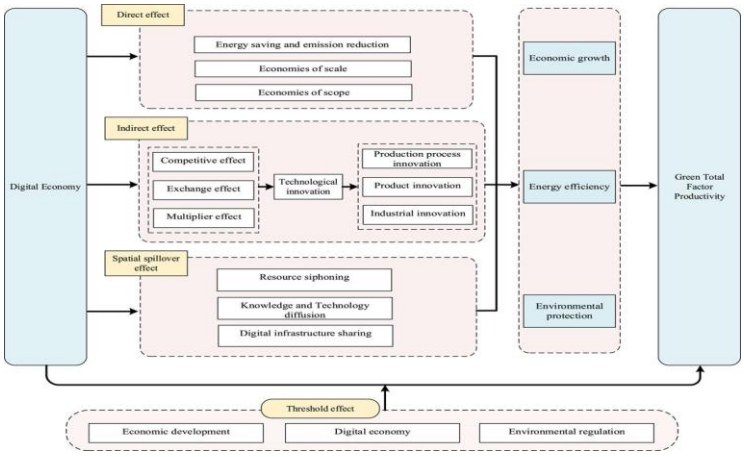
Dengan mempertimbangkan kondisi spesifik wilayah Papua, kebijakan peningkatan struktur industri sebaiknya diarahkan pada *leapfrogging strategy*, yaitu melompati tahapan industrialisasi berbasis energi fosil menuju basis industri beremisi rendah, dengan dukungan kuat pada sektor energi terbarukan, pengolahan hasil hutan bukan kayu, perikanan berkelanjutan, dan jasa lingkungan (*ecosystem services*). Strategi ini tidak hanya relevan untuk mengejar pertumbuhan GTFP, tetapi juga untuk memenuhi target RPJMN dan komitmen Indonesia dalam *Paris Agreement* terkait penurunan emisi.

2.3 Inovasi Teknologi dan Pertumbuhan *Green Total Factor Productivity* (GTFP)

Inovasi teknologi berperan sentral dalam membentuk lintasan pertumbuhan *green total factor productivity* (GTFP) karena mampu mendorong pemisahan antara konsumsi sumber daya dan ekspansi output, sekaligus menginternalisasi eksternalitas lingkungan dalam fungsi produksi. Dalam kerangka teori pertumbuhan endogen, kemajuan teknologi hijau menggeser *production possibility frontier* ke arah luar sambil menurunkan emisi per unit output. Jalur utama terjadi melalui inovasi proses yang meningkatkan efisiensi energi dan sumber daya serta inovasi produk yang menghasilkan barang dan jasa dengan jejak lingkungan lebih rendah (Horbach et al., 2011).

Untuk memperkuat dasar konseptual, Liu et al. (2024) menguraikan kerangka analisis teoritis yang menjelaskan bagaimana ekonomi digital berdampak pada GTFP melalui empat mekanisme, yaitu (1) peningkatan inovasi teknologi hijau, (2) pergeseran struktur industri menuju sektor rendah emisi, (3) peningkatan efisiensi alokasi faktor produksi, dan (4) penguatan regulasi lingkungan melalui instrumen digital. Dari kerangka ini, serangkaian hipotesis penelitian dirumuskan, yang menegaskan bahwa dampak ekonomi digital terhadap GTFP bersifat multidimensi dan tidak homogen antar wilayah (Gambar 2).

Gambar 2. Kerangka Analisis Teoritis Dampak Ekonomi Digital terhadap GTFP



Sumber: Liu et al. (2024)

Studi empiris tentang GTFP semakin berkembang, dengan beragam pendekatan yang menekankan peran inovasi teknologi, regulasi, dan digitalisasi. Wang & Guo (2023) menggunakan Spatial Durbin Model dengan data panel dari 282 kota di Tiongkok periode 2008–2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aglomerasi ekonomi digital (ICT) memperkuat GTFP di kota pusat, tetapi memberikan dampak negatif pada kota pendamping. Temuan ini menegaskan bahwa hubungan spasial harus diperhitungkan dalam desain kebijakan, karena perkembangan satu kota dapat memengaruhi kota lain melalui transfer pengetahuan dan jaringan produksi.

Studi empiris tentang GTFP semakin berkembang, dengan beragam pendekatan yang menekankan peran teknologi, regulasi, dan digitalisasi. Sheng et al. (2024) menggunakan data panel dari 282 kota di Tiongkok periode 2011–2019 dan menemukan bahwa ekonomi digital secara signifikan meningkatkan GTFP melalui mekanisme inovasi teknologi hijau dan peningkatan struktur industri. Kontribusi terbesar tercatat pada kota-kota tier tinggi di wilayah timur. Sementara itu, Liu et al. (2023) menunjukkan bahwa efek ekonomi digital terhadap GTFP semakin kuat pada kota dengan ukuran yang lebih besar, di mana ukuran kota berfungsi sebagai faktor moderasi yang penting.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain, Objek, dan Periode Penelitian

Penelitian ini dirancang sebagai penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi dan produktivitas regional. Objek penelitian, yang dalam analisis ini diperlakukan sebagai *Decision Making Unit* (DMU), mencakup 12 provinsi yaitu Papua, Papua Barat, Maluku, Maluku Utara, Kalimantan Timur, Riau, Sumatera Selatan, Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, dan Sulawesi Selatan. Pemilihan jumlah DMU ini mengikuti pedoman dari Cooper, Seiford, dan Tone (2007), yang merekomendasikan agar jumlah DMU setidaknya lebih besar dari perkalian jumlah variabel input (m) dan output (s), atau $n > (m \times s)$, serta untuk mencegah model yang *overfit.*

Untuk mencapai tujuan penelitian tersebut, digunakan dua metode non-parametrik: *non-radial Directional Distance Function* (DDF) untuk mengukur efisiensi relatif dan *Malmquist-Luenberger Productivity Index* (MLPI) untuk menganalisis perubahan produktivitas dari waktu ke waktu. Karena keterbatasan ketersediaan data, rentang waktu analisis yang digunakan berbeda untuk masing-masing provinsi, yaitu Papua (2017–2022) sebanyak 66 observasi dan Papua Barat (2012–2017) sebanyak 72 observasi, di mana masing-

masing dianalisis selama lima periode tahunan. Perlu dicatat bahwa provinsi-provinsi pemekaran baru, yaitu Papua Tengah, Papua Selatan, Papua Pegunungan, dan Papua Barat Daya tidak diikutsertakan sebagai DMU dalam analisis ini karena ketidaktersediaan data historis yang tidak memadai untuk periode pengamatan.

3.2 Jenis, Sumber, Teknik Pengumpulan Data, dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sekunder berjenis data *time series* yang bersumber dari publikasi resmi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Badan Pusat Statistik (BPS), dan Otoritas Jasa Keuangan (OJK). Data dikumpulkan melalui teknik dokumentasi, kemudian diolah pada tahap preparasi yang mencakup proses tabulasi dan kalkulasi menggunakan *Google Spreadsheet.* Setelah dataset final terbentuk, analisis statistik dan ekonometrik untuk menguji hipotesis penelitian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak STATA 18. Kemudian, penelitian ini menggunakan variabel input (tenaga kerja dan total kredit) dan variabel output (PDRB dan emisi). Seluruh variabel penelitian dijelaskan dan diukur melalui tabel berikut.

Tabel 1. Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi	Satuan	Sumber
Variabel Input			
Tenaga Kerja	Jumlah total penduduk yang bekerja di suatu provinsi.	Jiwa	BPS
Total Kredit	Total penyaluran kredit perbankan dan nilai *Non-Performing Loan* (NPL) untuk seluruh lapangan usaha.	Milyar Rupiah	OJK
Variabel Output			
PDRB	Produk domestik regional bruto (PDRB) atas dasar harga konstan untuk seluruh lapangan usaha.	Milyar Rupiah	BPS
Emisi	Total emisi seluruh sektor ekonomi.	Gg CO_2 (Gigagram setara CO_2)	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

3.3 Teknik Analisis Data

3.3.1 Data Envelopment Analysis dan Directional Distance Function

Data Envelopment Analysis (DEA) merupakan salah satu alat terpenting yang telah diadopsi secara luas untuk menilai kinerja di berbagai bidang, seperti manajemen operasional, ekonomi, urusan publik, hingga keuangan. Pertama kali diperkenalkan oleh

Charnes, Cooper, dan Rhodes (1978), DEA adalah metode program linear non-parametrik untuk mengukur efisiensi relatif dari sekumpulan unit pembanding yang disebut *Decision Making Units* (DMUs), di mana setiap unit memiliki berbagai input dan output. Dalam model DEA tradisional (Charnes et al., 1978; Banker, Charnes, & Cooper, 1984), setiap DMU memilih bobotnya sendiri, yaitu arah radial menuju titik pusat untuk mendapatkan skor efisiensi yang paling optimal untuk dirinya. Namun, pendekatan yang terbatas pada arah radial ini memiliki dua kelemahan utama. Pertama, setiap DMU dievaluasi menggunakan arahnya masing-masing sehingga tidak dinilai dengan dasar yang sama. Kedua, bobot yang paling menguntungkan bagi satu DMU belum tentu baik bagi DMU lainnya sehingga hasil evaluasi tidak dapat diterima oleh semua pihak.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, Chambers, Chung, dan Färe (1996) memperluas model DEA ke arah non-radial. Dengan berlandaskan konsep *distance function* oleh Shephard (1970) dan Luenberger (1992), mereka memperkenalkan *Directional Distance Function* (DDF) untuk menghitung efisiensi relatif dari setiap DMU di sepanjang sebuah arah perbaikan yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian, pendekatan ini dikembangkan lebih lanjut oleh Chung et al. (1997), yang secara spesifik dapat memperhitungkan output buruk. Model DDF yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$D_{nr}(x, y, b; g) = sup\{w^T\beta : ((x, y, b) + diag(\beta) \cdot g) \in T\} \quad (1)$$

$$D_{nr}(x, y, b, g) = max\, w^T\beta$$

$$\text{s.t.} \sum_{j=1}^{J} \lambda_j x_j \leq x + diag(\beta_x) \cdot g_x$$

$$\sum_{j=1}^{J} \lambda_j y_j \leq y + diag(\beta_y) \cdot g_y$$

$$\sum_{j=1}^{J} \lambda_j b_j \leq b + diag(\beta_b) \cdot g_b$$

$$\beta \geq 0; \lambda_j \geq 0, j = 1,\ldots, n$$

Pada model (1), ***x*** adalah vektor yang mewakili seluruh *input* (tenaga kerja & kredit) yang digunakan oleh sebuah provinsi dalam proses produksinya; ***y*** adalah adalah vektor yang mewakili *output* baik (PDRB); ***b*** adalah adalah vektor yang mewakili output buruk (emisi CO_2). Sementara itu, ***g*** adalah vektor arah yang menentukan bagaimana model mencoba memperbaiki kinerja setiap provinsi. Chung et al. (1997) menentukan agar vektor ini sesuai dengan nilai dari *output* baik dan *output* buruk, yaitu ***g*** = (***y, -b***). Kemudian, β

merupakan ukuran inefisiensi dari DMU yang dievaluasi; $\beta = 0$ berarti DMU efisien, sedangkan $\beta > 0$ berarti DMU tidak efisien. Terakhir, λ_j , $j = 1,...,n$ adalah bobot yang menunjukkan kontribusi dari setiap DMU dalam proses pembentukan *production possibility frontier*.

3.3.2 Malmquist Productivity Index dan Malmquist Luenberger Index

Untuk menganalisis perubahan *Total Factor of Productivity* (TFP) dari waktu ke waktu, penelitian ini menggunakan *Malmquist Productivity Index* (MPI). Indeks ini pertama kali diperkenalkan oleh Sten Malmquist pada tahun 1953 dan dikembangkan lebih lanjut oleh Caves et al. (1982), memiliki keunggulan karena mampu memecah pertumbuhan produktivitas total menjadi dua komponen utama. Komponen pertama adalah *Efficiency Change* (EC) atau dikenal sebagai *catch-up effect*. Komponen ini mengukur perbaikan efisiensi internal suatu provinsi, yaitu apakah ia berhasil mengurangi inefisiensi dan bergerak mendekati provinsi lain yang menjadi tolok ukur. Komponen kedua adalah *Technological Change* (TC) atau disebut juga *frontier-shift effect.* Komponen ini menangkap adanya inovasi atau kemajuan teknologi yang menggeser batas kemungkinan produksi, sehingga memengaruhi semua provinsi secara serentak. Hasil perkalian antara dua komponen inilah yang akan menghasilkan nilai TFP.

Indeks Malmquist menjadi pilihan yang tepat untuk mengukur produktivitas karena menawarkan fleksibilitas dan kedalaman analisis. Sebagai pendekatan non-parametrik, metode ini tidak terikat pada formula matematis yang kaku mengenai proses produksi, juga tidak mengasumsikan bahwa entitas yang diukur harus berorientasi pada laba atau efisiensi biaya. Salah satu keunggulan utamanya, seperti yang diungkapkan oleh Marlina et al. (2018), adalah kemampuannya untuk membedah produktivitas menjadi dua komponen: *Efficiency Change* (EC) dan *Technological Change* (TC). Selain itu, menurut Zheng (2021), metode ini tidak menuntut data yang sempurna, mampu menganalisis kondisi dengan banyak input dan output, serta dapat memberikan gambaran perubahan kinerja dari waktu ke waktu secara lebih komprehensif dan objektif.

Namun, model MPI konvensional tidak dapat merefleksikan pertumbuhan produktivitas secara akurat ketika proses produksi juga menghasilkan output yang tidak diinginkan (*undesirable outputs*), seperti emisi. Untuk mengatasi hal ini, maka penelitian ini menggunakan pengembangan dari metode MPI yaitu *Malmquist-Luenberger Index* (MLI) yang dikemukakan oleh Chung et al. (1997) untuk mengukur GTFP. Indeks MLI bisa didefinisikan dalam persamaan berikut:

$$MLI_t^{t+1} = \left(\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^t(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \right)^{1/2}$$

$$MLI_t^{t+1} = \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^t(x^t, y^t, b^t)} \times \left(\frac{D^t(x^t, y^t, b^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t, b^t)} \times \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$MLI_t^{t+1} = EC_t^{t+1} \times TC_t^{t+1}$$

Serupa dengan MPI konvensional, indeks MLI juga dapat dikomposisi menjadi *Efficiency Change* (EC) dan *Technological Change* (TC). Nilai indeks yang lebih besar dari 1 mengindikasikan adanya pertumbuhan GTFP, perbaikan efisiensi, atau kemajuan teknologi, begitu pula sebaliknya.

IV. HASIL, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Analisis Produktivitas Hijau Provinsi Papua Barat

Tabel 2. Hasil Perhitungan DDF Provinsi Papua Barat

Tahun	Dval	Tenaga Kerja	Kredit	PDRB	Emisi
2012	0.7059	0.2684	0.0897	0.0000	0.3478
2013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2016	0.0851	0.0000	0.0000	0.0000	0.0851
2017	0.0555	0.0000	0.0000	0.0000	0.0555
Rata-rata	0.1410	0.0447	0.0149	0.0000	0.0814

Analisis mengenai sumber inefisiensi di Provinsi Papua Barat menggunakan *non-radial Directional Distance Function* (DDF) menunjukkan kinerja yang cukup dinamis selama periode 2012–2017. Secara rata-rata, Papua Barat menunjukkan tingkat inefisiensi dengan skor Dval sebesar 0,1410. Artinya, Papua Barat berpotensi untuk meningkatkan efisiensinya sebesar 14,10%. Potensi perbaikan terbesar berasal dari sisi pengurangan emisi (8,14%), diikuti oleh pengurangan input tenaga kerja (4,47%), serta kredit (1,49%).

Apabila dianalisis per tahun, pada 2012, Papua Barat menunjukkan tingkat inefisiensi terbesar dengan skor Dval sebesar 0,7059. Inefisiensi ini bersumber dari berbagai faktor, dengan potensi perbaikan terbesar pada sisi pengurangan emisi (34,78%), diikuti oleh pengurangan input tenaga kerja (26,84%), serta kredit (8,97%). Namun, pada periode 2013–2015 terjadi perbaikan kinerja, di mana Papua Barat berhasil mencapai efisiensi

teknis yang optimal (Dval = 0,0000). Setelah periode tersebut, inefisiensi kembali terjadi pada 2016 dan 2017. Pada kedua tahun ini, inefisiensi hanya bersumber dari variabel emisi, masing-masing sebesar 8.51% dan 5.55%. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pengelolaan input dan output PDRB tetap efisien, tantangan kembali muncul dalam hal pengendalian dampak lingkungan.

Tabel 3. Hasil Perhitungan MLPI Papua Barat

Tahun	MLPI	EC	TC
2012–2013	0.8951	1.0327	0.8667
2013–2014	0.9775	1.0000	0.9775
2014–2015	0.9896	1.0000	0.9896
2015–2016	0.9578	0.9840	0.9734
2016–2017	1.0158	1.0053	1.0105
Rata-rata	0.9672	1.0044	0.9635

Setelah menganalisis sumber inefisiensi statis menggunakan DDF, analisis dilanjutkan secara dinamis untuk mengukur perubahan produktivitas hijau dari tahun ke tahun. Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan Indeks Malmquist-Luenberger (MLPI) beserta dekomposisinya, yaitu perubahan efisiensi (EC) dan perubahan teknologi (TC). Secara rata-rata, Papua Barat mengalami penurunan produktivitas hijau selama periode 2012–2017, dengan skor MLPI sebesar 0,9672. Hal ini disebabkan oleh menurunnya perubahan teknologi (0,9635) meskipun perubahan efisiensi meningkat (1,0044).

Apabila dianalisis per periode, pada periode 2012–2013, produktivitas hijau mengalami penurunan (0,8951) yang disebabkan oleh menurunnya perubahan teknologi (0,8667) meskipun perubahan efisiensi meningkat. Kemudian, pada dua periode setelahnya (2013–2014 & 2014–2015), produktivitas hijau tetap mengalami penurunan yang disebabkan oleh penurunan tingkat perubahan teknologi (0,9775 & 0,9896), sementara perubahan efisiensi konstan (1,0000). Pada periode 2015–2016, produktivitas hijau tetap mengalami penurunan (0,9578), namun disebabkan oleh penurunan kedua dekomposisinya (EC = 0,9840 & TC = 0,9734). Terakhir, pada periode 2016–2017, produktivitas hijau akhirnya mengalami peningkatan (1,0158) yang disebabkan oleh peningkatan kedua dekomposisinya (EC = 1,0053 & TC = 1,0105). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penyebab utama dari penurunan produktivitas hijau di Papua Barat adalah kemunduran teknologi. Oleh karena itu, inovasi dan investasi dalam teknologi sebaiknya

menjadi prioritas utama bagi pemerintah Papua Barat dalam menyusun strategi pertumbuhan ekonomi hijau pada masa mendatang.

4.2 Hasil Analisis Produktivitas Hijau Provinsi Papua

Tabel 4. Hasil Perhitungan DDF Papua

Tahun	Dval	Tenaga Kerja	Kredit	PDRB	Emisi
2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Rata-rata	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Hasil analisis *non-radial Directional Distance Function* (DDF) Provinsi Papua menyajikan kinerja yang sangat konsisten dan superior. Tabel X merangkum hasil DDF Provinsi Papua selama periode 2017–2022. Provinsi Papua secara konsisten mencapai efisiensi teknis yang optimal selama keseluruhan periode analisis, di mana skor Dval bernilai 0.0000 pada setiap tahun. Artinya, tidak ada lagi ruang untuk perbaikan pada semua variabel, baik dari sisi input (tenaga kerja dan kredit), output baik (PDRB), maupun output buruk (emisi). Dengan demikian, dalam lingkup perbandingannya dengan provinsi-provinsi lain dalam sampel ini, Papua telah beroperasi tepat di batas efisiensi.

Tabel 5. Hasil Perhitungan MLPI Papua

Tahun	MLPI	EC	TC
2017–2018	1.0182	1.0000	1.0182
2018–2019	0.8458	1.0000	0.8458
2019–2020	1.0186	1.0000	1.0186
2020–2021	1.0767	1.0000	1.0767
2021–2022	1.0699	1.0000	1.0699
Rata-rata	1.0058	1.0000	1.0058

Melanjutkan temuan dari analisis DDF, analisis dilanjutkan secara dinamis untuk mengukur perubahan produktivitas hijau dari tahun ke tahun. Hasil perhitungan Indeks Malmquist-Luenberger (MLPI) pada Tabel 5 mengonfirmasi status superior Papua sebagai

unit yang efisien. Hal ini terlihat pada komponen Perubahan Efisiensi (EC), yang nilainya secara konsisten sebesar 1.0000 pada setiap periode. Akibatnya, seluruh dinamika perubahan produktivitas hijau Papua bergantung oleh Perubahan Teknologi (TC).

Secara rata-rata, Papua mengalami kemajuan teknologi sebesar 0,58% per tahun selama periode 2017–2022. Namun, sempat terjadi kemunduran teknologi sebesar 15,42% pada periode 2018–2019 sehingga menyebabkan penurunan produktivitas hijau pada periode tersebut, sebelum kembali mengalami peningkatan pada periode-periode berikutnya. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan produktivitas hijau Papua tidak lagi bergantung pada perbaikan efisiensi internal, melainkan bergantung pada inovasi dan kondisi makro.

Berdasarkan analisis sebelumnya, telah diketahui bahwa Provinsi Papua Barat berhasil melakukan perbaikan efisiensi, namun masih mengalami kendala dalam perubahan teknologi. Sementara itu, Provinsi Papua konsisten beroperasi pada tingkat efisiensi teknis optimal selama periode analisis sehingga bergantung sepenuhnya pada perubahan teknologi. Pengembangan teknologi di kedua provinsi tersebut memerlukan kerja sama antarpemangku kepentingan.

Pemerintah melalui Kementerian PPN/Bappenas telah melaksanakan beberapa proyek pembangunan rendah karbon (PRK). Terdapat tujuh provinsi prioritas sebagai percontohan implementasi PRK, yaitu Sulawesi Selatan, Jawa Tengah, Jawa Barat, Papua, Papua Barat, Riau dan Bali. Proyek-proyek *scaling-up* pada Tabel 6 berfokus pada penguatan kelompok masyarakat dan penyediaan bantuan teknis seperti bibit dan peralatan, yang secara langsung berkontribusi pada peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya alam di tingkat lokal. Namun, upaya perbaikan efisiensi ini belum cukup kuat untuk melawan pergeseran negatif dari batas teknologi secara keseluruhan.

Tabel 6. Proyek *Scaling-up* dalam Pembangunan Rendah Karbon Provinsi Papua & Papua Barat Sumber: Bappenas, 2020

Papua		**Papua Barat**	
Kegiatan	**Kebutuhan**	**Kegiatan**	**Kebutuhan**
Revegetasi/reboisasi lahan untuk ekowisata Kabupaten Timika	*Workshop*, studi banding, modal awal kelompok, peralatan pengolah sampah, sarana pembibitan	Pengelolaan kawasan pesisir Teluk Arguni di Kabupaten Kaimana	*Workshop*, penguatan kelompok, bantuan bibit, bantuan sarana wisata, modal awal

Pengelolaan limbah di Kabupaten Timika	*Workshop*, studi banding, modal awal kelompok, peralatan pengolah sampah	Pengelolaan hutan kemasyarakatan di Kabupaten Manokwari Selatan	*Workshop*, penguatan kelompok, bantuan alat, pupuk dan bibit

Apabila dilihat dari strategi dan penahapan pembangunan rendah karbon dalam RPJMN 2025–2029, hanya ada dua PSN di tanah Papua yang berhubungan dengan PRK. Pertama, Kawasan Industri Teluk Bintuni dan Pengembangan Industri Metanol, Ammonia, dan Pemanfaatan Karbon dari hasil CCUS/CCS di Papua Barat, dengan pelaksana pihak swasta. Kedua, Pengembangan Lumbung Pangan: Pengembangan Food Estate di Papua Selatan, dengan pelaksana Kementerian Pertanian dan pihak swasta. Melihat hal tersebut, implementasi PSN yang ada perlu diselaraskan dengan prinsip PRK, sementara perencanaan PSN di masa depan harus dirancang dengan fondasi ekonomi hijau.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis *Directional Distance Function* (DDF) dan *Malmquist-Luenberger Index* (MLI) menunjukkan bahwa sumber inefisiensi statis di Papua Barat berasal dari pengelolaan input dan emisi. Meskipun menunjukkan adanya perbaikan efisiensi internal yang positif (rata-rata EC > 1), produktivitas hijaunya justru mengalami penurunan. Di sisi lain, Provinsi Papua menunjukkan kinerja sebagai unit yang 100% efisien selama periode analisis. Hal ini dibuktikan dengan skor DDF yang selalu nol dan nilai perubahan efisiensi (EC) yang konstan di angka 1. Temuan ini menempatkan Papua sebagai tolak ukur dalam kelompok sampelnya, di mana dinamika produktivitasnya sepenuhnya merupakan cerminan dari perubahan teknologi (TC) yang terjadi secara sistemik.

Temuan ini memiliki implikasi kebijakan yang sejalan dengan agenda pembangunan rendah karbon (PRK) yang dicanangkan dalam RPJPN 2025-2045. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa rekomendasi yang diusulkan kepada pihak terkait sebagai berikut:

1. Provinsi Papua Barat: Pertama, mempertahankan momentum perubahan efisiensi (EC) melalui program-program peningkatan kapasitas di tingkat lokal, seperti yang telah dirancang dalam 7 Proyek Implementasi PRK. Pihak terkait perlu meningkatkan investasi dalam pendidikan lingkungan untuk masyarakat lokal, guna memperkuat keterlibatan dalam konservasi dan pengelolaan sumber daya alam. Kedua, untuk mengatasi kemunduran teknologi, pemerintah dapat menyusun dana alokasi khusus

untuk proyek energi terbarukan skala kecil, seperti tenaga surya atau biogas, guna meningkatkan akses energi dan mengurangi dampak lingkungan.

2. Provinsi Papua: Untuk mempertahankan efisiensi, diperlukan adanya pembiayaan proyek transportasi berkelanjutan dengan memperbanyak transportasi publik bertenaga listrik. Selain itu, pihak terkait dapat memberikan dukungan pada pertanian berkelanjutan berbasis *agroforestry* untuk meningkatkan ekonomi lokal sambil menjaga kelestarian lingkungan. Sementara itu, untuk mendorong inovasi teknologi, pemerintah perlu mendorong investasi untuk pengurangan emisi industri dengan menggunakan sumber energi terbarukan.
3. Dalam skala yang lebih besar, diperlukan adanya penerapan teknologi bersih pada industri melalui skema insentif pajak untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P. (2013). *The Porter Hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness?* Review of Environmental Economics and Policy, 7(1), 2–22. https://doi.org/10.1093/reep/res016

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, *30*(9), 1078–1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity. *Econometrica*, *50*(6), 1393–1414. https://doi.org/10.2307/1913388

Chambers, R. G., Chung, Y., & Färe, R. (1996). Benefit and distance functions. *Journal of Economic Theory*, *70*(2), 407–419. https://doi.org/10.1006/jeth.1996.0096

Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2*(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Cheng, Z., & Kong, S. (2022). The effect of environmental regulation on green total-factor productivity in China's industry. *Environmental Impact Assessment Review*, *94*, 106757. https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106757

Chung, Y. H., Färe, R., & Grosskopf, S. (1997). Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach. *Journal of Environmental Management*, *51*(3), 229–240. https://doi.org/10.1006/jema.1997.0146

Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2007). Data Envelopment analysis. In *Springer eBooks*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-45283-8

den Elzen, M. G. J., Dafnomilis, I., Forsell, N., Fragkos, P., Fragkiadakis, K., Höhne, N., Kuramochi, T., Nascimento, L., Roelfsema, M., van Soest, H., & Sperling, F. (2022). Updated nationally determined contributions collectively raise ambition levels but need strengthening further to keep Paris goals within reach. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *27*(6), 1–29. https://doi.org/10.1007/s11027-022-10008-7

Dissanayake, S., Mahadevan, R., & Asafu-Adjaye, J. (2020). Evaluating the efficiency of carbon emissions policies in a large emitting developing country. *Energy Policy*, *136*, 111080. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111080

Halizah, A., & Furqon, I. K. (2024). Carbon Tax Transformation Strategy in Sustainable Economic Development towards Green Economy in Indonesia. *Jurnal Lemhannas RI*, *12*(3), 333–349. https://doi.org/10.55960/jlri.v12i3.951

Horbach, J., Rammer, C., & Rennings, K. (2011). Determinants of Eco-innovations by Type of Environmental Impact: The Role of Regulatory Push/Pull, Technology Push and Market Pull. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.1805765

Liu, M., Zhu, Y., & Zhang, J. (2024). Can Environmental Regulation Enhance Green Total Factor Productivity?—Evidence from 107 Cities in the Yangtze River Economic Belt. *Sustainability*, *16*(12), 5243. https://doi.org/10.3390/su16125243

Liu, W., Naseem, M., & Nur Syazwani Mazlan. (2024). Research on the impact of digital

economy on green total factor productivity: theoretical mechanism and multidimensional empirical analysis. *Frontiers in Environmental Science*, *12*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1383764

Liu, Y., Yang, Y., Li, H., & Zhong, K. (2022). Digital Economy Development, Industrial Structure Upgrading and Green Total Factor Productivity: Empirical Evidence from China's Cities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(4), 2414. https://doi.org/10.3390/ijerph19042414

Liu, Z., Liu, J., Yin, Y., & Zhu, X. (2023). Effects of digital economy and city size on green total factor productivity. *Frontiers in Environmental Science*, *11*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1225406

Luenberger, D. G. (1992). Benefit functions and duality. *Journal of Mathematical Economics*, *21*(5), 461–481. https://doi.org/10.1016/0304-4068(92)90035-6

Luo, Y., Mensah, C. N., Lu, Z., & Wu, C. (2022). Environmental regulation and green total factor productivity in China: A perspective of Porter's and Compliance Hypothesis. *Ecological Indicators*, *145*, 109744. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109744

Ma, Y., Lin, T., & Xiao, Q. (2022). The Relationship between Environmental Regulation, Green-Technology Innovation and Green Total-Factor Productivity—Evidence from 279 Cities in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(23), 16290. https://doi.org/10.3390/ijerph192316290

Marlina, L., Rusydiana, A. S., & Athoillah, M. A. (2018). Malmquist Index To Measure The Efficiency and Productivity of Indonesia Islamic Banks. Pridobljeno, 20(7).

O'Donnell, C. J., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (2007). Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics*, *34*(2), 231–255. https://doi.org/10.1007/s00181-007-0119-4

Oh, D.-H. (2010). A metafrontier approach for measuring an environmentally sensitive productivity growth index. *Energy Economics*, *32*(1), 146–157. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.07.006

Ou, X., & Jiang, H. (2023). The impact of environmental regulation on firm performance: Evidence from the pulp and paper industry in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*, 2982.

https://doi.org/10.3390/ijerph20042982

Pan, D., et al. (2023). Quantifying the effectiveness of environmental regulations based on Porter Hypothesis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(4), 2980. https://doi.org/10.3390/ijerph20042980

Panagiotis Fragkos, van, Horowitz, R., & Eleftheria Zisarou. (2024). Analysing the Transformative Changes of Nationally Determined Contributions and Long-Term Targets. *Climate*, *12*(6), 87–87. https://doi.org/10.3390/cli12060087

PEMBANGUNAN RENDAH KARBON INDONESIA. (2020).

https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2021/04/Buku-7-Profil-Project-LCDI_REV2.pdf

Qiu, Y., et al. (2023). Impact of industrial structure upgrading on green innovation: Evidence from Chinese cities. *Environmental Science and Pollution Research International*, *30*(2), 3887–3900. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22162-1

Rachman Djamal, Alfina Handayani, & Tri Risandewi. (2022). The readiness of local regulations in supporting low carbon development in Central Java Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, *1016*(1), 012044.

https://doi.org/10.1088/1755-1315/1016/1/012044

Ramdani, D. (2023). Indonesia's Economic Impact of the Carbon Tax. *Wiga: Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi*, *13*(1), 62–73. https://doi.org/10.30741/wiga.v13i1.970

Reyseliani, N., Hidayatno, A., & Purwanto, W. W. (2022). Implication of the Paris agreement target on Indonesia electricity sector transition to 2050 using TIMES model. *Energy Policy*, *169*, 113184. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113184

RIzal, A., Abidin, A. D., & Iqbal Aryawidya Jhoncilla. (2025). Strengthening Carbon Tax: Implementing the Paris Agreement and the Green Economy in Indonesia. *Hang Tuah Law Journal*, 328–350. https://doi.org/10.30649/htlj.v9i1.282

Rogelj, J., den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H., Schaeffer, R., Sha, F., Riahi, K., & Meinshausen, M. (2016). Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C. *Nature*, *534*(7609), 631–639. https://doi.org/10.1038/nature18307

Rosalie, T., Riani, Y., & Meiryani. (2024b). The Urgency of Implementing Carbon Tax on Jakarta's Air Quality (Tax Incentives as Moderation Variable). *E3S Web of Conferences*, *559*, 04025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455904025

Shephard, R. W. (1970). Theory of cost and production function. Princeton: Princeton University Press.

Sheng, Z., Zhu, C., & Chen, M. (2024). Exploring the Impact of the Digital Economy on Green Total Factor Productivity—Evidence from Chinese Cities. *Sustainability*, *16*(7), 2734. https://doi.org/10.3390/su16072734

Siregar, S. (2025). Estimation of the Effect of Carbon Tax Implementation on Household Income Distribution in Indonesia: Quantitative Analysis with Miyazawa Input-Output Approach. *ArXiv.org*. https://arxiv.org/abs/2501.08177

Sun, J., Tang, D., Kong, H., & Boamah, V. (2022). Impact of Industrial Structure Upgrading on Green Total Factor Productivity in the Yangtze River Economic Belt. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(6). https://doi.org/10.3390/ijerph19063718

Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *130*(3), 498–509. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5

Tone, K., & Tsutsui, M. (2010). An epsilon-based measure of efficiency in DEA: A third pole of technical efficiency. *European Journal of Operational Research*, *207*(3), 1554–1563. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.07.014

UPAYA MENCAPAI NET ZERO EMISSIONS. (n.d.). Retrieved August 21, 2025, from

https://lcdi-indonesia.id/wp-content/uploads/2025/05/Strategi-dan-Penahapan-Pembangunan-Rendah-Karbon-dalam-RPJPN-2025-2045-Upaya-mencapai-Net-Zero-Emissions.pdf

Wang, J., & Guo, D. (2023). Siphon and radiation effects of ICT agglomeration on green total factor productivity: Evidence from a spatial Durbin model. *Energy Economics*, *126*, 106953–106953. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106953

Yang, Y., Wei, X., Wei, J., & Gao, X. (2022). Industrial Structure Upgrading, Green Total Factor Productivity and Carbon Emissions. *Sustainability*, *14*(2), 1009. https://doi.org/10.3390/su14021009

Zhang, T., & Guo, Y. (2024). Spatiotemporal heterogeneity of green total factor productivity in Chinese cities under technological heterogeneity. *Energy Reports*, *11*, 1535–1543. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.01.034

Zheng, Z. (2021). Energy efficiency evaluation model based on DEA-SBM-Malmquist index. Energy Reports, 7, 397–409. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.10.020

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Perhitungan DDF 2012–2017

Provinsi	Tahun	Dval	Tenaga Kerja	Kredit	PDRB	Emisi
Jawa Barat	2012	1.7466	0.6756	0.4551	0.0000	0.6159
Jawa Barat	2013	1.3700	0.2116	0.4287	0.0000	0.7297
Jawa Barat	2014	1.2632	0.5392	0.4079	0.0000	0.3161
Jawa Barat	2015	1.2074	0.1633	0.3835	0.0000	0.6605
Jawa Barat	2016	1.2702	0.2118	0.4143	0.0000	0.6440
Jawa Barat	2017	1.3500	0.2436	0.4295	0.0000	0.6769
Jawa Tengah	2012	1.8949	0.7556	0.5323	0.0000	0.6070
Jawa Tengah	2013	1.7066	0.4070	0.4974	0.0000	0.8022
Jawa Tengah	2014	1.5723	0.3779	0.4644	0.0000	0.7299
Jawa Tengah	2015	1.6043	0.3634	0.4863	0.0000	0.7546
Jawa Tengah	2016	1.7291	0.3922	0.5165	0.0000	0.8204
Jawa Tengah	2017	1.7078	0.4007	0.4883	0.0000	0.8187
Jawa Timur	2012	1.8808	0.6600	0.5675	0.0000	0.6534
Jawa Timur	2013	1.5643	0.1797	0.5669	0.0000	0.8178
Jawa Timur	2014	1.4860	0.4986	0.5486	0.0000	0.4388
Jawa Timur	2015	1.6423	0.7765	0.4771	0.0000	0.3888
Jawa Timur	2016	1.4473	0.1305	0.5579	0.0000	0.7589
Jawa Timur	2017	1.5020	0.1498	0.5748	0.0000	0.7775
Kalimantan Timur	2012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Maluku	2012	1.7057	0.7999	0.3821	0.0000	0.5237
Maluku	2013	1.6047	0.5068	0.3373	0.0000	0.7606
Maluku	2014	1.3515	0.4727	0.1985	0.0000	0.6803

Maluku	2015	1.4350	0.5079	0.1861	0.0000	0.7410
Maluku	2016	1.5536	0.5504	0.2242	0.0000	0.7790
Maluku	2017	1.5346	0.5009	0.2620	0.0000	0.7717
Maluku Utara	2012	1.5308	0.7792	0.2565	0.0000	0.4951
Maluku Utara	2013	1.4197	0.4651	0.2037	0.0000	0.7509
Maluku Utara	2014	1.1526	0.4364	0.0223	0.0000	0.6940
Maluku Utara	2015	1.2649	0.4552	0.0154	0.0000	0.7942
Maluku Utara	2016	1.4135	0.4964	0.0793	0.0000	0.8378
Maluku Utara	2017	1.4037	0.4549	0.1468	0.0000	0.8021
Papua	2012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua Barat	2012	0.7059	0.2684	0.0897	0.0000	0.3478
Papua Barat	2013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua Barat	2014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua Barat	2015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua Barat	2016	0.0851	0.0000	0.0000	0.0000	0.0851
Papua Barat	2017	0.0555	0.0000	0.0000	0.0000	0.0555
Riau	2012	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2016	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sulawesi Selatan	2012	1.8270	0.6529	0.6365	0.0000	0.5376
Sulawesi Selatan	2013	1.4841	0.1297	0.5842	0.0000	0.7702
Sulawesi Selatan	2014	1.4084	0.4885	0.5610	0.0000	0.3589
Sulawesi Selatan	2015	1.3497	0.0629	0.5834	0.0000	0.7034

Sulawesi Selatan	2016	1.4472	0.1349	0.5861	0.0000	0.7262
Sulawesi Selatan	2017	1.3920	0.0715	0.6026	0.0000	0.7179
Sumatera Selatan	2012	1.5651	0.6454	0.4647	0.0000	0.4550
Sumatera Selatan	2013	1.3139	0.1265	0.4536	0.0000	0.7339
Sumatera Selatan	2014	1.1763	0.1246	0.4178	0.0000	0.6339
Sumatera Selatan	2015	1.3534	0.4994	0.4630	0.0000	0.3910
Sumatera Selatan	2016	1.5305	0.2222	0.4647	0.0000	0.8436
Sumatera Selatan	2017	1.4827	0.1886	0.4661	0.0000	0.8280
Sumatera Utara	2012	1.7319	0.6279	0.7388	0.0000	0.3652
Sumatera Utara	2013	1.5594	0.1223	0.7290	0.0000	0.7081
Sumatera Utara	2014	1.2502	0.0438	0.6904	0.0000	0.5161
Sumatera Utara	2015	1.4192	0.0450	0.6975	0.0000	0.6767
Sumatera Utara	2016	1.5392	0.0888	0.7080	0.0000	0.7425
Sumatera Utara	2017	1.7929	0.7388	0.6743	0.0000	0.3797

Lampiran 2. Hasil Perhitungan MLPI 2012–2017

Provinsi	Periode	MLPI	EC	TC
Jawa Barat	2012~2013	1.0794	1.1240	0.9603
Jawa Barat	2013~2014	0.9828	1.0133	0.9699
Jawa Barat	2014~2015	1.0772	1.0450	1.0309
Jawa Barat	2015~2016	1.0608	0.9990	1.0618
Jawa Barat	2016~2017	0.9744	0.9648	1.0099
Jawa Tengah	2012~2013	1.0165	1.0120	1.0044
Jawa Tengah	2013~2014	1.0083	1.0604	0.9509
Jawa Tengah	2014~2015	1.0256	0.9898	1.0362
Jawa Tengah	2015~2016	1.0024	0.9518	1.0531
Jawa Tengah	2016~2017	1.0037	0.9942	1.0095
Jawa Timur	2012~2013	1.0334	1.0772	0.9594
Jawa Timur	2013~2014	1.0305	1.0524	0.9792
Jawa Timur	2014~2015	0.9546	0.9393	1.0163
Jawa Timur	2015~2016	1.1479	1.1144	1.0301

Jawa Timur	2016~2017	0.9828	0.9781	1.0048
Kalimantan Timur	2012~2013	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2013~2014	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2014~2015	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2015~2016	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2016~2017	.	1.0000	.
Maluku	2012~2013	0.9237	1.0056	0.9186
Maluku	2013~2014	1.0291	1.1638	0.8842
Maluku	2014~2015	0.9929	1.0116	0.9816
Maluku	2015~2016	0.9994	0.9616	1.0393
Maluku	2016~2017	0.9777	0.9604	1.0181
Maluku Utara	2012~2013	0.9154	1.0463	0.8749
Maluku Utara	2013~2014	1.0339	1.1321	0.9132
Maluku Utara	2014~2015	0.9640	0.9940	0.9698
Maluku Utara	2015~2016	0.9795	0.9476	1.0337
Maluku Utara	2016~2017	0.9750	0.9588	1.0168
Papua	2012~2013	0.9640	1.0000	0.9640
Papua	2013~2014	0.8965	1.0000	0.8965
Papua	2014~2015	1.0407	1.0000	1.0407
Papua	2015~2016	1.0822	1.0000	1.0822
Papua	2016~2017	1.0029	1.0000	1.0029
Papua Barat	2012~2013	0.8951	1.0327	0.8667
Papua Barat	2013~2014	0.9775	1.0000	0.9775
Papua Barat	2014~2015	0.9896	1.0000	0.9896
Papua Barat	2015~2016	0.9578	0.9840	0.9734
Papua Barat	2016~2017	1.0158	1.0053	1.0105
Riau	2012~2013	.	1.0000	.
Riau	2013~2014	.	1.0000	.
Riau	2014~2015	.	1.0000	.
Riau	2015~2016	.	1.0000	.
Riau	2016~2017	.	1.0000	.

Sulawesi Selatan	2012~2013	1.0390	1.0858	0.9568
Sulawesi Selatan	2013~2014	0.9998	1.0236	0.9768
Sulawesi Selatan	2014~2015	1.0668	1.0429	1.0229
Sulawesi Selatan	2015~2016	1.0314	0.9892	1.0426
Sulawesi Selatan	2016~2017	1.0479	1.0422	1.0054
Sumatera Selatan	2012~2013	1.0329	1.0777	0.9584
Sumatera Selatan	2013~2014	1.0027	1.0314	0.9721
Sumatera Selatan	2014~2015	0.9407	0.9190	1.0237
Sumatera Selatan	2015~2016	0.9750	0.9453	1.0315
Sumatera Selatan	2016~2017	1.0368	1.0329	1.0038
Sumatera Utara	2012~2013	1.0075	1.0519	0.9578
Sumatera Utara	2013~2014	1.0801	1.1143	0.9692
Sumatera Utara	2014~2015	0.9636	0.9366	1.0289
Sumatera Utara	2015~2016	1.0166	0.9775	1.0400
Sumatera Utara	2016~2017	0.8606	0.8584	1.0025

Lampiran 3. Hasil Perhitungan DDF 2017–2022

Provinsi	Tahun	Dval	Tenaga Kerja	Kredit	PDRB	Emisi
Jawa Barat	2017	1.3500	0.2436	0.4295	0.0000	0.6769
Jawa Barat	2018	1.2970	0.2265	0.4526	0.0000	0.6180
Jawa Barat	2019	0.9208	0.0882	0.3168	0.0000	0.5158
Jawa Barat	2020	1.1298	0.1667	0.3585	0.0000	0.6047
Jawa Barat	2021	1.0593	0.1886	0.4332	0.0000	0.4375
Jawa Barat	2022	1.2808	0.2351	0.4541	0.0000	0.5916
Jawa Tengah	2017	1.7078	0.4007	0.4883	0.0000	0.8187
Jawa Tengah	2018	1.7475	0.3858	0.5875	0.0000	0.7742
Jawa Tengah	2019	1.4432	0.2426	0.4921	0.0000	0.7084
Jawa Tengah	2020	1.5780	0.3185	0.5200	0.0000	0.7395
Jawa Tengah	2021	1.6760	0.3309	0.5866	0.0000	0.7585
Jawa Tengah	2022	1.7858	0.3577	0.6136	0.0000	0.8145
Jawa Timur	2017	1.5020	0.1498	0.5748	0.0000	0.7775
Jawa Timur	2018	1.5824	0.1466	0.5996	0.0000	0.8362
Jawa Timur	2019	1.2206	0.6711	0.5495	0.0000	0.0000
Jawa Timur	2020	2.4318	0.4072	0.0000	1.1398	0.8848
Jawa Timur	2021	2.2583	0.4589	0.0000	0.9106	0.8888

Jawa Timur	2022	2.2058	0.4849	0.0000	0.8260	0.8949
Kalimantan Timur	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kalimantan Timur	2022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Maluku	2017	1.5346	0.5009	0.2620	0.0000	0.7717
Maluku	2018	1.6858	0.5502	0.3861	0.0000	0.7495
Maluku	2019	1.3914	0.4498	0.2559	0.0000	0.6856
Maluku	2020	1.4959	0.5091	0.2784	0.0000	0.7084
Maluku	2021	1.6697	0.5238	0.4120	0.0000	0.7340
Maluku	2022	1.7833	0.5336	0.4705	0.0000	0.7791
Papua	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Papua	2022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2021	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Riau	2022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sulawesi Selatan	2017	1.3920	0.0715	0.6026	0.0000	0.7179
Sulawesi Selatan	2018	1.5439	0.1197	0.6034	0.0000	0.8208
Sulawesi Selatan	2019	1.1889	0.6704	0.5185	0.0000	0.0000
Sulawesi Selatan	2020	1.3011	0.7039	0.5090	0.0000	0.0881
Sulawesi Selatan	2021	1.3229	0.0087	0.5237	0.0000	0.7904
Sulawesi Selatan	2022	1.4377	0.0646	0.5422	0.0000	0.8309
Sumatera Selatan	2017	1.4827	0.1886	0.4661	0.0000	0.8280
Sumatera Selatan	2018	1.4878	0.1640	0.4929	0.0000	0.8308
Sumatera Selatan	2019	1.2431	0.7282	0.3774	0.0000	0.1375
Sumatera Selatan	2020	1.3490	0.7264	0.4351	0.0000	0.1875
Sumatera Selatan	2021	1.2823	0.0778	0.4029	0.0000	0.8015
Sumatera Selatan	2022	1.4069	0.7259	0.2828	0.0000	0.3981

Sumatera Utara	2017	1.7929	0.7388	0.6743	0.0000	0.3797
Sumatera Utara	2018	1.7584	0.1753	0.7321	0.0000	0.8509
Sumatera Utara	2019	1.3664	0.0000	0.6516	0.0000	0.7149
Sumatera Utara	2020	1.5345	0.7202	0.6730	0.0000	0.1414
Sumatera Utara	2021	1.3022	0.0721	0.6454	0.0000	0.5848
Sumatera Utara	2022	1.4473	0.1071	0.6514	0.0000	0.6888

Lampiran 4. Hasil Perhitungan MLPI 2017–2022

Provinsi	Periode	MLPI	EC	TC
Jawa Barat	2017~2018	1.0415	1.0365	1.0048
Jawa Barat	2018~2019	1.0022	1.1239	0.8918
Jawa Barat	2019~2020	0.9560	0.9205	1.0386
Jawa Barat	2020~2021	1.0756	1.0425	1.0317
Jawa Barat	2021~2022	0.9906	0.9248	1.0711
Jawa Tengah	2017~2018	1.0368	1.0316	1.0050
Jawa Tengah	2018~2019	1.0265	1.1356	0.9039
Jawa Tengah	2019~2020	0.9701	0.9381	1.0341
Jawa Tengah	2020~2021	1.0077	0.9827	1.0254
Jawa Tengah	2021~2022	1.0066	0.9558	1.0531
Jawa Timur	2017~2018	0.9539	0.9545	0.9994
Jawa Timur	2018~2019	1.0591	1.1257	0.9408
Jawa Timur	2019~2020	0.6816	0.6737	1.0117
Jawa Timur	2020~2021	1.0068	1.0031	1.0036
Jawa Timur	2021~2022	1.0057	0.9982	1.0075
Kalimantan Timur	2017~2018	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2018~2019	.	1.0000	.
Kalimantan Timur	2019~2020	0.9779	1.0000	0.9779
Kalimantan Timur	2020~2021	0.9619	1.0000	0.9619
Kalimantan Timur	2021~2022	1.0033	1.0000	1.0033
Maluku	2017~2018	0.8969	0.8722	1.0284
Maluku	2018~2019	0.9803	1.1546	0.8490
Maluku	2019~2020	0.9765	0.9740	1.0026
Maluku	2020~2021	0.9638	0.9003	1.0706
Maluku	2021~2022	1.0104	0.9643	1.0478
Papua	2017~2018	1.0182	1.0000	1.0182
Papua	2018~2019	0.8458	1.0000	0.8458
Papua	2019~2020	1.0186	1.0000	1.0186
Papua	2020~2021	1.0767	1.0000	1.0767

Papua	2021~2022	1.0699	1.0000	1.0699
Riau	2017~2018	.	1.0000	.
Riau	2018~2019	.	1.0000	.
Riau	2019~2020	0.9552	1.0000	0.9552
Riau	2020~2021	0.9505	1.0000	0.9505
Riau	2021~2022	0.9492	1.0000	0.9492
Sulawesi Selatan	2017~2018	0.9022	0.9029	0.9992
Sulawesi Selatan	2018~2019	1.0423	1.1069	0.9416
Sulawesi Selatan	2019~2020	0.9712	0.9524	1.0198
Sulawesi Selatan	2020~2021	1.0084	0.9823	1.0266
Sulawesi Selatan	2021~2022	1.0064	0.9556	1.0531
Sumatera Selatan	2017~2018	1.0117	1.0124	0.9994
Sumatera Selatan	2018~2019	1.0137	1.0742	0.9438
Sumatera Selatan	2019~2020	0.9806	0.9626	1.0188
Sumatera Selatan	2020~2021	1.0223	0.9971	1.0252
Sumatera Selatan	2021~2022	0.9754	0.9298	1.0490
Sumatera Utara	2017~2018	1.0208	1.0228	0.9980
Sumatera Utara	2018~2019	1.0836	1.1522	0.9405
Sumatera Utara	2019~2020	0.9574	0.9376	1.0211
Sumatera Utara	2020~2021	1.1696	1.1368	1.0288
Sumatera Utara	2021~2022	1.0024	0.9394	1.0670

POTENSI PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO BERBASIS HYDROFINANCE UNTUK HILIRISASI ENERGI TERBARUKAN DI PROVINSI PAPUA BARAT

Abdul Mustofa Iqbal Asyrof
Eksa Valentine Estrella
M.Rayhan Rifqi Alhanzha Putra

Abstrak

Pengembangan energi terbarukan menjadi salah satu fokus strategis dalam mewujudkan kemandirian energi nasional dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini mengkaji potensi pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berbasis HydroFinance di Provinsi Papua Barat sebagai model pembiayaan hijau untuk mendukung hilirisasi energi terbarukan. Melalui pendekatan studi literatur dan analisis deskriptif kualitatif, penelitian ini merumuskan skema pembiayaan inklusif yang terintegrasi dengan prinsip green finance, pemberdayaan masyarakat, dan teknologi ramah lingkungan. Hasil kajian menunjukkan bahwa Papua Barat memiliki potensi ekologis dan hidrologis yang tinggi untuk pembangunan PLTMH. Model HydroFinance menawarkan solusi atas kendala pembiayaan konvensional melalui skema green microfinance, kemitraan dengan BUMDes, serta sistem keuangan digital berbasis komunitas. Dari aspek ekonomi, proyek ini terbukti layak secara finansial dengan nilai HPP sebesar Rp978,88/kWh dan Break Even Point (BEP) selama 9,48 tahun. Riset ini memberikan prespektif baru terhadap integrasi antara pembiayaan hijau, pemberdayaan sosial, dan tata kelola energi berbasis lokal. Kesimpulannya, HydroFinance merupakan inovasi yang potensial dan berkelanjutan dalam mendorong transisi energi bersih di wilayah tertinggal serta memperkuat ekonomi desa secara inklusif dan partisipatif.

Kata Kunci: HydroFinance, Energi Terbarukan, Papua Barat.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menghadapi tantangan global dan ketidakpastian ekonomi, Indonesia menempatkan hilirisasi dan industrialisasi sebagai strategi utama untuk meningkatkan daya saing nasional. Salah satu sektor strategis yang menjadi fokus adalah pengembangan energi terbarukan. Program ini sejalan dengan Rancangan Umum Energi Nasional (RUEN) 2019 – 2038 yang ditetapkan oleh pemerintah. Program ini bertujuan untuk meningkatkan produksi energi terbarukan dalam negeri. Rencana jangka panjang program ini adalah untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan, kemandirian energi dalam 20 tahun kedepan (Ningsih, 2024). Program ini juga mencakup proses hilirisasi energi yang bertujuan meningkatkan nilai tambah sumber daya alam dan memperkuat ketahanan energi nasional serta menciptakan lapangan kerja baru di sektor-sektor inovatif.

Pemerintah Indonesia telah meluncurkan berbagai program strategis untuk percepatan pembangunan energi nasional, salah satunya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Hikrohidro (PLTMH). Pengertian dari PLTMH adalah pembangkit listrik dengan skala kecil yang memanfaatkan tenaga air untuk menggerakanya. Unsur penggerak dari PLTMH antara lain adalah saluran irigasi, sungai, dan air terjun (Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani, 2017). Prinsip kerja dari PLTMH adalah memanfaatkan beda tinggi dan jumlah aliran sungai. Air yang mengalir melalui intake akan diteruskan oleh saluran menuju penstock dan akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik (Putra, Weking dan Jasa, 2018).

Salah satu fokus utama dalam pengembangan energi baru terbarukan (EBT) yang dicanangkan oleh pemerintah Indonesia adalah untuk menjawab tantangan pemenuhan energi di wilayah 3T (Terdepan, Terluar, dan Tertinggal), di mana akses terhadap listrik masih sangat terbatas. Provinsi Papua Barat merupakan salah satu wilayah 3T yang memiliki potensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Wilayah ini mempunyai kondisi topografi dan debit air yang mendukung pembangunan mikrohidro sebagai solusi energi terbarukan berbasis lokal. Selain sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan energi, pengembangan PLTMH di Papua Barat berpotensi mendorong pembangunan berkelanjutan, pemberdayaan masyarakat adat, dan penguatan ekonomi desa melalui pendekatan konservasi dan kearifan lokal.

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Indonesia khususnya pada daerah terpencil dan tertinggal daerah

Tertinggal, Terdepan, dan Terluar 3T adalah terbatasnya akses terhadap skema pembiayaan yang berkelanjutan dan inklusif. Meskipun potensi energi air melimpah dan teknologi PLTMH relatif ramah lingkungan untuk kebutuhan skala lokal, proyek terkendala pada minimnya dukungan finansial, lemahnya kolaborasi antara pemangku kepentingan, serta kurangnya pemahaman masyarakat dan lembaga keuangan terhadap kelayakan investasi berbasis energi terbarukan. Riset ini berupaya memberikan jawaban tentang keterbatasan skema pembiayaan hijau dengan menganalisis kelayakan sumber daya alam, memberikan skema pembiayaan berbasis hydrofinance dan memberikan rekomendasi rancangan keuangan dalam mengembangkan PLTMH dengan berbasis lingkungan dan pembangunan masyarakat.

HydroFinance hadir sebagai solusi inovatif dalam pembiayaan hijau berbasis PLTMH yang tidak hanya mendukung hilirisasi energi terbarukan, tetapi juga memberdayakan komunitas lokal dan memperkuat ekosistem bisnis berkelanjutan. Program ini selaras dengan tema kompetisi “Sinergi Memperkuat Stabilitas dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang inklusif, Berkelanjutan Serta Berbasis Padat Karya”. Konsep hydrofinance mengintegrasikan prinsip green finance yang secara umum bertujuan membuat kerangka model pembiayaan yang menakankan pada pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan berbasis lingkunga. HydroFinance diharapkan mampu menjadi model pembiayaan hijau yang adaptif, inklusif, dan mendukung pencapaian program strategis pemerintah di bidang energi terbarukan.

Pada riset terdahulu telah dijelaskan bahwa Provinsi Papua Barat mempunyai potensi dalam pembangunan PLTMH. Dalam riset yang dilakukan oleh (Shofiyah, Gunandar dan Ariyanti, 2023) PLTMH anggi di Kabupaten Arfak dengan dengan 6 sungai mampu beroprasi dengan menghasilkan kapasitas produksi listrik sebesar 108,9 kW dan PLTMH di kali ombak Kabupaten Maybrat sebesar 80 kW. PLTMH anggi mampu menurunkan emisi sebear 2,1693 ton dan PLTMH kali ombak mampu menurunkan emisi sebesar 0,0562 ton. Kedua PLTMH tersebut memberikan dampak terhdap kelestarian lingkungan dengan menurunkan emisi. Novelty dari riset ini adalah memberikan analisis tentang skema pembiayaan hijau dengan menggunakan konsep hydrofinance yang mampu diimplementasikan untuk mendukung keberlanjutan dari pembangunan PLTMH di Papua Barat. Skema pembiayaan menjadi hal penting untuk memberikan gambaran pengelolaan PLTMH dengan berbasis green economy untuk memastikan PLTMH beroprasi dengan efisien, akuntabel, dan memberikan manfaat kepada masyarakat adat.

Melalui pendekatan kolaboratif antara akademisi, pemerintah, dan sektor keuangan, HydroFinance berpotensi mempercepat hilirisasi energi terbarukan, meningkatkan daya saing nasional, serta memberikan kontribusi nyata terhadap pembangunan ekonomi berkelanjutan di Provinsi Papua Barat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Pembiayaan Hydro Finance yang berbasis pada Green Finance

Green Finance merupakan konsep turunan dari Green Economy yang merupakan pola integrasi antara perlindungan lingkungan dengan keuntungan ekonomi (Ma, He dan Gu, 2021). Green Finance adalah skema pembiayaan yang mempertimbangkan aspek keberlanjutan lingkungan. Implementasi dari konsep green finance adalah dengan mendukung proyek proyek yang berorientasi pada keberlanjutan dan mendorong sebuah bisnis untuk mengadopsi prinsip ramah lingkungan (Ardita, V. Y., & Ahmadi, 2024).

Green finance memberikan manfaat kepada keberlanjutan ekosistem lingkungan dengan memperhatikan aspek aspek pelestarian lingkungan dalam menjalankan suatus proses produksi Fokus dari konsep tersebut adalah memasukan unsur pelestarian lingkungan dalam aspek ekonomi untuk mencegah terjadinya kerusakan ekosistem lingkungan yang diakibatkan oleh produksi suatu produk barang atau jasa. Hasil dari implementasi ini dapat dilihat dari keberhasilan china yang berhasil mengurangi tingkat emisi gas industri yang signifikan (Muganyi, Yan dan Sun, 2021).

Konsep dari Green finance dapat di spesifikan kembali dalam sebuah konsep Hydrofinance. HydroFinance adalah sebuah konsep inovatif pembiayaan hijau yang dirancang khusus untuk mendukung pembangunan dan operasional Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) secara berkelanjutan. Konsep ini menggabungkan prinsip-prinsip green finance dengan pendekatan partisipatif berbasis komunitas, di mana pembiayaan tidak hanya bersumber dari lembaga keuangan formal, tetapi juga melibatkan skema pembiayaan alternatif seperti obligasi hijau (green bonds), kemitraan publik-swasta, dana desa, hingga pemberdayaan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes).

2.2 Pengertian PLTMH dan Kontribusi Terhadap Hilirisasi Energi Baru Terbarukan

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan salah satu bentuk energi baru terbarukan yang memanfaatkan potensi aliran air sebagai sumber energi listrik skala kecil, dengan kapasitas produksi antara 5 kW hingga 1 MW. PLTMH bekerja dengan

memanfaatkan beda ketinggian dan debit air untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. Teknologi ini dikenal ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi karbon, tidak menimbulkan limbah cair, dan berdampak minimal terhadap ekosistem sekitar. Selain itu, PLTMH bersifat fleksibel, relatif murah, dan cocok diterapkan di daerah terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya untuk terintegrasi dengan kebutuhan lokal seperti irigasi, pengendalian banjir, dan potensi pariwisata (Shofiyah, Gunandar dan Ariyanti, 2023).

Kontribusi PLTMH terhadap hilirisasi energi baru terbarukan sangat signifikan, khususnya dalam mendukung pemanfaatan potensi energi lokal untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar). Melalui pengoperasian PLTMH di Papua Barat, seperti PLTMH Anggi dan PLTMH Kali Ombak, telah terbukti adanya peningkatan akses listrik, penghematan biaya energi, serta pengurangan emisi gas rumah kaca. PLTMH juga mendukung pencapaian target SDG 7 tentang akses energi bersih dan terjangkau (Shofiyah, Gunandar dan Ariyanti, 2023). Pengembangan PLTMH berbasis HydroFinance berkontribusi langsung pada hilirisasi energi baru terbarukan dengan menyediakan skema pembiayaan yang berkelanjutan, inklusif, dan ramah lingkungan. Melalui pembiayaan hijau potensi energi air yang tersedia di daerah dapat dimanfaatkan secara oleh masyarakat dengan cara mengubah debit air menjadi energi listrik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain dengan pendekatan kualitatif. Pendekatan kualitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata kata tertulis maupun lisan dari orang orang dan prilaku yang diamati (Dinda dan Sukma, 2021).

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini menggunakan jenis penelitian studi literatur. Studi literatur digunakan dengan cara meneliti dan memahami buku, jurnal, artikel ilmiah, dan sumber lainya yang digunakan sebagai rujukan (Dinda dan Sukma, 2021). Studi literatur juga dapat didefinisikan sebagai studi deskriptif yang dilakukan oleh peneliti untuk menghimpun data atau informasi yang relevan dengan topik yang yang relevan dengan bersumber dari literatur atau kepustakaan sebagai sumber utama (Dinda dan Sukma, 2021).

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam riset ini menggunakan metode dokumentasi. Metode dokumentasi adalah pengumpulan data dari dokumen, arsip, atau bahan tertulis lainya yang berkaitan dengan penelitian. Dokumen tersebut dapat berupa catatan, laporan, surat, buku, jurnal, atau dokumen resmi lainya (Daruhadi dan Sopiati, 2024). Dalam penelitian ini, data diperoleh dari jurnal yang relevan dan website resmi pemerintah.

Dalam penelitian ini terdapat data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari jurnal dan artikel ilmiah yang membahasa tentang kondisi ekologis Papua Barat dan data tentang konsep pembiayaan berbasis HydroFinance yang merupakan turunan konsep dari Green Finance. Data sekunder dalam peneltian ini diambil dari artikel dan website yang membahasa tentang aspek aspek yang mendukung keberlangsungan proyek PLTMH berbasis Hydrofinance seperti Aspek PESTEL, aspek value proporsition dan dukungan dari pemerintah terhadap upaya hilirisasi dan kemandirian energi.

3.4 Teknik Analisis Data Kualitatif

Analisis data kualitatif menurut Bogdan & Biklen, 1982 dalam moleong adalah upaya yang dilakukan dengan jalan bekerja data, mengorganisasikan data, memilah-milahnya menjadi satuan yang dapat dikelola, mensintesiskannya, mencari dan menemukan yang penting dan apa yang dipelajari, dan memutuskan apa yang dapat dicertikan kepada orang lain (Sofwatillah *et al.*, 2024). Penelitian ini menggunakan tehnik analisis data menurut Miles & Huberman. Miles & Huberman melakukan pemetaan dalam melakukan analisis menjadi 3 bagian, yaitu Reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Sofwatillah *et al.*, 2024). Berikut adalah Tehnik analisis data yang digunakan:

1. Reduksi Data

Reduksi data dalam penelitian ini meliputi menyaring, memilih, dan merangkum informasi penting dari berbagai sumber literatur seperti jurnal ilmiah, kebijakan pemerintah, laporan teknis, dan artikel yang relevan dengan topik pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berbasis HydroFinance. Fokus utama reduksi data dalam penelitian ini adalah diarahkan isu-isu kunci seperti keterbatasan akses pembiayaan, potensi ekologis Papua Barat, serta model pemberdayaan ekonomi lokal melalui energi terbarukan.

2. Penyajian Data

Informasi yang telah direduksi disusun secara sistematis dalam bentuk narasi deskriptif

dan table yang mudah dipahami. Penyajian ini dilakukan melalui bab-bab dalam struktur karya tulis seperti latar belakang, tinjauan pustaka, pembahasan kondisi ekologis Papua Barat, serta analisis PESTEL dan keuangan, dan novelty dari riset terdahulu. Data-data teknis seperti kebutuhan modal awal, biaya penyusutan, dan perhitungan Break Even Point (BEP) disajikan dalam bentuk tabel untuk mendukung kejelasan analisis.

3. Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan dengan mengaitkan temuan dari literatur dan kondisi ekologi lokal Papua Barat yang kemudian disintesiskan menjadi suatu model pembiayaan inovatif yang disebut HydroFinance. Kesimpulan bahwa HydroFinance mampu mendukung hilirisasi energi terbarukan dan pemberdayaan ekonomi desa yang didukung dengan analysis PESTEL, Analisis Value Proporsition, Rancangan Keuangan,dan manajemen keuangan digital.

Penelitian ini menggunakan metode trianggulasi data sumber untuk menentukan kebasahan penelitian. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh informasi dari berbagai sumber literatur yang memiliki perspektif berbeda, namun tetap relevan dengan topik penelitian. Sehingga hasil data yang diperoleh lebih kaya dan dapat dipercayai kebenarannya.

IV. PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Ekologis Provinsi Papua Barat

Papua Barat adalah salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di ujung barat Pulau Papua, dengan ibu kota di Manokwari. Wilayahnya mencakup Semenanjung Doberai, Semenanjung Bomberai, dan Wandamen, serta beberapa kepulauan sekitarnya. Provinsi ini merupakan hasil pemekaran dari Provinsi Papua, yang awalnya dikenal dengan nama Irian Jaya Barat. Pemekaran ini diatur melalui Undang-Undang Nomor 45 Tahun 1999 dan diperkuat statusnya sebagai wilayah otonomi khusus, sejalan dengan Provinsi Papua induknya. Secara ekologis, Papua Barat dikenal sebagai salah satu wilayah dengan keanekaragaman hayati paling tinggi dan ekosistem paling utuh di Indonesia, bahkan dunia. Provinsi ini merupakan rumah bagi sekitar 1,800 spesies ikan, 75% karang keras dunia, hutan bakau terluas, dan lahan gambut signifikan yang berperan besar sebagai penyimpan karbon (Humas Kementerian Pendayaunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, 2021).

Kondisi ekologis Papua Barat di sektor hidrologi umumnya masih menunjukkan karakteristik alami dengan sejumlah sungai besar yang berfungsi sebagai induk dari sungai-sungai kecil. Kapasitas air di sungai-sungai besar tersebut relatif terjaga, sehingga tidak mengalami kekeringan saat musim kemarau. Kondisi fisik air sungai di Papua Barat masih alami, yang didukung oleh vegetasi yang tumbuh di sepanjang aliran sungai yang berperan sebagai daerah tangkapan air hujan. Provinsi Papua Barat mempunyai beberapa Daerah Aliran Sungai yang masuk dalam kategori sungai panjang. Berikut adalah daftar sungai panjang di Provinsi Papua Barat Sungai Maturi, Sungai Kumandan, Sungai Beraur, dan Sungai Warsaman. Sedangkan sungai dalam kategori sungai lebar antara lain adalah Sungai Karabra, Sungai Seramuk, dan Sungai Kumandan. Kekayaan sumber daya alam tersebut dapat menjadi potensi untuk dimanfaatkan menjadi PLTMH dengan memanfaatkan aliran sungai dengan debit yang stabil (Langsa, Marwa dan Hematang, 2019).

Provinsi Papua Barat, khususnya Kabupaten Pegunungan Arfak, memiliki potensi besar dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Dengan kondisi geografis yang didominasi oleh daerah pegunungan dan morfologi lereng curam hingga sangat curam (8°–55°), serta keberadaan sungai-sungai permanen dengan debit andalan tinggi seperti Sungai Inggemou (83 L/dt, net head 57,64 m) dan Sungai Hingk (200 L/dt, net head 9,44 m), kawasan ini sangat mendukung pembangunan PLTMH. Total daya potensial dari enam sungai yang dikaji mencapai 108,9 kW, menunjukkan kapasitas yang cukup signifikan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat lokal yang selama ini bergantung pada listrik berbasis diesel yang terbatas jangkauannya. Namun, tantangan utama dalam pemanfaatannya adalah belum tersedianya skema pembiayaan yang tepat untuk menjamin keberlanjutan dan operasional sistem PLTMH tersebut (Palintin, Patandianan dan Bawan, 2020).

4.2 Analisis PESTEL Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan

Berikut adalah analisis Politik, Ekonomi, Sosial, Teknologi, Lingkungan, dan Legal (PESTEL) dalam pengembangan Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat:

1. Aspek Politik

   Pemerintah memberikan dukungan penuh terkait upaya transisi energi terbarukan, hal

ini dapat dilihat dari sepuluh program pemerintah Prabowo Gibran yang menyebutkan tentang program swasembada pangan, energi, dan air dan program melanjutkan hilirisasi dan industrialisasi berbasiskan sumber daya alam. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral juga mendorong upaya untuk optimalisasi Energi Baru dan Terbarukan. Langkah ini dilakukan untuk menuju transisis energi yang bersih, berkelanjutan, dan berdaya saing. Selain itu, pemerintah juga mengupayakan untuk mengurangi emisi karbon.

Pemanfataan PLTMH merupakan langkah yang dapat diambil untuk menunjang dari program pemerintah tentang kemandirian energi serta dapat memberikan kontribusi terhadap program Net Zero Emission (NZE). Skema pembiayaan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat dapat menjadi solusi untuk memastikan keberlanjutan operasional PLTMH.

2. Aspek Ekonomi

Hydrofinance memberikan model pembiayaan dengan berkonsep pada green finance. Program ini mendapatkan dukungan penuh dari Kementerian Keuangan dengan menerbitkan obligasi hijau (green bonds). Obligasi hijau memberikan fasilitas kepada utang yang digunakan untuk mengumpulkan dana untuk membiayai proyek proyek ramah lingkungan. Program ini dapat menarik investor yang peduli terhadap lingkungan untuk mengalirkan modal hijau ke Indonesia. Dengan adanya dukungan pemerintah dalam sektor ekonomi, model pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat menjadi peluang yang dapat dilirik investor karena dalam implementasinya bisnis ini mengacu pada model pembiayaan green finance. Skema pembiayaan ini dapat memberikan potensi keuntungan bagi pelaku investor karena pada dasarnya output produk dari bisnis ini adalah kebutuhan primer masyarakat.

3. Aspek Sosial

Aspek sosial dalam ide bisnis ini adalah mendorong masyarakat untuk beralih kepada kemandirian energi dengan memberdayakan masyarakat lokal. Melalui kerja sama antara Pemenrintah Daerah, masyarakat lokal, dan Investor hijau memberikan kolaborasi yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Pemerintah sebagai pemangku kebijakan, investor hijau sebagai sumber modal, dan masyarakat lokal sebagai pelaku ekonomi menjadikan skema pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat dapat

meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat sekitar. Edukasi tentang pemanfataan EBT dan konsep pembiayaan Hydrofinance diharapkan mampu memberikan wawasan kepada masyarakat tentang potensi kemandirian energi dan keberlanjutan bisnis di masa depan.

4. Aspek Teknologi

Teknologi memiliki peran penting dalam proses hilirisasi dan industrialisasi. Pemanfaatan teknologi dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat antara lain adalah membutuhkan pipa baja, turbin air, generator, Electric Load Control (ELC), dan jaringan distribusi listrik. Penggunaan teknologi dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat dirancang menggunakan energi yang ramah lingkungan karena tidak bergantung pada proses pembakaran bahan bakar fosil sehingga tidak meninggalkan jejak karbon lokal dan mendukung target Net Zero Emission.

5. Aspek Lingkungan

PLTMH merupakan teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca dan tidak memerlukan pembendungan sungai secara besar-besaran. Sistem ini memanfaatkan aliran air secara alami (run-of-river) sehingga tidak mengganggu ekosistem secara signifikan. Program ini mendukung pengurangan jejak karbon dan mendukung target Net Zero Emission yang telah di susun oleh pemerintah.

6. Aspek Legal

Analisis aspek legal dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berbasis HydroFinance di Provinsi Papua Barat memiliki beberapa poin penting. Pertama, terdapat regulasi pemerintah seperti Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 19 Tahun 2015 dan Peraturan Menteri PUPR Nomor 09 Tahun 2016 yang menjadi dasar hukum pengembangan PLTMH, memberikan kepastian izin dan tata kelola yang sesuai. Kedua, aspek perizinan mengatur proses studi kelayakan, pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), serta pengawasan lingkungan dan sosial agar pembangunan tidak merusak ekosistem lokal. Ketiga, perlindungan sumber daya air menjadi perhatian hukum mengingat sensitivitas hidrologi di Papua Barat, untuk menghindari konflik penggunaan air dan degradasi lingkungan. Keempat, pemerintah menyediakan subsidi dan insentif fiskal termasuk feed-in tariff yang menarik bagi investor guna mendukung proyek energi terbarukan ini. Terakhir, kepastian harga listrik mikrohidro dan kontrak jual beli listrik

dengan PLN diatur secara legal agar memberikan kejelasan dan keamanan investasi. Dengan demikian, aspek legal menjadi fondasi penting untuk menjamin keberlanjutan dan keberhasilan pengembangan PLTMH berbasis HydroFinance di Papua Barat dengan memperhatikan regulasi, izin, perlindungan lingkungan, insentif, dan kepastian hukum.

4.3 Analisis Value Proporsition Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat

HydroFinance merupakan inovasi pembiayaan hijau yang dirancang untuk memperkuat hilirisasi energi terbarukan berbasis PLTMH. Program ini menyasar masyarakat daerah 3 T untuk mendapatkan askes energi yang ramah lingkungan. Dengan mengintegrasikan skema pendanaan efisien, penyediaan energi, dan edukasi, pengembangan pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbasis *hydrofinance* untuk hilirisasi energi terbarukan di Provinsi Papua Barat menjadi model pemberdayaan ekonomi desa berbasis energi bersih yang berkelanjutan.

HydroFinance dapat mengatasi tiga masalah utama. Pertama, pembiayaan konvensional yang sulit diakses ditanggulangi melalui Green Microfinance, yakni pembiayaan mikro tanpa agunan dengan skema inklusif. Kedua, tingginya biaya energi dapat digantikan oleh listrik murah dan stabil dari PLTMH. Ketiga, rendahnya pemahaman masyarakat terhadap keuangan hijau dijawab lewat pendampingan dan pelatihan bisnis hijau, bekerja sama dengan akademisi, praktisi, dan pemerintah

HydroFinance juga menjadi *gain creator* dengan mendorong peningkatan kapasitan produksi melalui energi yang stabil dan skema Pay-as-You-Grow, yaitu pembayaran fleksibel sesuai pertumbuhan usaha. Pelanggan juga memperoleh akses pelatihan kewirausahaan, efisiensi energi, dan manajemen usaha yang meningkatkan daya saing dan keberlanjutan ekonomi lokal.

Value offerings yang ditawarkan dalam bisnis ini mencakup empat layanan utama: pertama, konsep Green Microfinance sebagai pembiayaan utama yaitu dengan menggunakan skema Pay-as-You-Grow Energy. Skema ini menjadi pembayaran yang adaptif dan ramah lingkungan. Kedua, berkolaborasi dengan Bumdes untuk proses pembayaran. Ketiga, melakukan pendampingan dengan memberikan layanan Konsultasi dan Pendampingan Bisnis Hijau bagi masyarakat yang memanfaatkanya untukusaha sehingga dapat memperkuat kapasitas usaha dan keberlanjutan usaha.

4.4 Skema Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis *Hydrofinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan Di Provinsi Papua Barat

HydroFinance adalah sebuah inovasi pembiayaan hijau yang berfokus pada pengembangan dan hilirisasi energi terbarukan melalui pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Skema ini dirancang untuk mengatasi kendala keterbatasan akses pendanaan yang inklusif dan berkelanjutan. HydroFinance menawarkan skema pembiayaan yang mengintegrasikan prinsip green finance sehingga dapat memberikan gambaran tentang rencana keuangan untuk pembangunan dan pengelolaan PLTMH. Tujuan dari skema pembiayaan Hydrofinance adalah memberdayakan masyarakat lokal dan memberikan dampak kemandirian energi yang produktif dan ramah lingkungan pada masyarakat yang tinggal pada Kawasan 3 T khsususnya di Provinsi Papua Barat. Skema pembiayaan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berbasis HydroFinance bertujuan mendukung hilirisasi energi terbarukan di Provinsi Papua Barat. Skema ini dirancang dengan pendekatan integratif yang mencakup aspek pencarian modal, pengelolaan keuangan, dan pemberdayaan masyarakat lokal.

Skema pencarian modal dapat dilakukan melalui kolaborasi antara sektor publik, swasta, dan pendanaan sosial berbasis masyarakat. Pemerintah melalui Danantara dapat membantu untuk membiayai proyek ini mengingat Danantara adalah Badan Usaha Milik Negara yang berperan untuk mengelola investasi, selain itu Danantara juga dapat menjadi jembatan dengan para investor untuk menanamkan modal investasi kepada proyek pengembangan PLTMH di Papua Barat mengingat provinsi ini mempunyai potensi besar dalam pengembangan PLTMH (Jannah, 2025). Dari sisi swasta dan korporasi, investasi dapat diperoleh melalui pinjaman perbankan, penawaran saham proyek, atau fasilitas pinjaman dari lembaga keuangan seperti Indonesia Infrastructure Finance (IIF). Pada Desember 2024 Indonesia Infrastructure Finance (IIF) menandatangani perjanjian fasilitas pinjaman kepada perusahaan yang bergerak pada bidang pengembangan dan

pengoperasioan pembangkit listrik energi terbarukan dengan fasilitas pinjaman sebagai ekuitas untuk mengakuisisi porsi saham PLTMH yang sudah berjalan (PT Indonesia Infrastructure Finance, 2025). Contoh tersebut membuktikan bahwa model pembiayaan bank dan investor swasta sangat mungkin dikembangkan untuk hilirisasi energi baru terbarukan di daerah seperti Papua Barat.

Aspek pengelolaan keuangan proyek PLTMH juga menjadi perhatian khusus untuk dilakukan secara transparan dan partisipatif. Sistem manajemen keuangan adalah kegiatan perancanaan, penganggaran, pemeriksaan, pengelolaan, pengendalian, pencarian dan penyimpanan dana yang dilakukan oleh perusahaan (Mulyanti, 2017). Pemanfaatan teknologi dengan menintegrasikan database menjadi solusi yang efektif untuk menunjang sistem pengelolaan keuangan. Aplikasi database keuangan bisa dibangun berbasis digital sederhana agar memudahkan pencatatan arus kas, pelaporan hasil usaha, serta pembayaran dividen, sehingga kehati-hatian pengelolaan kas pendapatan dan beban pemeliharaan PLTMH dapat terjaga(Rosita, Eliyanora dan Hastiyahsari, 2010). Dengan memanfaatkan manajemen pengelolaan keuangan berbasis digital, dana hasil usaha dapat diakses dan dimanfaatkan bersama, misalnya dialokasikan dengan pembagian jelas seperti cadangan pemeliharaan, operasional harian, dan surplus untuk pemberdayaan ekonomi masyarakat.

Hasil keuntungan PLTMH dikelola dan dimanfaatkan melalui Badan Usaha Milik Desa (BUMDes). Pembentukan BUMDes telah diatur dalam PERMENDAGRI Nomor 39 Tahun 2010 yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan keuangan pemerintah desa dalam penyelenggaraan pemerintah dan meningkatkan pendapatan masyarakat melalui kegiatan ekonomi masyarakat (Irsat, Ronsumbre dan Bonso, 2025). Program ini menegaskan setiap desa perlu membentuk BUMDes guna meningkatkan ekonomi lokal dan menjadi solusi pembangunan berkelanjutan. Melalui BUMDes, laba PLTMH kemudian dapat diinvestasikan kembali dalam bentuk program pelatihan, penyediaan modal usaha, dan unit usaha produktif lain yang dikelola warga. Hal ini bukan hanya meningkatkan pendapatan asli desa (PAD), tapi juga menumbuhkan keterlibatan dan *sense of ownership* masyarakat terhadap kegiatan ekonomi desa.

Skema pembiayaan pada PLTMH ini diharapkan dapat mendukung pencapaian beberapa poin Sustainable Development Goals (SDGs) yang menjadi arah pembangunan dunia hingga tahun 2030. Pemanfaatan aliran sungai sebagai sumber energi pada PLTMH sejalan dengan SDG 7, yaitu penyediaan energi terbarukan yang ramah lingkungan, sekaligus bertujuan menggantikan pembangkit listrik tenaga diesel yang tidak ramah

lingkungan dan berkontribusi terhadap emisi karbon. Upaya ini juga mendukung SDG 13 terkait aksi terhadap perubahan iklim (climate action).

4.5 Rancangan Operasional, Pemasaran, dan Organisasi

1. Alat yang digunakan, tenaga kerja, proses produksi Operasional pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro berbasis *hydrofinance* untuk hilirisasi energi terbarukan di Provinsi Papua Barat dijalankan melalui sinergi antara teknologi PLTMH dan manajemen keuangan digital. Dalam kegiatan sehari-hari, operasional bisnis berfokus pada pemanfaatan PLTMH sebagai sumber utama energi listrik terbarukan. Alat utama yang digunakan termasuk: Generator 160 KW, Electric Load Control (ELC), Platform manajemen keuangan digital.
2. Tenaga kerja

   Tenaga kerja yang diperlukan antara lain teknisi PLTMH, tim IT pengelola sistem keuangan, serta konsultan green finance. Proses operasional mencakup pembangkitan listrik, distribusi energi ke pelanggan, evaluasi, dan edukasi tentang pemanfataan energi ramah lingkungan.
3. Strategi pemasaran HydroFinance menggunakan pendekatan berbasis komunitas dan edukatif. Beberapa strategi utama:
   - Edukasi dan Sosialisasi: Melalui pelatihan literasi energi dan keuangan kepada masyarakat.
   - Kemitraan Strategis: Menggandeng lembaga CSR dan instansi pemerintah untuk mendukung pembiayaan dan pemanfaatan PLTMH.
   - Digital Manajemen Keuangan: Menggunakan platform digital untuk optimalisasi pengelolaan keuangan dengan berbasis pada lingkungan untuk menjaga keberlanjutan PLTMH..
   - Skema “Pay-as-You-Grow”: Menjadi nilai jual unik yang ditawarkan kepada masyarakat di mana pembayaran listrik menyesuaikan kebutuhan mereka.

   Dengan menggabungkan nilai keberlanjutan dan efisiensi biaya, HydroFinance dapat menarik pelanggan yang membutuhkan energi murah dan stabil.
4. Keahlian yang dibutuhkan dalam operasional Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro berbasis *hydrofinance*. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro berbasis *hydrofinance* untuk hilirisasi energi terbarukan di Provinsi Papua Barat dijalankan oleh tim multidisipliner yang terdiri dari:

- Tim Manajerial & Pengembang Bisnis: Mengelola strategi dan pengembangan proyek yang memiliki latar belakang akuntansi, manajemen, dan energi terbarukan.
- Teknisi PLTMH: Harus memiliki pengalaman dan disiplin ilmu di bidang elektro/hidro serta pemeliharaan sistem pembangkit mikrohidro.
- Developer IT & Analis Data: Mengelola platform digital pembiayaan dan dashboard dampak sosial-energi.
- Konsultan Keuangan Hijau: Memiliki pengetahuan green finance, microfinance, serta kemampuan memberikan pendampingan dan pelatihan.

Kompetensi yang dibutuhkan meliputi pemahaman teknis PLTMH, literasi digital, kemampuan komunikasi komunitas, serta komitmen terhadap keberlanjutan lingkungan.

5. Struktur organisasi untuk Pengambangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro berbasis *hydrofinance* untuk hilirisasi energi terbarukan di Provinsi Papua Barat. Struktur organisasi HydroFinance dirancang sederhana namun fungsional, mencakup bidang-bidang berikut: Direktur Utama / CEO, Bidang Operasional PLTMH, Bidang Teknologi dan Pengembangan Platform Digital, Bidang Pemasaran dan Edukasi Masyarakat, Bidang Keuangan dan Pembiayaan Hijau, Bidang Monitoring & Evaluasi Dampak (Energi dan Sosial), Bidang Hukum dan Legalitas. Struktur ini mendukung integrasi antara teknologi pembangkit energi, layanan keuangan, dan pemberdayaan komunitas secara berkelanjutan.

4.6 Rancangan Keuangan

1. Kebutuhan Modal

No	Komponen	Harga (Rp)
1.	Generator 30 kW	130.000.000
2.	Turbin	170.000.000
3.	Panel Turbin	25.000.000
4.	ELC	45.000.000
5.	Intstalasi Listrik	40.000.000
6.	Panstock	70.000.000
7.	Gedung 3x3	45.000.000
8.	Pajak Air Permukaan	6.000.000
9.	Alat Sensor	20.000.000
Total Modal Awal		**551.000.000**

2. Biaya Penyusutan per tahun (Metode Garis Lurus)

No	Komponen	Umur Ekonomis	Penyusutan/Tahun (Rp)
1.	Generator	10 tahun	13.000.000
2.	Turbin	15 tahun	11.333.333
3.	Panel Turbin	10 tahun	2.500.000
4.	ELC	10 tahun	4.500.000
5.	Instalasi Listrik	10 tahun	4.000.000
6.	Panstock	15 tahun	4.666.667
7.	Gedung	20 tahun	2.250.000
8.	Alat Sensor	5 tahun	4.000.000
Total			**51.250.000**

Total Penyusutan : 51.250.000

3. Biaya Produksi Tahunan

A. Biaya Tetap

No	Komponen	Biaya (Rp)
1.	Gaji Pegawai (6 orang)	168.000.000
2.	Penyusutan Aset	51.250.000
3.	Pajak Air Permukaan	6.000.000
4.	Dana Sosial & Masyarakat Adat	12.000.000
Subtotal Biaya Tetap		**Rp 232.250.000**

B. Biaya Tidak Tetap

No	Komponen	Biaya
1.	Operasional & Pemeliharaan	15.000.000
2.	Administrasi & Manajemen	10.000.000
Subtotal Biaya Tidak Tetap		**Rp 25.000.000**

C. Total Biaya Produksi per Tahun

Rp 232.250.000 + Rp 25.000.000 = Rp 257.250.000

4. Produksi Energi

30 kW × 24 jam × 365 hari = 262.800 kWh per tahun

5. Harga Pokok Produksi (HPP)

$$HPP = \frac{257.250.000}{262.800} = \text{Rp } 978{,}88/\text{kWh}$$

6. BEP dengan Harga Jual Rp 1.200/kWh

- Pendapatan Tahunan: 262.800 × 1.200 = Rp 315.360.000
- Laba Bersih Tahunan: 315.360.000 - 257.250.000 = Rp 58.110.000
- Break Even Point (BEP): $\frac{551.000.000}{58.110.00} = 9{,}48$ Tahun

4.7 Novelty dan Sustainablity Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga MikroHidro Berbasis *HydroFinance* Untuk Hilirisasi Energi Terbarukan di Provinsi Papua Barat

1. Aspek Novelty

   a. Green Finance Sebagai Inovasi Pembiayaan Ekonomi Baru Terbarukan

   Green finance di Indonesia berkembang sebagai respons atas kebutuhan pembiayaan hijau yang spesifik pada sektor energi baru terbarukan (EBT). Pembiayaan ini berfokus pada pengurangan dampak negatif lingkungan dengan mengarahkan sumber daya keuangan ke proyek energi terbarukan, infrastuktur hijau, dan pengelolaan sumber daya yang efisien (Ardita, V. Y., & Ahmadi, 2024).

   b. Integrasi Pembiayaan

   Model pembiayaan hydrofinance mengadopsi model pembiayaan pada green finance yang melakukan kolaborasi dengan bank dan lembaga keuangan untuk melakukan inetrgasi pembayaran. Bisnis ini dapat mendukung keberlanjutan dan inovasi dalam bidang keuangan dengan memberikan insentif kepada perusahaan yang mendukung green economy menjadi potensi kerja sama strategis yang memberikan manfaat efiseinsi dan mendoorong kampanye green economy (Ardita, V. Y., & Ahmadi, 2024).

   c. Peningkatan Keterlibatan Sektor Swasta dan Perguruan Tinggi

   Implementasi proyek-proyek EBT seperti PLTMH didorong tidak hanya oleh pemerintah, tetapi juga sektor swasta dan institusi, termasuk perguruan tinggi. Hal ini menghasilkan variasi skema pendanaan efisein dalam sector segi green sukuk, pembiayaan bank ramah lingkungan, hingga crowdfunding berbasis teknologi yang mempercepat hilirisasi teknologi dan energi di masyarakat sekitar.

2. Aspek Sustainability (Keberlanjutan)

a. Mendukung Pembangunan Berkelanjutan dan SDGs

Green finance terbukti mendorong pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya pada aspek pengurangan emisi karbon, pengelolaan limbah, efisiensi energi, dan penciptaan lapangan kerja hijau. Studi literatur menegaskan bahwa dampak across sector meliputi manfaat lingkungan, ekonomi, dan sosial, serta memperkuat ketahanan komunitas terhadap perubahan iklim.

b. Multiplier Effect bagi Lingkungan, Ekonomi, dan Sosial

Dana yang disalurkan ke proyek EBT seperti PLTMH berdampak pada:

- Penurunan emisi karbon dan perbaikan kualitas udara.
- Peningkatan akses energi bersih dan terjangkau bagi komunitas lokal.
- Penciptaan lapangan kerja baru dan transfer teknologi.
- Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang keberlanjutan serta budaya pelestarian lingkungan.

c. Tantangan & Upaya Keberlanjutan

Green finance masih menghadapi tantangan dalam implementasinya. Tantangan tersebut antara lain adalah kebutuhan transparansi, pelaporan yang ketat, serta edukasi bagi investor. Saat ini pemerintah telah menempatlan swasembada pangan, energi, dan air dan program melanjutkan hilirisasi dan industrialisasi berbasiskan sumber daya alam sebagai salah satu program strategis yang dapat mendukung dan mengatasi permasalahan yang dalam implementasi bisnis ini sehingga potensi keberlanjutan jangka panjang terus meningkat.

V. PENUTUP

Kesimpulan

Pengembangan PLTMH berbasis HydroFinance dapat berkontribusi pada enam aspek utama yang dikaji melalui analisis PESTEL. Dari sisi politik dan legal, pemerintah telah menyiapkan berbagai regulasi dan insentif untuk mendukung energi terbarukan. Dari sisi ekonomi, HydroFinance potensial menarik investor hijau melalui penerbitan obligasi hijau dan dukungan lembaga pembiayaan seperti IIF dan Danantara. Secara sosial, keterlibatan masyarakat menjadi kunci keberhasilan skema ini, ditunjang oleh pelatihan dan pendampingan kewirausahaan. Dari sisi teknologi dan lingkungan, PLTMH dinilai ramah lingkungan dan menggunakan teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal. Skema ini juga

didukung dengan sistem manajemen keuangan digital yang menjamin transparansi dan efisiensi operasional.Perhitungan finansial memperkuat kelayakan proyek dengan HPP sebesar Rp978,88/kWh dan BEP selama 9,48 tahun dengan asumsi harga jual Rp1.200/kWh. Selain itu, HydroFinance membawa novelty dengan mengintegrasikan pembiayaan hijau dan pendekatan kolaboratif lintas sektor yang melibatkan universitas, pemerintah, dan investor. Model ini memperkuat keberlanjutan karena tidak hanya menyasar penyediaan energi, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui pengelolaan keuntungan PLTMH oleh BUMDes untuk kepentingan sosial dan pembangunan desa.

Saran

Pengembangan PLTMH berbasis HydroFinance harus diimplementasikan secara optimal di Papua Barat sengan melakukan sinergi antara pemerintah, sektor swasta, akademisi, dan masyarakat lokal. Pemerintah daerah sebaiknya memperkuat regulasi dan memberikan insentif khusus bagi investasi hijau di sektor energi terbarukan. Lembaga keuangan didorong untuk mengembangkan produk pembiayaan yang adaptif dan inklusif, seperti green microfinance dan pembiayaan berbasis komunitas. Selain itu, penting dilakukan pelatihan teknis, literasi energi, dan manajemen usaha hijau kepada masyarakat untuk meningkatkan partisipasi dan keberlanjutan program. Penguatan peran BUMDes juga diperlukan agar hasil usaha dapat dikelola secara transparan dan berkontribusi pada pembangunan ekonomi desa. Dengan pendekatan kolaboratif dan berbasis potensi lokal, HydroFinance berpotensi menjadi model pembiayaan hijau yang replikatif di wilayah 3T lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Ardita, V. Y., & Ahmadi, M.A. (2024) "Green Finance Sebagai Pendukung Keberlanjutan Ekonomi," *Analisis Konsep Dan Implementasi.*, 1, 37–46., hal. 37–46.

Daruhadi, G. dan Sopiati, P. (2024) "Metode Pengumpulan Data Penelitian," *Metode Pengumpulan Data Penelitian*, 3(5), hal. 5423–5443.

Dinda, N.U. dan Sukma, E. (2021) "Analisis Langkah-Langkah Model Project Based Learning (PjBL) Pada Pembelajaran Tematik Terpadu di Sekolah Dasar Menurut Pandangan Para Ahli (Studi Literatur)," *Journal of Basic Education Studies*, 4(1), hal. 44–62. Tersedia pada: https://ejurnalunsam.id/index.php/jbes/article/view/4551/2900.

Humas Kementerian Pendayaunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi, 2021. *Penjaga Ekosistem dan Pejuang Konservasi dari Timur Indonesia*, Jakarta: Kementerian Pendayaunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi.

Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani (2017) "Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur," *Jurnal Reka Buana*, 2(2), hal. 149–155.

Jannah, M. A., 2025. *Indonesia Energika.id.* [Online] Available at: https://indonesia.energika.id/detail/78678/strategi-hilirisasi-dan-energi-terbarukan-mendorong-ekonomi-berkelanjutan-indonesia

[Accessed 30 july 2025].

Irsat, Ronsumbre, B.M. dan Bonso, H. (2025) "Strategi Pemerintah Kampung dalam Pengelolaan Badan Usaha Milik Desa (BUMDES) di Kampung Karyendi Distrik Biak Kota," *Jurnal Governance and Politics*, 5, hal. 27–34.

Langsa, M.H., Marwa, J. dan Hematang, F.L. (2019) *Lingkungan Hidup Provinsi Papua Barat 2019*.

Ma, S., He, Y. dan Gu, R. (2021) "Joint service, pricing and advertising strategies with tourists' green tourism experience in a tourism supply chain," *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61, hal. 102563. Tersedia pada: https://doi.org/10.1016/J.JRETCONSER.2021.102563.

Muganyi, T., Yan, L. dan Sun, H. ping (2021) "Green finance, fintech and environmental protection: Evidence from China," *Environmental Science and Ecotechnology*, 7, hal. 100107. Tersedia pada: https://doi.org/10.1016/J.ESE.2021.100107.

Mulyanti, D. (2017) "Manajemen Keungan Perusahaan," *AKURAT |Jurnal Ilmiah Akuntansi*, 8, hal. 62–71.

Ningsih, M.M. (2024) "Pembiayaan Ramah Lingkungan Terhadap Sub Sektor Energi Baru Dan Terbarukan Di Indonesia," *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 5(2), hal. 12–

29. Tersedia pada: https://doi.org/10.14710/jebt.2024.22805.

Palintin, A.D., Patandianan, E.A. dan Bawan, E.K. (2020) "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Di Kabupaten Pegunungan Arfak," 2(1), hal. 11–24.

PT Indonesia Infrastructure Finance, 2025. *Pembiayaan Korporasi untuk Akuisisi Saham Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) 3 x 2 MW*, Bengkulu:

Indonesia Infrastructure Finance.

Putra, I.G.W., Weking, A.I. dan Jasa, L. (2018) "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(3), hal. 385. Tersedia pada: https://doi.org/10.24843/mite.2018.v17i03.p13.

Rosita, I., Eliyanora dan Hastiyahsari, D. (2010) "Merancang Aplikasi Database Keuangan untuk Pengelolaan Keuangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)," *Akuntansi dan Manajemen*, 13(1), hal. 112–118. Tersedia pada: https://doi.org/10.30630/jam.v13i1.34.

Shofiyah, O., Gunandar, C.M. dan Ariyanti, V.T.D. (2023) "Efektivitas pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebagai penyedia energi baru terbarukan berbasis komunitas," *Social, Ecology, Economy for Sustainable Development Goals Journal*, 1(1), hal. 63–

77. Tersedia pada: https://doi.org/10.61511/seesdgj.v1i1.2023.260.

Sofwatillah *et al.* (2024) "Teknik Analisis Data Kuantitatif dan Kualitatif dalam Penelitian Ilmiah," *Journal Genta Mulia*, 15(2), hal. 79–91.

PERANCANGAN MODEL CIRCULAR ECONOMY BERBASIS KOMUNITAS ADAT LANI DI KABUPATEN TOLIKARA SEBAGAI STRATEGI TRANSFORMASI POTENSI DAERAH MENUJU GREEN ECONOMY UNTUK MENCAPAI SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) DI TANAH PAPUA

Sub Tema : Pengembangan Ekonomi Hijau di Tanah Papua

Fikro Nabila
Shevi Kusuma Wardani
Pramudya Danish Ersyandi

ABSTRAK

Kabupaten Tolikara di Papua Pegunungan merupakan daerah dengan tingkat kemiskinan tinggi (31,22%) dan prevalensi ketidakcukupan konsumsi pangan ekstrem (51,68% pada 2023), meskipun kaya sumber daya lokal dan didominasi komunitas adat Suku Lani. Kondisi ini dipengaruhi keterisolasian geografis, terbatasnya infrastruktur, dan lemahnya integrasi antara kelembagaan adat dengan sistem pembangunan formal. Penelitian ini merancang model ekonomi sirkular berbasis komunitas adat dengan prinsip *custom-embedded*, *nutrient-first*, dan *zero waste to land* untuk mengoptimalkan potensi lokal sekaligus memperkuat ketahanan ekonomi. Analisis potensi pertanian menunjukkan dominasi tanaman pangan dengan rata-rata 787 unit/kecamatan, diikuti hortikultura (184) dan peternakan (83), dengan korelasi positif antar sektor (r = 0,367–0,595). PCA mengidentifikasi dua komponen utama yang menjelaskan 86,7% varians, PC1 mewakili kontribusi umum semua sektor, PC2 menyoroti *trade-off* pangan–peternakan, dan PC3 menekankan kontras hortikultura–pangan. Klasterisasi membagi Tolikara menjadi dua kelompok, klaster pertama dengan potensi pertanian tinggi dan kontribusi signifikan dari ketiga subsektor, klaster kedua dengan aktivitas terbatas atau fokus pada subsektor tertentu, sehingga memerlukan penguatan kapasitas dan diversifikasi. Model ekonomi sirkular memanfaatkan ubi jalar, buah merah, dan ternak babi sebagai komoditas utama, sementara limbah diolah menjadi pakan, pupuk, dan energi biogas untuk rumah tangga, serta greywater dimanfaatkan untuk irigasi hortikultura, mendukung prinsip zero waste. Sistem pemasaran mencakup pasar lokal, regional, dan nasional, dengan model B2C, B2B, dan institutional, diferensiasi produk melalui branding “Tolikara Natural”, olahan urban, dan packaging bersertifikasi. Distribusi mengintegrasikan *cold chain modular*,

logistik reguler, dan kemitraan koperasi lokal, sementara strategi harga dan promosi menekankan nilai budaya, organik, dan eksotis. Hasil proyeksi finansial menunjukkan margin laba prospektif dan pendapatan di atas BEP, menandakan model *feasible* dan *robust*. Implementasi diharapkan menggeser paradigma pembangunan dari sistem linear menuju sirkular, meningkatkan ketahanan pangan, ekonomi, energi, serta sanitasi, sekaligus berkontribusi pada pencapaian SDGs, khususnya pengentasan kemiskinan, pengurangan kelaparan, konsumsi-produksi berkelanjutan, dan pelestarian ekosistem.

Kata kunci: Ekonomi sirkular, ketahanan pangan, komunitas adat Suku Lani, agroindustri terpadu, sanitasi dan air bersih

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Papua memiliki hutan tropis terbesar kedua di dunia dan cadangan emas terbesar di Indonesia (Ahdiat, 2023; IDH, 2021), tapi nyatanya, tingkat kemiskinan di wilayah ini masih menjadi yang tertinggi secara nasional (BPS, 2024). Bagaimana bisa sebuah tanah yang begitu kaya, justru dihuni oleh begitu banyak kemiskinan?

Papua merupakan provinsi di ujung timur Indonesia yang kaya akan sumber daya alam, mulai dari emas, tembaga hingga hutan hujan tropis dan kekayaan hayati yang tak ternilai. Namun dibalik potensi besar tersebut, realitasnya begitu mencengangkan. Hingga hari ini, Papua masih menjadi salah satu provinsi dengan angka kemiskinan tertinggi di Indonesia. Di pedalaman, kelaparan dan malnutrisi masih terjadi, sementara akses kesehatan dan pendidikan layak terbatas, menunjukkan betapa curamnya kesenjangan antara melimpahnya kekayaan alam dan rendahnya tingkat kesejahteraan masyarakat. Selain itu, sebagian besar wilayah, khususnya pedalaman, tergolong daerah 3T (Tutukansa & Tuffahati, 2022). Bukankah ironis, tanah yang menjanjikan kehidupan justru belum mampu menghadirkan kesejahteraan bagi warganya? Ini bukan hanya tentang angka-angka kemiskinan, tetapi tentang masa depan yang perlahan terenggut.

Salah satu wilayah yang mencerminkan kondisi tersebut adalah Kabupaten Tolikara. Berdasarkan data Kementerian Desa tahun 2020, daerah ini tergolong sangat tertinggal dengan Indeks Desa Membangun (IDM) hanya sebesar 0,3658 (Kemendesa, 2020). Meskipun demikian, Tolikara memiliki potensi besar di sektor pertanian, khususnya pada komoditas lokal seperti umbi-umbian. Daerah ini bahkan dikenal sebagai salah satu sentra produksi ubi jalar. Potensi tersebut erat dengan peran Suku Lani, suku mayoritas yang hidup selaras dengan alam melalui pertanian sederhana dan berburu (Kompasiana, 2023). Namun, di balik kekayaan nilai dan pengetahuan itu, mereka masih menghadapi keterbatasan struktural, sehingga potensi yang ada belum sepenuhnya mampu menjadi pendorong kesejahteraan masyarakat.

Dalam situasi seperti ini, pembangunan tidak bisa terus-menerus menitikberatkan pada pertumbuhan ekonomi semata. Diperlukan cara pandang baru yang mendorong produktivitas sekaligus memberdayakan masyarakat dan melindungi alam. Salah satu gagasan yang kian menjadi sorotan adalah ekonomi sirkular (*circular economy*), yaitu model ekonomi yang bertujuan untuk meminimalkan limbah dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya, dengan cara menjaga agar produk, bahan, dan sumber daya

tetap berada dalam sirkulasi selama mungkin (Pusfaster, 2019). Dengan demikian, proses produksi dan konsumsi dirancang lebih efisien dan berkelanjutan agar nilai suatu barang tidak hilang setelah sekali pakai.

Oleh karena itu, merancang model ekonomi sirkular berbasis komunitas adat Suku Lani di Kabupaten Tolikara bukan hanya tepat, tetapi juga sangat mendesak. Masyarakat tidak lagi diposisikan sebagai objek dari pembangunan, melainkan sebagai aktor utama dalam transformasi wilayahnya. Inovasi ini dapat menjadi fondasi transisi menuju *green economy*, yaitu sistem ekonomi yang mengintegrasikan pertumbuhan dengan keberlanjutan ekologis. Secara langsung, langkah ini juga berkontribusi terhadap pencapaian SDG 1 *No Poverty*, SDG 2 *Zero Hunger*, SDG 8 *Decent Work and Economic Growth*, SDG 12 *Responsible Consumption and Production*, dan SDG 15 *Life on Land* (Mukorrobah, 2025). Maka dari itu, model ekonomi sirkular di Tolikara dapat menjadi perwujudan bahwa daerah tertinggal pun memiliki peluang besar untuk bangkit dengan caranya sendiri tanpa kehilangan identitas budayanya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Mengapa Kabupaten Tolikara yang kaya akan sumber daya alam dan didominasi oleh komunitas adat Suku Lani masih tergolong daerah sangat tertinggal dengan tingkat kemiskinan serta keterbatasan pembangunan yang tinggi?
2. Bagaimana potensi daerah serta nilai-nilai kearifan lokal komunitas adat Lani dapat diidentifikasi dan dikembangkan dalam perancangan model *circular economy* di Kabupaten Tolikara?
3. Bagaimana penerapan model *circular economy* berbasis komunitas adat Lani di Kabupaten Tolikara dapat menjadi strategi transformasi potensi daerah menuju green economy sekaligus mendukung pencapaian SDGs di Tanah Papua?

1.3 Tujuan

1. Menganalisis faktor-faktor penyebab Kabupaten Tolikara yang kaya sumber daya alam dan budaya namun masih tergolong sebagai daerah sangat tertinggal dengan tingkat kemiskinan yang tinggi.
2. Mengidentifikasi potensi lokal dan menggali nilai-nilai kearifan masyarakat adat Suku Lani yang relevan dalam pengembangan sistem ekonomi sirkular.
3. Merancang dan mengkaji penerapan model circular economy berbasis komunitas adat Suku Lani sebagai strategi transformasi pembangunan daerah yang selaras dengan prinsip *green economy* dan mendukung pencapaian SDGs di Tanah Papua.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kabupaten Tolikara

Kabupaten Tolikara, terletak di Provinsi Papua Pegunungan, memiliki semboyan "Nawi Arigi" yang mencerminkan semangat masyarakatnya menjaga nilai budaya lokal. Wilayah ini berada pada koordinat 138°00'57"–138°54'32" BT dan 2°52'58"–3°51'02" LS dengan ketinggian ±3.300 mdpl (Wikipedia, 2013), didominasi pegunungan curam (>40%) dan jaringan sungai yang membelah perbukitan. Tolikara berbatasan dengan Kabupaten Mamberamo Raya di utara, Lanny Jaya dan Jayawijaya di selatan, Mamberamo Tengah di timur, serta Puncak Jaya di barat, dengan luas ±14.564 km² dan Karubaga sebagai ibu kota. Wilayah ini terbagi dalam 46 distrik definitif, 7 distrik persiapan, 541 kampung, dan 4 kelurahan (Wikipedia, 2013). Berdasarkan BPS (2020), jumlah penduduk mencapai 250.742 jiwa dengan kepadatan sekitar 45 jiwa/km². Kondisi geografis yang terjal dan infrastruktur terbatas menyebabkan wilayah ini jarang penduduk, sehingga ekonomi masyarakat masih bersifat tradisional dan subsisten. Pertanian menjadi tulang punggung, dengan ubi jalar dan singkong sebagai pangan pokok (produksi 2014: ubi jalar 58.180 ton dari 7.892 ha, ubi kayu 8.283,5 ton dari 1.385 ha). Hortikultura skala kecil seperti labu siam, kol, kacang panjang, dan buncis turut dikembangkan. Komoditas unggulan lain adalah buah merah, spesies endemik Papua, serta peternakan babi yang berperan dalam ekonomi, ritual adat, simbol status, dan alat tukar tradisional. Meski kaya sumber daya, Tolikara diklasifikasikan sebagai daerah sangat tertinggal (IDM 2020: 0,3658) (Kemendesa, 2020). Rendahnya ketersediaan layanan sosial dasar, kondisi infrastruktur, dan kapasitas ekonomi lokal berdampak pada kemiskinan yang mencapai 32,90% (Sitorus et al., 2023). Keterbatasan akses terhadap layanan esensial masih signifikan, di mana lebih dari 91% penduduk belum memiliki sanitasi layak, dan hampir 89% mengonsumsi air yang tidak memenuhi standar kesehatan (Bembok et al., 2025).

2.2 Komunitas Adat Lani

Suku Lani adalah etnis asli yang mendiami pegunungan tengah Papua, terutama di Kabupaten Tolikara, Lanny Jaya, dan sekitarnya, dengan wilayah yang mencakup dataran tinggi Lembah Baliem hingga ketinggian ±2.500 mdpl (SukuDunia, 2014). Meski kerap disebut sebagai bagian dari “Suku Besar Dani”, Suku Lani memiliki karakteristik budaya, bahasa, dan struktur sosial yang khas dan berbeda (Kompasiana, 2023). Penduduk Suku Lani hidup secara subsisten melalui pertanian dan berburu dengan komoditas utama seperti ubi jalar, buah merah, pisang, dan berbagai jenis sayuran (SukuDunia, 2014).

Struktur sosialnya kolektivistik, dipimpin kepala suku yang dihormati sebagai pengambil keputusan melalui musyawarah adat (SukuDunia, 2014). Ritual adat, seperti bakar batu atau *barapen*, menjadi simbol penting solidaritas sosial sekaligus penanda momentum penting seperti pembukaan ladang atau peresmian pemimpin (SukuDunia, 2014). Suku Lani juga menganut sistem moietas eksogami, yaitu pembagian masyarakat ke dalam dua kelompok sosial atau paroh utama yaitu Wenda dan Kogoya, dengan larangan menikah sesama paroh (Wikipedia, 2021). Pernikahan diatur ketat, salah satunya dengan syarat maskawin berupa minimal lima ekor babi sebagai simbol nilai ekonomi dan status sosial (Wikipedia, 2021).

2.3 Circular Economy

Ekonomi sirkular adalah sistem yang mempertahankan nilai produk, bahan, dan sumber daya selama mungkin untuk meminimalkan kerusakan sosial dan lingkungan akibat ekonomi linear (Pusfaster, 2024; Schröder et al., 2019). Sistem ini meliputi pengurangan penggunaan sumber daya, pemanfaatan kembali, perbaikan, perakitan ulang, dan perpanjangan umur pakai. The Ellen MacArthur Foundation (2019) menegaskan tiga prinsip utama, yaitu menghilangkan limbah dan polusi sejak tahap desain, menjaga bahan dan produk tetap bernilai tinggi dalam siklus pemakaian, serta memulihkan sistem alam (Kristianto & Nadapdap, 2021). Prinsip tersebut selaras dengan praktik 3R (*reduce, reuse, recycle*) dan inovasi pengelolaan seperti bank sampah (Hastuti et al., 2020; Mulasari, 2018), namun dengan jangkauan yang lebih luas dan terintegrasi di seluruh rantai nilai. Urgensi ekonomi sirkular meningkat seiring pertumbuhan penduduk, urbanisasi, perubahan konsumsi, dan tekanan lingkungan (Bappenas, 2022). Tantangan utama adalah rendahnya kesadaran masyarakat, khususnya di negara berkembang, terhadap keberlanjutan (Kristianto et al., 2022). Di Indonesia, 72% masyarakat masih abai terhadap isu lingkungan, yang memicu pencemaran dan gangguan ekonomi (Sitompul, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem ekonomi linear tidak lagi memadai untuk mengatasi krisis sumber daya dan lingkungan, sehingga penerapan ekonomi sirkular menjadi solusi yang strategis. Dengan ini, manfaat yang diperoleh bersifat ganda, yakni menekan limbah dan jejak karbon sekaligus menciptakan nilai ekonomi baru dari pemanfaatan sumber daya secara berulang. Dampaknya multidimensi, mencakup efisiensi biaya, ketahanan pasok, hingga perlindungan ekosistem, dan konsistensi implementasinya mendukung pencapaian SDG 1, 2, 8, 12, dan 15 (Mukorrobah, 2025).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif eksploratori berbasis data sekunder untuk memetakan potensi subsektor pertanian, peternakan, dan hortikultura di Tolikara serta mengidentifikasi pola laten dan spasial. Metode kuantitatif dipakai untuk pengukuran objektif dan komparabilitas antarkecamatan. Analisis deskriptif menyajikan profil dasar, PCA mereduksi dimensi, analisis korelasi menilai hubungan antarvariabel, dan analisis klaster membentuk tipologi kecamatan. Tipologi ini menjadi dasar strategi *circular economy* berbasis potensi spesifik wilayah, sehingga hasil penelitian tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga memberikan arah kebijakan yang terukur.

3.2 Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Kabupaten Tolikara, Papua Pegunungan (luas 14.564 km², topografi pegunungan curam, infrastruktur terbatas (BPS, 2020), dengan tingkat kemiskinan tinggi (32,90%) dan IDM rendah (0,3658), sehingga relevan dijadikan laboratorium sosial untuk merancang model ekonomi sirkular berbasis komunitas adat. Subjek penelitian adalah masyarakat Suku Lani sebagai suku mayoritas dengan sistem sosial kolektivistik, mata pencaharian subsisten berbasis pertanian tradisional, dan kepemimpinan adat yang kuat (Kompasiana, 2023). Pemilihan ini didasari keterikatan Suku Lani pada sumber daya lokal (ubi jalar, ubi kayu, ternak babi) dan kearifan lokal dalam menjaga keseimbangan ekologi dan sosial, sesuai prinsip ekonomi sirkular**.**

3.3 Definisi Operasional Variabel

Table 1. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Definisi	Indikator Utama
Independen (Faktor Kontekstual)	Kondisi sosial, ekonomi, dan budaya Suku Lani yang memengaruhi pola produksi dan konsumsi.	Struktur sosial adat, mata pencaharian subsisten, kearifan lokal.
Dependen (Model Ekonomi Sirkular)	Hasil penelitian berupa rancangan model *circular economy* sesuai Kabupaten Tolikara.	Efisiensi sumber daya dan nilai tambah komoditas untuk ketahanan pangan-ekonomi dan SDG.
Pendukung (Faktor Eksternal)	Kondisi eksternal yang mendukung atau menghambat keberhasilan model.	Infrastruktur, kebijakan, peran masyarakat adat, *green economy*, dan dukungan lembaga eksternal.

3.4 Jenis dan Sumber Data

Table 2. Jenis dan Sumber Data Penelitian

Jenis Data	Sumber Data	Uraian
Data Primer-Sekunder	Penelitian terdahulu, publikasi akademik	Kehidupan Suku Lani (pertanian subsisten, struktur sosial, praktik budaya), potensi sumber daya Tolikara untuk ekonomi sirkular, serta konsep dan praktik ekonomi sirkular nasional dan global.
Data Sekunder	Dokumen kebijakan, laporan resmi	Data BPS, Kemendesa, KLHK, dan laporan internasional yang mendukung analisis.
Data Kontekstual	Artikel berita, Laporan media terpercaya	Fokus pada kondisi pembangunan Tolikara, tantangan sosial-ekonomi Papua, dan studi kasus penerapan ekonomi sirkular sebagai perbandingan.

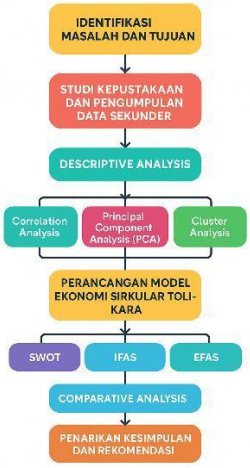
3.5 Teknik Analisis Data

Table 3. Teknik Analisis Data

Tahapan Analisis	Tujuan/Penerapan
Descriptive Analysis	Gambaran potensi usaha daerah (umbi-umbian, hortikultura, buah merah, peternakan–bioenergi, air & sanitasi).
Correlation Analysis	Analisis korelasi untuk mengukur hubungan antar variabel pertanian.
Principal Component Analysis (PCA)	Reduksi variabel dan identifikasi faktor utama sebagai dasar model ekonomi sirkular.
Cluster Analysis	Pengelompokan kecamatan berdasarkan potensi ekonomi pertanian untuk menghasilkan dendrogram.
SWOT, IFAS & EFAS Analysis	SWOT dengan IFAS dan EFAS untuk strategi pembangunan.
Validasi & Keabsahan Model	Validasi model melalui aspek teoritis, logis, metodologis, konstruksi, serta *expert judgment* dan *peer review.*
Comparative Analysis	Perbandingan praktik ekonomi sirkular dari daerah/negara lain untuk menilai relevansi dan adaptasi di Tolikara.

3.6 Tahapan Penelitian

Gambar 1. Tahapan Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Paradoks Pembangunan di Kabupaten Tolikara

Kabupaten Tolikara merepresentasikan paradoks pembangunan, memiliki kekayaan sumber daya alam dan basis budaya yang kuat, namun masih dikategorikan sebagai daerah sangat tertinggal. Data (Kemendesa, 2020) menunjukkan IDM Tolikara hanya 0,3658, sedangkan tingkat kemiskinan Papua masih 26,03% (BPS, 2024), jauh di atas rata-rata nasional 9,36%. Kondisi ini menegaskan adanya *development gap* antara potensi sumber daya dengan hasil pembangunan yang dinikmati masyarakat. Secara analitis, akar masalah dapat ditelusuri dari tiga faktor utama. *Pertama*, keterisolasian geografis dan minimnya infrastruktur membuat Tolikara terperangkap dalam biaya ekonomi tinggi (Detik News, 2019), bahkan lebih dari 91% penduduk belum memiliki sanitasi layak dan hampir 89% masih mengonsumsi air yang tidak memenuhi standar kesehatan (Bembok et al., 2025). *Kedua*, model pembangunan linear yang bersifat *top-down* (Lefaan et al., 2021), sehingga tidak kompatibel dengan konteks sosial budaya Suku Lani. Komunitas adat lebih sering ditempatkan sebagai penerima bantuan, bukan sebagai subjek pengelola sumber daya. Akibatnya, potensi kultural dan ekonomi mereka tidak termobilisasi secara produktif. *Ketiga*, lemahnya kualitas sumber daya manusia, tercermin dari kesenjangan literasi (Wahyu et al., 2025) dan prevalensi stunting di pegunungan Papua yang mencapai 30–40% (Ashar et al., 2024), menjadi hambatan serius dalam menciptakan transformasi ekonomi berkelanjutan. Dengan demikian, keterbelakangan di Tolikara bukan disebabkan ketiadaan sumber daya, melainkan pada kegagalan paradigma pembangunan linear yang eksploitatif, terfragmentasi, dan tidak partisipatif. Inilah yang menjelaskan mengapa meski kaya

potensi, Tolikara masih terjebak dalam lingkaran kemiskinan.

4.2 Analisis Potensi dan Pengelompokan Usaha di Kabupaten Tolikara

Sektor pertanian di Kabupaten Tolikara berperan strategis untuk ketahanan pangan dan ekonomi lokal. Menurut Dinas Pertanian (2014) (dalam BPS (2021), ubi jalar adalah komoditas utama dengan luas panen 7.892 ha dan produksi 58.180 ton, produktivitas 7,37 ton/ha. Ubi kayu di posisi kedua dengan luas tanam 1.385 ha dan produksi 8.283,5 ton, produktivitas 5,98 ton/ha. Komoditas hortikultura, seperti labu siam dan kol, masih dikembangkan terbatas, sementara buah merah, tanaman khas Papua, memiliki nilai ekonomi dan gizi tinggi. Peternakan babi juga strategis, dengan populasi 52.782 ekor (2010), berfungsi sebagai aset ekonomi dan sosial-budaya. Wilayah ini memiliki 36.208 usaha tani tanaman pangan (terbanyak di Nunggawi, Goyage, dan Bokoneri), 8.492 usaha tani hortikultura (terbanyak di Aweku, Kuari, dan Bogonuk), serta 3.823 usaha tani peternakan (terbanyak di Bogonuk, Bewani, dan Karubaga). Berdasarkan hal tersebut, analisis selanjutnya mengelompokkan usaha-usaha untuk mengidentifikasi pola, keterkaitan, dan peluang integrasi dalam model ekonomi sirkular.

4.2.1 Analisis Deskriptif

Penelitian ini memanfaatkan data sekunder produksi pertanian tahun 2023 di seluruh kecamatan Kabupaten Tolikara yang diterbitkan oleh BPS.

Table 4. Hasil Analisis Deskriptif

Variabel	N	x̄	StDev	Min	Max
Tanaman Pangan	46	787.174	355.407	341.0	1771.0
Hortikultura	46	184.609	123.231	28.0	614.0
Peternakan	46	83.109	64.532	4.0	276.0

Sumber: Data sekunder diolah (2025)

Pertanian Tolikara didominasi Tanaman Pangan (rata-rata 787 unit/kecamatan), jauh melampaui Hortikultura (184) dan Peternakan (83). Tanaman Pangan menjadi sektor utama dengan spesialisasi tinggi, sedangkan Hortikultura paling bervariatif dan Peternakan relatif kecil.

4.2.2 Analisis Korelasi

Table 5. Hasil Analisis Korelasi

Correlations	Tanaman Pangan	Hortikultura	Peternakan
Tanaman Pangan	1.0	0.595	0.367
Hortikultura	0.595	1.0	0.430
Peternakan	0.367	0.430	1.0

Sumber: Data sekunder diolah (2025).

Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif antara Hortikultura, Tanaman Pangan, dan Peternakan, menandakan ketiga sektor berkembang bersama. Hipotesis menyatakan variabel ini dapat direduksi menjadi satu–dua faktor utama. Untuk menguji hipotesis, menggunakan PCA untuk mengekstrak komponen signifikan, dan skor faktor diterapkan pada analisis klaster untuk mengelompokkan kecamatan serta mengidentifikasi tipologi pertanian di Tolikara.

4.2.3 Analisis PCA (*Principal Component Analysis*)

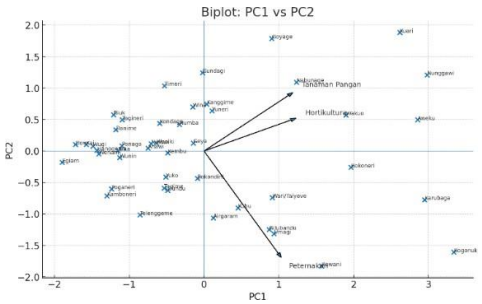
Table 6. Explained Variance

Komponen	Explained Variance Ratio	Explained Variance	Cumulative Ratio
PC1	0.6452	1.9786	0.6452
PC2	0.2219	0.6804	0.8671
PC3	0.1329	0.4076	1.0

Gambar 2. Scree Plot Explained Variance Ratio

Dari hasil analisis, matriks korelasi dilanjutkan dengan *Principal Component Analysis* (PCA). Tabel *explained variance* menunjukkan bahwa dua komponen utama (PC1 dan PC2) menjelaskan 86,71% varians data. Artinya, meski 3 variabel asli direduksi menjadi dua komponen, kedua komponen ini cukup efektif untuk menggambarkan sebaran kecamatan di Kabupaten Tolikara, dengan tingkat akurasi 86,71%.

Gambar 3. Sebaran Kecamatan di Kabupaten Tolikara Menurut PC1 dan PC2



Biplot PC1 vs PC2 menunjukkan PC1 mewakili kontribusi umum semua sektor pertanian, dengan Bogonuk, Karubaga, Bokoneri, Kuari, Wakuo, dan Nunggawi berpotensi

tinggi. PC2 membedakan subsektor: Tanaman Pangan dan Hortikultura positif, Peternakan negatif, sehingga kecamatan tertentu unggul di tanaman tapi lemah di peternakan (Nunggawi, Kuari) atau sebaliknya (Bewani, Poganeri), mencerminkan fokus pertanian yang beragam di Tolikara.

Table 7. Loading Variables

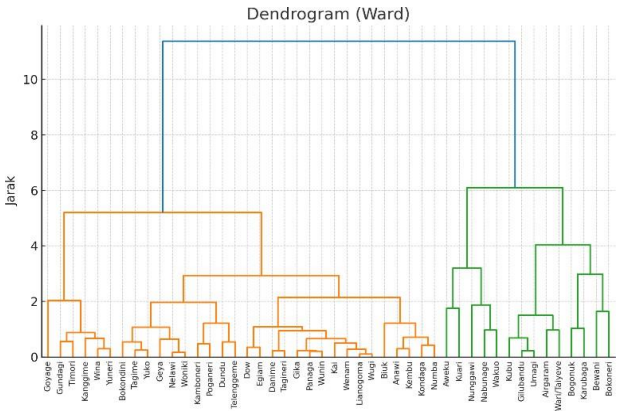
Variabel	PC1	PC2	PC3
Tanaman Pangan	0.5947	0.4649	-0.6559
Hortikultura	0.6160	0.2608	0.7434
Peternakan	0.5166	-0.8461	-0.1313

Hasil loading menunjukkan PC1 mewakili skala umum pertanian (tanaman pangan 0,5947; hortikultura 0,6160; peternakan 0,5166), PC2 trade-off pangan–peternakan (0,4649; -0,8461), dan PC3 kontras hortikultura–pangan (0,7434; -0,6559), merepresentasikan total pertanian, perbedaan pangan–peternakan, dan kontras hortikultura–pangan.

4.2.4 Analisis Klasterisasi

Tahap terakhir penelitian ini adalah menganalisis klaster skor komponen utama sektor pertanian di Kabupaten Tolikara untuk membentuk dendrogram yang menggambarkan pola pengelompokan kecamatan.

Gambar 4. Dendogram Hasil Pengelompokan Kecamatan di Kabupaten Tolikara



Berdasarkan dendrogram (Gambar 4), pemotongan pada tingkat kemiripan menghasilkan dua klaster kecamatan di Tolikara. Kelompok pertama, Nunggawi, Kuari, Wakuo, Karubaga, Bogonuk, Bokoneri, dan sekitarnya, memiliki potensi pertanian tinggi dengan kontribusi signifikan dari tanaman pangan, hortikultura, dan peternakan. Kelompok kedua mencakup kecamatan dengan tingkat pertanian lebih rendah atau fokus pada subsektor tertentu, memerlukan penguatan kapasitas dan diversifikasi usaha.

4.3 Rancangan Model Ekonomi Sirkular Berbasis Komunitas Lani

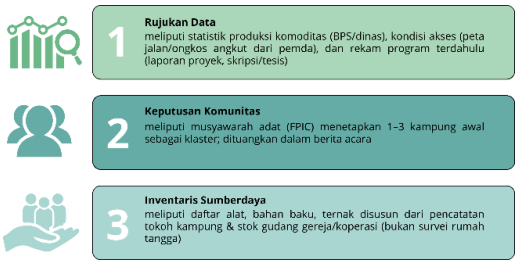
Hasil analisis klasterisasi usaha di Kabupaten Tolikara menjadi dasar pengembangan ekonomi sirkular sesuai karakteristik tiap wilayah. Klaster berpotensi tinggi dapat dijadikan pusat produksi dan distribusi sekaligus penggerak rantai pasok, sedangkan klaster berpotensi rendah difokuskan pemanfaatan limbah, pengolahan hasil samping, dan peningkatan kapasitas usaha,sehingga setiap klaster saling melengkapi dalam siklus ekonomi sirkular yang berkelanjutan.

4.3.1 Prinsip Desain Berbasis Kearifan Lokal

Gambar 5. Prinsip Desain

4.3.2 Baseline Implementasi

Gambar 6. Baseline Implementasi



4.3.3 Tata Kelola, Hak Adat, dan Kelembagaan (*Governance Framework*)

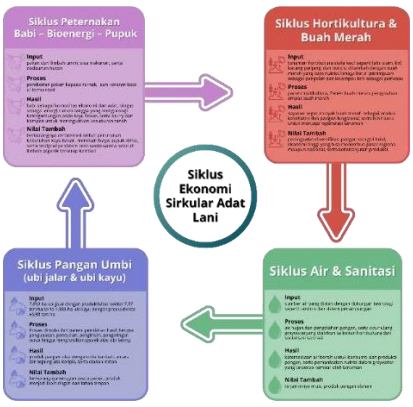
Table 8. Pembagian Peran dalam Setiap Tahap Ekonomi Sirkular

Tahap	Peran Adat	Peran Pemerintah	Peran Komunitas/Koperasi
Produksi (tanam, ternak, panen)	Kepala suku & dewan adat tetapkan hak pakai tanah ulayat, rotasi lahan, norma adat.	Dinas Pertanian & Peternakan fasilitasi babi, bibit, teknologi organik, vaksinasi	Kelompok tani sebagai motor produksi & rotasi kerja
Konsumsi (rumah tangga, pasar, ritual)	Forum musyawarah adat tetapkan pembagian hasil & penggunaan untuk ritual.	Dinas Kesehatan /Pendidikan dukung program gizi	Sekolah posyandu, puskesmas jadi konsumen tetap produk bergizi (ubi, sayur, minyak buah merah).

Pengolahan Limbah & Energi	Adat beri izin penggunaan lahan & ternak untuk unit biogas/kompos	Dinas Koperasi & UKM dukung modal, legalisasi unit pengolahan	Koperasi adat kelola unit biogas/kompos, Forum Pemuda jalankan teknologi, pencatatan digital
Distribusi Nilai & Perdagangan	Dewan adat verifikasi laporan hasil & distribusi adil	Dinas Koperasi & BPS monitoring & verifikasi data produksi/perdagangan	Koperasi adat agregasi hasil, simpan pinjam, standardisasi mutu, pemasaran kolektif
Reinvestasi & Inovasi	Ritual adat jadi *entry point* sosialisasi program. pemuda diberi kursi resmi di koperasi & Dewan Sirkular	Dewan Sirkular kabupaten/distrik/kamp ung integrasikan ke RPJMD, fasilitasi pelatihan	Pemuda & koperasi adat kembangkan inovasi teknologi, regenerasi, pengelolaan mesin ringan
Koordinasi & Akuntabilitas	Dewan adat & forum adat jaga norma, transparansi distribusi	Laporan koperasi diverifikasi dinas, data produksi diverifikasi penyuluh & BPS	Pemetaan partisipatif untuk kontrol sosial (lahan, panen, distribusi hasil)
Integrasi Adat–Formal	Tanah ulayat tetap dijaga adat, ritual adat dipakai untuk legitimasi program	Pemerintah legalkan fasilitas pengolahan agar bisa akses pembiayaan	Koperasi adat jadi jembatan pasar, pemuda dilibatkan untuk Keberlanjutan lintas generasi

4.3.4 Peta Siklus Nilai (*Value Cycle*) Rancangan Model Ekonomi Sirkular Lani

Gambar 7. Peta Siklus Ekonomi Sirkular Adat Lani



1. Siklus pangan umbi (ubi jalar & ubi kayu)

Input utama berasal dari lahan pertanian umbi, yaitu 7.892 ha ubi jalar dengan produktivitas ±7,37 ton/ha dan 1.385 ha ubi kayu dengan produktivitas ±5,98 ton/ha. Proses dimulai dari panen, pemilahan hasil (grade konsumsi, olahan, rusak), kemudian pengolahan primer berupa pengupasan, pencucian, pengirisan, dan pengeringan surya menjadi gaplek atau ubi kering. Selanjutnya dilakukan pengolahan sekunder seperti penepungan (mocaf/tapioka kasar) atau olahan sederhana (keripik, tiwul instan, mi mocaf). Produk tahan simpan didistribusikan melalui koperasi ke pasar Karubaga dan Wamena. Output berupa tepung, keripik, dan olahan instan. Limbah (kulit dan grade rendah) dimanfaatkan sebagai pakan babi atau kompos. Nilai tambah siklus ini adalah berkurangnya kerugian pasca panen, produk lebih ringan dan tahan simpan sehingga biaya transportasi efisien, serta terciptanya diversifikasi pangan untuk memperkuat ketahanan lokal.

2. Siklus Peternakan Babi – Bioenergi – Pupuk

Input siklus ini berupa pakan dari limbah umbi, sisa makanan, dan dedaunan hutan. Ternak babi berperan secara ekonomi, budaya, dan sosial, dengan teknologi pendukung berupa digester biogas skala rumah tangga atau kelompok. Proses meliputi pemberian pakan kepada ternak yang menghasilkan daging dan babi hidup sebagai aset sosial. Kotoran babi dimasukkan ke digester biogas untuk fermentasi anaerob, menghasilkan biogas (CH_4) sebagai energi memasak atau pengeringan. Sisa fermentasi berupa cairan (slurry) digunakan sebagai pupuk cair, sedangkan padatan diolah menjadi kompos. Output siklus ini meliputi babi sebagai komoditas ekonomi dan adat, biogas sebagai energi rumah tangga yang mengurangi ketergantungan kayu bakar, serta slurry dan kompos untuk meningkatkan kesuburan tanah. Nilai tambah mencakup berkurangnya deforestasi, pengurangan biaya pupuk kimia, dan terciptanya sistem zero waste karena seluruh limbah organik dimanfaatkan kembali.

3. Siklus Hortikultura & Buah Merah

Input siklus berupa tanaman hortikultura skala kecil, seperti labu siam, kol, kacang panjang, dan buncis, serta buah merah, tanaman endemik Papua kaya nutrisi. Prosesnya meliputi panen hortikultura yang dipilah menjadi grade A untuk dijual segar dan grade B sebagai pakan babi atau kompos. Buah merah diproses melalui pembelahan, penghalusan, pemanasan, dan pengepresan untuk menghasilkan minyak, dengan ampas sebagai pakan atau kompos dan biji untuk persemaian bibit baru. Output siklus ini berupa sayuran segar

untuk pasar lokal, minyak buah merah sebagai produk kesehatan dan pangan fungsional, serta bibit baru untuk regenerasi tanaman. Nilai tambah mencakup peningkatan diversifikasi pangan dan gizi lokal, potensi ekonomi tinggi dari minyak buah merah untuk pasar regional dan nasional, serta keberlanjutan produksi melalui regenerasi bibit.

4. Siklus Air & Sanitasi

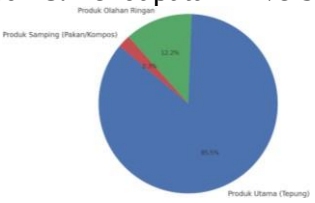
Input siklus ini berupa air hujan dan sumber mata air pegunungan, dengan dukungan teknologi sederhana seperti tandon dan sistem penampungan. Proses meliputi penampungan air hujan untuk kebutuhan rumah tangga dan pengolahan pangan, daur ulang greywater ke kebun hortikultura, serta edukasi sanitasi untuk mencegah kontaminasi pangan. Output berupa ketersediaan air bersih untuk konsumsi dan produksi pangan, serta pemanfaatan nutrisi greywater oleh tanaman (produksi → konsumsi → regenerasi tenaga kerja sehat). Nilai tambahnya mencakup mutu produk pangan terjaga, kesehatan masyarakat meningkat, dan dukungan terhadap pencapaian SDG 6.

4.4 Potensi Produksi Tiap Siklus

4.4.1 Siklus Pangan Umbi (Ubi Jalar dan Ubi kayu)

Kabupaten Tolikara adalah sentra utama ubi jalar di Papua dengan produksi ±66 ribu ton/tahun (Lampiran 2). Posisi strategis memudahkan pengelolaan, efisiensi logistik, dan pembangunan klaster agroindustri. Rantai nilai meliputi panen, sortasi, pencucian, pengirisan, pengeringan, penggilingan, penyimpanan, dan pemasaran. Dengan partisipasi 25% × yield 25%, dihasilkan ±4.153 ton produk kering/tahun dan ±12.459 ton aliran samping untuk pakan ternak dan kompos (Lampiran 3). Operasi feasible pada 3–5 unit pengolahan dengan beban logistik 416–831 trip/tahun dan gudang ±6.921 m³, menjaga arus bahan tanpa bottleneck (Lampiran 5).

Gambar 8. Pendapatan Diversifikasi



Gambar 9. Perbandingan Keekonomian

Proyeksi pendapatan Rp56,8–74,3 miliar/tahun dengan biaya Rp43–54 miliar menghasilkan laba kotor Rp2,8–31,3 miliar dan margin 5%–42% (Lampiran 6), menunjukkan arus kas tetap positif bahkan pada skenario konservatif. Keunggulan sirkular

meliputi material *recovery* tinggi (rasio limbah→nilai ≈3:1) menekan biaya, dan *by-product* jadi pakan, kompos, digestate yang menyuburkan kembali lahan. Risiko khas Papua, seperti akses jalan, listrik, volatilitas pasokan, dimitigasi melalui desain bertingkat: mini-hub pengeringan di sentra produksi, kontrak koperasi, buffer stok produk kering, serta diversifikasi produk (tepung, chips, starch). Dengan demikian tercipta siklus yang menurunkan biaya, memperluas nilai tambah, dan menghasilkan pendapatan berlapis.

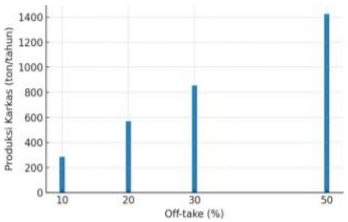
4.4.2 Siklus Peternakan Babi

Table 9. Off-take Rate

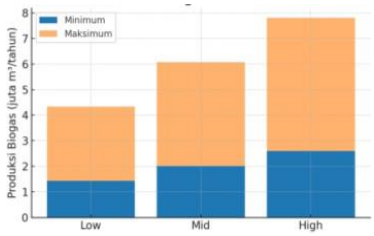
Off-take (%)	Live cut (kg)	Karkas (kg)	Karkas (ton)
10%	475.038	285.023	285,023
20%	950.076	570.046	570,046
30%	1.425.114	855.068	855,068
50%	2.375.190	1.425.114	1.425,114

Bagi masyarakat adat Lani, babi bukan sekadar ternak, melainkan aset sosial, alat tukar, simbol status, dan elemen ritual adat. Dengan populasi ±52.782 ekor dan potensi daging 570–855 ton/tahun (Lampiran 35), babi layak menjadi komoditas unggulan. Dalam ekonomi sirkular, babi menjadi simpul strategis, yaitu limbah hortikultura dan residu umbi sebagai pakan, kotoran kembali menjadi pupuk dan biogas. Hasilnya, biaya produksi turun, lahan subur, energi alternatif tersedia, dan siklus pangan daerah efisien serta bernilai budaya tinggi.

Gambar 10. Off-take Rate vs Produksi Karkas (Populasi 52.787 ekor)



Gambar 11. Potensi Produksi Biogas dari Peternakan Babi



Grafik (Gambar 11) menunjukkan potensi biogas Tolikara ±1,44–5,20 juta m³/tahun, dengan skenario menengah 2,02–4,05 juta m³ (Lampiran 10). Konversi 6 kWh/m³ dipakai karena biogas (55–65% metana) efektif menghasilkan 5,5–6,5 kWh/m³ (WBA, 2015; Workshop, 2011). Dengan ini, potensi energi di Tolikara dapat memasok ±9.300–18.600 rumah tangga/tahun, skenario menengah sekitar 14.000 rumah (Lampiran 11). Slurry biodigester bernilai ekonomi dan agronomis, setara 40% dari total manure. Dengan produksi manure menengah 67.429 ton/tahun, pupuk dihasilkan ±26.972 ton/tahun; skenario rendah 19.266 ton, skenario tinggi 34.678 ton. Infrastruktur manure harian

±184.737 kg memerlukan digester ±5.542 m³, dapat dibangun modular. Kapasitas pengolahan daging ±570 ton/tahun (1,5 ton/hari) membutuhkan cold chain 10–20 m³ dan logistik terjadwal agar distribusi efisien (Lampiran 12–13).

Gambar 12. Komposisi Sumber Pendapatan Peternakan Babi

Berdasarkan hasil simulasi finansial menunjukkan peternakan babi di Tolikara sangat prospektif. Dengan produksi 570 ton karkas per tahun, laba bersih mencapai Rp53,8–61,5 miliar (Lampiran 14–15) dengan margin 54%, jauh di atas BEP 84–90 ton (Lampiran 16). Diversifikasi olahan (abon, dendeng, sosis, minyak, kulit goreng) dan *by-products* (blood meal, pakan ikan, gelatin) menambah ±Rp37,7 miliar per tahun (Lampiran 17) tanpa peningkatan volume. Total nilai ekonomi mencapai Rp130–177 miliar per tahun (Lampiran 19), ditopang *multi-stream income* dari karkas, produk olahan, dan *carbon credit*. Model ini membuktikan babi layak menjadi pilar utama ekonomi sirkular Tolikara.

4.3.2 Siklus Hortikultura & Buah Merah

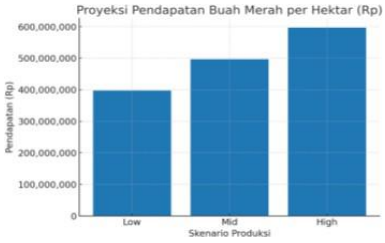
Fokus diarahkan pada buah merah sebagai komoditas khas Papua dan unggulan Pemkab Tolikara (Antara News, 2025). Sementara itu, sayuran sebagai penopang rantai nilai, grade A dijual B2C, sedangkan grade B untuk pakan ternak atau kompos.

4.3.2.1 Proyeksi Produksi Buah Merah

Buah merah memiliki potensi yang jarang dimiliki komoditas tropis lain, dengan produktivitas tinggi, nilai gizi unik, serta peluang diversifikasi industri luas. Data dasar menunjukkan produktivitas rata-rata 9,6–14,4 ton/ha per tahun (Lampiran 21), yang bila dikonversi ke minyak buah merah memberi nilai ekonomi hampir Rp600 juta/ha pada skenario tinggi. Angka ini melampaui profitabilitas komoditas konvensional seperti kopi dan kakao, sehingga secara finansial buah merah memiliki *competitive advantage* yang jelas. Selain menghasilkan minyak murni, proses pengolahan juga menghadirkan produk samping bernilai ekonomi (Lampiran 22). Diversifikasi ini menyumbang tambahan ±9% pendapatan (Lampiran 24) yang memperkuat stabilitas arus kas dan menurunkan risiko harga. Dari sisi rantai nilai, alur produksi (Lampiran 23) menunjukkan setiap tahap memberi nilai tambah, mulai budidaya, ekstraksi, pemurnian, hingga pemanfaatan limbah.

Tidak ada bagian terbuang, sehingga model ini bukan sekadar *profitable farming*, melainkan ekosistem terintegrasi berbasis *zero waste*.

Gambar 13. Proyeksi Pendapatan Buah Merah



Gambar 14. Kontribusi Pendapatan Buah Merah

Proyeksi pendapatan menunjukkan kelayakan tinggi, dengan skenario Low Rp397,5 juta/ha, Mid Rp496,5 juta/ha, dan High Rp597 juta/ha (Lampiran 24). Pada skenario konservatif, profitabilitas tetap tinggi dengan payback period singkat. Indikator keekonomian (Lampiran 25) mencatat margin laba bersih 23,4%, BEP Rp334 juta, pendapatan 62% di atas impas, dan rasio biaya 76,6%, sehingga tiap Rp100 biaya menghasilkan Rp30,5 laba. Model buah merah tidak hanya feasible, tetapi juga robust, dengan minyak merah sebagai cash cow dan diversifikasi sebagai bantalan risiko, menjamin resiliensi dan kesinambungan jangka panjang.

4.3.2.2 Proyeksi Produksi Hortikultura

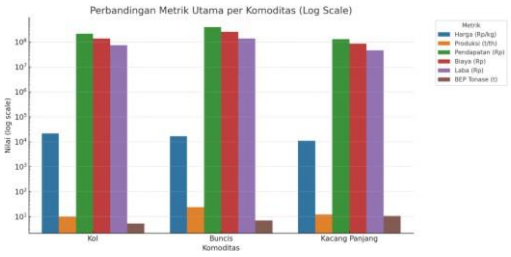
Table 10. Potensi Produksi Hortikultura

Komoditas	Luas (ha)	Produktivitas konservatif (t/ha/siklus)	Siklus /tahun	Total produksi (t/tahun)	Harga produsen Papua (Rp/kg)	Pendapatan Kotor (Rp)
Kol	0,5	20	1	10	21.466	214.660.000
Buncis	0,5	24	2	24	16.528	396.672.000
Kacang Panjang	0,5	12,1	2	12,1	10.878	131.634.000
Subtotal	**1,5**	-	-	**46,1 t/tahun**	-	**742.966.000**

Table 11. Diversifikasi Produk Utama

Produk	Grade A (Utama)	Grade B (Diversifikasi)	Catatan
Kol	Dijual segar (pasar, koperasi, e-commerce)	Pakan babi (cincang) / kompos organik	Grade B ~5–15% tonase
Buncis	Dijual segar, bisa masuk program pangan	Pakan babi (direbus) / kompos	Panen bertahap, kontinyu
Kacang Panjang	Dijual segar	Pakan babi / kompos	Bisa dikeringkan jadi benih lokal

Gambar 15. Perbandingan Metrik Utama per Komoditas Berdasarkan Keekonomian



Model hortikultura 1,5 ha dengan kol, buncis, dan kacang panjang menghasilkan 46,1 ton/tahun dengan pendapatan Rp742,9 juta (Tabel 17). Struktur biaya 65% menyisakan margin 35% atau laba bersih ±Rp260 juta (Lampiran 27), menunjukkan usaha aman. Analisis BEP dengan biaya tetap Rp120 juta menghasilkan BEP Rp342,8 juta (Lampiran 28), sementara realisasi Rp742,9 juta hampir 2,2 kali BEP; buncis sendiri Rp396,7 juta, 3,4 kali BEP. Kekuatan model ada pada diversifikasi internal: buncis motor utama (Rp138,8 juta, 53%), kol penstabil arus (Rp75,1 juta, 29%), dan kacang panjang penyeimbang kas (Rp46 juta, 18%) dengan kalender panen berbeda yang menjamin aliran kas sepanjang tahun. Produksi efisien dan berkelanjutan melalui pembibitan, penanaman, pemeliharaan organik, panen bertahap, serta sortasi dan grading. Produk Grade A dijual komersial (B2C), Grade B dialihkan untuk pakan babi atau kompos, mengurangi kerugian sekaligus memperkuat integrasi dengan peternakan dalam siklus agroindustri.

4.3.3 Siklus Air dan Sanitasi

Model Siklus Air dan Sanitasi merupakan intervensi strategis untuk menjawab krisis layanan esensial yang berkepanjangan. Lebih dari 91% penduduk belum memiliki sanitasi layak dan hampir 89% masih mengonsumsi air yang tidak memenuhi standar kesehatan (Bembok et al., 2025). Kondisi ini bukan hanya keterbatasan infrastruktur, tetapi juga lingkaran kerentanan, rendahnya kualitas air dan sanitasi memicu beban penyakit, menurunkan produktivitas, dan memperdalam kemiskinan struktural. Melalui prinsip ekonomi sirkular, model ini membalik logika linear "ambil–pakai–buang" menjadi sistem berulang yang menghasilkan nilai tambah berlapis. Air hujan dan mata air dimanfaatkan lintas sektor (rumah tangga, pertanian, peternakan, pengolahan pangan), sementara limbah tidak terbuang sia-sia. Greywater dialihkan untuk irigasi hortikultura, limbah ternak diolah menjadi biogas dan pupuk organik, sedangkan limbah buah merah diformulasikan sebagai kompos cair (Lampiran 29 alur model siklus air dan sanitasi). Semua hasil olahan kembali ke tanah, menciptakan kesuburan baru sekaligus menutup siklus sumber daya.

Gambar 16. Visualisasi Model

Gambar 17. Dampak Model

Model ini signifikan pada tiga lapis dampak, kesehatan meningkat melalui air bersih dan sanitasi, ekonomi lokal terdorong oleh produk sampingan bernilai, dan ekologi terjaga melalui praktik ramah lingkungan. Maka dari itu, model ini krusial untuk memutus kerentanan Tolikara dan mendukung pencapaian SDG 1, 2, 8, 12, 15.

4.4 Strategi Penjualan dan Distribusi

Strategi pemasaran Tolikara mencakup pasar lokal, regional, dan nasional dengan penjualan B2C, B2B, dan institutional, mencakup distribusi dari konsumsi harian hingga pasar urban. Diferensiasi produk melalui branding "Tolikara Natural", olahan urban, dan packaging bersertifikasi meningkatkan nilai dan kredibilitas. Distribusi memanfaatkan cold chain, logistik reguler, dan koperasi lokal untuk efisiensi dan jangkauan. Strategi harga kompetitif untuk segar, premium untuk olahan dengan bundling ritel modern. Promosi menekankan nilai budaya dan organik melalui festival, pameran, serta digital marketing terbatas, menjadikan model *feasible* dan memperkuat ekonomi sirkular berbasis komunitas (rincian strategi Lampiran 36).

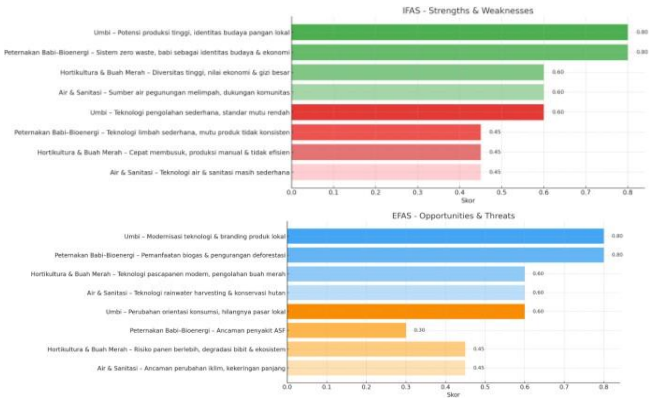
4.5 Roadmap Timeline Implementasi Bertahap

Gambar 18. Roadmap Timeline

4.6 Analisis SWOT Model Ekonomi Sirkular

4.6.1 Analisis IFAS dan EFAS

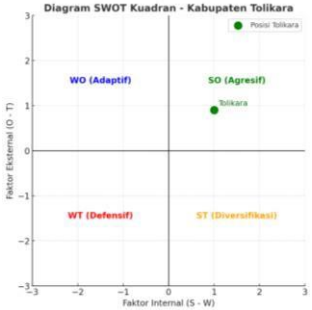
Gambar 19. Analisis IFAS dan EFAS



Skor Internal (IFAS) = 2.80 (S) – 1.95 (W) = +0.85 → posisi kuat. Sedangkan skor Eksternal (EFAS) = 2.80 (O) – 1.80 (T) = +1.00 → posisi sangat prospektif**.**

4.6.2 Kuadran dan Matriks SWOT (SO, WO, ST, WT)

Gambar 20. Kuadran SWOT **Gambar 21.** Matriks SWOT (SO, WO, ST, WT)



Posisi siklus pangan, peternakan, hortikultura, dan air berada di Kuadran I (SO – Agresif) dengan skor IFAS = 0,85 dan EFAS = 1,00. Ini menunjukkan bahwa kekuatan internal cukup besar dan peluang eksternal sangat tinggi, sehingga strategi pembangunan dapat diarahkan pada pemanfaatan kekuatan internal untuk menangkap peluang eksternal.

4.7 Analisis Komparatif

Praktik ekonomi sirkular global menegaskan pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang efisien. Di Tolikara, konsep ini diterapkan melalui integrasi umbi, peternakan, hortikultura, sanitasi dan air. Bali dan Vietnam menunjukkan efisiensi dan energi terbarukan melalui sistem terpadu, sementara Uganda menambah nilai limbah ubi menjadi briket dan bioethanol. Sistem pig–biogas–fish farming di Vietnam memberi gambaran klaster usaha tertutup yang meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan. Penerapan model ini di Tolikara memperkuat ekonomi sirkular berbasis komunitas, menurunkan

limbah, menambah nilai lokal, dan memastikan ketahanan pangan serta energi.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa keterbelakangan Kabupaten Tolikara bukan terletak pada kemiskinan sumber daya, melainkan pada kegagalan sistem pembangunan yang selama ini linear, eksploitatif, dan tidak berpijak pada kekuatan komunitas. Paradigma tersebut menjadikan masyarakat adat, khususnya Suku Lani, sekadar objek pembangunan, sehingga potensi pertanian tradisional, nilai budaya, dan pengetahuan ekologis mereka belum termanfaatkan optimal.

Model *circular economy* berbasis komunitas adat Lani menghadirkan kerangka baru yang tidak hanya memulihkan rantai produktif, tetapi juga mereposisi masyarakat sebagai aktor utama pembangunan melalui tiga poros (1) penguatan pangan berbasis wilayah melalui umbi-umbian, peternakan babi, hortikultura, serta sanitasi, (2) pemanfaatan limbah melalui biogas, pupuk organik, dan pakan ternak, serta (3) klasterisasi potensi wilayah agar distribusi nilai ekonomi antar kecamatan lebih merata. Dengan prinsip *custom-embedded, nutrient-first*, dan *zero waste to land*, model ini menciptakan siklus produktif yang menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, ketahanan pangan, dan kelestarian lingkungan, sekaligus menjadi strategi transformasi menuju *green economy* yang berakar pada adat serta berkontribusi pada SDG 1, 2, 8, 12, dan 15. Tolikara dan Suku Lani menjadi bukti bahwa wilayah yang dicap tertinggal dapat menjadi pionir transisi ekonomi sirkular dalam pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

5.2 Saran

Pemerintah daerah perlu menyusun kebijakan pembangunan berbasis ekonomi sirkular yang berakar pada kearifan lokal, dengan dukungan regulasi, insentif, dan pendanaan. Strateginya mencakup pengembangan klaster pertanian sesuai potensi kecamatan, pelatihan teknis pengolahan hasil, pemanfaatan limbah menjadi energi dan pupuk organik, serta manajemen usaha berbasis koperasi adat. Keterlibatan pemuda perlu diprioritaskan untuk menjamin keberlanjutan lintas generasi. Pemerintah bersama lembaga adat dan mitra eksternal harus membangun infrastruktur dasar, seperti unit pengolahan, instalasi biogas, dan jaringan logistik agar rantai nilai berjalan efisien. Penelitian lanjutan melalui *pilot project* serta analisis spasial dan ekonomi mikro penting dilakukan untuk menguji kelayakan model sekaligus memvalidasi dampaknya terhadap pendapatan dan ketahanan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahdiat, A. (2023). *Papua, Pulau dengan Cadangan Bijih Emas Terbesar di Indonesia*. https://databoks.katadata.co.id/pertambangan/statistik/4d1894b7162745a/papua-pulau-dengan-cadangan-bijih-emas-terbesar-di-indonesia

Antara News. (2025). *Pemkab Tolikara sebut budidaya buah merah jadi komoditi unggulan*. https://papua.antaranews.com/berita/746213/pemkab-tolikara-sebut-budidaya-buah-merah-jadi-komoditi-unggulan

Bappenas. (2022). *Ekonomi Sirkular Tingkatkan Pertumbuhan Ekonomi*.

Bembok, N., Rengkung, L. R., & Montolalu, M. H. (2025). Potensi Dan Pengelompokan Usaha Pertanian Di Kabupaten Tolikara Provinsi Papua. *Journal of Agribusiness and Rural Development (Jurnal Agribisnis Dan Pengembangan Pedesaan)*, *7*(2), 189–198. https://doi.org/10.35791/agrirud.v7i2.61951

BPS. (2020). *Kabupaten Tolikara dalam Angka*. BPS. (2021). *Kabupaten Tolikara dalam Angka*. BPS. (2024). *PROVINSI PAPUA*.

Deogracious, O., Ilukor, J., Mukasa, S., & Mugisha, J. (2023). *Fuel from the Farm: An analysis of the profitability and factors driving farmers' decisions to produce bioethanol from cassava in Northern Uganda*. *Vol. 7 (1)*, 89–110.

Direktorat Jenderal Hortikultura. (2018). *STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP) DI PEGUNUNGAN JAYAWIJAYA KABUPATEN TOLIKARA DAN YAHOKIMO PROVINSI PAPUA*.

Hastuti, S., Tentama, F., Mulasari, S., Sukesi, T., Sulistyawati, & Maulana, M. (2020). Pelatihan Berwirausaha Sampah dan Manajemen Sampah di Desa Argorejo, Sedayu, Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *5*(1), 51–58. http://ppm.ejournal.id/index.php/pengabdian/article/view/252/157

Hidayah, E., Pattiasina, B. J., & Loupatty, J. W. (2022). Potensi Minyak Buah Merah (Pandanus conoideus) Sebagai Suplemen Pakan Induk Kepiting Bakau untuk Meningkatkan Performa Telur dan Larva. *Jurnal Airaha*, *11*(02), 354–363.

Huang, E. (2018). *Vietnam is reducing carbon emissions by transforming pig waste into energy*. https://qz.com/1328667/vietnam-is-reducing-carbon-emissions-by-transforming-pig-waste-into-energy

i Nengah, M. (2016). The Evaluation of Implementation the Integrated Farming System Program and the Reality of Increasing Farmers Income in Bali. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, *2*, 84. https://doi.org/10.21744/irjeis.v2i7.148

IDH. (2021). *Papua and West Papua, Indonesia*. https://www.idhsustainabletrade.com/landscapes/papua-and-west-papua-indonesia/

Kakooza, A. W. (2010). *APPRAISAL OF FOOD RESIDUE (WASTE) BASED FUEL BRIQUETTES IN DOMESTIC COOKING APPLICATIONS: A CASE STUDY OF UGANDA*.

Kemendesa. (2020). *STATUS IDM Kab Tertinggal Tahun 2020*.

Kompasiana. (2023). *Mengenal Ciri Khas Suku Lani di Papua dan Kehidupan Sosialnya*. https://kumparan.com/sejarah-dan-sosial/mengenal-ciri-khas-suku-lani-di-papua-dan-kehidupan-sosialnya-20C9p4iTncv

Kristianto, A. H., & Nadapdap, J. P. (2021). Dinamika Sistem Ekonomi Sirkular Berbasis Masyarakat. *Sebatik*, *25*(1), 59–67.

Kristianto, A. H., Siahaan, S. V, & Vusvitasari, B. K. (2022). Potensi Pengembangan Ekonomi Sirkular Kerakyatan dan Solusi Permasalahan Sampah Tidak Terkelola (Studi Kasus Desa Sungai Duri Kabupaten Bengkayang). *MANEKSI: Jurnal Manajemen Ekonomi Dan Akuntansi*, *11*(1).

LaniTribe. (2021). *Suku Lani*.

Laporan Antara. (2010). *Midterm Report Master Plan City of Bokondini Papua Indonesia*. https://www.scribd.com/document/170248610/Midterm-Report-Master-Plan-City-Of-Bokondini-Papua-Indonesia

Mukorrobah, N. K. (2025). *Kenali 17 Tujuan SDGs dan Penjelasannya*. https://unair.ac.id/kenali-17-tujuan-sdgs-dan-penjelasannya/

Mulasari, S. A. (2018). Pengelolaan Limbah Pertanian dan Rumah Tangga Berbasis Masyarakat di Desa Nglegi Patuk Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, *3*(2), 141–146. http://ppm.ejournal.id/index.php/pengabdian/article/view/52/52

Nhu, T. T., Dewulf, J., Serruys, P., Huysveld, S., Nguyen, C. V, Sorgeloos, P., &

Schaubroeck, T. (2015). Resource usage of integrated Pig–Biogas–Fish system: Partitioning and substitution within attributional life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, *102*, 27–38. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.011

Pusfaster. (2019). *Ekonomi Sirkular*. https://pusfaster.bsilhk.menlhk.go.id/index.php/circular-economy/

Pusfaster. (2024). *Circular Economy*. https://pusfaster.bsilhk.menlhk.go.id/index.php/circular-economy/

Rumere, F. (2025). *Pedagang Sebut Harga Daging Babi di Pasar Sentral Timika Turun Rp180 Per Kilo* (M. L. Lela, Ed.). https://papuatengah.tribunnews.com/2025/08/05/pedagang-sebut-harga-daging-babi-di-pasar-sentral-timika-turun-rp180-per-kilo

Sarungallo, Z., Murtiningrum, M., Santoso, B., & Roreng, M. (2013, August).

PENGARUH PENANGANAN PASCAPANEN TERHADAP KUALITAS MINYAK

BUAH MERAH (Pandanus conoideus) The effect of post-harvest handling on red fruit (Pandanus conoideus) oil quality*.

Schröder, P., Anantharaman, M., Anggraeni, K., & Foxon, T. J. (2019). *The Circular Economy and The Global South: Sustainable Lifestyles and Green Industrial Development* (P. Schröder, M. Anantharaman, K. Anggraeni, & T. J. Foxon, Eds.). Routledge.

Sitompul, M. R. (2023). Ekonomi sirkular dalam pengembangan bisnis perebangan di Indonesia. *Warta Peneltian Perhubungan*, *35*(1), 49–58. https://doi.org/10.25104/warlit,v35i1.2241

Sitorus, D. R. (2023). *Manunggaling Kawula Gusti: Etika dan Spiritualitas Jawa Sehari-hari*.

Sitorus, Y. L. M., Yanthy, N. O., Usman, S., & Nurmaningtyas, A. R. (2023). Sosialisasi

Dokumen Pendukung Perencanaan Partisipatif di Kabupaten Tolikara. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *14*(2), 351–359. http://journal.upgris.ac.id/index.php/e-dimas

SukuDunia. (2014). *Sejarah Suku Lani di Papua*. https://suku-dunia.blogspot.com/2014/08/sejarah-suku-lani-di-papua.html?

Tutukansa, A. F., & Tuffahati, E. D. (2022). OPTIMALISASI PENINGKATAN KUALITAS MUTU PENDIDIKAN PROVINSI PAPUA SEBAGAI DAERAH 3T

DI INDONESIA. *Jurnal Khazanah*, *14*(2). https://journal.uii.ac.id/khazanah WBA. (2015). *Factsheet - Biogas*.

Wikipedia. (2013). *Kabupaten Tolikara*. https://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Tolikara

Wikipedia. (2021). *Suku Lani*.

Workshop, E. (2011). *From Waste To Wheels Biogas Creating The Future*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Jumlah Usaha Tani Setiap Kecamatan di Kabupaten Tolikara

No.	Kecamatan Subdistrict	Tanaman Pangan Food Crops	Hortikultura Horticulture	Peternakan Livestock
1	Nunggawi	1771	383	122
2	Goyage	1560	195	27
3	Bokoneri	1491	192	174
4	Kuari	1377	545	58
5	Wakuo	1339	321	117
6	Karubaga	1275	382	222
7	Nabunage	1176	331	63
8	Kanggime	1138	124	52
9	Bogonuk	1113	427	276
10	Bewani	1105	131	244
11	Gundagi	1064	192	18
12	Yuneri	1019	171	56
13	Aweku	958	614	132
14	Wina	946	166	43
15	Timori	942	140	13
16	Wari/Taiyeve	907	210	155
17	Geya	874	140	75
18	Airgaram	790	101	150
19	Bokondini	789	128	107
20	Woniki	748	112	58
21	Nelawi	699	119	55
22	Gilubandu	677	245	176
23	Tagineri	663	109	21
24	Kondaga	659	184	37
25	Tagime	655	96	100
26	Yuko	651	118	90
27	Numba	636	233	44
28	Umagi	635	265	180
29	Kubu	630	231	143
30	Kembu	605	177	66
31	Danime	595	107	26
32	Anawi	586	150	54
33	Gika	524	108	44
34	Poganeri	515	39	78
35	Panaga	507	130	40
36	Dundu	480	169	97
37	Wenam	479	80	39
38	Wunin	462	125	49
39	Dow	447	58	21
40	Wugi	437	96	28
41	Lianogoma	426	102	33

42	Biuk	408	199	4
43	Egiam	382	28	31
44	Kamboneri	380	72	78
45	Kai	349	119	21
46	Telenggeme	341	128	106

Lampiran 2. Perhitungan total produksi ubi jalar & ubi kayu

Jenis Umbi	Luas Lahan (ha)	Produktivitas (ton/ha)	Perhitungan	Total Produksi (ton/tahun)
Ubi Jalar	7.892	7,37	7.892 × 7 = 55.244 7.892 × 0,37 = 2.920,04	58.164,04
Ubi Kayu	1.385	5,98	1.385 × 5 = 6.925 1.385 × 0,98 = 1.357,30	8.282,30
Total	9.277	–	–	66.446,34

Lampiran 3. Penghitungan Operasi Pengolahan dan Hasil Produk Kering

Skenario	Share 10%	Share 25%	Share 50%
Fresh processed	66.446,34 × 0,10 = 6.644,634 ton/year.	66.446,34 ÷ 4 = 16.611,585 ton/year.	66.446,34 ÷ 2 = **33.223,17 ton/year.**
Dry product	**Yield 20%** 6.644,634 × 0,20 = 6.644,634 ÷ 5 = 1.328,9268 ton/year.	**Yield 20%** 16.611,585 × 0,20 = 16.611,585 ÷ 5 = 3.322,317 ton/year.	**Yield 20%** 33.223,17 × 0,20 = 33.223,17 ÷ 5 = 6.644,634 ton/year.
	Yield 25% 6.644,634 × 0,25 = 6.644,634 ÷ 4 = 1.661,1585 ton/year.	**Yield 25%** 16.611,585 × 0,25 = 16.611,585 ÷ 4 = 4.152,89625 ton/year.	**Yield 25%** 33.223,17 × 0,25 = 33.223,17 ÷ 4 = 8.305,7925 ton/year.
	Yield 30% 6.644,634 × 0,30 = (6.644,634 × 3) ÷ 10 = 19.933,902 ÷ 10 = 1.993,3902 ton/year.	**Yield 30%** 16.611,585 × 0,30 = (16.611,585 × 3) ÷ 10 = 49.834,755 ÷ 10 = 4.983,4755 ton/year.	**Yield 30%** 33.223,17 × 0,30 = (33.223,17 × 3) ÷ 10 = 99.669,51 ÷ 10 = 9.966,951 ton/year.

Lampiran 4. Tabel Keputusan Skenario Pengolahan dan Hasil Produk Kering

Skenario	Output Dry Product	Investasi Fasilitas	SDM dan Logistik	Risiko Stok & Pasokan	Margin	Note
Share 25% × Yield 25%	4.152,896 ton/year	Sedang	Sedang	Rendah–Sedang	Stabil, aman	Cocok untuk *pilot project*, risiko terkendali, biaya moderat.
Share 25% × Yield 30%	4.983,476 ton/year	Sedang	Sedang–Tinggi	Sedang	Lebih tinggi, efisien	Lebih tinggi hasil, tapi butuh efisiensi proses.
Share 50% × Yield 20%	6.644,634 ton/year	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Me-nengah	Butuh pasokan besar, yield rendah dan efisiensi rendah.
Share 50% × Yield 25%	8.305,793 ton/year	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Output besar, tapi perlu SDM & logistik kuat.
Share 50% × Yield 30%	9.966,951 ton/year	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Sangat tinggi	Mak-simal	Agresif, cocok bila sudah siap pasar dan infrastruktur, risiko tinggi.

Lampiran 5. Simulasi Produksi Harian Siklus Pangan Umbi

Simulasi produksi harian (Asumsi 365 hari operasional)

Fresh product per hari = 16.611,585 ÷ 365

365 × 45 = 16.425 → sisa 16.611,585 − 16.425 = 186,585

365 × 0,5 = 182,5 → sisa 186,585 − 182,5 = 4,085

4,085 ÷ 365 ≈ 0,01119178

Jadi fresh/day ≈ 45 + 0,5 + 0,01119178 = 45,51119178 ton/day ≈ 45,51

t/hari. Dry product per hari = 4.152,89625 ÷ 365

365 × 11 = 4.015 → sisa 137,89625

365 × 0,37 = 135,05 → sisa 2,84625

2,84625 ÷ 365 ≈ 0,007797945

Jadi dry/day ≈ 11 + 0,37 + 0,007797945 = 11,377797945 t/day ≈ 11,38 t/hari.

Analisis Operasional

Aspek	Rumus	Hasil	Catatan
By-Product (sisa)	Fresh processed × (1 − yield) 16.611,585 × 0,75	12.458,689 ton/tahun	Ampas, kulit, grade rendah, bisa untuk pakan, kompos, biomassa
Transport (Dry Product)	Total produk kering ÷ kapasitas truk	**10 ton/truk** → 416 muatan/tahun (≈35/bulan) **5 ton/truk → 831 muatan/tahun** (≈70/bulan)	Dipilih sesuai skala dan infrastruktur jalan
Penyimpanan	Volume = Total produk ÷ densitas (4.152,896 ÷ 0,6)	6.921,494 m³/tahun ≈ 576,8 m³/bulan	Densitas 0,6 t/m³ asumsi konservatif, perlu uji pilot
Unit Pengolahan	Fresh/day ÷ throughput/unit (45,51 t/hari – 83,06 t/hari)	**Unit kecil (2 t/hari)** 23–42 unit - Unit menengah (5 t/hari): 10–17 unit **Unit besar (20 t/hari)** 3–5 unit	Kombinasi 1–2 unit besar + beberapa menengah lebih efisien (manajemen & QC)

Lampiran 6. Proyeksi Pendapatan Siklus Pangan Umbi

#	Produk / Langkah	Rumus Hitung	Perhitungan	Harga Jual (Rp/kg)	Total Pendapatan (Rp)	Keterangan
A.	Data dasar	Fresh processed = Total × 0,25	66.446,34 × 0,25 = 16.611,585 ton	—	—	Fresh bahan baku
		Dry product = Fresh × 0,25	16.611,585 × 0,25 = 4.152,896 ton = 4.152.896 kg	—	—	Produk kering siap jual
B.	Produk utama: Tepung/ pr oduk kering	kg × harga	4.152.896 × Rp12.000 = Rp49.834.752.000 4.152.896 × Rp15.000 = Rp62.293.440.000	Rp12.000 – Rp15.000	Rp 49,83 – Rp 62,29 Miliar	Harga borongan industri/pasar lokal
C.	Produk olahan ringan (keripik/ mi/instan)	Estimasi 200–300 ton olahan jadi (5–7% dari fresh basis) × harga retail	Asumsi 250.000 kg × Rp25.000 = Rp6,25 M Max: 250.000 kg × Rp40.000 = Rp10 M	Rp25.000 – Rp40.000	Rp 6,25 – Rp 10 Miliar	Produk nilai tambah retail

D.	Produk samping (pakan/kompos)	Estimasi 500.000–1.000.000 kg limbah bermanfaat × harga substitusi	500.000 × Rp1.500 = Rp0,75 M 1.000.000 × Rp2.000 = Rp2 M	Rp1.500 – Rp2.000	Rp 0,75 – Rp 2 Miliar	Produk samping pengolahan
E.	Total Pendapatan	B + C + D	(49,83 + 6,25 + 0,75) = **Rp56,83 M** (lower) (62,29 + 10 + 2) = **Rp74,29 M** (upper)	—	Rp 56,83 – Rp 74,29 Miliar	Pendapatan tahunan
F.	Biaya (CapEx + OpEx)	Komponen biaya total	Rp43 – Rp54 Miliar	—	—	Budidaya, mesin, SDM, logistik
G.	Laba (Pendapatan – Biaya)	E – F	Worst case: Rp56,83 M – Rp54 M = **Rp2,83 M** Best case: Rp74,29 M – Rp43 M = **Rp31,29 M**	—	Rp 2,83 – Rp 31,29 Miliar	Range laba kotor
H.	Margin (%)	Laba ÷ Pendapatan ×100%	2,83 ÷ 56,83 = **5%** 31,29 ÷ 74,29 = **42%**	—	5 – 42 %	Profitabilitas tahunan

Lampiran 7. Data Bobot Hidup Populasi Babi (Skenario 80–100 kg)

Bobot rata-rata (kg/ekor)	Total bobot hidup (kg)	Total bobot hidup (ton)
80 kg	4.222.560	4.222,560
90 kg	4.750.380	4.750,380
100 kg	5.278.200	5.278,200

Lampiran 8. Perhitungan Total Karkas Populasi Babi (Yield 55–65%)

Bobot rata-rata (kg)	Yield (%)	Total live (kg)	Karkas (kg)	Karkas (ton)
80 kg	55%	4.222.560	2.322.408	2.322,408
90 kg	60%	4.750.380	2.850.228	2.850,228
100 kg	65%	5.278.200	3.430.830	3.430,830

Lampiran 9. Produksi Manure per Tahun (Skenario Low–Mid–High)

Asumsi kg/ekor/hari	Total/hari (kg)	Total/tahun (kg)	Total/tahun (ton)
2,5 (konservatif)	131.955	48.163.575	48.164
3,5 (mid)	184.737	67.429.005	67.429
4,5 (optimis)	237.519	86.694.435	86.694

Lampiran 10. Estimasi Produksi Biogas Berdasarkan Yield Manure (0,03–0,06 m³/kg)

Kategori Manure	Total Manure (kg/tahun)	Rumus umum	Hasil (0,03 m³/kg)	Hasil (0,045 m³/kg)	Hasil (0,06 m³/kg)
Low	48.163.575	Biogas = Total manure × yield_m³/kg	48.163.575 × 0,03 = 1.444.907,25 m³/yr	48.163.575 × 0,045 = 2.167.360,875 m³/yr	48.163.575 × 0,06 = 2.889.814,5 m³/yr
Mid	67.429.005	Biogas = Total manure × yield_m³/kg	67.429.005 × 0,03 = 2.022.870,15 m³/yr	67.429.005 × 0,045 = 3.034.305,225 m³/yr	67.429.005 × 0,06 = 4.045.740,3 m³/yr
High	86.694.435	Biogas = Total manure × yield_m³/kg	86.694.435 × 0,03 = 2.600.833,05 m³/yr	86.694.435 × 0,045 = 3.901.249,575 m³/yr	86.694.435 × 0,06 = 5.201.666,1 m³/yr

Lampiran 11. Energi dari Biogas (kWh)

Yield Biogas (m³/kg manure)	Total Biogas (m³/tahun)	Energi (kWh/tahun, 6 kWh/m³)	Ekivalen Rumah Tangga (1.300 kWh/tahun)	Cara Hitung
0,03 (low)	2.022.870	12.137.221	9.337 rumah	2.022.870 × 6 = 12.137.221 kWh; ÷1.300 = 9.337
0,045 (mid-case)	3.034.305	18.205.831	14.005 rumah	3.034.305 × 6 = 18.205.831 kWh; ÷1.300 = 14.005
0,06 (high)	4.045.740	24.274.442	18.672 rumah	4.045.740 × 6 = 24.274.442 kWh; ÷1.300 = 18.672

Lampiran 12. Kapasitas Pengolahan Daging

Parameter	Nilai	Keterangan
Target Karkas Tahunan	570,046 ton/tahun	Berdasarkan 20% off-take, 90 kg/hewan, 60% yield (lihat nomor 3)
Target Karkas Bulanan	47.503 ton/bulan	Total tahunan ÷ 12
Target Karkas Harian (365 hari)	1,561 ton/hari	Total tahunan ÷ 365

Lampiran 13. Cold Chain dan Logistik Muatan Truk

Asumsi densitas karkas ≈ 1 ton ≈ 1 m³ (sederhana). Volume tahunan = 570,046 m³/year → rata2 bulanan 47,504 m³ → jika menyimpan stok 1 minggu perlu gudang ~ (47,504 ÷ 4) ≈ 11,876 m³ *staging volume*. Namun pengolahan/pengiriman harian tergantung jadwal. Selain itu, juga perlu gudang pendingin (*cold room*) kapasitas minimal 10–20 m³ untuk menjaga stok beberapa hari.

Kapasitas Truk	Total Karkas per Tahun (ton)	Muatan per Tahun	Muatan per Bulan	Keterangan
10 ton	570,046	57 muatan	5 muatan	Karkas 570,0456 ton/tahun
5 ton	570,046	114 muatan	10 muatan	Karkas 570,0456 ton/tahun

Lampiran 14. Cashflow Peternakan Babi

Komponen	Rumus	Min	Max
Populasi (ekor)	—	52.782	52.782
Karkas per ekor (kg)	turunan dari bobot hidup × yield	44 (≈ 80 kg live × 55%)	65 (≈ 100 kg live × 65%)
Total karkas (kg)	Populasi × Karkas/ekor	2.322.408	3.430.830
Harga jual (Rp/kg)	—	200.000	200.000
Pendapatan kotor (Rp)	Total karkas × Harga/kg	464.481.600.000	686.166.000.000
Biaya produksi (Rp)	40% × Pendapatan	185.792.640.000	274.466.400.000
Laba kotor (Rp)	Pendapatan − Biaya	278.688.960.000	411.699.600.000

Lampiran 15. Breakdown Cashflow Peternakan Babi

Pos	Proses hitung	Min (Rp)	Kalkulasi min	Max (Rp)	Kalkulasi max
Revenue	—	**99.757.980.000**	—	**114.009.120.000**	—
Biaya Produksi (40%)	0,40 × Revenue	39.903.192.000	0,40 × 99.757.980.000 = 39.903.192.000	45.603.648.000	0,40 × 114.009.120.000 = 45.603.648.000
└ Pakan (20% rev)	0,20 × Revenue	19.951.596.000	0,20 × 99.757.980.000 = 19.951.596.000	22.801.824.000	0,20 × 114.009.120.000 = 22.801.824.000
└ Pemotongan	0,10 × Revenue	9.975.798.000	0,10 × 99.757.980.0	11.400.912.000	0,10 × 114.009.120.0

& transport (10% rev)			00 = 9.975.798.000		00 = 11.400.912.000
└ Pengemasan **& distribusi (5% rev)**	0,05 × Revenue	4.987.899.000	0,05 × 99.757.980.000 = 4.987.899.000	5.700.456.000	0,05 × 114.009.120.000 = 5.700.456.000
└ Overhead koperasi (5% rev)	0,05 × Revenue	4.987.899.000	0,05 × 99.757.980.000 = 4.987.899.000	5.700.456.000	0,05 × 114.009.120.000 = 5.700.456.000
Gross Profit (60%)	0,60 × Revenue = Revenue − Biaya	**59.854.788.000**	0,60 × 99.757.980.000 = 59.854.788.000	**68.405.472.000**	0,60 × 114.009.120.000 = 68.405.472.000
└ Alokasi Petani (50% dari Gross)	0,50 × Gross	29.927.394.000	0,50 × 59.854.788.000 = 29.927.394.000	34.202.736.000	0,50 × 68.405.472.000 = 34.202.736.000
└ Dana Koperasi **& Capex (30% Gross)**	0,30 × Gross	17.956.436.400	0,30 × 59.854.788.000 = 17.956.436.400	20.521.641.600	0,30 × 68.405.472.000 = 20.521.641.600
└ Pajak **& Regulasi (10% Gross)**	0,10 × Gross	5.985.478.800	0,10 × 59.854.788.000 = 5.985.478.800	6.840.547.200	0,10 × 68.405.472.000 = 6.840.547.200
└ Dana Cadangan (10% Gross)	0,10 × Gross	5.985.478.800	0,10 × 59.854.788.000 = 5.985.478.800	6.840.547.200	0,10 × 68.405.472.000 = 6.840.547.200
Net Profit (Laba Bersih)	Gross − Pajak (atau 0,9×Gross)	**53.869.309.200**	59.854.788.000 − 5.985.478.800 = 53.869.309.200 (== 0,54×Revenue)	**61.564.924.800**	68.405.472.000 − 6.840.547.200 = 61.564.924.800 (== 0,54×Revenue)

Lampiran 16. Break Even Point (BEP) Peternakan Babi

Komponen	Nilai (Rp)	Proses Hitung
Total Biaya Tetap (Fixed Costs, biaya tidak berubah, misal overhead & pajak)	10.973.378.800 – 12.540.703.200	Overhead koperasi (5% × Revenue) + Pajak & regulasi (10% × Gross Profit)
Harga Jual per Ton Karkas	200.000.000	Rp200.000/kg × 1.000 kg/ton
Biaya Variabel per Ton (Variable Costs, biaya produksi langsung)	70.000.000	35% × harga jual per ton (pakan, pemotongan & transport, pengemasan & distribusi)
BEP (ton/tahun)	84,4 – 90,0	Rumus: BEP = Total Biaya Tetap ÷ (Harga per ton – Biaya Variabel/ton) Contoh mid-case: 10.973.378.800 ÷ (200.000.000 – 70.000.000) ≈ 84,4 ton
BEP (Rp/tahun)	16,88 – 18,0 miliar	BEP (ton) × Harga jual per ton Contoh mid-case: 84,4 × 200.000.000 ≈ 16,88 miliar

Lampiran 17. Diversifikasi Produk Peternakan Babi

Produk	Konversi dari Karkas	Harga/ton (Rp)	Proses Hitung	Pendapatan (Rp)
Abon	5% dari karkas	250.000.000	570 ton × 5% = 28,5 ton 28,5 × 250 jt	7.125.000.000
Dendeng	5% dari karkas	260.000.000	570 × 5% = 28,5 ton 28,5 × 260 jt	7.410.000.000
Sosis	10% dari karkas	220.000.000	570 × 10% = 57 ton 57 × 220 jt	12.540.000.000
Minyak babi (lard)	5% dari karkas	180.000.000	570 × 5% = 28,5 ton 28,5 × 180 jt	5.130.000.000
Kulit babi (crackling)	2% dari karkas	200.000.000	570 × 2% = 11,4 ton 11,4 × 200 jt	2.280.000.000
Sub-total Olahan	–	–	–	**34.485.000.000**
Blood meal	Darah babi, 1% karkas	100.000.000	570 × 1% = 5,7 ton 5,7 × 100 jt	570.000.000
Tulang → pakan ikan	2% karkas	80.000.000	570 × 2% = 11,4 ton 11,4 × 80 jt	912.000.000
Gelatin	Kulit & tulang, 1% karkas	300.000.000	570 × 1% = 5,7 ton 5,7 × 300 jt	1.710.000.000
Sub-total By-products	–	–	–	**3.192.000.000**
Total Diversifikasi	–	–	–	**37.677.000.000**

Lampiran 18. Valuasi Carbon Credit

Skenario Manure	Total Biogas (m^3/tahun)	Rumus CO_2 Terhindar	Emisi CO_2 Terhindar (ton CO_2e)	Rumus Nilai Carbon Credit	Nilai Carbon Credit (Rp)
Low (48.164 ton)	2.022.870	CO_2e = Total Biogas × 0,2	2.022.870 × 0,2 = 404.574	Nilai = CO_2e × Harga/ton	404.574 × 96.000 = 38.837.904.000
Mid (67.429 ton)	3.034.305	CO_2e = Total Biogas × 0,2	3.034.305 × 0,2 = 606.861	Nilai = CO_2e × Harga/ton	606.861 × 96.000 = 58.258.656.000
High (86.694 ton)	4.045.740	CO_2e = Total Biogas × 0,2	4.045.740 × 0,2 = 809.148	Nilai = CO_2e × Harga/ton	809.148 × 96.000 = 77.677.408.000

Lampiran 19. Agregat Pendapatan Peternakan Babi

Sumber Pendapatan	Nilai Minimum (Rp miliar/tahun)	Nilai Maksimum (Rp miliar/tahun)
Revenue utama (penjualan karkas)	53,8	61,5
Diversifikasi produk olahan & by-products	37,7	37,7
Carbon credit dari pengolahan biogas	38,8	77,7
Total Agregat Potensi Nilai	53,8 + 37,7 + 38,8 = 130,3	61,5 + 37,7 + 77,7 = 176,9

Lampiran 20. Parameter Produksi Buah Merah

Parameter	Nilai	Hasil Perhitungan	Sumber
Kerapatan tanam	5 × 5 m = 400 pohon/ha	400 pohon	(Hidayah et al., 2022)
Buah per pohon per tahun	4–6 buah	1.600 – 2.400 buah	(Hidayah et al., 2022)
Bobot rata-rata per buah	4–8 kg	6 kg (rata-rata asumsi)	(Direktorat Jenderal Hortikultura, 2018)
Total bobot buah segar/ ha/tahun	1.600 × 6 kg → 9.600 kg. 2.400 × 6 kg → 14.400 kg	9,6 – 14,4 ton	Perhitungan manual
Fraksi daging	12% × 9,6–14,4 ton	1,15 – 1,73 ton daging buah	(Sarungallo et al., 2013)
Rendemen minyak buah merah	23% × daging buah	265 – 398 kg minyak ≈ 265 – 398 liter	(Sarungallo et al., 2013)
Harga minyak	1.500.000/liter	Rp 398 juta – Rp 597 juta / ha / tahun	(Antara News, 2025)

Lampiran 21. Proyeksi Produksi Buah Merah

Langkah	Rumus	Low	Mid	High
Buah/ha	Pohon/ha × Buah/pohon	400 × 4 = 1.600 buah	400 × 5 = 2.000 buah	400 × 6 = 2.400 buah
Tonase buah segar (kg)	Buah/ha × Bobot/buah	1.600 × 6 = 9.600 kg	2.000 × 6 = 12.000 kg	2.400 × 6 = 14.400 kg
Tonase buah segar (ton)	kg ÷ 1.000	9,6 ton	12,0 ton	14,4 ton
Daging (kg)	Tonase segar (kg) × 0,12	9.600 × 0,12 = 1.152 kg	12.000 × 0,12 = 1.440 kg	14.400 × 0,12 = 1.728 kg
Minyak (kg)	Daging (kg) × 0,23	1.152 × 0,23 = 264,96 kg	1.440 × 0,23 = 331,20 kg	1.728 × 0,23 = 397,44 kg
Minyak (L, pendekatan kg≈L)	Minyak (kg) ≈ Liter	≈ 265 L	≈ 331 L	≈ 398 L
Pendapatan (Rp)	Liter × 1.500.000	≈ 265 × 1.500.000 = Rp 397.500.000	≈ 331 × 1.500.000 = Rp 496.500.000	≈ 398 × 1.500.000 = Rp 597.000.000

Lampiran 22. Diversifikasi Produk Buah Merah

Produk	Bahan Baku	Rumus Konversi	Contoh Hitung	Estimasi Harga
Minyak murni	1 liter minyak	langsung dijual	1 L × Rp1.500.000 = Rp1.500.000	Rp 1,5 jt/L
Kapsul suplemen	50 ml minyak → 100 kapsul	(0,05 L × Rp1,5 jt) × markup 4	(Rp75.000) × 4 = Rp300.000	Rp 300 rb/botol
Kosmetik (serum, lotion)	20 ml minyak + aditif	(0,02 L × Rp1,5 jt) × markup 13,3	(Rp30.000) × 13,3 ≈ Rp400.000	Rp 400 rb/botol
Pakan ternak	Ampas (kg)	hasil samping, diasumsikan 2000 kg/ha	2000 × Rp1.000 = Rp2.000.000	Rp 1 rb/kg
Kompos organik	Limbah + sayur grade B	1000 kg/ha × Rp2.000	Rp2.000.000	Rp 2 rb/kg

Lampiran 23. Alur Proses Produksi Buah Merah

Tahap	Aktivitas	Input	Proses & Penjelasan	Waktu Estimasi	Output
1	Budidaya & Panen	Bibit, lahan, pupuk, tenaga kerja	Panen buah matang merah pekat.	5–7 hari/panen (per ha, 2–3x/tahun)	Buah merah segar
2	Sortasi & Pencucian	Buah segar	Pisahkan grade A (ekstraksi minyak) & grade B (langsung pakan/kompos). Dicuci bersih.	1–2 jam per batch	Buah siap olah

3	Pengupasan & Pengambilan Daging	Buah bersih	Buah dipotong, biji & kulit dipisahkan.	3–4 jam per ton	Daging buah & ampas awal
4	Penghancuran & Pemasakan Awal	Daging buah	Dihaluskan lalu dipanaskan (70–80°C).	2–3 jam per batch	Bubur daging buah
5	Ekstraksi Minyak	Bubur daging	Direbus & diaduk hingga minyak naik.	3–5 jam	Campuran minyak + air + ampas
6	Penyaringan Kasar	Campuran minyak	Dipisahkan antara minyak, air, dan ampas sisa.	1 jam	Minyak mentah + ampas padat
7	Pemurnian Minyak	Minyak mentah	Disaring ulang/centrifuge → minyak jernih.	2–3 jam	Minyak murni
8	Pengemasan Minyak	Minyak murni	Dibotolkan 100 ml–1 L, diberi label.	1–2 jam	Minyak siap jual
9A	Pengolahan Ampas jadi Pakan Ternak	Ampas padat sisa ekstraksi	Dicampur dengan dedak/fermentasi sederhana (EM4/yeast) → bahan pakan bernutrisi.	2–3 hari fermentasi	Pakan ternak lokal
9B	Pengolahan Ampas jadi Kompos	Ampas + limbah organik lain	Ditumpuk dengan aktivator mikroba, dijaga kelembapan & aerasi.	3–4 minggu	Pupuk kompos organik
10	Diversifikasi Produk Lain	Minyak murni	- Kosmetik (dicampur lotion/cream), suplemen kecantikan		

Lampiran 24. Cashflow Tahunan Buah Merah

Komponen	Rumus	Hitung	Hasil
Pendapatan utama	331 L × Rp1.500.000	331 × 1.500.000	Rp496.500.000
Diversifikasi	20% × pendapatan utama × 50% (markup rata-rata)	0,2 × 496.500.000 × 0,5	Rp49.650.000
Total pendapatan	Utama + Diversifikasi	496.500.000 + 49.650.000	**Rp546.150.000**
Biaya variabel	40% × pendapatan	0,4 × 546.150.000	Rp218.460.000
Biaya tetap	Tetap	–	Rp200.000.000
Total biaya	Variabel + Tetap	218.460.000 + 200.000.000	**Rp418.460.000**
Laba bersih	Pendapatan – Total biaya	546.150.000 – 418.460.000	**Rp127.690.000**

Lampiran 25. Analisis Keekonomian Buah Merah

Indikator	Nilai	Proses Perhitungan	Interpretasi
Pendapatan Tahunan	Rp546.150.000	Dari proyeksi total penjualan tahunan (Lampiran 24)	Basis penerimaan usaha
Total Biaya	Rp418.460.000	Dari proyeksi biaya operasional tahunan (Lampiran 24)	Struktur biaya tahunan
Laba Bersih	Rp127.690.000	Pendapatan – Biaya = Rp546,15 jt – Rp418,46 jt	Surplus usaha tahunan
Rasio Biaya–Pendapatan	76,6%	(Biaya ÷ Pendapatan) × 100% = (418,46 ÷ 546,15) × 100%	Efisiensi biaya relatif tinggi
Margin Laba Bersih	23,4%	(Laba Bersih ÷ Pendapatan) × 100% = (127,69 ÷ 546,15) × 100%	Hampir ¼ pendapatan jadi laba
Break Even Point (BEP)	Rp334.000.000	(Biaya Tetap ÷ Margin Kontribusi) → disederhanakan dari proyeksi biaya & margin (Lampiran 24)	Titik impas pendapatan
Posisi Terhadap BEP	+62%	(Pendapatan ÷ BEP) – 1 = (546,15 ÷ 334 – 1) × 100%	Pendapatan jauh melampaui titik impas
Return on Cost (ROC)	30,5%	(Laba Bersih ÷ Total Biaya) × 100% = (127,69 ÷ 418,46) × 100%	Setiap Rp100 biaya → Rp30,5 laba

Lampiran 26. Alur Produksi Hortikultura

Tahap	Kegiatan Utama	Waktu (perkiraan)	Output	Catatan
Persiapan lahan	Bajak, bersihkan gulma, buat bedengan, kompos dasar	2–3 minggu	Bedengan siap tanam	Tenaga lokal
Pembibitan	Semai bibit kol/buncis/kacang panjang	3–4 minggu	Bibit sehat	Bisa kolaborasi kelompok tani
Penanaman	Pindah bibit ke lahan (jarak tanam standar)	1 minggu	Tanaman tumbuh	Rotasi tanaman penting
Pemeliharaan	Penyiraman pemupukan, pengendalian hama	2-3 bulan (sayuran daun), 2–4 bulan (buah polong)	Tanaman Sehat	Pakai pupuk Organik & limbah
Panen	Panen sesuai umur tanaman (kol 90–100 hari, buncis/kacang	Variabel	Hasil segar grade A & B	Panen bertahap

	panjang 60–70 hari)			
Pascapanen	Sortasi, grading, packing	3–5 hari	Grade A: jual; Grade B: pakan/kompos	Memastikan kualitas
Distribusi	Salur ke pasar lokal, koperasi, e-commerce	1–3 hari logistik	Produk di tangan konsumen	Perlu jaringan transportasi dingin

Lampiran 27. Proyeksi Pendapatan Hortikultura

Komoditas	Produktivitas Konservatif	Luas (ha)	Total Produksi (t/tahun)	Harga Produsen Papua (Rp/kg)	Pendapatan Kotor (Rp)	Biaya Operasional (% dari pendapatan)	Laba Bersih (Rp)
Kol	20 t/ha (1 siklus)	0,5	10,0	21.466	Rp214.660.000	65% (Rp139.529.000)	Rp75.131.000
Buncis	24 t/ha (2 siklus)	0,5	24,0	16.528	Rp396.672.000	65% (Rp257.836.800)	Rp138.835.200
Kacang Panjang	12,1 t/ha (2 siklus)	0,5	12,1	10.878	Rp131.633.800	65% (Rp85.561.970)	Rp46.071.830
TOTAL	—	1,5 ha	46,1 ton	—	Rp742.965.800	65% (Rp482.927.770)	Rp260.038.030

Lampiran 28. Analisis Kelayakan Hortikultura

Indikator	Kol	Buncis	Kacang Panjang	TOTAL (1,5 ha)
Harga (Rp/kg)	21.466	16.528	10.878	—
Produksi (t/th)	10,0	24,0	12,1	**46,1**
Pendapatan (Rp)	214.660.000	396.672.000	131.633.800	**742.965.800**
Biaya (65%)	139.529.000	257.836.800	85.561.970	**482.927.770**
Laba (Rp)	75.131.000	138.835.200	46.071.830	**260.038.030**
Rasio Biaya/Pendapatan	65%	65%	65%	**65%**
Margin Operasional	35%	35%	35%	**35%**
BEP Pendapatan (Rp)	114.285.714	114.285.714	114.285.714	342.857.142
BEP Tonase (t)	5,32	6,91	10,51	—
Rumus Inti/Proses Hitung	Pendapatan = 10.000 kg × 21.466; Biaya = 0,65 ×	Pendapatan = 24.000 kg × 16.528; Biaya =	Pendapatan = 12.100 kg × 10.878; Biaya = 0,65 ×	Total = penjumlahan

	Pendapatan; Laba = Pendapatan − Biaya; **BEP Rp = 40.000.000 ÷ 0,35**; **BEP t = BEP Rp ÷ 21.466 ÷ 1.000**	0,65 × Pendapatan; Laba = Pendapatan − Biaya; **BEP Rp = 40.000.000 ÷ 0,35**; **BEP t = BEP Rp ÷ 16.528 ÷ 1.000**	Pendapatan; Laba = Pendapatan − Biaya; **BEP Rp = 40.000.000 ÷ 0,35**; **BEP t = BEP Rp ÷ 10.878 ÷ 1.000**	komoditas; **BEP klaster = 120.000.000 ÷ 0,35**

Lampiran 29. Alur Model Siklus Air dan Sanitasi

Tahap	Input	Proses	Output	Nilai Tambah / Dampak
Sumber Air	Air hujan, mata air	Penampungan dengan tandon/pipa sederhana	Air mentah tersedia	Pemanfaatan lokal, biaya rendah
Penyaluran & Penyimpanan	Air mentah	Filtrasi sederhana, penampungan rumah tangga	Air layak pakai	Akses stabil, kurangi ketergantungan
Pemakaian Air Primer	Air bersih	Konsumsi, kebersihan, produksi pangan	Greywater rumah tangga/agroindustri	Efisiensi air, kurangi pemborosan
Pengolahan Greywater	Greywater	Penyaringan dasar, biofilter alami	Air layak irigasi	Limbah aman digunakan kembali
Pertanian Hortikultura	Greywater + nutrisi organik	Dialirkan ke kebun sayur	Tanaman tumbuh subur	Nutrisi limbah kembali ke tanah
Peternakan Babi	Air + pakan sisa sayur	Minum ternak, pembersihan kandang	Limbah ke biodigester	Biogas, pupuk cair untuk pertanian
Pengolahan Buah Merah	Air bersih	Pencucian & ekstraksi minyak	Limbah organik cair	Jadi kompos cair/energi anaerob
Re-sirkulasi Nutrisi	Limbah cair terolah	Dialirkan kembali ke kebun	Irigasi bernutrisi	Kurangi pupuk kimia, tanah subur
Edukasi & Sanitasi	Pengetahuan lokal	Edukasi sanitasi & limbah cair	Perilaku higienis	Kesehatan masyarakat terjaga
Dampak Ekonomi & SDGs	Air bersih + siklus nutrisi	Integrasi rantai pangan	Produk pangan & olahan bernilai tambah	SDG 3, 6, 7, 12 tercapai

Lampiran 30. Analisis IFAS Model Ekonomi Sirkular

Faktor / Indikator	Umbi	Peternakan Babi – Bioenergi	Hortikultura & Buah Merah	Air & Sanitasi	Total
Strength (S)	Potensi produksi tinggi, identitas budaya pangan lokal	Sistem zero waste, babi sebagai identitas budaya dan ekonomi	Diversitas tinggi, nilai ekonomi & gizi besar	Sumber air pegunungan melimpah, dukungan komunitas	—
Bobot	0.20	0.20	0.15	0.15	**0.70**
Rating	4	4	4	4	—
Skor	0.80	0.80	0.60	0.60	**2.80**
Weakness (W)	Teknologi pengolahan sederhana, standar mutu rendah	Teknologi limbah sederhana, mutu produk tidak konsisten	Cepat membusuk, produksi manual & tidak efisien	Teknologi air & sanitasi masih sederhana	—
Bobot	0.20	0.15	0.15	0.15	**0.65**
Rating	3	3	3	3	—
Skor	0.60	0.45	0.45	0.45	**1.95**

Lampiran 31. Analisis EFAS Model Ekonomi Sirkular

Faktor / Indikator	Umbi	Peternakan Babi – Bioenergi	Hortikultura & Buah Merah	Air & Sanitasi	Total
Opportunity (O)	Modernisasi Teknologi & branding produk lokal	Pemanfaatan biogas & pengurangan deforestasi	Teknologi pascapanen modern, pengolahan buah merah	Teknologi *rainwater harvesting* & konservasi hutan	—
Bobot	0.20	0.20	0.15	0.15	**0.70**
Rating	4	4	4	4	—
Skor	0.80	0.80	0.60	0.60	**2.80**
Threat (T)	Perubahan orientasi konsumsi, hilangnya pasar lokal	Ancaman penyakit ASF (*African Swine Fever*)	Risiko panen berlebih, degradasi bibit & ekosistem	Ancaman perubahan iklim, kekeringan panjang	—
Bobot	0.20	0.15	0.15	0.15	**0.65**
Rating	3	2	3	3	—
Skor	0.60	0.30	0.45	0.45	**1.80**

Lampiran 32. Matriks SWOT (SO, WO, ST, WT)

INTERNAL EXTERNAL	Strength (S)	Weakness (W)
Opportunity (O)	**Strategi SO (Agresif)** 1. Modernisasi pengolahan ubi dan buah merah dengan teknologi efisien. 2. Branding dan diferensiasi produk berbasis kearifan lokal Tolikara. 3. Pemanfaatan air bersih untuk mendukung pascapanen (pendinginan dan pengeringan).	**Strategi WO (Adaptif)** 1. Pelatihan mutu dan standar produksi agar kualitas konsisten. 2. Pendampingan teknis pascapanen hortikultura dan buah merah. 3. Modernisasi distribusi air dan sanitasi untuk pangan sehat.
Threat (T)	**Strategi ST (Diversifikasi)** 1. Perkuat identitas pangan lokal agar tidak tergeser produk impor/ekspor. 2. Terapkan sistem pertanian berkelanjutan untuk cegah degradasi lahan. 3. Kembangkan konservasi air & hutan untuk mitigasi iklim ekstrem.	**Strategi WT (Defensif)** 1. Diversifikasi produk olahan agar tidak tergantung satu pasar. 2. Perkuat regulasi lokal (adat + pemerintah) untuk kontrol distribusi & konsumsi. 3. Mitigasi risiko iklim dengan bank benih lokal & sumur resapan.

Lampiran 33. Validasi dan Keabsahan Model

Jenis Validasi	Indikator	Hasil Validasi
Teoritis	Kesesuaian prinsip circular economy	Model memenuhi 5 prinsip *reuse* & *recycle* (limbah pertanian → pakan ternak), *recover* (biogas & pupuk), *reduce losses* (optimalisasi ubi/ buah merah), *redesign* (efisiensi produksi).
Logis	Keterhubungan subsiklus	Terjadi integrasi sistemik: limbah pertanian → ternak → bioenergi/pupuk → kembali ke pertanian. Membentuk *closed-loop* yang konsisten.
Metodologis	Ketepatan analisis (SWOT, IFAS–EFAS, Klaster)	SWOT merumuskan strategi, IFAS–EFAS menimbang faktor internal–eksternal, klasterisasi memetakan potensi kecamatan.
Konstruksi	Konsistensi antar metode	PCA, klaster, dan SWOT saling menguatkan, menegaskan potensi utama: pangan, hortikultura, peternakan.
Expert Judgment	Penilaian pakar & literatur	Model layak dan sesuai praktik terbaik pembangunan berkelanjutan berbasis komunitas.
Peer Review	Masukan sejawat	Perlu adaptasi lokal, tapi struktur model dan basis ilmiah kuat secara konseptual.

Lampiran 34. Analisis Komparatif

Daerah/ Negara	Praktik Ekonomi Sirkular yang Diterapkan	Capaian Utama	Relevansi untuk Tolikara	Sumber
Bali (Indonesia)	*Integrated crop–livestock system*: limbah ternak dijadikan pupuk pertanian (*zero waste*)	Efisiensi sumber daya & pengurangan limbah	Mirip konsep umbi–peternakan–bioenergi	(i Nengah, 2016)
Vietnam	Program biodigester ternak skala rumah tangga dan pertanian (BPV)	>170.000 unit, kurangi 1,3 jt ton CO_2/tahun	Potensi bioenergi, kurangi kayu bakar	(Huang, 2018)
Uganda	Limbah ubi jadi briket & bioethanol	Kurangi ketergantungan kayu, tambah nilai lokal	Alternatif siklus umbi di Tolikara.	(Deogracious et al., 2023; Kakooza, 2010)
Vietnam (Red River Delta)	Integrated pig–biogas–fish farming system	Efisiensi emisi & pemanfaatan multifungsi	Gambaran sistem tertutup klaster usaha	(Nhu et al., 2015)

Lampiran 35. Data Penunjang Peternakan Babi di Tolikara

Data Awal	Jumlah
Populasi babi	52.782 ekor (Laporan Antara, 2010)
Bobot hidup rata-rata per ekor	80 kg / 90 kg / 100 kg (low / mid / high)
Yield karkas (live → karkas)	55% / 60% / 65% (low / mid / high)
Off-take (persen ekor dipotong per tahun)	10%, 20%, 30%, 50%
Manure (kotoran) per ekor per hari	2,5 kg / 3,5 kg / 4,5 kg (low / mid / high)
Biogas yield per kg manure (range)	0,03 m^3/kg (konservatif) ─ 0,045 m^3/kg (mid) ─ 0,06 m^3/kg (optimis)
Slurry/pupuk organik	40% dari berat kotoran segar setelah digester (estimasi untuk bagian padat/slurry yang dipakai sebagai pupuk).
Energi biogas	≈ 6 kWh / m^3 (nilai konversi listrik setara)
Retention time digester (RT) untuk sizing	30 hari
Densitas kotoran	~ 1 kg = 1 L = 0,001 m^3

Lampiran 36. Strategi Distribusi dan Penjualan

Aspek	Rincian
Segmentasi Pasar	a. Lokal Tolikara & Jayapura → konsumsi harian, pesta adat, hotel/restoran. b. Regional Papua & Maluku → suplai produk segar & olahan. c. Nasional (Makassar, Surabaya, Jakarta, Bali) → produk olahan tahan lama.
Model Penjualan	a. B2C: warung, pasar tradisional, koperasi kampung, e-commerce (produk olahan tahan lama). b. B2B: hotel, restoran, katering, distributor daging & frozen food. c. Institutional Market: suplai pesta adat, gereja, acara komunal.
Diferensiasi Produk	a. Branding: "Tolikara Natural" dengan narasi adat & kearifan lokal. b. Produk olahan untuk pasar urban. c. Packaging higienis dengan sertifikasi /izin edar BPOM (bertahap).
Sistem Distribusi	a. Cold chain modular 10–20 m³ untuk produk segar, prioritas di Jayapura & Wamena (kota terbesar di pegunungan tengah Papua). b. Produk olahan → logistik reguler (lebih tahan lama). c. Kemitraan dengan koperasi lokal untuk distribusi komunitas.
Strategi Harga	a. Produk segar: harga kompetitif sesuai pasar lokal. b. Produk olahan: harga sedikit lebih tinggi dengan value "lokal, natural, eksotis". c. Paket bundling untuk ritel modern di kota besar.
Promosi & Branding	a. Narasi: "Produk Tolikara: Lokal, Organik, Bernilai Budaya". b. Festival pangan lokal & pameran UMKM. c. Digital marketing masih terbatas (Instagram/TikTok untuk pasar urban & diaspora, lokal lebih mengandalkan promosi mulut ke mulut dan jaringan gereja).

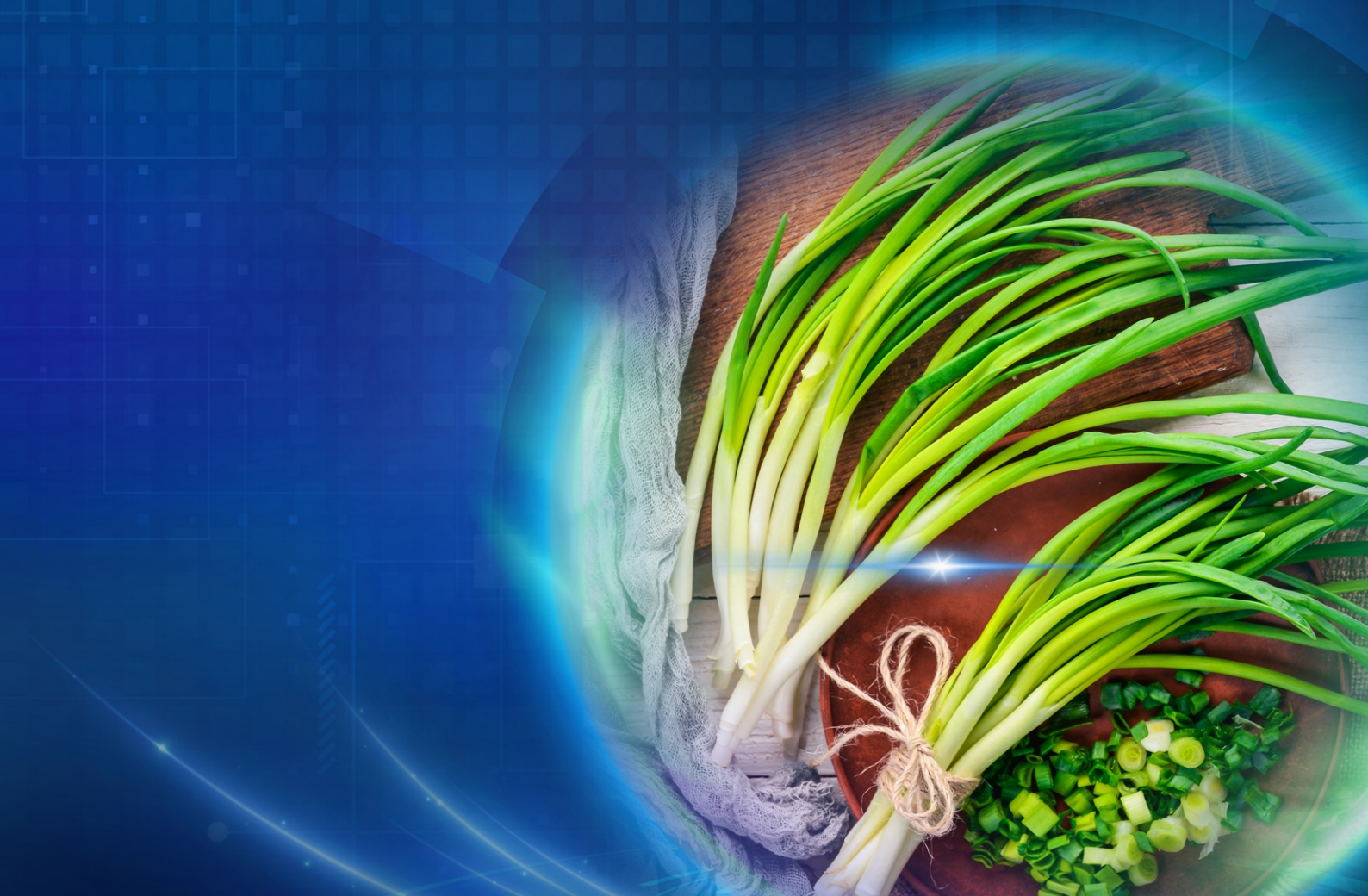
halaman ini sengaja dikosongkan

BANK INDONESIA
BANK SENTRAL REPUBLIK INDONESIA

PAPEDANEUR

PAPEDANOMICS

Sinergi Memperkuat Stabilitas
dan Transformasi Ekonomi Papua Barat yang Inklusif,
Berkelanjutan serta Berbasis Padat Karya



halaman ini sengaja dikosongkan

ARFAK GREEN FLAKES
"MENGUBAH DAUN BAWANG PEGUNUNGAN ARFAK MENJADI EMAS HIJAU BERNILAI TINGGI"

Disusun oleh:
1. Destrianto Mursalin
2. Nur Lisa Syahbani

I. LATAR BELAKANG

Di jantung Pegunungan Arfak, distrik Anggi berdiri sebagai salah satu kawasan dataran tinggi yang kaya akan potensi pertanian hortikultura. Dengan ketinggian mencapai 1.500–2.200 meter di atas permukaan laut, suhu sejuk berkisar 15–22°C, curah hujan rata-rata 3.000 mm per tahun, dan tanah vulkanik yang kaya nutrien, wilayah ini menyediakan kondisi ideal bagi pertumbuhan daun bawang (*Allium fistulosum*), salah satu komoditas hortikultura yang telah menjadi bagian penting dari mata pencaharian masyarakat lokal.

Di kampung-kampung seperti Ayaubey, Iraiweri, dan sekitarnya, pertanian daun bawang tidak hanya berfungsi sebagai sumber pangan, tetapi juga sebagai sumber identitas ekonomi dan budaya. Setiap kebun, dikelola secara turun-temurun oleh keluarga lokal yang mencerminkan keterampilan agrikultur yang telah diwariskan dari generasi ke generasi. Dalam proses ini, perempuan memegang peran sentral sebagai pengelola utama, mulai dari penanaman, pemeliharaan, hingga panen yang membuktikan bahwa keberhasilan produksi hortikultura sangat bergantung pada pengetahuan lokal yang kaya akan kearifan ekologis.

Menurut data Dinas Pertanian Kabupaten Pegunungan Arfak (2024), lebih dari 200 hektar lahan di Pegunungan Arfak telah ditanami daun bawang, dengan produktivitas rata-rata 2–3 ton per hektar per panen dan 2–3 kali panen per tahun. Potensi ini menunjukkan kapasitas produksi yang signifikan; namun, sebagian besar hasil panen dijual melalui pasar tradisional atau dibawa ke Manokwari, dengan harga yang 40–50% lebih rendah dibandingkan harga pasar modern. Kondisi ini mengindikasikan adanya gap besar antara kemampuan produksi lokal dan akses ke pasar bernilai tambah, sehingga potensi ekonomi maksimal dari komoditas ini belum tergali sepenuhnya.

Selain nilai ekonomi, perkebunan daun bawang di Pegunungan Arfak memiliki peran strategis dalam menjaga kelestarian lingkungan. Sistem pertanian yang diterapkan

mayoritas bersifat tradisional, minim penggunaan pupuk kimia dan pestisida, sehingga menjaga kesuburan tanah dan kualitas ekosistem hutan lindung di sekitarnya. Namun, keterbatasan akses ke teknologi pasca panen menyebabkan daun bawang cepat layu, mengakibatkan kerugian produksi sekitar 20–30% per panen. Selain itu, minimnya akses ke pengemasan higienis dan rantai distribusi yang efisien membuat produk lokal sulit bersaing dengan komoditas sejenis di pasar modern.

Fenomena ini semakin relevan ketika dikaitkan dengan tren pasar nasional. Survei konsumen di kota besar seperti Jakarta, Bandung, dan Surabaya menunjukkan permintaan daun bawang organik dan olahan siap pakai meningkat lebih dari 15% per tahun. Bahkan, pasar ekspor di Asia Tenggara mulai menunjukkan ketertarikan pada produk bumbu kering dan olahan dari varietas dataran tinggi, yang memiliki cita rasa khas dan kualitas unggul. Peluang ini menghadirkan kesempatan emas bagi Anggi untuk menjadi sentra produksi daun bawang unggulan, yang tidak hanya mendukung mata pencaharian masyarakat tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi dan daya saing lokal.

Potensi ekonomi yang tinggi ini tidak lepas dari nilai sosial dan budaya masyarakat Anggi. Banyak keluarga bergantung pada kebun daun bawang sebagai sumber penghasilan utama, di mana peran perempuan, terutama dalam pengelolaan kebun, menjadi kunci keberhasilan. Dengan pemberdayaan perempuan, pelatihan pertanian modern, dan akses ke pasar digital, komoditas lokal ini memiliki peluang untuk mentransformasi ekonomi masyarakat dari subsisten menjadi komoditas bernilai tinggi. Misalnya, melalui teknik pengolahan sederhana seperti pengeringan organik atau pengemasan siap pakai, daun bawang Anggi bisa menjadi produk premium yang diminati di tingkat nasional maupun internasional.

Selain aspek ekonomi dan sosial, pengembangan daun bawang di Anggi juga menjadi salah satu upaya menjaga keberlanjutan lingkungan. Pertanian organik yang ramah lingkungan dapat berperan dalam konservasi tanah, pengaturan air, dan mitigasi perubahan iklim lokal. Dengan dukungan teknologi sederhana dan inovasi pasca panen, perkebunan daun bawang Anggi tidak hanya berfungsi sebagai sumber penghidupan tetapi juga sebagai model pertanian berkelanjutan yang menggabungkan tradisi dan modernitas.

Kisah ini menegaskan bahwa daun bawang Anggi bukan sekadar tanaman hortikultura, tetapi juga ikon potensi ekonomi, sosial, dan lingkungan yang besar. Transformasi potensial ini dapat diwujudkan melalui kolaborasi antara masyarakat, pemerintah daerah, akademisi, dan sektor swasta, sehingga setiap kebun daun bawang

bukan hanya menjadi simbol tradisi, tetapi juga motor penggerak kesejahteraan dan inovasi lokal. Dalam konteks inilah penelitian ini hadir, untuk mengkaji strategi pengembangan, inovasi, dan pemberdayaan komoditas daun bawang di Anggi, sehingga potensi lokal dapat benar-benar terealisasi menjadi nilai tambah ekonomi yang nyata dan berkelanjutan.

Pegunungan Arfak, yang terletak di bagian utara Papua Barat, adalah kawasan dengan potensi alam yang luar biasa. Dikenal dengan ketinggiannya yang mencapai 3.000 meter di atas permukaan laut, kawasan ini memiliki iklim sejuk dan curah hujan yang tinggi, menciptakan kondisi yang sangat ideal untuk pertanian dataran tinggi. Tanah yang subur di Pegunungan Arfak mendukung pertumbuhan berbagai tanaman hortikultura, dan salah satu komoditas yang sangat cocok untuk dibudidayakan adalah daun bawang.

Namun, meskipun memiliki potensi alam yang melimpah, wilayah ini masih menghadapi tantangan dalam mengoptimalkan sektor pertanian. Terutama dalam hal akses pasar yang terbatas, rendahnya pengetahuan tentang metode pertanian modern, serta kurangnya pendampingan untuk petani lokal. Oleh karena itu, banyak hasil pertanian yang tidak dapat dijual dengan harga yang layak atau bahkan terbuang begitu saja.

Masyarakat adat Arfak memiliki hubungan yang erat dengan tanah dan alam sekitar. Mereka telah mengelola sumber daya alam selama berabad-abad dengan cara yang berkelanjutan, namun masih bergantung pada metode pertanian tradisional. Mayoritas masyarakat Arfak, khususnya kaum ibu-ibu atau mama-mama Papua, terlibat dalam pengelolaan tanaman hortikultura secara tradisional, namun sering kali terhambat oleh kurangnya akses terhadap pasar yang lebih luas.

Inilah saat yang tepat bagi Arfak Green Flakes untuk mengubah kondisi tersebut menjadi peluang yang tidak hanya menguntungkan secara finansial, tetapi juga memberdayakan masyarakat lokal, khususnya mama-mama Papua, melalui profit sharing yang adil dan transparan. Dengan mengintegrasikan prinsip pemberdayaan ekonomi lokal dalam setiap aspek usaha ini, kami dapat menciptakan model bisnis berkelanjutan yang memberikan manfaat langsung kepada masyarakat adat Arfak.

Arfak Green Flakes bertujuan untuk mengubah daun bawang segar yang ditanam di Pegunungan Arfak menjadi produk olahan berkualitas tinggi, yakni daun bawang kering organik. Dengan mengeringkan daun bawang segar menggunakan metode alami dan tanpa bahan pengawet, produk ini akan dipasarkan sebagai bumbu dapur organik, yang sangat diminati oleh konsumen yang peduli dengan makanan sehat dan alami. Produk kami tidak

hanya memenuhi permintaan pasar domestik, tetapi juga memiliki potensi besar di pasar internasional.

Untuk mewujudkan tujuan ini, kami akan bekerja sama dengan masyarakat adat Arfak, memberikan mereka akses pasar yang lebih baik, serta mendampingi mereka untuk meningkatkan hasil pertanian mereka dengan pendekatan yang lebih moderen dan berkelanjutan.

Salah satu keunggulan kompetitif dari Arfak Green Flakes adalah komitmen kami untuk memberdayakan masyarakat lokal, khususnya mama-mama Papua, yang sering kali tidak mendapatkan akses yang memadai ke peluang ekonomi. Kami ingin mengubah pola ini dengan melibatkan mereka secara langsung dalam proses produksi dan pengelolaan usaha ini, melalui skema profit sharing yang adil.

Skema *Profit Sharing*:

- Pendampingan Petani: Kami akan memberikan pelatihan kepada para petani, terutama ibu-ibu lokal (mama-mama Papua), dalam hal budidaya organik, serta cara mengelola kebun dan tanaman dengan metode yang ramah lingkungan.
- Pembagian Keuntungan: Sebagian dari keuntungan yang dihasilkan oleh Arfak Green Flakes akan diberikan langsung kepada petani mitra, dengan sistem bagi hasil yang transparan dan adil. Dengan demikian, petani lokal akan merasakan manfaat langsung dari usaha ini, yang dapat meningkatkan kualitas hidup mereka.
- Memberdayakan Wanita: Kami akan fokus pada pemberdayaan mama-mama Papua, memberi mereka kesempatan untuk terlibat dalam pengelolaan bisnis, dan membuka akses untuk mereka memperoleh pendapatan yang lebih tinggi dan lebih stabil.

Kami mengintegrasikan keberlanjutan sebagai inti dari seluruh proses produksi. Dengan menerapkan prinsip pertanian organik dan sistem ekonomi sirkular, kami akan memanfaatkan setiap bagian dari daun bawang, mengolah limbah organik menjadi pupuk kompos yang dapat digunakan kembali oleh petani. Selain itu, produk kami akan dikemas dalam kemasan ramah lingkungan yang mendukung pengurangan penggunaan plastik.

Kami tidak hanya ingin menjadi bisnis yang menguntungkan, tetapi juga sebuah model bisnis yang memberi dampak positif bagi lingkungan dan masyarakat sekitar. Dengan memanfaatkan sumber daya lokal secara bijak dan berkelanjutan, Arfak Green Flakes dapat tumbuh menjadi contoh usaha pertanian yang mengutamakan keberlanjutan dan pemberdayaan sosial.

II. ANALISIS LINGKUNGAN STRATEGIS

Tabel 1. Analisis SOAR

SOAR	STRENGTHS (S)	OPPORTUNITIES (O)
	• Menjadi brand daun bawang organik premium dari Pegunungan Arfak. • Menumbuhkan budaya pertanian modern berkelanjutan di masyarakat Arfak. • Memberdayakan mama-mama Papua secara ekonomi melalui keterlibatan langsung dalam produksi dan manajemen usaha.	• Memanfaatkan tren makanan sehat dan organik untuk ekspansi pasar nasional & internasional. • Mengedukasi masyarakat tentang penggunaan daun bawang kering organik. • Memperluas kemitraan dengan e-commerce, restoran organik, dan LSM pertanian.
ASPIRATIONS (A)	**Strategi (SA)**	**Strategi (OA)**
• Tercapainya penetrasi pasar nasional & internasional. • Peningkatan literasi konsumen terhadap produk organik lokal. • Terbangunnya model usaha pertanian berkelanjutan sebagai contoh nasional.	• Melatih mama-mama Papua dan petani lokal dalam teknik budidaya organik dan pengolahan modern. • Mengembangkan branding **Arfak Green Flakes** sebagai produk organik & berkelanjutan. • Membuat SOP dan protokol pengolahan serta pengemasan ramah lingkungan.	• Membangun platform pemasaran daring (website, e-commerce, sosial media) untuk menjangkau pasar lebih luas. • Membuat materi edukasi penggunaan dan manfaat daun bawang kering (infografis, video, demo masak). • Menyasar restoran, hotel, dan sekolah sebagai mitra edukasi dan pemasaran.
RESULTS (R)	**Strategi (SR)**	**Strategi (OR)**
SOAR	**STRENGTHS (S)**	**OPPORTUNITIES (O)**
	• Menjadi brand daun bawang organik premium dari Pegunungan Arfak. • Menumbuhkan budaya pertanian modern berkelanjutan di masyarakat Arfak. • Memberdayakan mama-mama Papua secara ekonomi melalui keterlibatan langsung dalam produksi dan manajemen usaha.	• Memanfaatkan tren makanan sehat dan organik untuk ekspansi pasar nasional & internasional. • Mengedukasi masyarakat tentang penggunaan daun bawang kering organik. • Memperluas kemitraan dengan e-commerce, restoran organik, dan LSM pertanian.
• Lahirnya produk daun bawang kering organik Arfak Green Flakes yang berkualitas. • Peningkatan pendapatan masyarakat lokal melalui skema profit sharing. • Citra usaha pertanian yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan memberdayakan perempuan.	• Mengintegrasikan proses produksi dengan standar kualitas dan keberlanjutan. • Menyusun indikator kinerja usaha: volume produksi, pendapatan mitra, kepuasan konsumen. • Membuat sistem monitoring dan evaluasi produksi harian & tahunan.	• Menyusun roadmap ekspansi jangka panjang ke pasar nasional & internasional. • Menyediakan pelatihan rutin untuk mama-mama Papua agar kompeten di manajemen usaha & pemasaran. • Mempromosikan Arfak Green Flakes melalui media sosial, kolaborasi LSM, dan kampanye edukasi pangan organik.

Arfak Green Flakes menghadirkan daun bawang organik premium dari Pegunungan Arfak yang diproduksi secara berkelanjutan dan memberdayakan mama-mama Papua langsung dalam produksi dan manajemen. Dengan tren makanan sehat dan organik yang terus meningkat, produk ini memiliki peluang besar untuk masuk ke pasar nasional, restoran, hotel, sekolah, bahkan ekspor internasional, sambil mendidik konsumen tentang manfaat daun bawang kering organik. Visi kami adalah menjadi pemimpin pasar nasional dan internasional, serta menjadi contoh usaha pertanian berkelanjutan yang memberi dampak sosial nyata. Hasilnya adalah produk berkualitas tinggi, peningkatan pendapatan masyarakat lokal, dan citra usaha yang berkelanjutan, menggabungkan profitabilitas dengan pemberdayaan sosial.

III. DESKRIPSI PRODUK DAN PROSES PRODUKSI

Daun Bawang Kering "Arfak Green Flakes"

Arfak Green Flakes adalah produk daun bawang kering organik yang diproduksi dengan kualitas terbaik, menggunakan daun bawang segar yang tumbuh di kawasan Pegunungan Arfak, Papua Barat. Daun bawang kering ini diproses dengan cara alami, tanpa bahan pengawet, dan dikemas dalam kemasan yang ramah lingkungan, sehingga produk kami tidak hanya menawarkan rasa dan aroma yang khas, tetapi juga mendukung prinsip pertanian berkelanjutan.

Keunggulan Produk

1. Rasa dan Aroma yang Kuat: Daun bawang yang tumbuh di Pegunungan Arfak memiliki rasa dan aroma yang lebih kuat dibandingkan dengan daun bawang dari daerah lain. Kondisi alam Pegunungan Arfak, dengan suhu sejuk dan tanah subur, menciptakan daun bawang dengan kualitas rasa yang superior, ideal untuk bumbu masakan.
2. 100% Organik dan Bebas Pestisida: Semua daun bawang yang kami hasilkan ditanam tanpa penggunaan pestisida dan bahan kimia lainnya. Kami menerapkan pertanian organik yang menjaga kualitas tanah dan kesehatan tanaman.
3. Kemasan Ramah Lingkungan: Produk kami dikemas menggunakan kemasan ramah lingkungan yang dapat didaur ulang, meminimalkan penggunaan plastik sekali pakai, dan mendukung gerakan zero waste. Kami percaya bahwa keberlanjutan tidak hanya terkait dengan produk, tetapi juga dengan cara kami mengemas dan mendistribusikan produk tersebut.
4. Proses Pengolahan yang Menjaga Nutrisi: Proses pengolahan kami mengutamakan pemeliharaan nutrisi dan kualitas rasa dari daun bawang. Dengan menggunakan metode pengeringan alami dan pengeringan suhu rendah, kami memastikan bahwa daun bawang tetap kaya akan nutrisi dan aroma alami, tanpa pengawet atau bahan kimia.

IV. ANALISIS PASAR

Analisis pasar yang mendalam adalah fondasi dari setiap rencana bisnis yang sukses. Dalam bagian ini, kami akan mengeksplorasi pasar daun bawang kering organik dengan fokus pada daerah domestik, ekspansi internasional, dan segmen konsumen yang relevan. Analisis ini tidak hanya memperhitungkan permintaan produk, tetapi juga tantangan, peluang, serta strategi pemasaran yang efektif berdasarkan tren konsumen yang terbaru, kebutuhan pasar, serta keunggulan komparatif Arfak Green Flakes.

Tren Pasar Terkini

1. Meningkatnya Permintaan untuk Produk Organik:
   - Global: Menurut Organic Trade Association (OTA), pasar organik global diperkirakan akan mencapai lebih dari USD 100 miliar pada tahun 2025. Di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jepang, dan Eropa, permintaan produk organik telah tumbuh pesat, didorong oleh kesadaran konsumen tentang kesehatan dan keberlanjutan.
   - Indonesia: Di Indonesia, permintaan akan produk organik juga mengalami pertumbuhan signifikan. Berdasarkan data Nielsen (2023), lebih dari 63% konsumen Indonesia memilih untuk membeli produk yang memiliki label organik, terutama yang berkaitan dengan bahan pangan segar dan olahan.
2. Tren Makanan Sehat dan Pengurangan Penggunaan Bahan Kimia:
   - Ada peningkatan global dalam kesadaran terhadap pentingnya makanan sehat, terutama pasca-pandemi COVID-19. Konsumen kini lebih sadar tentang kualitas makanan yang mereka konsumsi, dengan banyak yang memilih produk bebas pestisida dan bahan kimia. Arfak Green Flakes menawarkan produk yang sepenuhnya organik, bebas bahan kimia, dan diproduksi secara berkelanjutan, yang sangat menarik bagi konsumen yang semakin peduli dengan kualitas bahan makanan mereka.
3. Kebutuhan untuk Produk Makanan Praktis:
   - Dengan gaya hidup yang semakin sibuk, ada permintaan yang terus berkembang untuk produk makanan praktis dan makanan siap saji. Daun bawang kering sangat populer karena sifatnya yang praktis, tahan lama, dan mudah disimpan. Ini memberikan keuntungan besar dalam pemasaran produk kepada konsumen yang membutuhkan solusi bumbu masakan yang cepat dan mudah tanpa mengorbankan kualitas.

Permintaan Pasar di Indonesia

1. Konsumen Rumah Tangga:
   - Demografi: Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) 2025, Indonesia memiliki 284 juta jiwa, dengan 80% penduduk tinggal di daerah perkotaan. Ini berarti ada pasar yang sangat besar untuk produk yang menawarkan kemudahan dalam penyajian makanan sehat di rumah.
   - Preferensi Konsumen: Seiring dengan meningkatnya kesadaran akan pola makan

sehat, produk organik semakin diminati. Daun bawang kering organik menawarkan kemudahan dalam memasak dan menyajikan makanan sehat, yang cocok dengan gaya hidup konsumen Indonesia yang semakin sibuk.

- Peningkatan Minat Makanan Sehat: Menurut survei Nielsen 2023, 61% konsumen di Indonesia lebih memilih produk dengan label organik dan bebas bahan kimia dibandingkan produk non-organik.

2. Industri Kuliner:
   - Restoran dan Katering: Di sektor kuliner, ada permintaan tinggi untuk bahan baku yang berkualitas, praktis, dan tahan lama. Restoran, hotel, dan layanan katering yang menyajikan masakan sehat semakin mencari bahan-bahan organik berkualitas tinggi, termasuk daun bawang. Daun bawang kering tidak hanya mengurangi pemborosan bahan baku tetapi juga menghemat biaya operasional karena masa simpannya yang lebih lama dibandingkan daun bawang segar.
   - Data dari Kementerian Perdagangan Indonesia (2023) menunjukkan bahwa sektor restoran dan katering di Indonesia berkembang pesat dengan pertumbuhan tahunan 8-10%. Hal ini menunjukkan adanya permintaan stabil yang dapat dipenuhi oleh Arfak Green Flakes.
3. Pemasaran dan Pendistribusian:
   - Pasar Organik di Indonesia: Meskipun permintaan pasar organik meningkat, produk organik lokal di Indonesia masih belum banyak tersedia di pasar tradisional dan modern. Kami memiliki peluang besar untuk mengisi kekosongan pasar ini dengan menawarkan produk daun bawang kering organik yang berkualitas.
   - Distribusi Online: Pertumbuhan sektor e-commerce di Indonesia, yang tercatat bernilai lebih dari USD 40 miliar pada tahun 2022 menurut Google Temasek Report, menciptakan peluang baru untuk menjangkau konsumen dari luar kota besar, dengan produk yang praktis dan berkualitas tinggi.

Potensi Pasar Ekspor

1. Permintaan Global untuk Produk Organik:
   - Pasar global untuk produk organik, terutama bumbu dapur seperti daun bawang, terus berkembang, terutama di negara-negara seperti Jepang, Korea Selatan, dan negara-negara Eropa yang memiliki standar tinggi untuk kualitas produk pangan. Jepang, sebagai contoh, mengimpor lebih dari 60% bahan makanan mereka, dan permintaan untuk produk organik terus meningkat.

- Negara-negara Asia Tenggara, seperti Singapura, juga menunjukkan permintaan tinggi untuk produk organik dari Indonesia. Dengan harga kompetitif dan kualitas unggul, Arfak Green Flakes memiliki peluang besar untuk menembus pasar ekspor ini.

2. Keunggulan Komparatif Daun Bawang dari Pegunungan Arfak:
   - Keunikan produk kami terletak pada kualitas daun bawang yang dihasilkan dari Pegunungan Arfak, sebuah wilayah yang masih alami dan terjaga. Tanah vulkanik yang subur dan iklim tropis yang sejuk menciptakan kondisi ideal untuk pertumbuhan daun bawang berkualitas tinggi. Kami dapat memanfaatkan keunggulan komparatif ini dalam pemasaran untuk memperkenalkan produk lokal yang memiliki cita rasa khas.
3. Potensi Pemasaran di Negara Maju:
   - Negara seperti Jepang, Korea Selatan, dan Uni Eropa memiliki minat besar terhadap produk organik. Berdasarkan data Food and Agriculture Organization (FAO), pasar organik global diperkirakan akan terus tumbuh hingga mencapai USD 100 miliar pada 2025, membuka peluang besar bagi Arfak Green Flakes untuk diekspor.

Segmentasi Pasar dan Target Market

Untuk memaksimalkan potensi pasar Arfak Green Flakes, kami akan membagi pasar menjadi beberapa segmen yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi konsumen:

1. Konsumen Rumah Tangga:
   - Target Market: Keluarga muda dan konsumen individu yang peduli dengan kesehatan, keberlanjutan, dan kemudahan dalam memasak.
   - Kebutuhan: Produk yang mudah digunakan, tahan lama, dan memberikan rasa alami pada masakan.
   - Pemasaran: Fokus pada distribusi di pasar lokal, supermarket organik, dan toko online yang menjual produk sehat dan alami.
2. Industri Kuliner dan Katering:
   - Target Market: Restoran dan layanan katering yang menginginkan bahan masakan berkualitas tinggi dengan kemasan praktis dan tahan lama.
   - Kebutuhan: Penyediaan bahan masakan yang berkualitas, praktis, dan dapat disimpan dalam waktu lama tanpa mengorbankan rasa dan kualitas.
   - Pemasaran: Kemitraan dengan restoran, hotel, dan katering yang mengutamakan menu sehat dengan bumbu-bumbu alami.

3. Pasar Ekspor:
    - Target Market: Negara-negara yang mengutamakan produk organik, seperti Jepang, Korea Selatan, Singapura, dan negara-negara Eropa.
    - Kebutuhan: Produk organik yang terjamin kualitasnya dan memenuhi standar ekspor internasional.
    - Pemasaran: Kemitraan dengan eksportir dan pengepul produk organik, serta mengikuti pameran dagang dan sertifikasi internasional.

V. STRATEGI PEMASARAN DAN DISTRIBUSI

Branding yang Kuat

1. Membangun merek Arfak Green Flakes sebagai simbol kesehatan, keberlanjutan, dan produk lokal berkualitas.
2. Menekankan keunggulan komparatif produk yang berasal dari Pegunungan Arfak, dengan cita rasa khas yang tidak dimiliki oleh produk serupa di pasaran.

Saluran Distribusi

1. Pasar Tradisional dan Modern: Menjual produk di pasar-pasar tradisional dan supermarket besar di kota-kota besar Indonesia.
2. E-commerce: Memanfaatkan platform digital untuk menjangkau konsumen yang lebih luas, terutama di kota-kota besar yang peduli dengan keberlanjutan.
3. Kemitraan dengan Restoran: Menggandeng restoran, katering, dan hotel yang mengutamakan produk organik dalam bahan masakan mereka.
4. Ekspor: Memperluas jangkauan ke pasar internasional, terutama di negara-negara yang mengutamakan produk organik dan sehat.

VI. RENCANA OPERASIONAL

Rencana operasional ini mencakup seluruh tahapan yang diperlukan untuk menjalankan usaha Arfak Green Flakes dari tahap budidaya hingga pemasaran produk, serta mengelola sumber daya manusia, sumber daya alam, dan infrastruktur dengan efisien. Setiap langkah dalam proses produksi dan distribusi dirancang untuk memastikan kualitas produk yang konsisten, efisiensi biaya, dan keberlanjutan usaha.

Proses Produksi yang Berkelanjutan dan Sirkular

Arfak Green Flakes mengadopsi sistem pertanian sirkular yang berkelanjutan, di mana semua tahapan produksi, mulai dari budidaya hingga pemasaran, didesain untuk meminimalkan limbah dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Kami mengintegrasikan

pendekatan zero waste dan circular economy dalam setiap proses produksi, mengubah sisa-sisa hasil pertanian menjadi produk yang berguna dan bernilai tambah.

Tahapan Produksi:

1. Pemilihan dan Pemanenan Daun Bawang:
   - Pemilihan Benih dan Pupuk: Kami akan bekerja sama dengan petani lokal di Pegunungan Arfak untuk memastikan hanya benih berkualitas yang digunakan. Semua benih yang kami pilih adalah benih organik, dan bebas dari bahan kimia. Selain itu, kami juga memastikan bahwa penggunaan pupuk yang diterapkan adalah pupuk organik yang dibuat dari bahan alami seperti kompos dan kotoran ternak.
   - Pemanenan: Daun bawang dipanen secara manual pada waktu yang tepat, ketika kualitasnya optimal. Kami hanya memilih daun yang segar dan bebas dari penyakit atau kerusakan. Pemanenan dilakukan secara selektif untuk memastikan daun bawang yang dipanen memiliki ukuran dan kualitas yang sesuai dengan standar.
2. Proses Pencucian dan Persiapan:
   - Pencucian Daun Bawang: Setelah dipanen, daun bawang akan dicuci menggunakan air bersih untuk menghilangkan kotoran atau tanah yang menempel pada daun. Selama proses pencucian, kami memastikan tidak ada bahan kimia atau pestisida yang tercemar pada daun bawang. Pencucian dilakukan dengan hati-hati untuk menjaga keutuhan daun dan mencegah kerusakan.
   - Pengeringan: Daun bawang yang sudah dicuci akan dibersihkan lebih lanjut dan dipotong sesuai ukuran yang diinginkan. Proses pengeringan dilakukan dengan metode alami atau menggunakan pengering suhu rendah untuk menjaga kualitas rasa dan nutrisi.
     a. Pengeringan dengan Sinar Matahari: Daun bawang disusun di atas rak yang diletakkan di tempat terbuka yang memiliki paparan sinar matahari langsung selama beberapa jam per hari. Metode ini memastikan daun bawang tetap kering secara alami, mempertahankan rasa dan kandungan gizinya.
     b. Pengeringan Suhu Rendah: Untuk memastikan kualitas yang optimal, kami juga menggunakan oven pengering suhu rendah dengan suhu maksimal 40°C, yang dirancang khusus untuk menjaga kelembaban optimal dan mencegah kerusakan nutrisi.
3. Pengemasan yang Berkelanjutan:
   - Kemasan Ramah Lingkungan: Setelah proses pengeringan selesai, daun bawang

kering akan dikemas dalam kemasan berbahan kertas daur ulang yang dapat didaur ulang sepenuhnya. Kami bekerja sama dengan pemasok kemasan yang memiliki komitmen terhadap keberlanjutan dan memastikan bahwa kemasan kami bebas dari plastik sekali pakai.

- Desain Kemasan: Kemasan produk dirancang dengan menggunakan bahan yang ringan namun tetap aman untuk produk. Setiap kemasan diberi label yang menjelaskan bahwa produk ini adalah 100% organik, bebas bahan kimia, dan diproduksi secara berkelanjutan.
- Penggunaan Label Eko: Label pada kemasan menggunakan tinta berbasis air dan bahan kertas yang dapat didaur ulang, yang lebih ramah lingkungan.

4. Sistem Pengolahan Limbah dan *Circular Economy*:
    - Pengolahan Limbah Daun Bawang: Sisa daun bawang yang tidak memenuhi standar kualitas untuk dikeringkan (seperti daun yang rusak atau terlalu tua) tidak dibuang. Sebaliknya, kami mengolahnya menjadi pupuk kompos organik yang dapat digunakan kembali untuk mendukung pertanian lokal. Hal ini mendukung prinsip zero waste dan memperkecil limbah yang dihasilkan selama proses produksi.
    - Pemanfaatan Limbah Organik: Kami juga akan bekerja sama dengan peternak lokal untuk mengumpulkan limbah organik lainnya, seperti kotoran kambing dan sapi, yang digunakan untuk memproduksi biogas atau pupuk organik. Sistem ini memungkinkan pengelolaan limbah yang efisien dan ramah lingkungan, serta mendukung pertanian yang berkelanjutan di sekitar Pegunungan Arfak.
5. Distribusi dan Pemasaran:
    - Pasar Lokal dan Nasional: Produk daun bawang kering akan dipasarkan di pasar-pasar lokal dan modern di Manokwari, serta ke kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Makassar, yang memiliki permintaan tinggi untuk produk organik.
    - Ekspor: Dengan produk yang telah memenuhi standar organik internasional, kami berharap dapat menargetkan pasar ekspor ke negara-negara yang mengutamakan produk organik, seperti Jepang, Korea Selatan, dan negara-negara Eropa. Pasar internasional semakin menunjukkan minat terhadap produk yang berkelanjutan, dan kami yakin bahwa produk kami akan diterima dengan baik di pasar tersebut.
6. Manajemen Rantai Pasok:
    - Kemitraan dengan Petani Lokal: Kami akan melibatkan masyarakat adat Arfak dalam proses budidaya daun bawang, memberikan pelatihan dan pendampingan terkait

pertanian organik. Kami juga akan mengadakan skema profit-sharing, di mana sebagian dari keuntungan akan dibagikan kepada petani lokal sebagai insentif.

- Pengelolaan Logistik: Mengingat medan yang berat, kami akan bekerja sama dengan penyedia jasa logistik untuk mengoptimalkan distribusi produk dari Manokwari ke pasar lokal. Kami juga akan membangun gudang penyimpanan yang memadai untuk memastikan keamanan produk selama proses distribusi.

VII.TIM MANAJEMEN

Tim Manajemen Arfak Green Flakes terdiri dari individu yang memiliki pengalaman di bidang pertanian, pemasaran, keuangan, dan manajemen operasional, serta memiliki komitmen terhadap keberlanjutan dan pemberdayaan masyarakat lokal.

Tabel 2. Tim Manajemen

Nama	Jabatan	Latar Belakang	Peran
Destrianto Mursalin	Pemilik & Pendiri	Statistisi dengan latar Pendidikan ekonomi dan sedang belajar pertanian.	Mengawasi seluruh proses produksi, membimbing petani lokal, mengembangkan kemitraan dengan masyarakat adat Arfak
Nur Lisa Syahbani	Manajer Operasional	Profesional muda,	Mengelola operasional harian, pengolahan daun bawang, distribusi produk, dan pengembangan fasilitas produksi sesuai standar kualitas & keberlanjutan
Wira Bhakti Manggala Putra	Manajer Pemasaran & Keuangan	Berpengalaman di pemasaran digital dan analisis keuangan, khususnya produk organik	Mengelola strategi pemasaran, kampanye edukasi produk, serta pengelolaan keuangan untuk pertumbuhan usaha berkelanjutan
Tim Produksi & Pemberdayaan Petani	Tim Lokal	Petani lokal terlatih pertanian organik	Terlibat di seluruh tahap produksi: penanaman, perawatan, panen; mendapat pelatihan untuk meningkatkan kualitas dan hasil produksi

VIII. PROYEKSI KEUANGAN

Proyeksi keuangan ini mengidentifikasi biaya investasi awal, pendapatan yang diharapkan, serta biaya operasional yang diperlukan untuk menjalankan usaha ini, sambil mempertahankan keberlanjutan finansial.

Asumsi Umum Semua Skenario

Tabel 3. Estimasi Biaya Investasi Awal

Parameter	Nilai
Bahan baku segar awal	Pesimis: 30 kuintal; Realistis: 50 kuintal; Optimis: 80 kuintal
Harga beli bahan baku segar	Rp 10.000/kg
Rasio basah → kering	1:0,1
Berat kemasan	60 g/pack
Parameter	**Nilai**
Harga jual per pack kering	Pesimis: Rp 22.000; Realistis: Rp 25.000; Optimis: Rp 28.000
Karyawan	2 orang × Rp 2,5 juta/bulan
Profit sharing	17% dari laba kotor
Biaya transportasi & distribusi	Pesimis: Rp 10 juta; Realistis: Rp 15 juta; Optimis: Rp 25 juta
Biaya pemasaran	Pesimis: Rp 5 juta; Realistis: Rp 10 juta; Optimis: Rp 20 juta
Biaya produksi & kemasan	Pesimis: Rp 15 juta; Realistis: Rp 25 juta; Optimis: Rp 40 juta
Biaya CSR / pelatihan	10% dari laba kotor

Proyeksi Tahunan 3 Skenario

Tabel 4. Proyeksi Tahunan 3 Skenario

Komponen	Pesimis	Realistis	Optimis	Keterangan
ASUMSI AWAL DAN PENDAPATAN				
Bahan baku segar (kg)	3.000	5.000	8.000	Kuantitas bahan baku per tahun
Biaya Bahan Baku (Rp)	30.000.000	50.000.000	80.000.000	Rp 10.000/kg
Produksi kering (kg)	300	500	800	10% dari basah
Jumlah pack (60 g/pack)	5.000	8.333	13.333	1 kg = 16,67 pack
Harga jual/pack (Rp)	22.000	25.000	28.000	Sesuai skenario
Pendapatan Penjualan (Rp)	110.000.000	208.325.000	373.324.000	Pack × harga jual
PENGELUARAN				

Gaji Karyawan (Rp)	60.000.000	60.000.000	60.000.000	2 orang × 2,5 juta × 12 bulan
Produksi & Kemasan (Rp)	15.000.000	25.000.000	40.000.000	Tenaga, listrik, bahan kemasan
Transport & Distribusi (Rp)	10.000.000	15.000.000	25.000.000	Distribusi ke pasar & pengecer
Pemasaran & Promosi (Rp)	5.000.000	10.000.000	20.000.000	Media sosial, demo, brosur
Biaya Lain-lain (Rp)	10.000.000	10.000.000	15.000.000	Tak terduga, perlengkapan
Total Biaya Operasional (Rp)	100.000.000	120.000.000	160.000.000	Jumlah semua biaya
PROFIT				
Laba Kotor (Rp)	10.000.000	88.325.000	213.324.000	Pendapatan – biaya

Komponen	Pesimis	Realistis	Optimis	Keterangan
Profit Sharing 17% (Rp)	1.700.000	15.015.000	36.264.000	Untuk koperasi/petani lokal
CSR / Edukasi 10% (Rp)	1.000.000	8.832.500	21.332.400	Pelatihan, edukasi masyarakat
Laba Bersih Pemilik (Rp)	7.300.000	64.477.500	155.727.600	Setelah profit sharing & CSR
Margin/pack (Rp)	2.000	7.740	1600	Laba kotor ÷ jumlah pack
BEP (pack)	2.500	3.518	4.200	Biaya tetap ÷ margin per pack

Neraca Perusahaan Tahun Pertama

Tabel 5. Neraca Perusahaan Tahun Pertama

Keterangan	Pesimis	Realistis	Optimis	Catatan
ASET				
Kas & Setara Kas	7.300.000	64.477.500	155.727.600	Laba bersih setelah CSR & profit sharing
Piutang Usaha	5.000.000	10.000.000	15.000.000	Penjualan ke pengecer / distributor
Persediaan Bahan Baku (Segar)	3.000.000	5.000.000	8.000.000	Sisa bahan baku di gudang (Rp10.000/kg)
Persediaan Produk Kering (Pack 60g)	11.000.000	41.000.000	80.000.000	Produk siap dijual, dihitung nilai jual grosir ±50%
Peralatan & Infrastruktur	40.000.000	60.000.000	80.000.000	Mesin pengering, alat kemasan, gudang
Total Aset	66.300.000	180.477.500	338.727.600	Jumlah seluruh aset

LIABILITAS				
Utang Jangka Pendek	5.000.000	10.000.000	15.000.000	Misal pinjaman modal kerja atau supplier
Utang Pajak & Lain-lain	1.000.000	2.500.000	5.000.000	Pajak, biaya administrasi
Total Liabilitas	6.000.000	12.500.000	20.000.000	
MODAL & EKUITAS				
Modal Pemilik / Investasi Awal	50.000.000	100.000.000	150.000.000	Sesuai investasi awal dan pengembangan
Laba Ditahan / Laba Bersih	7.300.000	64.477.500	155.727.600	Setelah profit sharing & CSR
Total Modal & Ekuitas	57.300.000	164.477.500	305.727.600	
Keterangan	**Pesimis**	**Realistis**	**Optimis**	**Catatan**
Total Liabilitas + Modal	63.300.000	177.477.500	325.727.600	Harus mendekati total aset (selisih minor: kas fluktuasi)

Analisis Risiko & Peluang

Tabel 6. Analisis Risiko dan Peluang

Skenario	Risiko	Peluang
Pesimis	Penjualan lebih rendah, margin tipis, risiko rugi kecil	Meminimalkan modal awal, uji pasar, pelatihan terbatas
Realistis	Cukup aman, laba wajar, profit sharing & CSR tercapai	Stabilitas pasar, evaluasi kualitas, edukasi petani optimal
Optimis	Modal tinggi, produksi & distribusi lebih kompleks	Laba besar, skala ekonomi, CSR lebih luas, memperluas jaringan pasar

IX. KESIMPULAN

Arfak Green Flakes memiliki potensi besar untuk menjadi pemimpin pasar dalam daun bawang kering organik, berfokus pada keberlanjutan dan pemberdayaan masyarakat lokal di Pegunungan Arfak, Papua Barat. Dengan rencana operasional yang efisien, tim manajemen yang berpengalaman, dan proyeksi keuangan yang realistis, kami yakin bahwa usaha ini akan memberikan dampak positif yang signifikan bagi masyarakat setempat dan meningkatkan ketahanan pangan di daerah tersebut.

LAMPIRAN

Gambar 1. Foto Pegunungan Arfak

Gambar 2. Gambaran Pertanian Daun Bawang Pegaf

Gambar 3. Contoh Produk yang Dihasilkan (1)

Gambar 4. Contoh Produk yang Dihasilkan (2)

Catatan:

- Produksi rumahan yang telah kami buat akan kami sampaikan jika masuk ke dalam tahap presentasi hasil. Untuk saat ini kami mengakui bahwa kami menggunakan berbagai sumber untuk mempermanis dan menunjukkan kondisi produk yang diharapkan

Sumber Gambar:

- https://mkwtourism.wordpress.com/2018/09/01/pesona-danau-anggi-di-pegunungan-arfak/
- ImajiPapua: https://imajipapua.com/
- https://www.tokopedia.com/trendyteenss/ready-daun-bawang-iris-kering-dried-leek-herba-kering-by-jamu-gendul-88-kualitas-premium-17313215955698008 40?extParam=ivf%3Dfalse%26keyword%3Ddaun+bawang+kering%26search_id%3D20250822010452013 86BD6D8E0913CAM3I%26src%3Dsearch

GASAMSON HERITAGE DIGITAL PLATFORM: SOLUSI INOVATIF UNTUK MENGHUBUNGKAN WISATA, BUDAYA, DAN UMKM RAJA AMPAT

Disusun oleh:

1. Chalilah Syahharbanu Malikin

I. DESKRIPSI PRODUK/ JASA

1. *Memasarkan Pariwisata (Homestay & Paket Wisata Milik Travel Lokal)*

   Produk/Jasa: Ga Samsom Heritage berperan sebagai platform promosi dan distribusi paket wisata lokal, termasuk homestay milik masyarakat desa serta layanan travel lokal di Misool dan Raja Ampat. Wisatawan tidak hanya membeli "jalan-jalan", tetapi juga pengalaman tinggal bersama masyarakat dan belajar langsung tentang kehidupan lokal.

   Manfaat:

   a. Membuka akses pasar bagi penyedia homestay dan travel agent kecil di desa.
   b. Memberikan alternatif wisata yang lebih ramah lingkungan dan berbasis komunitas.
   c. Meningkatkan pendapatan masyarakat langsung tanpa perantara besar.

   Relevansi dengan Papua: Papua memiliki destinasi kelas dunia seperti Raja Ampat, tetapi sebagian besar keuntungan wisata masih dinikmati investor luar. Dengan memasarkan homestay & travel lokal, keuntungan akan kembali ke masyarakat Papua, sehingga mendukung ekonomi inklusif dan pemerataan.

2. *Memasarkan Hasil UMKM Masyarakat Desa*

   Produk/Jasa: Ga Samsom Heritage menjadi jembatan antara UMKM lokal dengan pasar wisatawan. Produk-produk khas seperti kerajinan tangan, tenun tradisional, perhiasan laut, hingga kuliner khas dipromosikan melalui paket wisata dan platform digital (Instagram, website, marketplace).

   Manfaat:

   a. Memberi pasar baru dalam bentuk digital bagi produk lokal yang sebelumnya hanya dijual di kampung. Meningkatkan nilai ekonomi hasil karya masyarakat (contoh: kerajinan bisa menjadi souvenir premium).

b. Mengurangi ketergantungan masyarakat pada sektor ekstraktif (misalnya perikanan berlebihan).

Relevansi dengan Papua:Banyak UMKM di Papua kesulitan menembus pasar luas karena keterbatasan akses distribusi. Dengan menjadikan wisatawan sebagai target pasar utama, produk UMKM Papua bisa dikenal lebih luas, sekaligus mengangkat citra Papua sebagai pusat budaya dan kreativitas.

3. Memperkenalkan Budaya dan Adat Daerah

Produk/Jasa: Ga Samsom Heritage mengemas kearifan lokal dalam bentuk paket wisata budaya: pertunjukan tari adat, praktik sasi laut, penimbangan zakat adat, ritual tradisi Suku Matbat, hingga cerita rakyat. Layanan ini tidak hanya hiburan, tetapi juga edukasi yang bisa dipelajari oleh wisatawan, pelajar, dan peneliti.

Manfaat:

a. Menjadi sarana pelestarian budaya agar tidak hilang ditelan modernisasi.
b. Memberi peluang ekonomi bagi masyarakat adat (penari, seniman, tokoh adat).
c. Menumbuhkan rasa bangga generasi muda Papua terhadap budayanya sendiri.

Relevansi dengan Papua:Papua memiliki ratusan suku dengan budaya unik, namun banyak yang mulai ditinggalkan generasi muda. Dengan memperkenalkan budaya ke wisatawan, Ga Samsom Heritage ikut melestarikan identitas Papua sekaligus menjadikan budaya sebagai sumber ekonomi berkelanjutan.

Ga Samsom Heritage bukan sekadar usaha wisata, tapi ekosistem yang menghubungkan pariwisata + UMKM + budaya sebagai satu paket edutourism berkelanjutan untuk Papua

II. ANALISIS PASAR

a. Target Konsumen

Wisatawan Domestik (Indonesia)

- ✓ Usia 18–40 tahun, suka jalan-jalan, aktif di Instagram/TikTok.
- ✓ Gaya hidup: eco-travel, backpacker, keluarga muda.
- ✓ Asal: kota besar (Jakarta, Surabaya, Makassar, Manado, Jayapura).

Wisatawan Mancanegara

- ✓ Usia 25–55 tahun, hobi diving, fotografi, pecinta alam.

- ✓ Negara asal: Eropa, Australia, Amerika.
- ✓ Mereka tinggal lebih lama (7–10 hari) dan mau bayar lebih untuk pengalaman autentik.

Pelajar, Mahasiswa & Komunitas

- ✓ Sekolah/universitas butuh paket *study tour* atau eduwisata.
- ✓ Komunitas hobi (fotografi, diving, NGO lingkungan).

b. Kompetitor

- ✓ Travel Online (Traveloka, Booking.com, Tiket.com) → kuat di akomodasi, tapi tidak jual pengalaman budaya & UMKM.
- ✓ Operator Lokal & Homestay Asosiasi → sudah ada, tapi fokusnya hanya homestay & logistik.
- ✓ Resort & Liveaboard Premium → mahal, fokus diving saja.

c. Tren Pasar

- ✓ Wisata berkelanjutan & budaya sedang naik daun (wisatawan mau "belajar" & memberi dampak, bukan sekadar jalan-jalan).
- ✓ Raja Ampat makin terkenal di dunia, tapi wisata berbasis komunitas masih jarang.
- ✓ Wisatawan digital: 142 juta pengguna IG di Indonesia (18–34 tahun paling banyak). Konten sosial media sangat efektif untuk promosi.
- ✓ TikTok Shop & marketplace sudah kembali → peluang jual produk UMKM Papua online.

d. Peluang untuk Ga Samsom Heritage

- ✓ Menawarkan paket lengkap: homestay + wisata alam + budaya adat + belanja produk lokal.
- ✓ Menarik wisatawan yang peduli lingkungan & budaya → tren global sekarang.
- ✓ Bisa bekerja sama dengan sekolah/universitas untuk eduwisata.
- ✓ Menjadi brand lokal Papua yang membedakan diri dari travel online besar.
- ✓ Memanfaatkan Instagram & TikTok untuk menarik anak muda & backpacker.

Jadi, pasar untuk Ga Samsom Heritage sangat besar: mulai dari anak muda Indonesia yang suka eksplorasi murah, wisatawan asing berbudget tinggi, sampai sekolah/komunitas yang ingin belajar budaya.

III. STRATEGI PEMASARAN GA SAMSOM HERITAGE

A. Cara Promosi Promosi Online

Ga Samsom Heritage memanfaatkan Instagram dan TikTok sebagai media utama untuk menampilkan konten wisata, budaya, dan produk UMKM dengan cara yang menarik dan mudah diakses oleh anak muda. WhatsApp Business digunakan sebagai katalog paket wisata serta saluran komunikasi cepat dengan calon wisatawan. Selain itu, website atau linktree akan menjadi pusat informasi resmi, tempat pemesanan paket wisata, serta katalog produk UMKM.

- Jenis Konten
- *Explore*
- *Culture* (tentang budaya dan adat istiadat)
- *UMKM* (produk, cerita pengrajin, harga),
- *Testimoni/Behind the Trip*,
- *How-to* (biaya, akses ferry, tips).

B. Promosi Offline

- **Kemitraan sekolah/universitas:** paket eduwisata (sertifikat, modul belajar budaya, sesi tokoh adat). Kirim surat penawaran resmi dan brosur PDF.
- **Jaringan lokal:** asosiasi homestay, pelabuhan/ferry Sorong–Waisai (buat iklan dalam bentuk pamflet), dive shop/operator local, coffee shop.
- **Event komunitas:** booth kecil di pasar/UMKM fair; demo kerajinan mini; bagikan *mini catalog* (QR katalog digital).
- **Brand ambassador lokal:** 10 host homestay diberikan pelatihan peningkatan SDM & UMKM (akan diberikan harga & komisi).

1. Branding

Identitas merek Ga Samsom Heritage menekankan nilai budaya, komunitas, dan keberlanjutan. Dengan tagline *"Merawat Warisan, Menghidupkan Budaya"*, usaha ini menonjolkan keunikan berupa kombinasi wisata alam, pengalaman budaya, dan produk lokal. Branding ini sekaligus membedakan Ga Samsom Heritage dari penyedia wisata konvensional yang hanya menjual perjalanan tanpa memberi dampak nyata bagi masyarakat lokal.

2. *Harga*

Strategi harga dirancang fleksibel agar dapat menjangkau berbagai segmen wisatawan. Paket wisata ditawarkan mulai dari Rp 6 juta untuk 3 hari 2 malam, Rp 7,5 juta untuk 5 hari 4 malam, dan Rp 9 juta untuk 7 hari 6 malam. Diskon diberikan untuk mahasiswa, grup sekolah, serta periode low season, sehingga layanan tetap terjangkau tanpa mengurangi kualitas. Produk UMKM masyarakat desa dipasarkan melalui katalog online dengan sistem pre-order serta ditawarkan langsung saat wisata berlangsung. Produk UMKM yang di dapat langsung dari Masyarakat di desa maupun dari Dinas Terkait akan di Iklankan dengan metode multipayment.

3. *Distribusi*

Distribusi dilakukan dengan dua jalur, yaitu langsung dan tidak langsung. Jalur langsung mencakup pemesanan melalui Instagram DM, WhatsApp Business, dan website resmi. Jalur tidak langsung dilakukan melalui kerja sama dengan homestay mitra, agen lokal, dan sekolah/universitas yang bermitra. Produk UMKM didistribusikan secara hybrid, yakni melalui toko online seperti Instagram/TikTok Shop serta secara offline dengan memajang produk di homestay dan menyertakannya dalam paket wisata.

IV. RENCANA OPERASIONAL

1. Lokasi Produksi

a. Pusat Operasional Digital: Berbasis *remote office* dari Raja Ampat & Sorong. Aktivitas utama (konten digital, desain, pengelolaan media sosial, dan sistem booking) dilakukan secara online maupun offline dengan tim kecil.

b. Lokasi Fisik Kegiatan:

1. Homestay masyarakat lokal di Misool, Waigeo dan Batanta.
2. Desa-desa mitra yang menjadi lokasi workshop budaya, tur UMKM, dan kegiatan edukatif.
3. Spot wisata alam di sekitar Misool, Waigeo dan Batanta sebagai bagian paket tur.

2. Alur Kerja

i. Produksi Konten & Promosi

✓ Tim kreatif membuat konten dengan memanfaatkan berbagai macam AI (foto, video, copywriting).

- ✓ Publikasi di Instagram, TikTok, Website, WhatsApp Business.
- ✓ Leads masuk melalui DM/WA/website form.

ii. Pemesanan & Booking

- ✓ Customer menghubungi admin (WA Business).
- ✓ Admin mencatat preferensi wisatawan, jumlah orang, dan tanggal.
- ✓ DP minimal 30% untuk konfirmasi booking.

iii. Koordinasi Lapangan

- ✓ Tim operasional berkomunikasi dengan host homestay, pemilik UMKM, dan tokoh adat.
- ✓ Penjadwalan boat, konsumsi, workshop budaya, dan guide lokal.

iv. Pelaksanaan Trip

- ✓ Wisatawan dijemput/dipandu sesuai itinerary.
- ✓ Fasilitas homestay, makanan lokal, tur budaya, UMKM showcase.
- ✓ Dokumentasi kegiatan (foto/video) untuk kebutuhan konten & laporan.

v. Evaluasi & Layanan Pasca-Trip

- ✓ Testimoni tamu dikumpulkan (foto/video/teks).
- ✓ Feedback dicatat untuk perbaikan layanan.
- ✓ Follow-up penawaran trip lain / produk UMKM via WA & email.

vi. Teknologi yang Digunakan

- Artificial Intelligence (AI) Untuk keperluan copywriting, rekomendasi konten,dapat digunakan untuk analisis data pelanggan, personalisasi layanan, serta membantu otomatisasi sistem administrasi dan pemasaran.
- Media Sosial: Instagram, TikTok, Facebook (konten promosi & komunikasi).
- WhatsApp Business: Katalog paket, quick reply, label leads, broadcast promo.
- Website/Link-in-Bio: Landing page paket wisata, katalog UMKM, form

booking.

- Google Workspace: Spreadsheet untuk manajemen booking, Drive untuk dokumen, Meet untuk koordinasi tim.
- Canva/CapCut/Adobe Premiere Rush: Desain visual & editing konten.
- Payment Gateway (E-Wallet): Mempermudah transaksi online.
- Google Analytics & Meta Ads Manager: Analisis data dan performa iklan.

vii. Bahan Baku

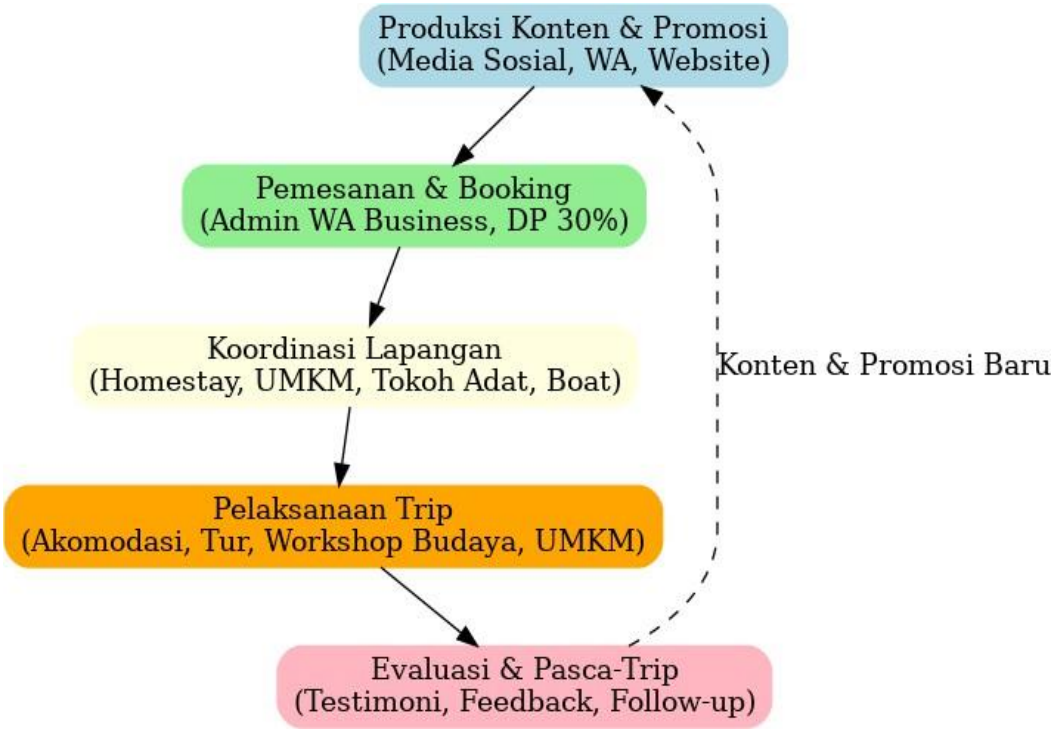
Sebagai bisnis digital kreatif berbasis pariwisata & budaya, "bahan baku" lebih ke elemen pengalaman wisatawan, yaitu:

- Konten Digital: Foto, video, artikel budaya, testimoni wisatawan.
- Akomodasi: Homestay masyarakat (bahan baku pengalaman menginap).
- Budaya & Adat: Workshop kerajinan, kuliner lokal, cerita adat.
- Produk UMKM: Souvenir, makanan khas, kerajinan tangan.
- Transportasi Lokal: Sewa boat, transportasi antar kampung.

viii. Rantai Pasok

1. *Supply*
   - Homestay lokal (akomodasi & makanan).
   - UMKM desa (souvenir, kuliner, kerajinan).
   - Komunitas adat (ritual, budaya, workshop).
   - Operator boat lokal.
2. *Produksi*
   - Produksi & distribusi konten digital.
   - Pengelolaan sistem booking & customer service.
3. *Distribusi*
   - Wisatawan menerima layanan wisata (akomodasi, tur, budaya).
   - Produk UMKM dijual melalui pre-order online atau langsung di lokasi.
   - Dokumentasi & testimoni dipublikasikan kembali sebagai promosi.

Bagan Rencana Operasional



V. TIM MANAJEMEN

a. *Struktur Tim*

Founder : Chalilah Syahharbanu M. R

- Peran Utama: Mengelola perencanaan strategis, pemasaran digital, branding, dan administrasi keuangan.
- Tugas Detail:
  - ✓ Menentukan visi, misi, dan arah pengembangan *Ga Samsom Heritage*.
  - ✓ Mengelola media sosial (Instagram, TikTok, Website, WhatsApp Business).
  - ✓ Membuat & mengkurasi konten digital (foto, video, artikel, storytelling).
  - ✓ Mengatur administrasi, laporan kegiatan, serta proposal kerjasama.
  - ✓ Mengelola keuangan (pencatatan, harga paket, laporan).
  - ✓ Menangani komunikasi awal dengan wisatawan (customer service & booking).
- Latar Belakang:
  - ✓ Lulusan Madrasah Aliyah jurusan Ilmu Agama (2014).
  - ✓ Pengalaman kerja sebagai Admin Officer (2019–2023) dan Sekretaris Yayasan.
  - ✓ Pernah menjadi Ketua Panwascam Distrik Misool Timur (2024).

- ✓ Tour Guide Misool (2019–2024) dan Pemandu Geosite Nasional.
- ✓ Keahlian: administrasi, digital marketing dasar, komunikasi publik, manajemen waktu.3. Dukungan Mitra Komunitas

b. *Mitra*

- Homestay Lokal → penyedia akomodasi.
- UMKM Desa → penyedia kerajinan, makanan khas, dan souvenir.
- Tokoh Adat & Budaya → narasumber workshop budaya
- Operator Boat Lokal → penyedia transportasi wisata.

VI. PROYEKSI KEUANGAN

a. Dasar Data Asumsi Harga (UMKM Lokal

- ✓ Akomodasi homestay full board: sekitar IDR 350.000/orang/malam, sesuai rata-rata lokal.
- ✓ Biaya transportasi laut antar pulau (boat sharing): sekitar IDR 20.000.000 per trip (kelompok 10 orang).
- ✓ Park Entry & PIN konservasi:
  - IDR 300.000/orang untuk tiket masuk lokasi wisata Raja Ampat
  - IDR 1.700.000/orang PIN Marine Park (paket tahunan)
- ✓ Fokus paket ekowisata UMKM (budget): menekan biaya namun tetap mengedepankan budaya dan partisipasi lokal.

1. Modal Awal (2025)

Komponen	Estimasi Biaya
Branding & desain ulang (logo, web, konten awal)	IDR 2.000.000
Dokumentasi & peralatan ringan (kamera, editing)	IDR 1.000.000
Operasional & koordinasi lapangan awal	IDR 1.000.000
Modal kerja (DP homestay, boat, UMKM)	IDR 5.000.000
Total Modal Awal	IDR 9.000.000

2. Estimasi Biaya Produksi per Trip (10 orang, 3 hari/2 malam)

- ✓ Akomodasi (full board): 2 malam × IDR 350.000 × 10 orang = IDR 7.000.000
- ✓ Transportasi boat (sharing): IDR 20.000.000
- ✓ PIN konservasi (IDR 420.000/orang): 10 orang × IDR 420.000 = IDR 4.200.000
- ✓ Workshop budaya & honor UMKM/tokoh adat: IDR 1.500.000
- ✓ Dokumentasi konten: IDR 1.000.000
- ✓ Operasional tim (akomodasi & konsumsi tim lokal): IDR 1.500.000 Total biaya produksi/trip ≈ IDR 33.000.000

3. *Proyeksi Penjualan & Laba Rugi 2025–2027*

- Harga jual paket heritage budget (UMKM, homestay): IDR 6.000.000 per orang
- Kapasitas trip: 10 orang → Pendapatan per trip: IDR 60.000.000

Tahun	Trip/ Tahun	Pendapatan	Biaya Produksi	Laba Kotor	Overhead & Promo (20%)	Laba Bersih
2025	8 trip	Rp480.000.000	Rp264.000.000	Rp216.000.000	Rp96.000.000	**Rp120.000.000**
2026	12 trip	Rp720.000.000	Rp396.000.000	Rp324.000.000	Rp144.000.000	**Rp180.000.000**
2027	18 trip	Rp1.080.000.000	Rp594.000.000	Rp486.000.000	Rp216.000.000	**Rp270.000.000**

Untuk lebih baik lagi akan di perhitungkan agar growth lebih cepat dengan opsi upselling (merchandise, premium paket, dokumentasi profesional, atau kolaborasi dengan brand).

LAMPIRAN & DATA PENDUKUNG

- Jumlah kunjungan ke Kabupaten Raja Ampat (2024): 33.277 orang — kenaikan signifikan dibanding tahun-tahun sebelumnya (data BPS Kabupaten Raja Ampat)

Lampiran Statistik: Tren Kunjungan Wisatawan Raja Ampat (2018–2024)

Tahun	Jumlah Pengunjung
2018	28.000
2019	31.000
2020	8.000
2021	12.000
2022	20.000
2023	26.000
2024	33.277

Sumber: BPS Kabupaten Raja Ampat, 2024

- "Untuk pengaturan biaya, pengunjung diwajibkan membeli *Raja Ampat Marine Park PIN* — tarif resmi yang umum digunakan adalah **IDR 700.000 (WNA)** dan **IDR 425.000 (WNI)** per orang (masa berlaku 12 bulan). Biaya ini harus dipertimbangkan dalam perhitungan harga paket atau diinformasikan sebagai biaya terpisah. (Sumber: manajemen Kawasan Konservasi/Marine Park Raja Ampat).
- Tersedia basis UMKM lokal yang signifikan untuk bermitra: data BPS menunjukkan **~3.273 unit usaha mikro/kecil** di Kabupaten Raja Ampat (dimensi supply lokal untuk souvenir, kuliner, dan produk kreatif). Hal ini mendukung strategi Ga Samsom Heritage dalam mengintegrasikan. UMKM ke dalam paket wisata. (Sumber: BPS publikasi UMK/daerah)."

KONSEP LOGO (REBRAND)

2019

2025

Definisi & Makna Logo Gasamsom Heritage

1. *Nama "Gasamsom"*
   - ✓ Diambil dari bahasa lokal Misool, berarti "sasi pohon".
   - ✓ "Sasi" adalah tradisi kearifan lokal Papua dalam menjaga dan melestarikan alam, khususnya laut dan hutan, dengan aturan adat.
   - ✓ Pohon melambangkan kehidupan, pertumbuhan, dan keberlanjutan, sejalan dengan misi Gasamsom Heritage untuk menjaga warisan alam dan budaya.

2. *Kata "Heritage"*

   Bermakna warisan — menegaskan bahwa usaha ini berkomitmen melestarikan budaya, alam, dan tradisi agar tetap hidup dan dikenal generasi berikutnya. Menghubungkan kembali identitas lokal dengan pengembangan pariwisata, UMKM, dan kreativitas masyarakat.

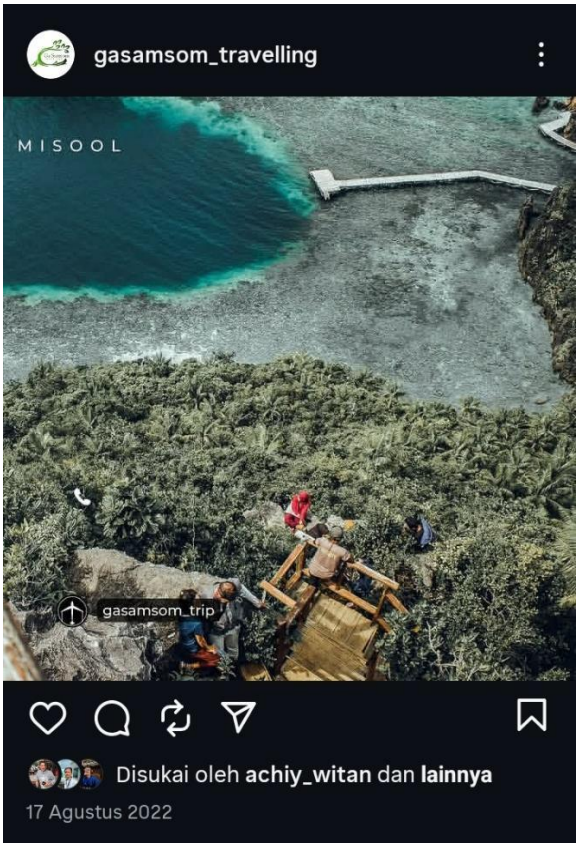
3. *Simbol Visual Logo*
   - ✓ Lengkungan daun & gelombang → mencerminkan perpaduan antara alam darat (hutan, pohon) dan laut (ombak Raja Ampat) yang menjadi identitas wilayah Raja Ampat sebagai wilayah perairan
   - ✓ Daun berjumlah lima → melambangkan harmoni, keseimbangan, dan keberlanjutan antara manusia, alam, budaya, sejarah, dan generasi penerus.
   - ✓ Warna hijau-biru gradasi → merepresentasikan kesegaran, kehidupan, kesejukan alam, serta laut yang kaya.
   - ✓ Bentuk melingkar → filosofi siklus kehidupan yang terus berputar, sama seperti tradisi sasi yang mengatur masa larangan dan masa panen untuk keseimbangan ekosistem.

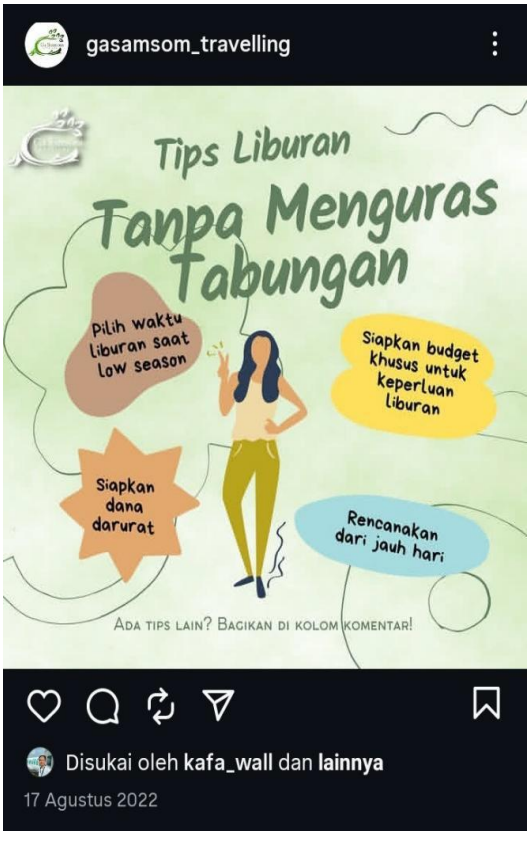
4. Gasamsom sudah memiliki Akta Pendirian Perseorangan Bernama CV. Ga Samsom

MOCK- UP MARCHANDISE

gasamsom
HERITAGE
Raja Ampat
SURGA BAWAH LAUT YANG MENGAGUMKAN
DISKON 60%
5-18 JULI 2024
RP870.000
RP450.000
3 HARI 5 MALAM
Paket Sudah Termasuk
Layanan Antar-Jemput Bandara
Perencanaan Wisata
Eksplorasi Kuliner Lokal
Homestay
Transportasi Darat
INFORMASI PEMESANAN
123-456-7890
GASAMSOM HERITAGE

CONTOH- CONTOH POSTINGAN FEED INSTAGRAM GASAMSOM TRAVELING





NATURAL SOAP

Disusun oleh:

1. Fitri Iriani

2. Mikardes A. Kalimbuang

I. DESKRIPSI PRODUK

Sabun adalah bahan pembersih yang baik dan umum digunakan dalam membersihkan kotoran seperti debu serta sisa metabolisme (Mardiana, 2020). Pembuatan sabun telah dilakukan selama ribuan tahun sejak zaman Romawi kuno sekitar 2.300 tahun. Awal pembuatan sabun dilakukan dengan memanaskan campuran lemak dan abu kayu (Arlofa, dkk., 2021). Selain itu, pada abad 16 dan 18 di Eropa, sabun hanya digunakan dalam pengobatan (Arlofa, dkk., 2021). Sekitar abad ke-19 penggunaan sabun mulai meluas. Salah satunya adalah dengan cara saponifikasi, yaitu reaksi antara trigliserida dengan soda kaustik (NaOH) sehingga menghasilkan sabun dan produk samping berupa gliserin. Bahan pembuatan sabun dapat berupa lemak minyak hewani maupun lemak minyak nabati (Arlofa, dkk., 2021).

Reaksi saponifikasi NaOH dapat dilakukan dengan dua metode yakni metode dingin (*cold process*) dan metode panas (*hot process*). Reaksi saponifikasi menggunakan metode dingin merupakan metode alami dalam pembuatan sabun. Minyak atau asam lemak direaksikan dengan NaOH di dalam suhu ruang atau tanpa dipanaskan, proses netralisasi pada metode ini dilakukan secara alami yakni didiamkan selama 2-4 minggu, sedangkan pada metode panas (*hot process*) dengan cara mereaksikan minyak atau lemak dengan NaOH atau basa dengan dipanaskan pada suhu 60-80o C (Mela, dkk., 2018).

Jenis lemak yang digunakan pada pembuatan sabun kali ini yaitu minyak kelapa. Minyak kelapa merupakan salah satu bahan baku sabun yang dapat digunakan, berdasarkan kandungan asam lemaknya minyak kelapa memiliki kandungan asam laurat yang tinggi. Asam laurat (C12H24O2) tergolong ke dalam jenis asam lemak rantai menengah (*medium chains tryglicherides*) (Astuti, dkk., 2021). Asam laurat mampu memberikan sifat berbusa yang sangat baik (Astuti, dkk., 2021).

Di pesisir Kabupaten Tambrauw, Papua Barat Daya, hamparan pohon kelapa tumbuh subur sebagai anugerah alam yang sering kali hanya dimanfaatkan sebatas konsumsi harian. Padahal, di balik buah kelapa tersimpan potensi ekonomi yang besar, terutama melalui pengolahan minyak kelapa tradisional. Minyak kelapa bukan hanya menjadi bahan pangan, tetapi juga dapat dikembangkan menjadi produk bernilai tambah tinggi seperti *natural soap* yang ramah lingkungan.

Dengan ketersediaan bahan baku yang melimpah, masyarakat pesisir Tambrauw sebenarnya memiliki peluang emas untuk mengembangkan industri rumah tangga berbasis kelapa. Melalui proses pemasakan sederhana, minyak kelapa dapat diolah menjadi sabun alami yang tidak hanya bermanfaat untuk kesehatan kulit, tetapi juga memiliki daya tarik pasar yang semakin meningkat karena tren konsumen global yang beralih pada produk alami dan berkelanjutan.

Produksi sabun natural dari minyak kelapa memberikan dua keuntungan sekaligus: peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal dan pelestarian lingkungan. Di sisi ekonomi, pengolahan kelapa menjadi sabun dapat menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan keluarga, dan membuka akses pasar lokal maupun regional. Di sisi lingkungan, sabun berbahan kelapa lebih ramah bagi alam karena mudah terurai dan tidak mencemari air laut, yang menjadi nadi kehidupan masyarakat pesisir.

Jika didukung dengan pelatihan teknis, akses peralatan sederhana, serta jaringan pemasaran yang terintegrasi, masyarakat Tambrauw dapat menjadikan sabun natural dari minyak kelapa sebagai produk unggulan daerah. Dengan begitu, kelapa bukan lagi sekadar buah yang jatuh dan dibiarkan membusuk di kebun, tetapi berubah menjadi sumber penghidupan yang menguatkan ekonomi masyarakat pesisir sekaligus menjaga kearifan lokal Tambrauw.

A. Analisis Pasar

1. Segmentasi Pasar

Segmentasi pasar merupakan gambaran umum dari konsumen yang hendak menjadi target pemasaran. Produk *natural soap* dipasarkan mulai dari daerah dimana produk ini dibuat, yaitu sekitaran wilayah perkotaan Manokwari. Pemasaran ini dapat dimulai dari lingkungan tempat tinggal, atau perhotelan, kemudian dikembangkan di lokasi-lokasi strategis lainnya. *Natural soap* dapat dijangkau oleh kalangan masyarakat mulai dari remaja hingga dewasa. Pemasaran lebih dikhususkan bagi kelompok konsumen yang peduli pada produk ramah lingkungan dan juga kesehatan.

2. Target Pasar

Target pasar merupakan sasaran khusus bagi konsumen potensial dari produk yang hendak dipasarkan. Target pasar dari produk *natural soap* mencakup individu yang peduli terhadap lingkungan, kesehatan, konservasi/alam serta para penggemar produk lokal yang memiliki nilai sosial. Dengan tren meningkatnya minat terhadap produk ramah lingkungan dan berbasis pemberdayaan sosial, produk ini memiliki potensi besar di pasar.

B. Strategi Pemasaran

Adapun strategi pemasaran produk natural soap dilakukan berdasarkan beberapa aspek penting, yaitu:

1. Analisis SWOT

Analisis ini membantu memetakan faktor pendukung dan penghambat, dan mengidentifikasi kekuatan dan peluang yang ada sehingga strategi yang disusun dapat dilakukan dengan lebih terarah

a. *Strengths* (Kekuatan).

- Bahan Baku Lokal Melimpah: Kelapa banyak tersedia di pesisir Tambrauw, sehingga potensi lemak nabati pun melimpah untuk bahan baku pembuatan sabun.
- Produk Alami & Sehat: Produk ini dibuat tanpa bahan kimia kera yang berbahaya untuk kulit, mengandung gliserin alami, ramah dikulit dan juga lingkungan.
- Ciri Khas Daerah (*Local Branding*): Produk *natural soap* dapat dipasarkan sebagai produk khas dari Papua Barat, bisa sebagai suvenir dan oleh-oleh

yang unik. Setiap produk membawa pesan penting akan kesadaran terhadap menjaga lingkungan dengan menggunakan sabun yang ramah lingkungan.

- Bahan Ramah Lingkungan: Bahan *biodegradable*, mendukung tren *eco-friendly lifestyle*. Produk mudah diuraikan oleh mikroorganisme (bakteri, jamur, dan juga mikroba lainnya) menjadi zat yang aman bagi lingkungan, seperti air (H_2O), karbon dioksida (CO_2), dan biomassa.
- Pemberdayaan Masyarakat: Memberi nilai tambah ekonomi bagi petani dan juga UMKM lokal.

b. *Weaknesses* (Kelemahan).

- Skala Produksi Masih Kecil: Proses pembuatan masih dalam skala kecil dengan kualitas produk yang masih bervariasi.
- Brand *Awareness* Rendah: Masyarakat lokal masih belum terbiasa dengan sabun natural, lebih mengenal sabun dari pabrik yang ada di pasaran.
- Kurangnya Sertifikasi Resmi: Izin edar seperti BPOM, sertifikasi halal dan standar mutu masih menjadi tantangan dalam produksi dan pengembangan produk *natural soap*.
- Pasar Terbatas: Produk ini mungkin memiliki pasar yang lebih kecil karena harga yang lebih tinggi dan fokus pada konsumen yang sadar pada kesehatan dan lingkungan.

c. *Opportunities* (Peluang).

- Tren Produk Ramah Lingkungan: Kesadaran global terhadap pentingnya penggunaan produk ramah lingkungan terus meningkat, ini menjadi salah satu peluang produk untuk dipasarkan
- Dukungan Regulasi dan Sertifikasi: Dukungan pemerintah dan lembaga sertifikasi yang diberikan melalui sertifikat organik atau eco-label dapat meningkatkan kepercayaan konsumen.
- Pertumbuhan Pasar Produk Kesehatan dan Perawatan Diri: Industri perawatan diri dan kecantikan sedang berkembang pesat, dengan konsumen yang mencari produk dengan bahan utama alami.
- Dukungan Digital Marketing & E-commerce: Perkembangan platform digital memudahkan penetrasi pasar dengan biaya promosi yang lebih efisien, termasuk melalui media sosial.

d. *Threats* (Ancaman).
- Persaingan dengan Produk Sejenis: Banyak produk sabun organik dan alami yang sudah lebih dulu dikenal di pasar, baik dari merek lokal maupun internasional.
- Fluktuasi Harga Bahan Baku: Harga minyak kelapa dan bahan organik lainnya bisa berfluktuasi akibat faktor musim, permintaan ekspor, atau kebijakan perdagangan.
- Kurangnya Edukasi Konsumen: Sebagian masyarakat masih lebih memilih sabun konvensional yang lebih murah dan tersedia di mana-mana karena kurangnya pemahaman tentang manfaat produk organik.
- Ancaman Produk Palsu atau Tiruan: Produk dengan klaim "organik" sering dipalsukan, yang dapat merusak kepercayaan konsumen terhadap seluruh kategori produk.
- Daya Beli Konsumen yang Tidak Stabil: Produk organik biasanya memiliki harga lebih tinggi dibandingkan sabun biasa, sehingga krisis ekonomi atau penurunan daya beli bisa mempengaruhi penjualan.

2. Analisis 7P (*Product, Price, Place, Promotion, People, Process, Physical Evidence*)

Mengacu pada hasil analisis SWOT, analisis 7P ini dirancang sebagai kerangka strategis dalam mengembangkan pemasaran dan operasional *natural soap*, dengan fokus pada pemanfaatan faktor positif dan penanggulangan risiko yang telah diidentifikasi. Berikut adalah analisisnya:

a. *Product* (Produk).
- Ciri Khas & Nilai Cerita: Sabun organik ini tidak hanya menyehatkan kulit tetapi juga membawa kisah pemanfaatan minyak kelapa asli dari pesisir Tambrauw, yang memperkuat nilai emosional dan keaslian produk.
- Bahan Berkualitas: Menggunakan minyak kelapa murni tanpa bahan kimia berbahaya, pewarna sintetis, atau detergen keras, menjadikannya aman, ramah lingkungan, dan berorientasi kesehatan.
- Dampak Sosial: Setiap pembelian mendukung pemberdayaan masyarakat lokal melalui pelatihan produksi dan kontribusi keuntungan bagi kesejahteraan serta konservasi lingkungan di Tambrauw.

b. *Price* (Harga).
   - Harga Premium: Produk diposisikan di segmen premium karena menggabungkan kualitas tinggi, proses handmade, dan dampak sosial yang signifikan.
   - Transparansi Nilai: Penetapan harga didukung oleh komunikasi yang jelas tentang bagaimana pendapatan digunakan untuk mendukung pemberdayaan lokal dan upaya pelestarian alam.

c. *Place* (Tempat).
   - Distribusi Digital: Penjualan utama melalui e-commerce (Tokopedia, Shopee, marketplace ramah lingkungan) serta media sosial dan website resmi.
   - Distribusi Fisik: Menjangkau toko oleh-oleh, gerai UMKM binaan pemerintah, toko-toko berbasis lingkungan sebagai saluran distribusi tambahan.

d. *Promotion* (Promosi).
   - Edukasi & Storytelling: Mengedepankan cerita di balik produk melalui media sosial, website, dan kemitraan dengan organisasi lingkungan.
   - Partisipasi Event: Mengikuti pameran kesehatan, kecantikan, bazar sosial, serta kegiatan lingkungan untuk memperluas jangkauan pasar.
   - Kolaborasi Strategis: Menggandeng komunitas, micro-influencer dengan audiens yang pedulu produk alami dan eco-friendly untuk meningkatkan eksposur dan kredibilitas.

e. *People* (Orang).
   - Pemberdayaan Lokal: Melibatkan masyarakat Tambrauw dalam produksi, meningkatkan keterampilan dan pendapatan mereka.
   - Tim Pemasaran: Mengedepankan tim dengan pemahaman mendalam terkait isu sosial dan lingkungan untuk menyampaikan nilai produk dengan tepat.
   - Pelayanan Konsumen: Memberikan layanan pelanggan yang cepat, ramah, dan edukatif mengenai keunggulan produk

f. *Process* (Proses).
   - Produksi Terkelola: Melalui pelatihan dan pengawasan ketat untuk menjaga kualitas dan konsistensi setiap produk.

- Distribusi Efisien: Memastikan pengiriman tepat waktu, terutama untuk penjualan online yang membutuhkan kecepatan dan keandalan.

g. *Physical Evidence* (Bukti Fisik).

- Desain & Kemasan: Mengusung konsep ramah lingkungan dengan desain yang merefleksikan misi sosial dan konservasi.
- Informasi Produk: Label mencantumkan cerita singkat mengenai asal-usul bahan, dampak sosial, dan manfaat produk.
- Sertifikasi & Penghargaan: Menampilkan logo sertifikasi organik, halal, atau eco-label untuk memperkuat kredibilitas.
- Bukti Kepuasan: Menggunakan testimoni pelanggan dan kisah sukses pemberdayaan masyarakat sebagai bagian dari strategi kepercayaan.

C. Rencana Operasional

Rencana operasional ini disusun untuk memastikan proses produksi dan distribusi natural soap berjalan efisien, efektif, dan berkesinambungan, dengan tetap mengutamakan kualitas produk, pemberdayaan sosial, serta selaras dengan prinsip keberlanjutan lingkungan

1. Lokasi dan Fasilitas Produksi.

Produksi sabun dilakukan di rumah produksi yang berlokasi di Manokwari. Jika diperlukan, ruang tambahan dapat disiapkan di lokasi terpisah khusus untuk pengemasan dan penyimpanan sementara sebelum distribusi. Fasilitas yang tersedia mencakup peralatan pembuatan sabun (gelas beaker, hand mixer, spatula, cetakan sabun, dll.), area penyimpanan bahan baku seperti minyak kelapa, NaOH, dan aquades, serta ruang kerja yang dilengkapi meja dan kursi yang nyaman bagi pekerja dan pengawas produksi. Produk jadi disimpan di ruang khusus untuk menjaga kualitasnya sebelum pengiriman, sementara pengemasan menggunakan bahan ramah lingkungan seperti kertas mudah terurai.

2. Proses Produksi

Proses diawali dengan pelatihan keterampilan pembuatan sabun bagi masyarakat lokal yang terlibat. Pelatihan dilakukan oleh instruktur berpengalaman dengan durasi yang disesuaikan dengan kemampuan peserta. Setelah pelatihan, produksi dimulai melalui pengadaan bahan baku utama berupa minyak kelapa dan bahan pendukung seperti NaOH dan aquades yang dikelola secara berkala sesuai kebutuhan. Produksi

berlangsung secara rutin setiap hari, mengikuti target bulanan yang telah ditentukan, sambil tetap mempertimbangkan kapasitas kerja masyarakat yang terlibat.

3. Manajemen Tenaga Kerja

Masyarakat lokal menjadi bagian penting dalam proses produksi sebagai wujud pemberdayaan yang meningkatkan keterampilan dan membuka peluang ekonomi. Mereka menerima upah layak berdasarkan hasil kerja, serta mendapatkan pelatihan berkelanjutan untuk mengembangkan kemampuan dan produktivitas. Proses produksi diawasi oleh tenaga berpengalaman untuk memastikan kualitas produk tetap terjaga di setiap tahap.

4. Pemasaran

Produk natural soap dipasarkan melalui media sosial, website resmi, serta partisipasi dalam bazar, pameran, dan berbagai event untuk memperluas jangkauan konsumen. Pemasaran juga dilakukan melalui kolaborasi dengan komunitas sosial, sektor perhotelan, dan pasar tradisional. Pendekatan *storytelling* menjadi fokus utama, dengan menekankan kisah pemberdayaan dan dampak positif di balik setiap produk yang dihasilkan.

5. Pengukuran Kinerja dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan secara berkala untuk menilai efektivitas, efisiensi, dan capaian target produksi, termasuk jumlah produk yang dihasilkan setiap bulan, waktu produksi, serta kualitas yang diterima konsumen. Umpan balik pelanggan menjadi acuan utama untuk perbaikan proses dan peningkatan kepuasan

6. Pengembangan dan Inovasi

Apabila permintaan pasar meningkat, pembuatan *natural soap* dapat melibatkan lebih banyak tenaga kerja lokal. Selain itu, pengembangan produk akan diarahkan pada variasi baru seperti sabun cair dan produk *bodycare*h berbasis minyak kelapa guna memperluas pasar dan menarik segmen konsumen yang lebih beragam.

D. Tim Manajemen

Dalam menjalankan sebuah usaha, keberadaan tim manajemen sangat penting untuk memastikan kegiatan produksi berjalan terarah, efisien, dan efektif. Pada produksi *natural soap*, tim manajemen terdiri dari **Ketua Proyek**, **Bidang Finansial**, dan **Tenaga Kerja**, yang bekerja sama untuk mencapai tujuan usaha secara optimal.

1. Ketua Project

   Bertanggung jawab memimpin seluruh proses produksi, mulai dari perencanaan, pengorganisasian, hingga pengawasan pelaksanaan kegiatan. Ketua proyek juga berperan sebagai mediator dalam tim serta mengambil keputusan untuk menyelesaikan kendala yang muncul selama proses produksi berlangsung.

2. Finansial

   Bertugas merencanakan dan mengelola anggaran usaha, termasuk pengawasan anggaran, pengendalian risiko keuangan, serta penyusunan laporan yang memantau kinerja keuangan. Fungsi ini memastikan keberlanjutan usaha dan meminimalkan dampak risiko terhadap operasional.

3. Tenaga Kerja

   Terdiri dari tiga orang masyarakat lokal yang telah mendapatkan pelatihan khusus dalam pembuatan *natural soap*. Mereka terlibat mulai dari persiapan produksi hingga menghasilkan produk jadi.

E. Proyeksi Keuangan

Proyeksi keuangan menjadi instrumen penting dalam menyusun rencana usaha, karena memberikan gambaran kondisi finansial masa depan, termasuk potensi pendanaan, kebutuhan modal, analisis kelayakan, hingga proyeksi rugi-laba.

Usaha *Natural soap* direncanakan untuk dikembangkan sebagai salah satu UMKM dengan skala usaha rumah tangga. Dalam menghitung proyeksi keuangannya, berbagai asumsi yang diberlakukan antara lain adalah:

a. Proyeksi yang diperkirakan adalah produksi selama 5 tahun.
b. Lokasi yang diperlukan dalam proses produksi menggunakan ruang produksi kantor, sehingga tidak memerlukan biaya sewa tempat.
c. Seluruh peralatan yang digunakan akan habis pakai sesuai umur ekonomisnya, sebagaimana dijelaskan dalam proyeksi keuangan usaha yang direncanakan berlangsung selama 5 tahun.
d. Biaya variabel maupun biaya tetap diasumsikan tidak mengalami perubahan sepanjang periode usaha.
e. Jumlah produksi tahunan dianggap konstan selama periode usaha berlangsung.
f. Waktu produksi dalam setahun ditetapkan 5 hari kerja per minggu selama 11 bulan.

g. Seluruh produk yang dihasilkan diasumsikan dapat terjual habis dalam periode usaha.

Berikut adalah proyeksi keuangan yang sudah dianalisis:

1. Harga Pokok Penjualan

Perhitungan harga pokok penjualan didasarkan pada asumsi 5 hari kerja setiap minggu, sehingga total hari produksi dalam satu tahun adalah 220 hari. Dengan perhitungan tersebut, jumlah produk yang ditargetkan mencapai 770 unit per tahun. Mengingat proses produksi membutuhkan waktu yang cukup panjang, meskipun biaya bahan baku relatif kecil, maka harga jual *natural soap* ditetapkan sebesar Rp. 25.000 per unit.

a. Biaya Bahan Baku

Biaya variabel digunakan untuk menghitung harga pokok produksi (HPP), dengan cara membagi total pengeluaran variabel dengan jumlah produk yang dihasilkan. Dari perhitungan tersebut, biaya variabel per produk diperkirakan sebesar Rp 2.070.

Tabel 1. Biaya Variabel (Harga Pokok Produksi)

Bahan Baku	**Pengeluaran Biaya Variabel (Rp.)**	**Unit**	**Jumlah Produk Yang Dihasilkan**	**Biaya Per Buah (Rp.)**
NaOH	IDR 23.000	1 Bungkus	22	IDR 1.045
Minyak Kelapa	IDR 39.000	1000 gr	56	IDR 696
Air Suling (Aquades)	IDR 5.000	220 ml	57	IDR 88
Paper Wrap	IDR 24.000	1 Pack	100	IDR 240
BIAYA VARIABEL (BV)/HARGA POKOK PRODUKSI				**IDR 2.070**

b. *Startup Cost*

Dalam menjalankan usaha, terdapat biaya tetap yang harus dikeluarkan setiap tahun. Biaya tersebut meliputi depresiasi peralatan dan biaya operasional tahunan, dengan rincian yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Biaya Tetap per Tahun

Pembelian Peralatan	Harga Beli	Unit	Usia Ekonomis (TAHUN)	Nilai (DEP/TAHUN)
Hand Blender	180.000	1	2	90.000
Gelas Beaker 500 ml	48.000	1	3	16.000
Beaker Plastik 1000 ml	35.000	1	2	17.500
Gelas Beaker 250 ml	30.500	1	3	10.167
Gelas Beaker 100 ml	25.000	1	3	8.333
Sendok Spatula Stainless	15.000	1	3	5.000
Batang Pengaduk Kaca	7.000	1	2	3.500
Spatula Silikon	3.900	1	2	1.950
Cetakan Sabun (kayu)	231.000	1	5	46.200
pH meter	32.000	1	2	16.000
Thermometer Digital	59.000	1	2	29.500
Timbangan Digital	73.000	1	3	24.333
Cetakan Sabun silikon oval	39.000	1	3	13.000
Cetakan Sabun Silikon Persegi	25.000	1	3	8.333
TOTAL STARTUP COST	623.400			
Biaya Tetap (BT) Per Tahun Depresiasi				**289.817**
Operasional Lainnya Sebagai Biaya Tetap				
Gaji Pekerja	IDR 500,000	3 Pekerja	IDR 16.500.000	
TOTAL PENGELUARAN BIAYA TETAP (TB) PER TAHUN				**IDR 16.789.817**

c. Investasi

Investasi dilakukan sebelum memulai produksi di tahun pertama, yaitu membuat pelatihan bagi masyarakat lokal sebagai bekal dalam pembuatan produk. Dengan demikian total biaya sebagai investasi awal usaha adalah Rp. 2.091.000.

Tabel 3. Total Biaya Investasi

Pelatihan	Harga	Unit	Frekuensi	TOTAL
Pelatih	IDR 500.000	1	1	IDR 500.000
Operasional Tempat	IDR 500.000	1	1	IDR 500.000
Bahan Pelatihan	IDR 91.000	1	1	IDR 91.000
Konsumsi	IDR 50.000	10	2	IDR 1.000.000
TOTAL BIAYA PELATIHAN				**IDR 2.091.000**

2. Analisa *Break Even Point*

Break Even Point (BEP) atau Titik Impas adalah suatu metode analisis dalam

manajemen keuangan yang digunakan untuk mengetahui pada tingkat penjualan berapa total pendapatan (*revenue*) sama dengan total biaya (*cost*). Dengan kata lain, pada titik ini usaha tidak mengalami kerugian, tetapi juga belum memperoleh keuntungan.

$$BEP\ (UNIT) = \frac{BIAYA\ TETAP}{(HARGA\ JUAL/UNIT\ -\ BIAYA\ VARIABEL/UNIT}$$

$$BEP\ (IDR) = BEP\ (UNIT) \times Harga\ Jual(UNIT)$$

Jumlah produk yang diperlukan untuk mendapatkan biaya titik pulang pokok adalah 732 unit *natural soap* per tahun dengan hasil penjualan sebesar Rp. 18,305,817. Hasil ini dihitung berdasarkan target penjualan sebanyak 770 unit, harga jual per unit sebesar Rp. 25.000, biaya variabel per unit sebesar Rp. 2.070 dan biaya tetap per tahun sebesar Rp. 16.789.817.

Tabel 4. Titik Pulang Pokok (*Break Even Point*)

Uraian	**Satuan**
Penjualan per BULAN	70
Penjualan per TAHUN	770
Harga Jual per UNIT	IDR 25.000
Biaya Variabel per UNIT	IDR 2.070
Biaya Tetap per TAHUN	IDR 16.789.817
TITIK PULANG POKOK / BEP	
BEP (UNIT)	**732**
BEP (IDR)	**IDR 18.305.817**

3. Proyeksi Laba/Rugi

Nilai BEP yang diperoleh menjadi acuan jumlah produksi minimum yang harus dicapai agar usaha berada pada kondisi impas, tanpa mengalami kerugian maupun keuntungan. Berdasarkan hal tersebut, proyeksi defisit maupun laba bersih untuk periode usaha 5 tahun dapat disajikan sebagai berikut.

Tabel 5. Proyeksi Laba/Rugi Usaha

TAHUN PRODUKSI	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
PENJUALAN (UNIT)	0	770	770	770	770	770
HASIL PENJUALAN	0	IDR 19.250.000	IDR 19.250.000	IDR 19.250.000	IDR 19.250.000	IDR 19.250.000
HPP/TBV	0	IDR 1.593.594	IDR 1.593.594	IDR 1.593.594	IDR 1.593.594	IDR 1.593.594
LABA KOTOR	0	IDR 17.656.406	IDR 17.656.406	IDR 17.656.406	IDR 17.656.406	IDR 17.656.406
BIAYA OPERASIONAL:	0	IDR 16.789.817	IDR 16.789.817	IDR 16.789.817	IDR 16.789.817	IDR 16.789.817
INVESTASI	IDR 2.091.000	0	0	0	0	0
LABA BERSIH	IDR (2.091.000)	IDR 866.589	IDR 866.589	IDR 866.589	IDR 866.589	IDR 866.589
Discount factor (10%)	1.0000	0.9091	0.8264	0.7513	0.6830	0.6209
Present Value	**IDR (2.091.000)**	**IDR 787,809**	**IDR 716,190**	**IDR 651,081**	**IDR 591,892**	**IDR 538,084**

Discount Factor adalah faktor pengurang nilai yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang (present value) dari nilai di masa depan. Ini mempertimbangkan bahwa nilai uang di masa depan lebih rendah daripada nilai uang di masa sekarang karena inflasi, risiko, dan biaya kesempatan. Discount Factor dihitung berdasarkan tingkat diskonto (discount rate) dan digunakan dalam perhitungan keuangan seperti Net Present Value (NPV) dan analisis investasi.

NPV (Net Present Value) adalah nilai sekarang bersih dari suatu investasi atau proyek, yang dihitung dengan mengurangkan biaya investasi dari nilai sekarang (present value) dari arus kas masa depan yang diharapkan. (Hendrawati, 2017). Jika NPV positif, maka investasi atau proyek tersebut dianggap layak dan menguntungkan. Jika NPV negatif, maka investasi atau proyek tersebut dianggap tidak layak. Dengan demikian setelah melakukan perhitungan didapati NPV selama periode usaha (5 tahun) adalah sebesar IDR 44.391.040.

Selanjutnya untuk mengevaluasi kinerja proyek dan investasi, dilakukan perhitungan Benefit Cost Ratio (BCR). BCR membandingkan keuntungan yang diperoleh dengan biaya yang dikeluarkan. Hasil perhitungan BCR menunjukkan nilai 1,15%, yang berarti proyek ini layak untuk dikembangkan karena memberikan keuntungan yang lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan (Hendrawati, 2017). Nilai BCR yang diperoleh adalah 1.15%, artinya usaha yang dilakukan layak untuk dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

Hermawan, F., Salamin, P. P., & Meiliana. (2017). ANALISIS SWOT, BISNIS MODEL KANVAS, DAN KELAYAKAN KEUANGAN STUDI KASUS

BISNIS AMIGURUMI M's CROCHET. Optimum: Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan, 7(2), hlm.203. https://doi.org/10.12928/optimum.v7i2.7916 Hendrawati, T. Yuni. (2017). KELAYAKAN INDUSTRI KELAPA TERPADU.

Samudra Biru. Yogyakarta. (Issue 1)

Mardiana, U., Solehah, V. F. (2020). Pembuatan Sabun Berbahan Dasar Minyak Jelantah dengan Penambahan Gel Lidah Buaya sebagai Anti Septik Alami. Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada :Jurnal Ilmu Ilmu Keperawatan, Analis Kesehatan dan Farmasi, Volume 20 (2), 252-260.

PAPUA POLYBIO PANELS
"KELOLA SAMPAH, KELOLA LIMBAH, LINGKUNGAN PUN KEMBALI INDAH"

Disusun oleh:

1. Anita Kusumawati, S.M,. M.B.A

2. Tri Putra Jayadi Prima, S.Pd,. M.Pd

I. DESKRIPSI PRODUK

A. Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik telah mencapai titik krisis ekologis dan kesehatan publik. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2023 mencatat bahwa timbulan sampah plastik di Indonesia mencapai 11,18 juta ton per tahun, sementara tingkat daur ulang masih rendah (Radar Sorong, 2023). Kondisi ini sangat terlihat di Papua Barat Daya, khususnya di Kota Sorong, di mana sistem pengelolaan sampah belum berjalan optimal. Penelitian mencatat bahwa Sungai Remu dan Klawalu telah tercemar mikroplastik hingga 148 partikel per 100 liter air, jauh lebih tinggi dibandingkan daerah kontrol seperti Sungai Klamono yang hanya mencatat empat partikel (Mongabay, 2022; Terakota, 2022). Fakta ini menunjukkan lemahnya pemilahan sampah di sumber serta rendahnya kesadaran masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan. Selain di perairan, masalah sampah plastik juga terlihat jelas di ruang publik.

Sumber: Tribun Sorong.com

Gambar di atas menunjukkan kondisi tepi jalan protokol di Kota Sorong yang sering menjadi tempat pembuangan sementara (TPS) dadakan. Padahal, jalan protokol seharusnya menjadi wajah kota yang bersih dan tertata. Fenomena ini mencerminkan kondisi darurat dalam pengelolaan sampah di Sorong. Kurangnya fasilitas pengumpulan sampah, lemahnya regulasi, serta sikap permisif masyarakat terhadap pembuangan sembarangan memperburuk citra kota dan menimbulkan dampak sosial-ekonomi negatif.

Pada sisi lainnya, pulau Papua memiliki potensi biomassa yang besar dari industri pengolahan sagu. Proses produksi tepung sagu menghasilkan sekitar 70% limbah berupa ampas atau serbuk, sementara hanya 30% yang menjadi produk utama (Flach, 1997; Imran et al., 2025). Limbah ini kaya akan serat lignoselulosa (selulosa, hemiselulosa, lignin) yang sebenarnya bernilai ekonomis tinggi, namun sebagian besar terbuang percuma di sekitar area produksi dan berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian telah menunjukkan bahwa serbuk biomassa lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler dalam pembuatan biokomposit yang ramah lingkungan (Pambudi et al., 2019).

Berbagai penelitian mendukung integrasi limbah *biomassa lignoselulosa* dengan plastik *poliolefin* (HDPE dan PP). Studi Sugiman et al. (2016) menemukan bahwa serat *lignoselulosa* dapat meningkatkan kekakuan dan stabilitas dimensi komposit berbasis PP. Penelitian lain oleh Asrofi et al. (2018) menunjukkan bahwa penambahan biomassa lignoselulosa pada HDPE menghasilkan panel komposit dengan sifat mekanik yang baik dan biaya produksi lebih rendah. Artinya, penggunaan serbuk limbah sagu sebagai filler komposit HDPE/PP adalah aman, tidak toksik, serta selaras dengan prinsip material ramah lingkungan.

Dengan memadukan dua masalah lingkungan sampah plastik dan limbah sagu lahirlah inovasi *Papua PolyBio Panels*. Produk ini memanfaatkan HDPE/PP hasil daur ulang yang dicampur dengan serbuk limbah sagu melalui metode *compression molding*, menghasilkan panel serbaguna yang kuat, tahan lama, dan bernilai estetika. Sistem bisnisnya tidak hanya mengandalkan manufaktur, tetapi juga mengembangkan ekosistem *circular economy* dengan melibatkan masyarakat melalui bank sampah, edukasi pemilahan, dan pemberdayaan UMKM lokal.

Dengan demikian, *Papua PolyBio Panels* bukan sekadar produk, melainkan solusi ekologis, sosial, dan ekonomis yang mengintegrasikan teknologi, kearifan lokal, dan keberlanjutan. Produk ini membuktikan bahwa integrasi serbuk limbah sagu dan sampah

plastik HDPE/PP tidak hanya inovatif dan profitabel, tetapi juga aman serta mampu menghadirkan identitas baru bagi ekonomi hijau Papua.

B. Deskripsi Produk *Papua Polibio Panels*

1. Produk Utama: *Papua PolyBio Panels (Manufacture)*

Papua PolyBio Panels merupakan produk inovatif berupa panel ramah lingkungan yang dihasilkan dari proses manufaktur berbasis circular economy. Bahan baku utama berasal dari sampah plastik jenis HDPE *(High-Density Polyethylene)* dan *PP (Polypropylene)* yang dicampur dengan serbuk limbah sagu, salah satu hasil samping industri pangan khas Papua. Melalui metode compression molding dan custom pressing system, material ini diproses menjadi panel padat serbaguna yang dapat diolah sesuai kebutuhan konsumen.

Sistem produksi kami berbasis custom order, sehingga konsumen dapat memesan dalam jumlah satuan maupun partai besar sesuai kebutuhan. Produk dapat diaplikasikan pada berbagai sektor, seperti interior, eksterior, dan eksesoris. Dengan kekuatan, daya tahan terhadap cuaca, serta nilai estetika yang khas dari kombinasi warna plastik dan tekstur alami sagu, *Papua PolyBio Panels* tidak hanya menghadirkan solusi atas masalah sampah, tetapi juga menciptakan identitas produk dengan ciri khas Papua.

2. Produk Pendukung 1: *Workshop & Training* (Edukasi Masyarakat)

Sebagai bagian dari komitmen keberlanjutan, kami mengembangkan program edukasi "*Eco-Papua Academy*", yaitu *workshop & training* yang ditujukan bagi masyarakat, pelajar, UMKM, dan komunitas lokal. Program ini fokus pada:

- Edukasi pemilahan sampah sejak dari rumah tangga.
- Pengenalan konsep bank sampah sebagai instrumen ekonomi sirkular.

Melalui program ini, masyarakat tidak hanya berperan sebagai penyedia bahan baku bagi manufaktur kami, tetapi juga mendapatkan pengetahuan, dari setiap botol atau plastik yang mereka kumpulkan.

3. Produk Pendukung 2: Waste Management (Sistem Pengelolaan Sampah Plastik)

Papua PolyBio Panels juga membangun ekosistem pengelolaan sampah plastik yang terstruktur. Kami menghadirkan layanan waste management berbasis kemitraan dengan:

- Bank Sampah Lokal: masyarakat dapat menjual sampah plastik terpilah untuk mendapatkan insentif.
- Industri & Perusahaan: menerima limbah plastik skala besar untuk diproses kembali.
- Pemerintah Daerah & Komunitas: membantu pengelolaan TPS agar sampah plastik tidak lagi menumpuk di jalanan atau mencemari laut.

Berikut contoh hasil dari produk Papua PolyBio Panels.

Gambar 1. Papua Polybio panels dalam bentuk lembaran

Gambar 1. Papua Polybio panels dalam bentuk meja

II. ANALISIS PASAR

A. Analisis Lingkungan Eksternal (Analisis PESTEL)

1. *Political* (Politik)

Kebijakan pemerintah Indonesia sangat mendukung pengurangan sampah plastik dan pengembangan ekonomi berkelanjutan. Target pengurangan sampah plastik 70%

pada 2025 (KLHK) serta program Circular Economy Bappenas menjadi payung politik yang menguntungkan Papua PolyBio Panels. Dukungan terhadap industri hijau juga sejalan dengan agenda Papua Sustainable Development. Namun, lemahnya regulasi daerah tentang pengelolaan sampah bisa menjadi hambatan implementasi di tingkat lokal.

2. *Economic* (Ekonomi)

Pertumbuhan sektor konstruksi di Indonesia Timur, khususnya Papua, mendorong permintaan material bangunan. Selain itu, pasar eco-tourism dan hospitality berkembang pesat dengan hadirnya eco-resort dan hotel ramah lingkungan. Hal ini membuka peluang bagi produk premium yang berorientasi keberlanjutan. Dari sisi ekonomi global, meningkatnya investasi ESG (*Environmental, Social, and Governance*) membuka akses pendanaan bagi startup hijau seperti *Papua PolyBio Panels*. Namun, harga material konvensional yang lebih murah tetap menjadi tekanan kompetitif.

3. *Social* (Sosial)

Kesadaran masyarakat terhadap lingkungan semakin meningkat, terutama di kalangan generasi muda dan konsumen urban yang lebih peduli pada isu keberlanjutan. Produk dengan cerita sosial dan identitas lokal Papua memiliki daya tarik emosional yang kuat. Di sisi lain, rendahnya kesadaran masyarakat lokal dalam memilah sampah masih menjadi tantangan yang perlu dijawab dengan program edukasi dan pemberdayaan.

4. *Technological* (Teknologi)

Teknologi daur ulang plastik dan biomassa terus berkembang, memungkinkan peningkatan kualitas dan efisiensi produksi. Papua PolyBio Panels dapat memanfaatkan riset akademik dan kolaborasi teknologi untuk meningkatkan daya saing. Namun, keterbatasan infrastruktur teknologi di Papua menuntut inovasi adaptif dengan memanfaatkan teknologi sederhana yang bisa ditingkatkan secara bertahap melalui kemitraan riset dan industri.

5. *Environmental* (Lingkungan)

Papua menghadapi dua masalah lingkungan besar: sampah plastik dan limbah sagu. Papua PolyBio Panels hadir sebagai solusi langsung dengan konsep dual waste solution. Secara global, permintaan terhadap produk yang mengurangi jejak karbon

semakin tinggi, sehingga produk ini relevan dengan agenda climate action. Kelebihannya, produk bukan hanya mengurangi limbah, tetapi juga mencegah eksploitasi berlebihan terhadap kayu dan hutan Papua.

6. *Legal* (Hukum/Regulasi)

Indonesia telah mengeluarkan berbagai regulasi terkait pengelolaan sampah, seperti UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Presiden No. 97 Tahun 2017 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah

Tangga. Regulasi ini menciptakan peluang besar karena menuntut solusi inovatif dari sektor swasta. Namun, kelemahan ada pada penegakan hukum di daerah yang masih lemah sehingga konsistensi implementasi perlu diperkuat lewat kolaborasi lintas pihak.

Analisis PESTEL menunjukkan bahwa Papua PolyBio Panels berada dalam lingkungan makro yang sangat mendukung. Faktor politik, ekonomi, sosial, lingkungan, dan hukum semuanya mendorong berkembangnya produk ramah lingkungan, sementara faktor teknologi menuntut inovasi berkelanjutan melalui kemitraan. Dengan memanfaatkan tren keberlanjutan dan regulasi pemerintah, Papua PolyBio Panels dapat menempatkan diri sebagai ikon material hijau khas Papua yang relevan secara lokal, nasional, dan global.

B. Analisis Industri (*Porter's Five Forces*)

1. Kekuatan Pemasok (*Bargaining Power of Suppliers*)

Bahan baku utama berupa sampah plastik dan residu sagu tersedia melimpah di Papua. Ketersediaan ini membuat pemasok tidak memiliki kekuatan dominan, karena sumber pasokan bersifat luas dan dapat berasal dari berbagai pihak, seperti bank sampah, masyarakat, maupun koperasi sagu. Namun, kontinuitas pasokan tetap perlu dijaga dengan memberikan insentif ekonomi dan membangun skema kemitraan jangka panjang.

2. Kekuatan Pembeli (*Bargaining Power of Buyers*)

Segmen pembeli potensial meliputi kontraktor konstruksi hijau, pelaku pariwisata berkelanjutan (hotel, cafe, resort), proyek pemerintah, dan perusahaan yang menjalankan program CSR. Posisi tawar mereka relatif tinggi, karena masih ada banyak pilihan material lain di pasaran. Namun, Papua PolyBio Panels memiliki nilai

emosional dan sosial yang unik, yaitu identitas lokal Papua serta kontribusi pada pengelolaan limbah, sehingga dapat mengurangi sensitivitas pembeli terhadap harga semata.

3. Ancaman Produk Substitusi (*Threat of Substitutes*)

Produk konvensional seperti triplek dan MDF tetap menjadi pesaing kuat karena harganya murah dan mudah diperoleh. Dengan kondisi ini, risiko substitusi cukup besar. Oleh karena itu, strategi utama Papua PolyBio Panels adalah menekankan diferensiasi pada cerita sosial-lingkungan, kualitas premium, dan positioning sebagai material hijau khas Papua yang tidak sekadar menjadi produk pengganti, melainkan pilihan bernilai tambah.

4. Persaingan Antar Industri (*Industry Rivalry*)

Industri material bangunan pada umumnya kompetitif, dengan dominasi pemain lama yang memasarkan produk berbasis kayu atau plastik industri. Namun, pasar untuk material ramah lingkungan masih berkembang dan belum sepenuhnya jenuh. Hal ini memberi peluang bagi *Papua PolyBio Panels* untuk membangun *niche market* melalui inovasi dan branding yang kuat. Tingkat persaingan dapat dikategorikan sedang, dengan potensi besar untuk tumbuh jika positioning dilakukan secara tepat.

5. Ancaman Pendatang Baru (*Threat of New Entrants*)

Teknologi dasar pengolahan limbah plastik dan biomassa relatif dapat ditiru, sehingga secara teori hambatan masuk industri tidak terlalu tinggi. Meski demikian, keberhasilan usaha ini sangat bergantung pada jaringan rantai pasok, kredibilitas merek, serta keterikatan dengan komunitas lokal. Keunggulan Papua PolyBio Panels sebagai pelopor berbasis identitas Papua memberikan diferensiasi yang sulit disamai oleh pemain baru.

C. Analisis Konsumen

Memahami perilaku konsumen sangat penting bagi *Papua PolyBio Panels* untuk memastikan produk dapat diterima pasar. Konsumen kini semakin menyadari pentingnya keberlanjutan dalam setiap keputusan pembelian. Secara global maupun nasional, tren menunjukkan pergeseran preferensi dari material murah dan masif menuju produk ramah lingkungan yang memiliki nilai sosial. Dalam konteks Papua, konsumen terbagi ke dalam beberapa lapisan.

Pertama, pemerintah dan lembaga pembangunan yang mendorong penggunaan

material ramah lingkungan dalam proyek infrastruktur hijau. Kedua, pelaku sektor pariwisata berkelanjutan seperti hotel dan *eco-resort* yang membutuhkan bahan bangunan dengan cerita lokal untuk memperkuat citra merek. Ketiga, konsumen urban dan generasi muda yang semakin peduli pada isu lingkungan serta bersedia membayar lebih untuk produk dengan dampak sosial positif.

Selain faktor kesadaran lingkungan, keputusan konsumen juga dipengaruhi oleh aspek harga, kualitas, dan keunikan produk. Meski produk konvensional seperti triplek lebih murah, terdapat kelompok konsumen yang melihat *Papua PolyBio Panels* sebagai *eco-luxury material* dengan citra eksklusif dan daya tarik identitas Papua. Narasi "limbah menjadi nilai" memperkuat persepsi konsumen bahwa membeli produk ini berarti ikut berkontribusi pada pengurangan sampah sekaligus pemberdayaan masyarakat lokal.

Secara keseluruhan, perilaku konsumen menunjukkan bahwa pasar material ramah lingkungan tidak hanya didorong oleh fungsi teknis, tetapi juga oleh nilai emosional, sosial, dan simbolis yang melekat pada produk. Hal ini menempatkan *Papua PolyBio Panels* dalam posisi strategis untuk memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin berorientasi pada keberlanjutan.

D. Analisis Pesaing

Industri material bangunan di Indonesia didominasi oleh produk konvensional seperti triplek, MDF, dan panel plastik industri. Ketiganya memiliki keunggulan harga yang lebih murah, distribusi luas, serta kualitas yang sudah teruji pasar. Namun, produk tersebut kurang memperhatikan aspek lingkungan dan berkontribusi pada deforestasi maupun peningkatan limbah.

Selain itu, mulai bermunculan produk substitusi ramah lingkungan seperti panel bambu dan serat kelapa. Produk ini memiliki citra hijau dan lebih dekat dengan konsep keberlanjutan, tetapi masih terbatas dari sisi ketersediaan bahan baku, daya tahan, serta penetrasi pasar. Di sinilah letak keunggulan Papua PolyBio Panels, yang tidak hanya menampilkan keberlanjutan, tetapi juga mengintegrasikan identitas lokal Papua dan dampak sosial melalui model *circular economy*.

Dari perspektif diferensiasi, pesaing konvensional unggul dalam efisiensi biaya dan jaringan distribusi, sedangkan pesaing alternatif unggul dalam citra *eco-friendly*. *Papua PolyBio Panels* memadukan keunggulan keduanya dengan menawarkan cerita lokal,

manfaat sosial, dan inovasi bahan baku unik (dual waste solution). Hal ini memberikan positioning kuat sebagai eco-luxury material yang tidak sekadar menjadi substitusi murah, melainkan pilihan premium dengan nilai tambah.

Dengan demikian, meskipun kompetisi cukup ketat, Papua PolyBio Panels memiliki ruang strategis untuk menempati segmen niche market: konsumen yang peduli keberlanjutan, pelaku pariwisata hijau, proyek pemerintah ramah lingkungan, serta perusahaan yang membutuhkan material dengan nilai sosial untuk CSR.

E. Analisis SWOT

MATRIKX SWOT	**Kekuatan (S)** Papua PolyBio Panels unggul dengan konsep dual waste solution yang mengolah limbah plastik dan sagu menjadi panel ramah lingkungan. Bahan baku melimpah di Papua menjamin kontinuitas produksi, identitas lokal memberi diferensiasi, riset akademik menambah kredibilitas, dan model circular economy memperkuat dampak sosial serta pemberdayaan masyarakat.	**Kelemahan (W)** Produksi masih mengandalkan teknologi sederhana sehingga kualitas belum konsisten pada skala besar. Kesadaran masyarakat dalam memilah sampah rendah, pasokan bahan baku tidak stabil, brand awareness terbatas, permodalan kecil, serta harga relatif lebih tinggi dibanding material konvensional.
Peluang (O) Tren global material ramah lingkungan semakin meningkat dengan dukungan regulasi pengurangan sampah plastik hingga	**Strategi S-O** Membangun positioning sebagai “material hijau khas Papua”**.** Produk dipromosikan sebagai solusi berkelanjutan yang bukan hanya menghadirkan panel	**Strategi W-O** Keterbatasan teknologi produksi dan kesadaran masyarakat terhadap pemilahan sampah diatasi dengan strategi kolaborasi. Papua PolyBio Panels akan

70% di 2025. Pasar konstruksi hijau, pariwisata berkelanjutan, dan program CSR perusahaan membuka peluang besar, ditambah potensi ekspor ke niche market internasional yang mengutamakan eco-materials dengan identitas lokal.	ramah lingkungan, tetapi juga memberdayakan masyarakat lokal. Melalui branding tersebut, peluang kemitraan dengan sektor pariwisata hijau, proyek pemerintah, serta perusahaan yang menjalankan program CSR/ESG dapat dimaksimalkan.	menggandeng mitra strategis seperti perusahaan besar untuk mendukung pendanaan, riset, dan program edukasi masyarakat. Dengan adanya dukungan eksternal, kelemahan internal dapat diperbaiki, sekaligus memanfaatkan peluang pasar yang terus berkembang menuju material hijau. Langkah ini juga memastikan ketersediaan bahan baku lebih stabil dan mempercepat peningkatan kualitas produk.
Ancaman (T) Persaingan dengan material konvensional murah seperti kayu lapis, MDF, maupun substitusi lain (panel bambu, serat kelapa). Risiko pasokan limbah tidak stabil, lemahnya regulasi daerah, serta keraguan konsumen terhadap kualitas dan daya tahan produk baru juga menjadi tantangan.	**Strategi S-T** Ancaman utama datang dari material konvensional yang lebih murah serta produk substitusi inovasi lain. Untuk menghadapinya, *Papua PolyBio Panels* Menggunakan diferensiasi berbasis identitas lokal, dampak sosial, dan validasi ilmiah**.** Kekuatan berupa hasil riset akademik dan model circular economy akan dijadikan tameng melawan keraguan kualitas maupun kompetisi harga. Dengan demikian, Papua PolyBio Panels tidak bersaing	**Strategi W-T** Untuk mengurangi risiko harga yang relatif tinggi serta kapasitas produksi yang masih terbatas, strategi yang dijalankan adalah fokus pada pasar *niche premium* seperti *eco-resort*, instansi pemerintah, dan konsumen yang memang mencari sustainable materials. Dengan pendekatan ini, Papua PolyBio Panels tidak perlu bersaing langsung dengan triplek murah di pasar massal. Selain itu, sistem produksi dapat diarahkan ke model custom order premium**,** sehingga keterbatasan kapasitas tidak lagi

	di pasar massal, melainkan tampil sebagai produk premium yang menawarkan nilai lebih: cerita lokal, keberlanjutan, dan pemberdayaan masyarakat.	menjadi hambatan besar.

III. STRATEGI PEMASARAN

A. Segmentasi Pasar

1. Segmentasi Geografis

Produk awal difokuskan pada Papua dan kawasan Indonesia Timur yang memiliki potensi pasar material bangunan hijau, terutama untuk proyek pemerintah daerah dan sektor pariwisata berkelanjutan. Seiring pengembangan, pasar diperluas ke wilayah dengan kesadaran lingkungan tinggi seperti Bali, Jakarta, dan Yogyakarta

2. Segmentasi Demografis

- Pemerintah dan lembaga pembangunan: sebagai pengguna material ramah lingkungan dalam proyek infrastruktur hijau.
- Perusahaan swasta dan BUMN: terutama untuk program CSR berbasis keberlanjutan.
- Pelaku usaha pariwisata (hotel, cafe, eco-resort, restoran): yang membutuhkan furnitur dan panel bernilai estetika dan ramah lingkungan
- Konsumen urban dan generasi muda: khususnya kelas menengah atas yang peduli isu lingkungan dan terbuka membayar lebih untuk produk hijau.

3. Segmentasi Psikografis

Papua PolyBio Panels menyasar kelompok dengan eco-conscious lifestyle, yaitu konsumen yang memandang keberlanjutan sebagai bagian dari identitas sosial.

B. Targeting

Papua PolyBio Panels menetapkan tiga sasaran utama. Pertama, pemerintah dan lembaga pembangunan, karena adanya regulasi pengurangan sampah plastik dan dorongan penggunaan material hijau dalam proyek infrastruktur. Kedua, sektor pariwisata berkelanjutan seperti hotel dan eco-resort, yang membutuhkan furnitur ramah lingkungan dengan identitas lokal untuk memperkuat citra merek. Ketiga, perusahaan swasta

melalui program CSR, yang semakin berfokus pada isu keberlanjutan dan pemberdayaan masyarakat.

C. Positioning

Papua PolyBio Panels diposisikan sebagai eco-luxury material khas Papua yang tidak hanya berfungsi sebagai panel bangunan, tetapi juga merepresentasikan solusi lingkungan dan pemberdayaan sosial. Diferensiasi utama produk ini terletak pada dual waste solution, yakni mengolah limbah plastik dan residu sagu menjadi material ramah lingkungan dengan nilai estetika unik. Tagline Papua PolyBio Panels yaitu:

“Material hijau khas Papua dengan solusi ganda limbah & dampak sosial.”

D. Marketing Mix (4p)

1. *Product* (Produk)

Papua PolyBio Panels adalah panel bangunan ramah lingkungan yang terbuat dari limbah plastik dan serbuk sagu. Keunggulan produk terletak pada konsep dual waste solution, kekuatan material yang tahan lama, nilai estetika khas Papua, serta citra sosial yang melekat. Produk tidak hanya menawarkan fungsi teknis, tetapi juga narasi keberlanjutan yang memperkuat daya tarik emosional bagi konsumen.

2. *Price* (Harga)

Strategi harga menggunakan pendekatan value-based pricing. Harga ditetapkan sedikit lebih tinggi dibanding material konvensional (triplek, MDF), namun sepadan dengan nilai tambah berupa dampak lingkungan, pemberdayaan lokal, serta kualitas premium. Model harga juga fleksibel melalui skema B2B (pemerintah, perusahaan, hotel) dan B2C (konsumen individu dengan paket produk furnitur).

3. *Place* (Distribusi)

Distribusi awal difokuskan pada Papua dan Indonesia Timur melalui jaringan mitra lokal, UMKM, dan koperasi. Selanjutnya diperluas ke Bali, Jakarta, dan kota besar yang memiliki permintaan tinggi terhadap material hijau.

4. *Promotion* (Promosi)

Strategi promosi menekankan edukasi pasar dan storytelling. Narasi utama adalah “dari limbah menjadi nilai” yang menekankan keberlanjutan dan identitas Papua. Promosi dilakukan melalui kampanye digital (social media marketing), kolaborasi dengan arsitek dan desainer interior, serta partisipasi dalam pameran material hijau. Selain itu, kerja sama dengan pemerintah dan perusahaan CSR memperkuat reputasi

serta memperluas eksposur produk.

E. Strategi Branding

Strategi branding diwujudkan melalui storytelling yang konsisten di media sosial, pameran, dan kemitraan dengan arsitek serta desainer interior. Visual merek menonjolkan nuansa hijau dan coklat untuk memperkuat keberlanjutan.

IV. RENCANA OPERASIONAL

A. Proses Produksi

Penjelasan:

1. Sampah plastik dipilah berdasarkan warna dan jenisnya.
2. Plastik kering dimasukkan ke mesin shredder hingga berbentuk serpihan berukuran 5–8 mm.
3. Plastik yang sudah dalam bentuk cacahan kemudian dicuci bersih dan dikeringkan.
4. Serbuk ampas sagu dikeringkan hingga kadar air ≤10%, kemudian dicacah halus (3–8 mm).
5. Serpihan plastik (85–90%) dicampur dengan serat alam (10–15%) dalam wadah besar, diaduk hingga merata.
6. Campuran dimasukkan ke dalam cetakan besi, kemudian dipanaskan dan dipress menggunakan mesin *hot press* pada suhu 180–200 °C dengan tekanan 20–30 ton.
7. Panel yang selesai dipress dibiarkan mendingin secara bertahap selama ±30 menit.
8. Panel didemould, dipotong pada bagian tepi, lalu diamplas agar permukaan rata.
9. Setiap panel diuji daya tahan, kekuatan, dan konsistensinya sebelum dikemas dan dipasarkan.

B. Sumber Daya Produksi

1. Bahan Baku
   - Plastik daur ulang jenis PP dan HDPE: diperoleh dari bank sampah atau masyarakat,
   - Ampas sagu
   - Bahan tambahan: seperti pewarna alami atau coating ramah lingkungan untuk finishing produk.
2. Tenaga Kerja
   - Operator produksi: mengelola proses sortir, pencacahan, pencampuran, dan press.
   - Tim desain & finishing: bertugas menghasilkan motif sesuai pesanan dan penyelesaian akhir produk.
3. Mesin dan Peralatan
   - Mesin shredder untuk mencacah plastik.
   - Hot press machine dengan kontrol suhu dan tekanan.
   - Cetakan panel besi, serta alat potong dan amplas.
   - Peralatan pendukung sederhana seperti timbangan, dan wadah pencampur

C. Suplly Chain

1. Pengumpulan bahan baku
   - Bank Sampah & Masyarakat: menjadi pemasok plastik bekas melalui sistem insentif.
   - Industri Sagu & UMKM: menyuplai ampas sagu sebagai serat penguat panel.
2. Pengolahan dan produksi
   - Proses dilakukan di fasilitas produksi lokal dengan dukungan operator, teknisi, dan UMKM mitra.
   - Tahapan meliputi pencacahan, pencampuran, pencetakan, hingga finishing panel
3. Distribusi produk
   - Produk dipasarkan melalui jalur B2B (pemerintah, perusahaan CSR, hotel, eco-resort) dan B2C (konsumen urban melalui e-commerce).
   - Distribusi awal fokus di Papua dan Indonesia Timur, sebelum diperluas ke Bali, dan Jakarta

4. Daur ulang dan keberlanjutan
   - Panel yang sudah tidak terpakai dapat diolah kembali, memperkuat konsep *closed-loop supply chain* yang ramah lingkungan.

V. TIM MANAJEMEN

A. Anita Kusumawati, S.M., M.B.A – Chief Executive Officer (CEO)

- Lulusan Magister Administrasi Bisnis (MBA) dengan fokus pada strategi bisnis dan manajemen organisasi.
- Berperan sebagai pengarah utama visi, misi, dan strategi perusahaan.
- Memiliki kompetensi dalam perencanaan bisnis, pengelolaan keuangan strategis, serta pengembangan jaringan kemitraan dengan pemerintah, lembaga, dan sektor swasta.
- Sebagai CEO, Anita bertanggung jawab dalam memastikan keberlanjutan model bisnis berbasis circular economy serta menjaga positioning perusahaan sebagai pelopor material hijau khas Papua.

B. Tri Putra Jayadi Prima, S.Pd,. M.Pd – Manajer Desain & Produksi (CTO)

- Lulusan Magister Pendidikan Biologi dengan pengalaman dalam bidang manufaktur dan fokus pada isu lingkungan.
- Memiliki keahlian dalam biomaterial, konservasi lingkungan, serta desain produk.
- Pernah bekerja sebagai desainer sehingga mampu mengintegrasikan aspek fungsi, estetika, dan keberlanjutan dalam produk.
- Bertanggung jawab atas keseluruhan proses produksi panel, pengawasan kualitas, inovasi material, serta pengembangan desain custom furniture berbasis Papua PolyBio Panels.

C. Haiqal, S.M – Manajer Keuangan & Pemasaran (CFO/CMO)

- Lulusan Sarjana Manajemen, menguasai bidang pemasaran dan keuangan.
- Berperan dalam mengelola sistem akuntansi, arus kas, perencanaan anggaran, serta strategi pemasaran.
- Memiliki kompetensi dalam digital marketing, analisis pasar, dan branding produk ramah lingkungan.
- Fokus utama adalah membangun citra Papua PolyBio Panels sebagai eco-luxury material khas Papua, sekaligus mengembangkan kanal pemasaran B2B (pemerintah, hotel, eco-resort, perusahaan CSR) dan B2C (konsumen urban peduli lingkungan).

VI. PROYEKSI KEUANGAN

A. Estimasi Biaya Awal (Tahun 1)

Komponen	Estimasi Harga (Rp)
Mesin shredder	30.000.000
Hot press machine	50.000.000
Cetakan besi panel	7.500.000
Alat potong (gergaji listrik)	2.000.000
Mesin amplas listrik	1.000.000
Timbangan	500.000
wadah pencampur (ember besar, mixer sederhana)	1.000.000
Bahan baku	6.000.000
Total	**98.000.000**

B. Biaya Operasional

Komponen	Estimasi Biaya (Rp/bulan)	Estimasi Biaya (Rp/tahun)
Sampah Plastik	1.000.000	12.000.000
Serbuk ampas sagu	300.000	3.600.000
Pewarna/coating ramah lingkungan	500.000	6.000.000
CEO	2.000.000	24.000.000
Operator produksi dan tim desain	2.000.000	24.000.000
Pemasaran dan keuangan	2.000.000	24.000.000
Listrik dan air	500.000	6.000.000
Maintenance mesin	300.000	3.600.000
Eco Papua Academy (Workshop)	500.000	6.000.000
Total	**9.100.000**	**109.200.000**

C. Proyeksi Pendapatan

Sumber Pendapatan	Volume/Tahun	Harga Jual (Rp)	Total Pendapatan
Produk Custom (Meja/Kursi/Furnitur)	2.400 unit (200 unit/bulan)	Rata-rata: 350.000/unit	840.000.000

D. Proyeksi Laporan Laba Rugi Tahun Pertama

Komponen	Nilai (Rp)
Pendapatan	840.000.000
Biaya Operasional	109.200.000
Laba Kotor	730.800.000
Penyusutan (mesin & peralatan, estimasi 5 thn)	19.600.000
Laba Bersih Tahun 1	**711.200.000**

E. Analisis Titik Impas (Break-Even Point – BEP)

Komponen	Nilai (Rp)
Harga jual rata-rata per unit	350.000
Biaya variabel per unit (bahan baku)	8.500
Margin kontribusi per unit	341.500
Biaya tetap tahunan (fixed cost)	109.200.000
BEP (unit)	320 unit
BEP (rupiah)	112.000.000

DAFTAR PUSTAKA

Asrofi, M., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., & Hazrol, M. D. (2018). Characterization of composite panels made from agricultural lignocellulosic waste reinforced polypropylene. *Composite Interfaces, 25*(3), 263–277. https://doi.org/10.1080/09276440.2017.1360762

Flach, M. (1997). *Sago palm: Metroxylon sagu Rottb*. International Plant Genetic Resources Institute.

Imran, A. I., Siregar, J. P., Palanisamy, S., Cionita, T., Fitriyana, D. F., Dewi, R.,

… Al-Farraj, S. A. (2025). Exploring the potential of sago residue for eco-friendly construction materials. *BioResources, 20*(3), xx–yy.

Mongabay. (2022, November 21). Kala perairan Palu dan Sorong tercemar mikroplastik, siapa penyumbangnya? *Mongabay Indonesia*. https://www.mongabay.co.id/2022/11/21/kala-perairan-palu-dan-sorong-tercemar-mikroplastik-siapa-penyumbangnya

Pambudi, N. A., Ardhyananta, H., & Fadillah, R. (2019). Pemanfaatan serat lignoselulosa dari limbah biomassa untuk material komposit polimer. *Jurnal Teknologi Bahan Alam, 3*(2), 45–52.

Radar Sorong. (2023, Mei 15). Hentikan polusi plastik, canangkan gerakan zero waste. *Radar Sorong*. https://www.radarsorong.id/hentikan-polusi-plastik-canangkan-gerakan-zero-waste

Sugiman, S., Rochmadi, R., & Setyawan, H. (2016). Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with lignocellulosic fibers. *Indonesian Journal of Chemistry, 16*(1), 1–9. https://doi.org/10.22146/ijc.2140

Terakota. (2022, November 25). Pengelolaan sampah di Sorong buruk, sungai tercemar mikroplastik. *Terakota.id*. https://www.terakota.id/pengelolaan-sampah-di-sorong-buruk-sungai-tercemar-mikroplastik

Tribun Sorong. (2025, Januari 10). Jalan protokol jadi tempat pembuangan sampah. *Tribun Sorong*. https://sorong.tribunnews.com

SWEET SPOT KREPSAGO

Disusun oleh:

1. Vicky Dewa Harianto

2. Elika Gloria Sura

3. Dewi Aulia Revalila

RINGKASAN EKSEKUTIF

Sweet Spot Krepsago adalah usaha kuliner yang menghadirkan crepes tipis dan renyah berbahan dasar tepung sagu asli Papua Barat. Berbeda dengan crepes pada umumnya yang menggunakan tepung terigu, Krepsago lebih sehat karena bebas gluten sehingga aman dikonsumsi oleh orang yang memiliki intoleransi gluten. Produk ini dijual dengan berbagai varian rasa, mulai dari *original* yang sederhana, varian tradisional seperti kacang, hingga rasa kekinian seperti matcha, tiramisu, Milo, dan keju. Dengan harga yang terjangkau, Krepsago menyasar berbagai kalangan, mulai dari pelajar, mahasiswa, pekerja muda, hingga keluarga.

Inovasi utama dari Krepsago adalah memadukan bahan pangan lokal yang identik dengan makanan tradisional menjadi camilan modern dengan tampilan menarik serta sesuai dengan tren konsumsi generasi muda. Sagu yang digunakan berasal langsung dari petani lokal Papua Barat, sehingga selain mendukung ketahanan pangan juga membantu perekonomian daerah. Keunikan produk ini terletak pada bahan baku lokal, konsep bebas gluten, varian rasa yang kreatif, dan kemasan modern yang ramah lingkungan.

Tujuan utama bisnis ini adalah menjadi ikon kuliner khas Papua Barat yang dikenal luas di Indonesia, sekaligus mengedukasi masyarakat tentang manfaat sagu dan pentingnya mengangkat potensi pangan lokal. Dengan tren street food kekinian, meningkatnya minat pada makanan sehat, dan rasa penasaran terhadap kuliner berbahan lokal, Krepsago memiliki peluang besar untuk berkembang baik melalui penjualan di gerai, event kuliner, maupun secara *online*. Melalui cita rasa yang lezat, kemasan menarik, dan nilai lokal yang kuat, *Sweet* Spot Krepsago hadir bukan hanya sebagai camilan, tetapi juga inovasi kuliner yang membawa sagu ke panggung nasional.

A. Visi:

Menjadi ikon kuliner khas Papua Barat yang dikenal secara nasional, dengan mengangkat tepung sagu sebagai camilan kekinian, sehat, dan ramah lingkungan.

B. Misi:

i. Menghadirkan crepes sagu berkualitas tinggi dengan cita rasa unik yang memadukan tradisi dan tren *modern*.
ii. Mendukung ketahanan pangan daerah dengan memanfaatkan bahan baku lokal dan memberdayakan petani sagu Papua.
iii. Menyediakan produk bebas gluten yang aman untuk semua kalangan, termasuk konsumen dengan kebutuhan diet khusus.
iv. Menyajikan pengalaman kuliner yang berkesan melalui inovasi kemasan, diversifikasi rasa, serta pelayanan yang berkualitas
v. Mengembangkan strategi pemasaran kreatif berbasis digital untuk memperluas jangkauan pasar.

I. PENJELASAN DAN SOLUSI

KrapSago adalah camilan unik berbentuk crepes tipis dan renyah yang dibuat dari tepung sagu asli Papua Barat. Tepung sagu ini secara alami bebas gluten sehingga aman dikonsumsi oleh individu yang memiliki alergi atau intoleransi terhadap gluten. Selain sehat, bahan utama KrapSago juga ramah lingkungan karena sagu ditanam tanpa menggunakan pupuk kimia.

Produk ini tersedia dalam berbagai varian rasa, mulai dari rasa asli gurih sagu hingga varian kekinian seperti Kejutan Sago (Keju), Cokelat Meledak (Cokelat), Sagu misu (tiramisu), Hijau lega (*matcha*), Sago Kacring (kacang), dan sago Miloer (Milo). Teksturnya yang renyah serta tampilannya yang menarik menjadi pilihan yang tepat bagi anak muda yang gemar membagikan foto makanan di media sosial.

Selain menghadirkan cita rasa lezat, KrapSago turut berkontribusi pada pemberdayaan ekonomi lokal melalui pemanfaatan bahan baku dari petani dan produsen di Papua Barat. Dengan memadukan tren makanan kekinian dan kearifan lokal, KrapSago hadir sebagai *Local Champion* yang mengangkat sagu menjadi sajian modern bercita rasa khas Papua Barat.

1.1 Bahan Baku Utama dan Varian Produk Sweet Spot Krepsago

1.1.1. Bahan Baku Utama

a. Tepung sagu asli Papua sebagai bahan utama, yang bebas gluten dan aman untuk orang yang intoleran gluten.
b. Campuran tepung sagu, tepung tapioka, dan tepung beras digunakan untuk membuat adonan crepes agar teksturnya pas dan renyah.
c. Telur segar berfungsi sebagai sumber protein dan juga sebagai perekat agar adonan tidak mudah hancur.
d. Gula, garam, vanili, minyak, dan air ditambahkan untuk memberikan rasa yang enak dan membuat adonan lebih lembut serta mudah dibentuk.
e. Bahan isian dan topping yang berkualitas dipilih sesuai dengan varian rasa yang disajikan.

1.1.2. Varian Rasa

a. Sagu Polos (Original)

   Memberikan cita rasa autentik dengan menonjolkan keunikan gurih alami dari tepung sagu sebagai bahan utama

b. Kejutan Sago (Keju)

Perpaduan rasa gurih dan tekstur creamy dari keju yang digemari konsumen secara luas.

c. Coklat Meledak (Cokelat)

Memiliki cita rasa manis pekat yang klasik dan mudah diterima oleh semua usia.

d. Sago Misu (Tiramisu)

Perpaduan rasa kopi dan krim yang memberikan sensasi rasa elegan dan premium.

e. Hijau Lega (*Matcha*)

Menggunakan rasa teh hijau premium dengan aroma khas yang menarik bagi konsumen yang menyukai cita rasa unik.

f. Sago Kacring (Kacang)

Kombinasi rasa manis dan gurih dengan sensasi tekstur renyah dari kacang sebagai topping.

g. Sago Miloer (Milo)

Memiliki cita rasa cokelat malt yang digemari generasi muda, menghadirkan nuansa nostalgia sekaligus tetap relevan dengan tren masa kini

1.2 Masalah yang Dihadapi

a. Minimnya popularitas sagu di kalangan anak muda

Sebagian besar anak muda belum mengetahui potensi sagu sebagai bahan baku untuk camilan modern, seperti crepes, sehingga pemanfaatannya masih terbatas.

b. Dominasi produk berbasis tepung terigu

Sebagian besar produk crepes yang beredar di pasaran menggunakan tepung terigu yang mengandung gluten dan sebagian besar bahan bakunya berasal dari impor, sehingga kurang mendukung ketahanan pangan lokal.

c. Kurangnya edukasi mengenai pangan lokal

Informasi mengenai manfaat sagu bagi kesehatan dan perannya dalam memperkuat ketahanan pangan lokal masih belum tersebar luas di kalangan konsumen.

1.3 Solusi yang Ditawarkan

1. Inovasi Produk Lokal

Mengubah tepung sagu menjadi crepes modern dengan berbagai rasa kekinian, supaya anak muda tertarik mencoba dan menyukainya.

2. Alternatif Camilan Sehat dan Bebas Gluten

Menyediakan pilihan camilan yang aman untuk orang dengan alergi gluten atau yang ingin hidup lebih sehat.

3. Pemasaran Kreatif melalui Media Sosial

Menggunakan Instagram, TikTok, dan platform digital lain untuk membuat konten menarik, seperti video proses pembuatan, review rasa, dan informasi manfaat sagu agar produk lebih dikenal dan cepat viral.

4. Dukungan dan Pemberdayaan Petani Lokal

Menggunakan bahan baku sagu dari petani Papua Barat, sehingga membantu meningkatkan pendapatan mereka dan mempromosikan produk pangan lokal di pasar yang lebih luas.

5. Kemasan Modern dan Menarik

Membuat kemasan produk yang estetis dan sesuai tren anak muda, sehingga tidak hanya enak tapi juga instagrammable.

1.4. Manfaat Inovasi Produk

a. Aspek Kesehatan

1. Bebas gluten, sehingga aman untuk penderita *celiac disease* dan intoleransi gluten.
2. Mengandung serat pangan yang bermanfaat bagi kesehatan pencernaan.
3. Menggunakan bahan alami tanpa pengawet sintetis berbahaya.

b. Aspek Lingkungan

1. Mengandalkan bahan baku lokal yang tumbuh alami tanpa memerlukan pupuk kimia berlebihan.
2. Menggunakan kemasan ramah lingkungan dan dapat didaur ulang, mendukung pengurangan limbah plastik.

c. Aspek Sosial dan Ekonomi

1. Memberdayakan petani sagu melalui sistem kemitraan langsung.
2. Menciptakan peluang kerja baru di bidang produksi, distribusi, dan penjualan.
3. Mengangkat citra kuliner Papua di kancah nasional dan internasional, berkontribusi pada pelestarian budaya kuliner daerah.

II. DESKRIPSI USAHA

2.1 Sejarah dan Latar Belakang

Sweet Spot Krepsago lahir dari pengembangan usaha crepes biasa yang sudah dijalankan sebelumnya oleh sang owner. Awalnya, usaha crepes ini menggunakan tepung terigu seperti pada umumnya dan sudah memiliki pelanggan tetap di sekitar Manokwari. Namun, sang owner ingin menciptakan sesuatu yang lebih unik, sehat, dan memiliki nilai lokal yang kuat.

Kemudian muncul ide untuk memodifikasi resep crepes menjadi berbahan dasar tepung sagu asli Papua Barat. Inovasi ini tidak hanya membuat produk lebih sehat karena bebas gluten, tapi juga membantu memperkenalkan sagu bahan pangan khas Papua yang ramah lingkungan ke generasi muda.

Perubahan ini menjadi langkah besar bagi bisnis, karena selain menawarkan cita rasa baru, Sweet Spot Krepsago juga membawa misi untuk mendukung petani sagu lokal dan mengangkat kekayaan alam Papua Barat melalui camilan kekinian yang instagrammable.

2.2 Nilai Preposisi KrapSago

KrapSago menawarkan keunggulan unik dengan menggabungkan bahan baku lokal, konsep makanan modern, dan tujuan sosial yang berkelanjutan. Produk ini memakai tepung sagu asli Papua yang bebas gluten, jadi cocok untuk orang yang butuh camilan sehat tanpa gluten, tapi tetap enak dan disukai banyak orang. KrapSago juga jadi pelopor karena belum ada produk crepes berbahan sagu di Indonesia.

a. Dari sisi konsumen, KrapSago memberikan pengalaman yang lengkap:
   i. Fungsional
      Camilan sehat, praktis, dan punya banyak pilihan rasa.
   ii. Emosional
      Desain produk yang menarik dan *instagrammable* membuat puas mata dan seru untuk dibagi di media sosial.
   iii. Sosial
      Membeli KrapSago, konsumen ikut membantu petani lokal dan menjaga budaya kuliner Papua.
b. Secara strategi, nilai utama KrapSago terdiri dari:
   i. Keunikan Produk
      Menggunakan tepung sagu sebagai bahan utama crepes, berbeda dari crepes biasa yang pakai tepung terigu.

ii. Kualitas dan Kesehatan

Memilih bahan alami tanpa pengawet berbahaya untuk menjaga rasa dan kesehatan.

iii. Harga Terjangkau

Produk dijual dengan harga yang bersaing supaya bisa dinikmati banyak orang dari berbagai kalangan.

iv. Dampak Sosial dan Ekonomi Positif

Membantu meningkatkan pendapatan petani sagu dan pekerja lokal di Papua Barat.

v. Relevansi dengan Tren Pasar

Menyesuaikan dengan permintaan konsumen yang makin mencari makanan sehat, berkelanjutan, dan punya cerita unik di balik produk.

2.3 Produk dan Layanan

Sweet Spot Krepsago menawarkan crepes berbahan tepung sagu asli Papua Barat dengan berbagai pilihan rasa yang menarik, mulai dari varian sederhana seperti Sago polos (original) hingga rasa kekinian seperti Kejutan Sago (Keju), Cokelat Meledak (Cokelat), Sago misu (tiramisu), Hijau lega (*matcha*), Sago Kacring (kacang), dan sago Miloer (Milo) Untuk memberikan pengalaman yang lebih personal, pelanggan juga dapat memilih layanan *custom* topping sesuai selera, baik rasa manis maupun gurih. Selain penjualan reguler, Krepsago melayani pesanan khusus untuk acara seperti ulang tahun, bazar, pameran, dan kegiatan di kampus (*event* di Kampus). Sebagai bagian dari komitmen edukasi, setiap interaksi dengan pelanggan juga menjadi kesempatan untuk mengenalkan manfaat sagu dan pentingnya mendukung pangan lokal.

2.4 Inovasi Usaha

Usaha ini berawal dari bisnis crepes biasa yang sebelumnya menggunakan tepung terigu. Melihat peluang untuk menciptakan produk yang lebih unik dan sehat, pemilik usaha memodifikasi resep dengan mengganti bahan utama menjadi tepung sagu asli Papua Barat. Inovasi ini tidak hanya memberikan keunggulan dari segi kesehatan, tetapi juga mengangkat bahan pangan lokal ke dalam konsep kuliner modern. Dengan memadukan cita rasa tradisional dan tampilan yang instagrammable, Krepsago berhasil membawa sagu ke pasar anak muda dan pecinta kuliner kekinian.

2.5 Keunggulan Produk

Keunggulan utama Sweet Spot Krepsago terletak pada bahan bakunya yang menggunakan sagu sebagai pengganti tepung terigu. Sagu secara alami bebas gluten, sehingga cocok untuk konsumen yang memiliki intoleransi gluten atau yang mengutamakan pola makan sehat. Selain itu, penggunaan sagu mendukung perekonomian petani lokal dan bersifat ramah lingkungan karena proses produksinya tidak memerlukan pupuk kimia. Produk ini juga hadir dalam beragam rasa kreatif.

2.6 Lokasi dan Jangkauan Pasar

Lokasi utama Sweet Spot Krepsago berada di Reremi Puncak, Manokwari, sebuah area strategis yang ramai dikunjungi oleh pelajar, mahasiswa, wisatawan, dan keluarga. Letaknya dekat dengan sekolah, kampus, pusat perbelanjaan, dan destinasi wisata, sehingga peluang penjualan sangat tinggi. Selain dari gerai utama, Krepsago aktif membuka booth di event kuliner, festival UMKM, dan bazar, serta memanfaatkan penjualan online melalui media sosial dan platform *food delivery* untuk menjangkau konsumen yang lebih luas, bahkan di luar Manokwari.

III. DESKRIPSI USAHA

3.1 Deskripsi Pasar

Pasar untuk Sweet Spot Krepsago adalah industri makanan ringan (*street food*) yang terus berkembang, khususnya di kalangan pelajar, mahasiswa, pekerja muda, dan wisatawan. Tren makanan kekinian yang unik, sehat, dan memiliki nilai lokal membuat produk seperti crepes sagu memiliki peluang besar untuk diminati.

3.2 Potensi Pasar

Papua Barat memiliki pasokan sagu melimpah, namun pemanfaatannya dalam bentuk produk modern masih minim. Dengan kemasan dan rasa yang sesuai selera anak muda, Krepsago dapat menjadi ikon kuliner daerah. Pasar juga semakin terbuka karena banyak orang mencari camilan sehat dan bebas gluten, baik untuk dikonsumsi langsung maupun sebagai oleh-oleh khas.

3.3 Peluang dan Tantangan

3.3.1 Peluang:

a. Meningkatnya tren makanan sehat dan lokal.
b. Konten kuliner mudah viral di media sosial.

c. Dukungan program pemerintah untuk Usaha Mikro, Kecil-Menengah (UMKM) berbasis produk lokal.

3.3.2 Tantangan:

a. Edukasi konsumen yang belum familiar dengan crepes berbahan sagu.
b. Persaingan dengan makanan ringan populer seperti crepes terigu, martabak, dan *waffle*.
c. Ketergantungan pada lokasi strategis untuk penjualan *offline*.

3.4 Aspek Internal dan Eksternal

a. Internal

   Keunggulan bahan baku lokal, tim yang solid, inovasi rasa, dan harga terjangkau.

b. Eksternal

   Tren makanan sehat, kebijakan pemerintah yang mendukung UMKM, perkembangan teknologi pemasaran digital, dan pertumbuhan wisata kuliner di Papua Barat.

3.5 Analisis Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats (SWOT)

Strategi pemasaran Krapsago dibangun berdasarkan hasil analisis SWOT:

a. *Strengths* (Kekuatan): Bahan baku lokal berkualitas tinggi, bebas gluten, rasa unik yang memadukan tradisional dan modern, potensi branding sebagai kuliner khas Papua Barat.
b. *Weaknesses* (Kelemahan): Pasar belum familiar dengan konsep crepes berbahan sagu, memerlukan edukasi konsumen, dan tekstur berbeda dari crepes biasa sehingga butuh adaptasi selera.
c. *Opportunities* (Peluang): Tren makanan sehat dan lokal semakin populer, potensi pasar oleh-oleh khas daerah, peluang distribusi di event kuliner dan marketplace online.
d. *Threats* (Ancaman): Ancaman yang dihadapi usaha ini meliputi persaingan dengan berbagai camilan modern populer, seperti crepes berbahan terigu, martabak, dan waffle, serta munculnya produk-produk baru yang tengah viral di pasaran. Fluktuasi harga bahan baku menjadi faktor yang berpotensi memengaruhi biaya produksi dan stabilitas harga jual. Selain itu, penjualan secara offline memiliki ketergantungan yang tinggi pada lokasi strategis, sehingga apabila lokasi

kurang ramai, potensi penjualan akan menurun. Perubahan tren kuliner yang berlangsung cepat juga menjadi tantangan, karena produk yang saat ini diminati konsumen dapat mengalami penurunan popularitas dalam waktu relatif singkat..

3.6 Profil Konsumen

a. Demografi

Krepsago dapat dinikmati oleh semua kalangan, mulai dari anak-anak hingga orang dewasa. Konsumen mencakup pelajar, mahasiswa, pekerja, keluarga, hingga wisatawan yang mencari camilan praktis dan lezat.

b. Geografi

Fokus pemasaran Krepsago saat ini berada di Manokwari, Papua Barat, namun memiliki potensi ekspansi ke kota-kota besar dan daerah wisata di seluruh Indonesia.

c. Psikografi

Konsumen Krepsago umumnya suka mencoba makanan baru yang unik, memiliki kepedulian terhadap kesehatan, serta mendukung produk lokal berbahan baku asli daerah.

d. Perilaku

Krepsago dibeli untuk berbagai keperluan, seperti camilan sehari-hari, oleh-oleh khas daerah, atau untuk dinikmati saat acara dan event seperti bazar, festival, atau pertemuan keluarga.

3.7 Segmentasi, *Targeting*, *Positioning* (STP)

a. Segmentasi

Krepsago menyasar beragam kelompok konsumen, seperti anak muda yang suka mencoba camilan unik, keluarga yang mencari jajanan untuk dinikmati bersama, wisatawan yang mencari oleh-oleh khas, serta komunitas atau individu yang membutuhkan makanan bebas gluten.

b. *Targeting*

Fokus utama pemasaran Krepsago adalah pelajar dan mahasiswa dengan penawaran harga yang terjangkau, serta wisatawan yang ingin mencoba atau membawa pulang camilan khas Papua Barat.

c. *Positioning*

Krepsago diposisikan sebagai crepes sagu bebas gluten yang sehat, mengikuti tren kekinian, dan menghadirkan cita rasa khas Papua Barat, sehingga

memberikan pengalaman kuliner yang berbeda dan berkesan.

3.8. Analisis Kompetitor

a. Crepes Terigu

Sudah dikenal luas, tapi tidak bebas gluten dan kurang nilai lokal.

b. Martabak Manis

Disukai semua usia, namun kurang inovasi tampilan dan topping.

c. *Waffle Modern*

Menarik secara visual, tapi harga lebih mahal dan bahan impor.

3.9. Bauran Pemasaran (*Marketing Mix*) dengan 7P

a. *Product*: Crepes sagu berbagai varian rasa, custom topping, kemasan ramah lingkungan.

b. *Price*: Harga Rp 19.000 - Rp 26.000, promo *bundling*, diskon event.

c. *Place*: Gerai utama di Reremi Puncak, booth kontainer di event, penjualan online.

d. *Promotion*: Media sosial (*Instagram* dan *TikTok*), konten video, testimoni pelanggan, kampanye #KrepsagoManokwari.

e. *People*: Tim terlatih dalam pelayanan, kebersihan, dan komunikasi.

f. *Process*: Pembuatan fresh di tempat, sistem pesanan cepat, standar kebersihan tinggi.

g. *Physical Evidence*: Menerapkan elemen visual *branding* berupa desain booth dan kemasan yang konsisten untuk meningkatkan daya tarik konsumen

IV. RENCANA OPERASIONAL DAN MANAJEMEN

4.1 Proses Produksi Sweet Spot Crepes

Proses produksi pada usaha *Sweet Spot Crepes* dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi waktu, pengendalian kualitas, dan kepuasan pelanggan. Sistem produksi menggabungkan metode persiapan bahan secara massal (*batch production*) dan pembuatan sesuai pesanan (*make-to-order*), sehingga dapat mengoptimalkan kinerja operasional sekaligus menjaga kesegaran produk. Tahapan produksi dijelaskan sebagai berikut:

4.1.1. Persiapan Adonan

Tahap awal produksi dilakukan setiap pagi dengan menyiapkan adonan crepes dalam jumlah tertentu sesuai estimasi permintaan harian. Adonan dibuat menggunakan campuran tepung terigu, tepung beras, tepung tapioka, minyak nabati, ekstrak vanila, gula pasir, air, dan sedikit garam. Pemilihan bahan ini didasarkan pada hasil uji coba untuk mendapatkan

tekstur dan cita rasa yang optimal. Setelah dicampur hingga homogen, adonan disimpan dalam wadah kedap udara dan ditempatkan di lemari pendingin. Penyimpanan pada suhu rendah bertujuan untuk:

a. Menghambat pertumbuhan mikroorganisme yang dapat merusak adonan.
b. Mempertahankan kualitas dan konsistensi tekstur adonan hingga digunakan.
c. Meminimalkan pemborosan bahan akibat perubahan mutu.

4.2.2 Sistem Produksi Hybrid

Usaha ini mengadopsi sistem produksi *hybrid* yang mengombinasikan dua pendekatan:

a. *Batch Production*

   Bahan dasar dipersiapkan secara massal di awal hari untuk efisiensi waktu.

b. *Make-to-Order*

   Produk baru dimasak setelah ada pesanan dari pelanggan untuk memastikan kesegaran dan kualitas rasa.

   Kombinasi kedua metode ini memungkinkan perusahaan menjaga keseimbangan antara (kecepatan pelayanan (*speed of service*) dan kesegaran produk *(product freshness*), yang keduanya merupakan faktor penting dalam bisnis kuliner.

4.2.3 Proses Pembuatan Crepes

Proses pembuatan dimulai dengan memanaskan wajan khusus crepes hingga suhu optimal. Adonan dituangkan sesuai takaran standar (mengacu pada SOP porsi) untuk memastikan ketebalan dan ukuran seragam. Adonan kemudian diratakan dengan alat penyebar khusus agar hasilnya tipis dan merata.

Sebelum crepes matang sepenuhnya, topping ditambahkan sesuai permintaan pelanggan, yang dapat berupa varian rasa/toping yang sudah tersedia. Setelah matang, crepes dilipat atau digulung dengan teknik yang rapi untuk menjaga estetika penyajian dan memudahkan konsumsi.

4.2.4 Pemeriksaan Kualitas (*Quality Control*)

Setiap produk yang telah selesai dimasak menjalani pemeriksaan kualitas meliputi:

a. Kematangan Optimal

   Produk dipastikan matang secara merata di seluruh permukaan, sehingga menghasilkan tekstur dan rasa yang konsisten pada setiap sajian.

b. Kebersihan Produk

Proses produksi dilakukan dengan memperhatikan higienitas, memastikan tidak ada kotoran, bahan asing, atau kontaminasi yang dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan pangan.

c. Konsistensi Bentuk dan Ukuran

Setiap produk dibuat dengan ukuran dan bentuk yang seragam sesuai standar merek, untuk memberikan pengalaman konsumen yang konsisten.

d. Kerapihan dan Estetika Penyajian

Produk disajikan dengan tampilan menarik, rapi, dan sesuai identitas visual merek, sehingga mendukung daya tarik visual dan nilai jual.

4.2. Lokasi, Fasilitas, dan Jam Operasional

Gerai utama Krepsago berlokasi di Reremi Puncak, Manokwari, yang strategis karena dekat dengan sekolah, kampus, pusat belanja, dan tempat wisata. Tempat usaha menggunakan kontainer yang dimodifikasi, dilengkapi peralatan pemanggang crepes, meja kerja bersih, area kasir, area display produk dan kemasan, meja dan kursi untuk pelanggan, serta area duduk yang nyaman. Krepsago beroperasi setiap hari pukul 10.00–21.00 WIT, sehingga dapat melayani pelanggan mulai dari waktu istirahat sekolah dan kampus hingga waktu santai di malam hari.

4.3. Profil Tim Manajemen beserta tugas dan tanggung jawab

Sweet Spot Krepsago dikelola oleh tiga orang pendiri yang memiliki peran penting dalam operasional dan pengembangan bisnis:

a. VickyDewa Harianto sebagai *ChiefExecutive Officer* (CEO), bertanggung jawab pada arah bisnis, strategi, dan kemitraan.
b. Elika Gloria Sura sebagai Manajer Pemasaran, mengatur promosi, media sosial, dan strategi penjualan.
c. Dewi Aulia Revalila sebagai Manajer Produksi & Keuangan, mengawasi proses produksi, kualitas, dan pengelolaan keuangan.

4.4. Sistem Pengelolaan dan Pengawasan

Pengelolaan dilakukan dengan pembagian tugas yang jelas sesuai bidang masing-masing, rapat evaluasi mingguan untuk membahas pencapaian dan kendala, serta penggunaan sistem pencatatan stok dan penjualan berbasis aplikasi. Dalam hal ini, digunakan Griyo POS sebagai aplikasi kasir dan manajemen inventori yang membantu mencatat setiap transaksi secara real-time, memantau stok bahan baku, membuat laporan

penjualan otomatis, dan menganalisis tren pembelian pelanggan. Aplikasi ini memberikan berbagai manfaat, antara lain:

a. Mempercepat proses transaksi dan meminimalkan kesalahan input.
b. Memudahkan pemantauan stok secara akurat sehingga mengurangi risiko kehabisan atau kelebihan persediaan.
c. Menghasilkan laporan penjualan harian, mingguan, dan bulanan secara otomatis.
d. Memberikan data analisis penjualan untuk menentukan strategi promosi yang tepat.
e. Mempermudah pemilik dalam memantau kinerja usaha kapan saja dan di mana saja.
f. Mendukung pencatatan biaya dan pendapatan sehingga membantu perencanaan keuangan usaha.

Pengawasan dilakukan langsung oleh manajer dan pemilik untuk memastikan kualitas produk dan pelayanan selalu terjaga, sekaligus memastikan data pada aplikasi selalu akurat dan *ter-update*.

V. RENCANA KEUANGAN

5.1. Asumsi Dasar Perhitungan

Penyusun rencana keuangan, digunakan beberapa asumsi dasar agar perhitungan lebih terarah. Asumsi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Harga Jual Bervariasi (Rata-rata Tertimbang)

Varian	Harga Jual (Rp)	Persentase	Kontribusi Harga
Sago Polos (Original)	Rp 19.000	30%	Rp5.700
Coklat Meledak (cokelat)	Rp 21.000	23%	Rp4.830
Kejutan Sago (Keju)	Rp 26.000	15%	Rp3.900
Hijau Lega (*Matcha*)	Rp 22.000	10%	Rp2.200
Sago Miloer (milo)	Rp 21.000	12%	Rp2.520
Sago misu (Tiramisu)	Rp 21.000	5%	Rp1.050
Sago Kacring (Kacang)	Rp 21.000	5%	Rp1.050
Rata-Rata Harga Jual		**100%**	**Rp21.250**

b. Kapasitas Produksi
   i. Kapasitas produksi ditetapkan sebesar 35 porsi per hari.
   ii. Hari operasional 26 hari per bulan.
   iii. Total produksi bulanan diperkirakan sebanyak 910 porsi.

c. Biaya Bahan Baku

i. Harga pokok produksi (HPP) rata-rata sebesar Rp 7.550/porsi.
Total biaya bahan baku bulanan = Rp 6.870.500

d. Biaya Tenaga Kerja

i. Gaji karyawan penjualan dan kasir Rp 1.800.000/bulan.

ii. Gaji CEO Rp 1.500.000/bulan.

iii. Gaji Manajer Pemasaran Rp 1.500.000/bulan.

iv. Gaji Manajer Produksi & Keuangan Rp 2.000.000/bulan.

Total gaji manajemen = Rp 6.800.000/bulan.

e. Biaya Operasional Lain

i. Sewa tempat Rp 1.000.000/bulan.

ii. Listrik dan air Rp 200.000/bulan.

iii. Gas Rp 185.000/bulan.

iv. Penyusutan peralatan Rp 271.833/bulan.
Total biaya lain-lain = Rp 1.670.354/bulan.

5.2 Prediksi Penjualan

5.2.1 Prediksi Penjualan

No	Jenis Penjualan	Jumlah produk (porsi)	Biaya Bahan Baku	Harga Jual	Total Bahan Baku	Penjualan per bulan
1	Crepes Original	260	Rp 6.168	Rp 19.000	Rp 1.603.680	Rp 4.940.000
2	Crepes Toping Coklat	208	Rp 7.388	Rp 21.000	Rp 1.536.704	Rp 4.368.000
3	Crepes Toping Keju	156	Rp 10.868	Rp 26.000	Rp 1.695.408	Rp 4.056.000
4	Crepes Toping Matcha	78	Rp 7.184	Rp 22.000	Rp 560.352	Rp 1.716.000
5	Crepes Toping Milo	104	Rp 7.168	Rp 21.000	Rp 745.472	Rp 2.184.000
6	Crepes Toping Tiramisu	52	Rp 6.988	Rp 21.000	Rp 363.376	Rp 1.092.000
7	Crepes Toping Kacang	52	Rp 7.035	Rp 21.000	Rp 365.820	Rp 1.092.000
Total		**910**			**Rp 6.870.812**	**Rp 19.448.000**

Rata-Rata HPP =	Total Pendapatan		Rata-Rata Biaya Variabel =	Total Biaya Bahan Baku	
	Total Porsi Dijual			Total Porsi Terjual	
Rata-Rata HPP =	Rp	19.448.000	Rata-Rata HPP =	Rp	6.870.812
	910			910	
	Rp	**21.371**		**Rp**	**7.550**

5.2.2 Prediksi Biaya

Uraian	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A. Nilai Penjualan	Rp 19.447.610	Rp 22.100.000	Rp 16.575.000	Rp 20.439.614	Rp 15.467.816	Rp 13.815.100	Rp 21.547.500	Rp 18.235.074	Rp 24.860.160	Rp 23.207.184	Rp 25.965.056	Rp 27.625.000
B.Biaya-biaya												
Pembelian BB	Rp 6.870.812	Rp 7.757.888	Rp 5.818.361	Rp 7.174.768	Rp 5.429.464	Rp 4.850.824	Rp 7.563.665	Rp 6.401.701	Rp 8.725.645	Rp 8.147.005	Rp 9.114.075	Rp 9.697.415
Tenaga Kerja	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000	Rp 6.800.000
Nilai Penyusutan	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833	Rp 271.833
Listrik dan Sewa	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000
Pengisian Tabung Gas	Rp 185.000	Rp 370.000	Rp 185.000	Rp 370.000	Rp 185.000	Rp 185.000	Rp 370.000	Rp 370.000	Rp 185.000	Rp 185.000	Rp 370.000	Rp 370.000
Jumlah Biaya(B)	Rp 15.327.6	Rp 16.399.7	Rp 14.275.194	Rp 15.816.601	Rp 13.886.297	Rp 13.307.657	Rp 16.205.498	Rp 15.043.534	Rp 17.182.478	Rp 16.603.838	Rp 17.755.908	Rp 18.339.248

	45	21	p	p	p	p	p				p	p
C.Keuntungan(A-B)	Rp 4.119.965	Rp 5.700.279	Rp 2.299.806	Rp 4.623.013	Rp 1.581.519	Rp 507.443	Rp 5.342.002	Rp 3.191.540	Rp 7.677.682	Rp 6.603.346	Rp 8.209.148	Rp 9.285.752

5.3 Kebutuhan Modal Awal

Kebutuhan modal awal dalam mendirikan usaha ini terdiri atas dua komponen utama, yaitu biaya investasi untuk aset tetap serta biaya variabel berupa kebutuhan bahan baku per bulan. Rincian masing-masing dapat dilihat pada berikut:

a. Jenis dan Jumlah Aset (Aktiva Tetap)

No.	Nama	Jumlah	Biaya Investasi
1	Paket Wajan Crepes	2 Unit	Rp 1.000.000
2	Kontainer	1 Unit	Rp 5.000.000
5	Kompor Gas	1 Unit	Rp 725.000
6	Tabung Gas	1 Unit	Rp 850.000
9	Mixer	1 Unit	Rp 552.000
10	Kuas	2 Pcs	Rp 11.000
11	Pisau	2 Pcs	Rp 30.000
12	Gelas Takar	1 Pcs	Rp 17.000
13	Lap tangan	2 Pcs	Rp 20.000
14	Botol Kecap	3 Pcs	Rp 21.000
15	Baskom	1 Pcs	Rp 23.000
16	Toples	6 Pcs	Rp 114.000
17	Tempat sampah	1 Unit	Rp 30.000
18	Lampu 13W	1 Unit	Rp 67.000
19	Kabel roll 1OM	2 Unit	Rp 290.000
20	Rumah lampu	1 Pcs	Rp 10.000
21	Lampu led 20M	1 Roll	Rp 360.000
22	Colokan T	1 Pcs	Rp 32.000
23	Kursi Bulat	8 Pcs	Rp 416.000
24	Meja lipat	1 Unit	Rp 380.000
25	Spatula	2 Pcs	Rp 15.000
26	Centong meses	1 Pcs	Rp 19.000
27	Keranjang	2 Pcs	Rp 13.000
28	Botol susu	1 Pcs	Rp 14.000
29	Tempat tissu kotak	2 Pcs	Rp 23.000
30	Wadah Air crepes	1 Pcs	Rp 10.000
31	Celemek	1 Pcs	Rp 23.000
32	Sapu	1 Unit	Rp 23.000
33	Saringan	1 Pcs	Rp 13.000
34	Keset	1 Pcs	Rp 13.000
35	Kipas angin	1 Unit	Rp 100.000
36	Kontainer box	1 Box	Rp 70.000
37	Spanduk	2 Meter	Rp 100.000
38	Daftar Menu	1 Pcs	Rp 13.000
39	Kabel + colokan	1 Unit	Rp 30.000
Total			Rp 10.427.000

b. Jenis dan Jumlah Bahan Baku Per Bulan (Biaya Variabel)

No	Bahan yang dibeli	Jumlah	Satuan	Harga	Nilai Investasi
1	Tepung sagu	30	bks	Rp 25.000	Rp 750.000
2	Tepung Tapioka	9	bks	Rp 10.000	Rp 90.000
3	Tepung Beras	9	bks	Rp 30.000	Rp 270.000
4	Garam	1	bks	Rp 8.000	Rp 8.000
5	gula	8	Kg	Rp 20.000	Rp 160.000
6	vanilli larome	6	bks	Rp 58.000	Rp 348.000
7	minyak tropical	1	Ml	Rp 23.500	Rp 23.500
8	air	20	galon	Rp 10.000	Rp 200.000
9	packaging	800	pcs	Rp 4.000	Rp 3.200.000
10	susu kaleng omela	15	pcs	Rp 13.000	Rp 195.000
11	Plastik	8	pcs	Rp 32.000	Rp 256.000
12	Keju moza	18	pcs	Rp 33.000	Rp 594.000
13	Collin Glaze Coklat	3	pcs	Rp 49.000	Rp 147.000
14	Collin Glaze Matcha	1	pcs	Rp 41.000	Rp 41.000
15	Collin Glaze Tiramisu	2	pcs	Rp 41.000	Rp 82.000
16	Kacang	1	Kg	Rp 51.000	Rp 51.000
17	Meses	2	Kg	Rp 32.000	Rp 64.000
18	Millo	13	pcs	Rp 2.000	Rp 26.000
Total					Rp 6.505.500

c. Biaya Tenaga Kerja

No	Perincian Pekerjaan	Satuan	Gaji/Orang	Total
1	CEO	1 Orang	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
2	Manajer Pemasaran	1 Orang	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
3	Manajer Produksi dan Keuangan	1 Orang	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
4	Karyawan Penjualan dan Kasir	1 Orang	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
			Jumlah	**Rp 6.800.000**

d. Biaya lain-lain

NO	Uraian	biaya(per bulan)
1	Sewa Tempat	Rp 1.000.000
2	Listrik dan air	Rp 200.000
3	Gas	Rp 185.000
4	Penyusutan Aset	Rp 271.833
	Total	Rp 1.670.354

Uraian	**Nilai modal awal**
asset	Rp 10.427.000
bahan baku	Rp 6.505.500
Tenaga Kerja	Rp 6.800.000
Lain-lain	Rp 1.670.354
Jumlah Kebutuhan modal aw	**Rp 25.402.854**

5.4 Analisis Kelayakan Finansial

5.4.1 *Return on Investment* (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Laba Bersih Tahunan}}{\text{Total Investasi}} \times 100\%$$

$$ROI = \frac{Rp\ 75.752.345}{Rp\ 25.402.854} 100\%$$

$$298\%$$

5.4.2 *Break Even Point* (BEP)

		BEP =	Biaya Tetap (FC)		
			Harga Jual (P) - Biaya Variabel per Porsi		
Biaya Tetap Bulanan (FC)	Rp	8.470.354			
Rata-rata Harga Jual	Rp	21.371			
Rata-rata Biaya Variabel	Rp	7.550			
		BEP =	Rp		8.470.354
			Rp		13.821
					613 Porsi/bulan
					24 Porsi/hari

5.4.3 *Benefit Cost Ratio* (BCR)

		BCR =	Total Benefit		
			Total Cost		
Benefit (Pendapatan)	Rp	19.448.000			
Cost (Biaya)	Rp	15.341.166			
		BCR =	Rp		19.448.000
			Rp		15.341.166
					1,27
☞ Karena BCR > 1, usaha dinilai **layak dijalankan**.					

5.4.4 Waktu Balik Modal (*Payback Period*)

		PP =	Investasi Awal		
			Laba Bersih Bulanan		
Investasi Awal	Rp	25.402.854			
Laba Bersih Bulanan	Rp	4.119.965			
		PP =	Rp		25.402.854
			Rp		4.119.965
					6 bulan

5.4.5 *Net Present Value* (NPV)

NPV mengukur **nilai sekarang** dari semua arus kas masuk masa depan, lalu **dikurangi** investasi awal. **NPV > 0** = proyek menambah nila					
		NPV=t=1∑n(1+r)tCFt−I0			
Karena CF tahunan **sama** tiap tahun, kita boleh pakai faktor anuitas:					
Tingkat diskonto (r)		10%		1	
Tahun ke-t (t)	Rp	75.752.345	Tahun 1		
	Rp	75.752.345	Tahun 2		
	Rp	75.752.345	Tahun 3		
Jumlah Periode (n)		3 Tahun			
Investasi awal (I0)	Rp	25.402.854			
NPV =		Arus kas pada periode ke-t			_ Investasi awal (I0)
		(1 + Tingkat diskonto (r) Periode ke-t (t)			
NPV =	Rp	162.982.016			

halaman ini sengaja dikosongkan

KANTOR PERWAKILAN BANK INDONESIA
PROVINSI PAPUA BARAT

Fungsi Perumusan KEKDA Provinsi
Jl. Brigjen Marinir Abraham O. Atururi
Kel. Anday Kec. Manokwari Selatan, Kab. Manokwari
Papua Barat, 98315
Telp. (0986) 216066 / Fax. (0986) 216063
www.bi.go.id