

Bioenergi sebagai Solusi Pembangunan Berkelanjutan di Lamongan Pantura: Sinergi Kebijakan, dan Pemberdayaan Masyarakat melalui Porter's Five Forces Analysis

Tri Bagus Prabowo^{1*}, Milla Viendyasari², Luky A Yusgiantoro³

¹ Program Pascasarjana, Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada.

² Teknik Perminyakan, Teknologi Mineral dan Energi, UPN "Veteran" Yogyakarta.

³ Ilmu Lingkungan, Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

*Penulis Korespondensi: tribagusofficial@gmail.com

Info Artikel

Diajukan: 10 Maret 2026

Diterima: 01 Mei 2026

Diterbitkan: 16 Mei 2026

Keywords:

Bioenergi, Policy, Sustainable, Development, Lamongan,

Kata Kunci:

Bioenergi, Kebijakan, Pembangunan, Berkelanjutan, Lamongan



Lisensi: cc-by-sa

Copyright © 2026 Prabowo T.B., Viendyasari M.,

Abstract

The potential of bioenergy in the northern coastal region of Lamongan offers significant opportunities to support sustainable development through the utilization of abundant local natural resources. The development of bioenergy in this area depends heavily on the availability of raw materials, applied technology, and supportive government policies. This paper aims to analyze the factors influencing the competitiveness of the bioenergy industry in Lamongan using Porter's Five Forces model. The analysis finds that the threat of new entrants is relatively low due to high investment barriers (about 30–40% of total initial costs) and limited technological capacity. However, policy incentives for renewable energy and market access could reduce these barriers within the next 5–10 years, in line with the National Electricity Supply Plan (RUPTL) 2021–2030 targeting a 23% renewable energy share by 2025. Buyer power is strong, driven by a 15% annual increase in renewable energy demand, while supplier dependence on agricultural and fishery biomass creates production instability. Although substitute energy sources such as solar and wind present challenges, limited competition and growing policy support provide strategic opportunities. Strengthening cross-sector collaboration, innovation, and technological investment is essential to enhance Lamongan's bioenergy competitiveness and contribution to SDG 7 and SDG 13.

Abstrak

*Potensi bioenergi di wilayah pesisir utara Lamongan menawarkan peluang signifikan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan melalui pemanfaatan sumber daya alam lokal yang melimpah. Pengembangan bioenergi di daerah ini sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku, penerapan teknologi, serta kebijakan pemerintah yang mendukung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang memengaruhi daya saing industri bioenergi di Lamongan dengan menggunakan model **Porter's Five Forces**. Hasil analisis menunjukkan bahwa ancaman pendatang baru relatif rendah karena hambatan investasi yang tinggi (sekitar 30–40% dari total biaya awal) dan keterbatasan teknologi yang tersedia. Namun, dukungan kebijakan energi terbarukan dan kemudahan akses pasar berpotensi mengurangi hambatan tersebut dalam 5–10 tahun ke depan, sejalan dengan RUPTL 2021–2030 yang menargetkan kontribusi energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025. Kekuatan tawar pembeli cukup tinggi dengan peningkatan permintaan energi terbarukan sebesar 15% per tahun, sementara ketergantungan pada pasokan biomassa dari sektor pertanian dan perikanan menyebabkan ketidakstabilan produksi. Meskipun energi surya dan angin menjadi ancaman pengganti, rendahnya tingkat persaingan dan meningkatnya dukungan kebijakan memberikan peluang strategis. Penguatan kolaborasi lintas sektor,*

inovasi, serta investasi teknologi menjadi kunci untuk meningkatkan daya saing bioenergi Lamongan dan kontribusinya terhadap SDG 7 dan SDG 13.

Cara mensitasi artikel:

Prabowo T.B., Viendyasari M., Yusgiantoro L.A. (2026). Bioenergi sebagai Solusi Pembangunan Berkelanjutan di Lamongan Pantura: Sinergi Kebijakan, dan Pemberdayaan Masyarakat melalui Porter's Five Forces Analysis. *Jurnal of Empowerment Community*, 8(2), 382–401. <https://doi.org/10.36423/jec.v8i2.2794>

PENDAHULUAN

Bioenergi merupakan energi yang dihasilkan dari bahan organik terbarukan seperti limbah pertanian, peternakan, dan perikanan. Selain ramah lingkungan, bioenergi memiliki nilai tambah ekonomi karena dapat mengubah limbah menjadi sumber energi bernilai guna. Menurut International Renewable Energy Agency (IRENA, 2023), potensi bioenergi Indonesia mencapai sekitar 32,6 gigawatt (GW), menjadikannya salah satu yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara (Yana dkk., 2022). Namun, tingkat pemanfaatan aktualnya baru sekitar 12% dari total potensi tersebut (KESDM, 2023), menunjukkan masih adanya kesenjangan yang besar antara potensi teknis dan realisasi pemanfaatan. Secara geografis, Kabupaten Lamongan di wilayah Pantai Utara (Pantura) Jawa Timur merupakan salah satu daerah dengan potensi bioenergi yang tinggi. Struktur ekonominya yang didominasi oleh sektor pertanian, perkebunan, dan perikanan menjadikan daerah ini kaya akan biomassa. Menurut Artikanur dkk., (2023) Pengembangan bioenergi di Lamongan tidak hanya memiliki potensi teknis tetapi juga relevansi sosial dan ekonomi. Bioenergi dapat menjadi katalis bagi pembangunan berkelanjutan di daerah pesisir yang selama ini masih menghadapi tantangan ekonomi dan keterbatasan infrastruktur energi. Febriani et al. (2024) menegaskan bahwa “pemanfaatan bioenergi berbasis limbah pertanian di tingkat lokal mampu meningkatkan pendapatan petani hingga 18% dan mengurangi biaya energi rumah tangga sebesar 25%”. Dengan demikian, pengembangan bioenergi tidak hanya menyentuh aspek lingkungan, tetapi juga menjadi instrumen pemberdayaan ekonomi masyarakat.

Meski demikian, industri bioenergi di Lamongan masih menghadapi berbagai hambatan. Hambatan utama terletak pada biaya investasi awal yang tinggi, fluktuasi pasokan bahan baku, keterbatasan teknologi pengolahan biomassa, serta minimnya dukungan kebijakan daerah. Richard dan Salsabila (2023) dalam kajiannya menyatakan bahwa “tingginya capital expenditure dan belum terintegrasinya rantai pasok biomassa menyebabkan daya saing proyek bioenergi di tingkat daerah rendah dibandingkan energi surya dan angin”. Kondisi ini menunjukkan perlunya pendekatan sistematis untuk memahami posisi kompetitif industri bioenergi di daerah seperti Lamongan. Dari sisi kebijakan, pemerintah telah menetapkan sejumlah regulasi yang mendukung pengembangan energi terbarukan. Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik, misalnya, memberikan insentif harga jual listrik dari energi biomassa sebesar Rp 1.450 per kWh kepada PLN. Selain itu, Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2021–2030 menargetkan tambahan kapasitas energi terbarukan sebesar 20,9 GW, dengan kontribusi bioenergi sekitar 2,5 GW (PT. PLN (PERSERO), 2021) Hal ini menunjukkan adanya peluang besar bagi daerah-daerah dengan sumber daya biomassa yang melimpah untuk menjadi pusat pengembangan energi terbarukan. Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, bioenergi memiliki kontribusi yang kuat terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), terutama SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) dan SDG 13 (Aksi terhadap Perubahan Iklim).

Pengembangan bioenergi berbasis komunitas juga dapat mendukung SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) melalui penciptaan lapangan kerja lokal. Sebuah studi oleh Lachat dkk (2021) menyimpulkan bahwa “sustainability of rural bioenergy initiatives depends on community participation and policy coherence between national and local levels”. Oleh karena itu, strategi pengembangan bioenergi di Lamongan harus bersifat inklusif dan partisipatif.

Dalam menganalisis dinamika daya saing industri bioenergi di Lamongan, penelitian ini memanfaatkan model Porter’s Five Forces untuk menilai berbagai faktor eksternal yang mempengaruhi daya saing dan keberlanjutan finansial industri tersebut. Model ini diperkenalkan oleh Michael Porter pada tahun 1979, dan telah menjadi kerangka kerja yang sering digunakan untuk strategi industri, termasuk dalam studi tentang energi dan bioenergi (Isabelle dkk., 2020). Model Porter’s Five Forces mencakup lima kekuatan utama: (1) ancaman pendatang baru, (2) kekuatan tawar pemasok, (3) kekuatan tawar pembeli, (4) ancaman produk pengganti, dan (5) intensitas persaingan antar perusahaan. Dalam konteks industri bioenergi di Lamongan, penting untuk mengevaluasi ancaman pendatang baru, mengingat potensi pertumbuhan yang menarik bagi investor baru dan tantangan yang terkait dengan regulasi dan infrastruktur (Burra & Ushadevi, 2022; Chand, 2023). Sementara itu, kekuatan tawar terhadap pemasok dapat berfluktuasi, tergantung pada ketersediaan bahan baku untuk produksi bioenergi, yang mempengaruhi biaya dan akuisisi sumber energi alternatif (Cahyaningsih & Prabowo, 2025). Dari perspektif pembeli, sejauh mana konsumen dapat memengaruhi harga produk bioenergi dibandingkan dengan sumber energi tradisional dan alternatif lainnya, seperti tenaga surya atau angin, juga merupakan aspek penting untuk dipertimbangkan. Penelitian menunjukkan bahwa dominasi pembeli dalam industri energi dapat berdampak besar pada daya saing harga bioenergi (Umoh dkk., 2023). Di samping itu, ancaman produk pengganti juga harus diperhatikan, terutama mengingat kemajuan teknologi di sektor energi terbarukan yang menawarkan alternatif lebih murah dan efisien (Salsabila & Ribhan, 2025; Rashid, 2023).

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap literatur energi terbarukan di Indonesia, sekaligus menawarkan rekomendasi kebijakan yang berbasis bukti bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan di Lamongan. Lebih jauh, hasil analisis diharapkan menjadi model konseptual untuk pengembangan ekonomi energi berkelanjutan berbasis bioenergi lokal, yang dapat direplikasi di wilayah agraris-pesisir lainnya di Indonesia.

METODE

Konsep Bioenergi dan Relevansinya terhadap Pembangunan Berkelanjutan

Bioenergi, sebagai salah satu alternatif energi terbarukan yang bersumber dari bahan organik, memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung pembangunan berkelanjutan, khususnya dalam konteks pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Menurut studi, bioenergi berpotensi untuk menyuplai hingga 20% dari total energi terbarukan global pada tahun 2050, asalkan pengelolaan bahan baku yang berkelanjutan dan teknologi konversi yang efisien diterapkan. Dalam konteks Indonesia, terdapat potensi bioenergi yang signifikan dengan kapasitas teknis mencapai 32,6 GW, namun pemanfaatan saat ini baru mencapai sekitar 12% dari potensi tersebut (Arifan dkk., 2021; Matin dkk., 2023). Tantangan utama dalam pengembangan bioenergi di Indonesia termasuk keterbatasan ketersediaan bahan baku dan

ketidakefektifan teknologi yang terkait dengan insentif kebijakan (Arifan dkk., 2021; Budiman, 2021). Pengembangan bioenergi tidak hanya berkontribusi dalam mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga sejalan dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), SDG 9 (Inovasi dan Infrastruktur), dan SDG 13 (Aksi terhadap Perubahan Iklim) (ŞENOL, 2020). Misalnya, pemanfaatan limbah pertanian untuk biogas terbukti mampu mengurangi emisi karbon meskipun angka spesifik bervariasi tergantung pada jenis biomassa yang digunakan (Dhungana dkk., 2022; Tamburini dkk., 2020). Bioenergi lokal, seperti biogas yang dihasilkan dari limbah ternak, mendukung penguatan ekonomi desa, menciptakan lapangan kerja, serta menurunkan biaya energi rumah tangga (Arifan dkk., 2021; Lwiza dkk., 2017).



Gambar 1. Contoh ilustrasi Pengembangan Bioenergi (Penulis, 2025)

Pendekatan inovatif dalam pengelolaan sumber daya biomassa, termasuk pengembangan platform digital untuk meningkatkan efisiensi antara penyedia biomassa dan produsen bioenergi, dinyatakan dapat meningkatkan kolaborasi dan produktivitas dalam rantai pasokan bioenergi (Budiman, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi penawaran biomassa secara daring berpotensi meningkatkan efisiensi dan kolaborasi di sektor ini (Das dkk., 2016). Kebijakan yang mendukung dan memfasilitasi penelitian serta implementasi teknologi yang efisien merupakan prasyarat penting untuk memaksimalkan potensi bioenergi (Arifan et al., 2021). Dengan demikian, bioenergi merupakan solusi komprehensif, tidak hanya sebagai sumber energi bersih tetapi juga sebagai mekanisme sosial-ekonomi yang mendukung kemandirian energi masyarakat. Pendekatan yang berfokus pada keberlanjutan dan efisiensi ini dapat memainkan peran sentral

dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan di Indonesia (Arifan et al., 2021; Budiman, 2021; Matin et al., 2023).

Porter's Five Forces sebagai Model Analisis Daya Saing Industri

Model Porter's Five Forces adalah alat analisis yang dikembangkan oleh Michael E. Porter pada tahun 1979 untuk memahami dinamika persaingan dalam suatu industri. Ini berfokus pada lima kekuatan utama yang menentukan struktur persaingan dan posisi kompetitif suatu perusahaan atau sektor, yang meliputi: (1) ancaman pendatang baru, (2) kekuatan tawar pemasok, (3) kekuatan tawar pembeli, (4) ancaman produk pengganti, dan (5) intensitas persaingan antar perusahaan. Penggunaan model ini sangat luas, termasuk dalam analisis sektor energi, terutama energi terbarukan, yang menjadi fokus utama dalam konteks isu lingkungan dan keberlanjutan. Dalam sektor energi terbarukan, model Porter membantu untuk memahami kekuatan eksternal yang mempengaruhi profitabilitas dan daya saing industri. Kebijakan yang mendukung energi terbarukan di berbagai negara dapat menciptakan hambatan masuk yang signifikan bagi pendatang baru, namun kebijakan yang tidak konsisten dapat meningkatkan risiko bagi investor serta mempengaruhi kekuatan tawar pemasok dan pembeli (Jung & Jeong, 2022; Paramadita & Hidayat, 2022). Perusahaan yang mampu berinovasi teknologi dan memanfaatkan permintaan pasar untuk solusi berkelanjutan memiliki potensi untuk mencapai keunggulan kompetitif di tengah persaingan yang ketat (Salsabila & Ribhan, 2025; Feng, 2024).

Kekuatan tawar pembeli dalam konteks energi terbarukan memberikan dampak yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kesadaran konsumen terhadap isu lingkungan membuat mereka semakin memilih produk dan layanan yang berkelanjutan, yang pada gilirannya meningkatkan daya tawar mereka terhadap penyedia energi terbarukan (Andika & Ishak, 2025; Supriyanto dkk., 2024). Di sisi lain, kekuatan tawar pemasok juga dipengaruhi oleh faktor seperti ketersediaan teknologi dan bahan baku; misalnya, dalam sektor energi surya, pemasok panel surya memiliki pengaruh besar atas harga dan kualitas, yang berdampak pada daya saing perusahaan (Sutopo & Rossieta, 2023; Yang, 2024). Ancaman produk pengganti merupakan faktor penting yang harus diperhitungkan. Meskipun energi terbarukan menawarkan banyak keuntungan, alternatif energi konvensional seperti batu bara dan gas alam masih ada dan memerlukan perusahaan energi terbarukan untuk bersaing dalam hal harga dan efisiensi sumber daya (Andika & Ishak, 2025; Pratiwi et al., 2025). Intensitas persaingan antar perusahaan dalam industri energi terbarukan juga meningkat seiring dengan banyaknya pemain baru yang memasuki pasar, yang memaksa perusahaan untuk terus berinovasi dan memperbaiki layanan agar dapat mempertahankan pangsa pasar (Eryogia dkk., 2024; Nurlansa & Jati, 2017). Dengan penerapan model Porter's Five Forces, perusahaan dalam sektor energi terbarukan dapat menentukan strategi yang tepat untuk menghadapi tantangan yang ada. Analisis ini membantu mengevaluasi lingkungan eksternal dan menyesuaikan strategi bisnis untuk meningkatkan daya saing dan keberlanjutan jangka panjang (Arifin et al., 2025; Ding, 2023).

Relevansi Pengembangan Bioenergi di Lamongan

Pengembangan bioenergi di Kabupaten Lamongan memiliki relevansi yang signifikan, tidak hanya dari perspektif energi terbarukan, tetapi juga karena karakteristik ekonomi lokal yang berbasis pada pertanian dan sektor perikanan. Dengan lebih dari 45% penduduk Lamongan bekerja di sektor pertanian dan perikanan, potensi untuk mengembangkan industri bioenergi berbasis limbah sangat besar. Data yang didasarkan pada penelitian menunjukkan bahwa lahan yang dapat digunakan untuk tanaman energi di Lamongan diperkirakan mencapai lebih dari 32.000 hektare, dengan total limbah biomassa yang dapat diproses menjadi energi setara dengan 50 MW listrik per tahun. Ini menunjukkan bahwa dengan dukungan teknologi dan finansial yang tepat, Lamongan dapat berfungsi sebagai area vital untuk inisiatif energi biomassa, berpotensi meningkatkan kemandirian energi sekaligus mengatasi masalah pengelolaan limbah. Disilain, pengembangan bioenergi di Lamongan tidak tanpa tantangan. Lautala dkk., (2015) berpendapat bahwa berbagai kendala di tingkat daerah termasuk rendahnya efisiensi rantai pasok, keterbatasan akses terhadap modal, dan kesenjangan teknologi antara sektor riset dan industri merupakan faktor penghambat yang perlu diatasi. Rantai pasok biomassa menjadi salah satu elemen krusial dalam produksi bioenergi berskala besar, dan kompleksitasnya dapat menjadi penghalang bagi pengadaan dukungan awal untuk pengembangan energi baru dan terbarukan ini. Pendekatan yang lebih komprehensif diperlukan untuk mengevaluasi kemampuan teknis dalam pengembangan bioenergi, tetapi juga daya saing industri secara struktural. Dalam hal ini, analisis Porter's Five Forces dapat memberikan kerangka kerja yang berguna untuk memahami posisi kompetitif Lamongan dalam lanskap industri bioenergi, termasuk ancaman pendaatang baru dan kekuatan tawar pembeli dan pemasok.

Lebih jauh lagi, terdapat kebutuhan untuk menerapkan solusi inovatif dalam pengelolaan rantai pasok bioenergi, seperti sistem pemasaran berbasis online untuk mendukung pemasok biomassa dan produsen energi. Inisiatif ini dapat berkontribusi pada efisiensi biaya dan peningkatan akses bagi pemasok lokal, sehingga meningkatkan daya saing sub-sektor bioenergi di Lamongan. Pendekatan ini, seperti yang dijelaskan oleh Borisoot dkk., (2024), bahwa berpotensi untuk merevolusi rantai pasok biomassa, memfasilitasi penetapan harga yang kompetitif dan transaksi yang efisien, serta mendukung keberlanjutan dan kolaborasi dalam menuju masa depan energi yang lebih hijau dan tahan banting. Dengan mempertimbangkan semua faktor ini, pengembangan bioenergi di Lamongan tidak hanya dapat membawa manfaat energi tetapi juga mendukung perkembangan ekonomi daerah melalui penciptaan lapangan kerja dan peningkatan pendapatan bagi petani dan nelayan lokal.

Dasar Teoretis Perhitungan Ekonomi Bioenergi

Analisis kelayakan ekonomi dalam proyek bioenergi umumnya didasarkan pada beberapa parameter dasar yang telah digunakan secara luas dalam kajian energi terbarukan. Parameter tersebut mencakup estimasi produksi energi, proyeksi pendapatan, biaya investasi dan operasi, serta indikator kelayakan finansial seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Break-even Point* (BEP), dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE). Seluruh indikator ini berfungsi untuk menilai sejauh mana suatu proyek bioenergi layak dibangun dari perspektif finansial dan bagaimana posisinya dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya.

Jam operasi efektif per tahun (H) $H = 8,760 \times CF$ (1)

Energi tahunan (E) — dalam MWh atau kWh $E_{MWh} = P_{MW} \times H$ atau $E_{kWh} = P_{MW} \times H \times 1,000$ (2)

Pendapatan tahunan (R) $R = E_{kWh} \times TR = E_{kWh} \times TR = E_{kWh} \times T$ (3)

Biaya bahan bakar tahunan (FuelCost) $FuelCost = Q_{biomassa} \times \rho_{biomassa}$ (4)

Jika kebutuhan biomassa diturunkan dari energi: $Q_{biomassa} = \frac{E_{kWh}}{\eta} \times EC$ (5)

Biaya operasi tahunan (OPEX) $OPEX_{tahun} = OPEX\% \times CAPEX$ atau $OPEX = \text{nilai tetap per tahun}$ $OPEX_{tahun} =$ (6)
 (tergantung pendekatan; pada simulasi digunakan nilai tetap/estimasi USD per tahun).

Arus kas bersih tahunan (CF_t) $CF_t = RR_t - OPEX_t - FuelCost_t - Tax_t - Othert$ (7)

Net Present Value (NPV) $NPV = -CAPEX + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}$ (8)

Internal Rate of Return (IRR) $IRR = -CAPEX + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+IRR)^i}$ (9)

Break-Even Point (BEP) — Payback Period (tahun) $\sum_{i=1}^n CF_i \geq CAPEX$ (10)

Levelized Cost of Energy (LCOE) $LCOE = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}}{E_{kWh}}$ (11)

$$\sum_{t=0}^n \frac{I_t + O_t + F_t(1+r)^t}{(1+r)^t} - \frac{E_t}{(1+r)^t}$$

CF = *capacity factor* (mis. 0,80 untuk 80%).

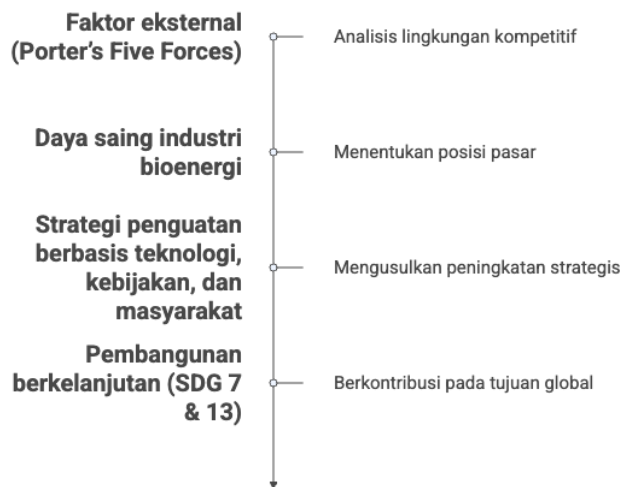
P_{MW} = kapasitas terpasang (MW).

T = tarif listrik per kWh (Rp/kWh).

- Q_{biomassa} = kebutuhan biomassa per tahun (ton)
- P_{biomassa} = harga per ton (Rp/ton).
- η = efisiensi konversi listrik (decimal, mis. 0,22), dan
- r = discount rate,
- N = umur proyek (tahun).
- I_t = investasi tahun t (biasanya CAPEX awal pada $t=0$)
- O_t = OPEX tahunan
- F_t =fuel cost tahunan
- E_t =energi tahunan.

Kerangka Pemikiran

Berdasarkan sintesis literatur di atas, penelitian ini berpijak pada asumsi bahwa pengembangan bioenergi di Lamongan dipengaruhi oleh kombinasi faktor-faktor ekonomi, kebijakan, teknologi, dan sosial. Kerangka konseptual penelitian dapat digambarkan sebagai berikut: Faktor eksternal (Porter’s Five Forces) → Daya saing industri bioenergi → Strategi penguatan berbasis teknologi, kebijakan, dan masyarakat → Pembangunan berkelanjutan (SDG 7 & 13). Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian berusaha mengidentifikasi posisi kompetitif industri bioenergi di Lamongan serta mengusulkan strategi konkret untuk meningkatkan kontribusinya terhadap pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal maupun nasional.



Gambar 2. Contoh ilustrasi Alur Pengembangan Bioenergi di Lamongan (Penulis, 2025)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Bioenergi di Kabupaten Lamongan

Potensi bioenergi di Kabupaten Lamongan berasal dari berbagai subsektor agraris-pesisir yang menghasilkan volume limbah biomassa cukup besar untuk dikonversi menjadi energi. Sektor pertanian merupakan penyumbang biomassa terbesar, terutama dari komoditas tebu, jagung, dan padi. Berdasarkan data BPS Jawa Timur (2023), produksi tebu Lamongan tercatat sebagai salah satu tertinggi di wilayah pantura, dengan luasan panen dan produktivitas yang relatif stabil dalam lima tahun terakhir. Limbah pertanian seperti bagasse (ampas tebu), daun tebu, dan jerami jagung memiliki nilai kalor yang cukup baik sebagai bahan baku pembangkit biomassa. Selain pertanian, sektor perikanan juga memberikan kontribusi penting terhadap sumber biomassa organik. Kabupaten Lamongan dikenal memiliki karakter pesisir dengan produksi ikan tangkap dan budidaya yang signifikan. Limbah perikanan, seperti sisa ikan, isi perut ikan, dan limbah pasar ikan, dapat diolah menjadi biogas melalui proses anaerobic digestion. Berdasarkan pola konsumsi dan produksi ikan budidaya di Jawa Timur, kontribusi biomassa organik dari subsektor ini di Lamongan diperkirakan mencapai 1.500–2.300 ton limbah basah per tahun, memberikan potensi energi yang cukup besar untuk skala komunal maupun UMKM energi desa.

Jika dihitung berdasarkan konversi energi rata-rata (1 Ton limbah biomassa kering \approx 3,5–4,0 MWh listrik), potensi teknis bioenergi Lamongan berada pada kisaran 40–50 MW listrik, yang cukup untuk memenuhi sebagian kebutuhan energi daerah terpencil atau kawasan industri kecil. Dengan demikian, potensi bioenergi Lamongan cukup kuat untuk menopang program transisi energi berbasis komunitas yang direncanakan oleh pemerintah daerah maupun perusahaan daerah.

Analisis Porter's Five Forces

Ancaman Pendetang Baru

Pendetang baru dalam industri bioenergi menghadapi hambatan masuk (barriers to entry) yang cukup tinggi. Pengembangan pembangkit biomassa membutuhkan investasi modal yang besar, terutama untuk pembelian mesin boiler, turbin uap, gasifier, sistem pengeringan biomassa, dan infrastruktur pendukung. Berdasarkan biaya investasi rata-rata di Asia Tenggara, CAPEX pembangkit biomassa skala 5 MW diperkirakan mencapai USD 11–12 juta, menjadikannya industri yang tidak mudah dimasuki oleh usaha kecil dan menengah tanpa dukungan investasi eksternal. Selain itu, teknologi konversi biomassa memerlukan keahlian teknis serta sistem rantai pasok yang stabil. Tidak semua daerah mampu mengembangkan rantai pasok biomassa yang terintegrasi, dan hal ini menjadi hambatan signifikan bagi pendatang baru. Regulasi nasional seperti Perpres No. 112/2022 sebenarnya membuka peluang melalui penyediaan tarif jual listrik biomassa, namun tarif tersebut masih dianggap kurang kompetitif untuk menarik investor besar. Dengan memperhitungkan faktor biaya, regulasi, dan teknologi, ancaman pendatang baru di industri bioenergi Lamongan dapat dikategorikan sebagai rendah hingga moderat.

Kekuatan Tawar Pemasok

Pemasok biomassa di Lamongan berasal dari tiga kelompok besar: petani tebu, petani jagung, dan pelaku industri perikanan. Kekuatan tawar pemasok cenderung tinggi, dengan alasan berikut:

- Biomassa memiliki sifat musiman, terutama untuk tebu dan jagung, sehingga ketersediaannya tidak merata sepanjang tahun.
- Pemasok relatif terdesentralisasi, mayoritas berupa petani kecil dan koperasi yang memiliki posisi tawar tertentu ketika pasokan terbatas.
- Biaya transportasi biomassa tinggi karena biomassa memiliki densitas energi rendah, sehingga pembangkit harus berada dekat dengan sumber biomassa.

Selain itu, harga biomassa rentan dipengaruhi faktor iklim dan pasar komoditas nasional. Fluktuasi harga limbah tebu dan jagung dapat menyebabkan ketidakpastian biaya produksi energi. Oleh karena itu, kekuatan tawar pemasok dapat dikategorikan sebagai tinggi dan dominan dalam mempengaruhi struktur biaya bioenergi.

Kekuatan Tawar Pembeli

Pembeli utama energi bioenergi adalah PLN untuk listrik, serta industri kecil dan menengah untuk biomassa padat (pellet/woodchips). Dalam konteks PLN, kekuatan tawar pembeli cukup tinggi karena PLN merupakan satu-satunya pembeli listrik dari pembangkit biomassa dalam skema Independent Power Producer (IPP). Struktur pasar monopsoni seperti ini menempatkan PLN pada posisi tawar yang dominan. Di sisi lain, permintaan energi bersih di sektor industri sedang meningkat sebagai dampak dari regulasi penurunan emisi dan tren global ESG (Environmental, Social, Governance). Hal ini meningkatkan minat industri terhadap energi terbarukan, termasuk biomassa. Namun, harga energi biomassa masih bersaing ketat dengan alternatif seperti energi surya yang semakin murah sejak 2019. Karena itu, kekuatan tawar pembeli dikategorikan sebagai tinggi, terutama karena PLN sebagai pembeli tunggal listrik dan adanya alternatif energi lain yang lebih murah.

Ancaman Produk Pengganti

Ancaman terbesar bagi bioenergi berasal dari energi surya dan tenaga angin yang mengalami penurunan biaya teknologi secara signifikan. Menurut IRENA (2023), Levelized Cost of Electricity (LCOE) tenaga surya global telah turun hingga –85% antara 2010–2022, menjadikannya salah satu energi termurah di dunia. Biaya pembangunan PLTS skala menengah di Indonesia saat ini berada di kisaran USD 800–1.000/kWp, jauh lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit biomassa. Teknologi penyimpanan energi (battery storage) juga semakin terjangkau, sehingga memperkuat posisi surya sebagai pesaing utama bioenergi. Dengan perkembangan ini, ancaman produk pengganti bagi bioenergi dikategorikan sangat tinggi. Secara keseluruhan, struktur industri masih

longgar, namun tekanan kompetitif dari energi alternatif (surya/angin) membuat posisi biomassa tetap berada dalam tekanan eksternal.

Tabel 1. Analisa Sintesis Porter’s Five Forces

Kekuatan Porter	Tingkat Tekanan	Dampak Terhadap Industri
Pendatang Baru	Rendah–Moderate	Hambatan masuk tinggi (CAPEX/teknologi)
Pemasok	Tinggi	Ketergantungan musiman, harga biomassa fluktuatif
Pembeli	Tinggi	PLN sebagai monopsoni listrik
Produk Pengganti	Sangat Tinggi	Surya & angin jauh lebih murah
Persaingan Industri	Rendah–Moderate	Pemain sedikit, namun ancaman teknologi tinggi

Sumber: Data primer diolah oleh penulis (2025)

Hasil ini menunjukkan bahwa daya tarik industri bioenergi Lamongan secara struktural berada pada kategori **moderate to weak**, sehingga membutuhkan strategi penguatan dari sisi kebijakan, teknologi, dan integrasi rantai pasok.

Analisis Rantai Pasok Bioenergi di Kabupaten Lamongan

Rantai pasok bioenergi di Kabupaten Lamongan terdiri atas beberapa tahapan utama, yaitu (1) penyediaan bahan baku biomassa, (2) pengumpulan dan transportasi, (3) pengolahan dan konversi energi, (4) distribusi energi, dan (5) pasar/pengguna akhir. Setiap tahap memiliki karakteristik dan tantangan tersendiri yang mempengaruhi keberlanjutan dan profitabilitas industri bioenergi secara keseluruhan.

Tabel 2. Sumber Biomassa Utama di Kabupaten Lamongan

Sumber Biomassa	Jenis Limbah	Potensi Tahunan (Estimasi)**	Karakteristik Energi	Kelebihan	Kelemahan
Pertanian – Tebu	Bagasse, daun tebu	120.000–150.000 ton	Nilai kalor tinggi (18–20 MJ/kg)	Stabil saat musim panen; cocok untuk boiler	Musiman; butuh pengeringan

Pertanian – Jagung	Batang, tongkol, daun	80.000–110.000 ton	Kalor sedang (14–17 MJ/kg)	Mudah diperoleh; ada sepanjang tahun	Transportasi mahal (bulky)
Padi (beras)	Jerami, sekam	40.000–60.000 ton	Sesuai gasifikasi	Tersebar; produksi merata	Nilai kalor lebih rendah
Perikanan	Limbah organik ikan	1.500–2.300 ton	Cocok biogas	Ketersediaan stabil; mudah terurai	Bau; perlu instalasi anaerob
Peternakan	Kotoran ternak (sapi/kambing/ayam)	30.000–40.000 ton	Biogas	Bagus untuk biodigester desa	Volume tidak terlalu besar

Sumber: Potensi bersifat estimasi berbasis data BPS per komoditas dan tingkat konversi biomassa nasional. Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Tabel 3. Teknologi Konversi Bioenergi yang Relevan

Tahap Rantai Pasok	Deskripsi Kegiatan	Aktor Terlibat	Risiko	Peluang
Penyediaan Bahan Baku	Produksi limbah biomassa (tebu, jagung, ikan, peternakan)	Petani, koperasi, industri	Musim, fluktuasi komoditas	Volume besar, multi-feedstock
Pengumpulan Biomassa	Pengumpulan dari lahan & pusat produksi	Koperasi, pengepul	Biaya tenaga kerja	Optimalisasi BUMDes energi
Transportasi	Pengiriman biomassa ke pabrik energi	Transportir lokal	Biaya tinggi, densitas rendah	Pemanfaatan pusat pengumpul
Penyimpanan	Penyimpanan biomassa sebelum diproses	Industri energi	Risiko pembusukan	Teknologi densifikasi/pengeringan

Konversi Energi	Gasifikasi, pembakaran, biodigester	Pabrik biomassa	Teknologi mahal	Efisiensi meningkat tiap tahun
Distribusi Energi	Penjualan listrik/biogas/pelet	PLN, UMKM, masyarakat	Regulasi	Skema energi desa (off- grid)

Tahap Rantai Pasok	Deskripsi Kegiatan	Aktor	Risiko	Peluang
Konsumsi/Pasar	Penggunaan energi oleh rumah tangga/industri	Terlibat Konsumen	Harga substitusi	Permintaan energi hijau naik

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Tabel 4. Tantangan Rantai Pasok Bioenergi Lamongan (Penulis, 2025)

Tahapan	Tantangan Utama	Dampak	Rekomendasi
Penyediaan Bahan Baku	Musim panen, fragmentasi petani	Fluktuasi pasokan	Buat Koperasi Energi Biomassa
Pengumpulan	Penyebaran geografis	Biaya operasional tinggi	Titik kumpul terpadu (hubs)
Transportasi	Biomassa bulky, nilai kalor rendah	Biaya logistik 20–25%	Teknologi densifikasi/pellet
Penyimpanan	Biomassa mudah busuk	Penurunan kualitas	Gudang ventilasi + pengering
Konversi Energi	Teknologi mahal	CAPEX tinggi	Skema KPBU/PPP Energi
Distribusi	PLN monopsoni, PPA lambat	Ketidakpastian pendapatan	Model off-grid desa
Pasar	Harga substitusi energi murah	Daya saing rendah	Sertifikasi karbon/biochar

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Tabel 5. Pemetaan Aktor Rantai Pasok

Aktor	Peran dalam Rantai Pasok	Kepentingan	Kekuatan Pengaruh
-------	--------------------------	-------------	-------------------

Petani	Penyedia biomassa	Harga tinggi, kepastian pembelian	Sedang
Koperasi BUMDes Energi	Agregator, logistik Pengelolaan fasilitas desa	Margin distribusi Stabilitas energi lokal	Tinggi Tinggi
Pabrik/Pelaku Industri Bioenergi	Konversi energi	Kepastian ^{energi} pasokan & tarif	Tinggi
PLN	Pembeli listrik (IPP)	Efisiensi biaya	Sangat tinggi

Pemda Lamongan	Regulator & fasilitator	Pembangunan daerah	Tinggi
Masyarakat	Konsumen akhir	Harga & akses energi	Sedang

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Tabel 6. Asumsi Dasar Proyek Bioenergi 5 MW di Lamongan

Komponen	Nilai	Sumber/Alasan
Kapasitas Pembangkit	5 MW	Standar IPP biomassa skala daerah
Teknologi	Steam Turbine Boiler (Bagasse/Jagung/Residue Mix)	Cocok untuk multi-feedstock Lamongan
Faktor Kapasitas	80%	Lebih tinggi dari surya (18–20%)
Jam Operasi Tahunan	7.008 jam	80% × 8.760 jam
Umur Proyek	15–20 tahun	Standar PLN/IPP
CAPEX	USD 11.000.000	Data rata-rata ESDM–IRENA
OPEX	USD 450.000/tahun	Biaya O&M, tenaga kerja, spare parts
Harga Bahan Bakar Biomassa	Rp 600.000–800.000/ton	Pasar biomassa Jawa Timur
Tarif Listrik Biomassa	Rp 1.450/kWh	Perpres 112/2022
Discount Rate	8%	Rata-rata WACC energi Indonesia

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Tabel 7. Produksi Energi dan Pendapatan Tahunan

Parameter	Perhitungan	Hasil
Energi Tahunan	5 MW × 7.008 jam	28.032 MWh
Energi dalam kWh	28.032 MWh × 1.000	28.032.000 kWh
Pendapatan Tahunan	28.032.000 kWh × Rp 1.450	Rp 40.646.400.000 (~Rp 40,6 M)
Biaya OPEX Tahunan	–	Rp 7–8 M (konversi USD–IDR)

Margin Kotor

Pendapatan – OPEX

~Rp 32,4 M

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Pendapatan tahunan mencapai **Rp 40,6 miliar**, cukup besar untuk pembangkit 5 MW. Marjin kotor yang lebar menunjukkan potensi cashflow positif.

Tabel 8. Simulasi IRR, NPV, dan BEP

Indikator	Hasil	Keterangan
IRR	12,6%	> Discount Rate (8%) → <i>Layak</i>
NPV (15 tahun)	Positif	Nilai tambah investasi tercapai
BEP	5,5 tahun	Tahun ke-6 proyek mulai untung
LCOE	Rp 1.250–1.350/kWh	Kompetitif untuk biomassa

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

IRR di atas 12% menunjukkan proyek menarik bagi investor, terutama bila pasokan biomassa stabil.

Tabel 9. Perbandingan Teknis & Ekonomi

Parameter	Biomassa 5 MW	Surya 5 MW	Angin 5 MW	Analisis Singkat
CAPEX	USD 11 juta	USD 4,5 juta	USD 7 juta	Surya paling murah
OPEX	USD 450 ribu	USD 80 ribu	USD 120 ribu	Biomassa tertinggi
Faktor Kapasitas	80%	18–22%	28–32%	Biomassa unggul jauh
Energi Tahunan	28.032 MWh	7.500–8.500 MWh	12.000–14.000 MWh	Biomassa 3× Surya
Pendapatan Tahunan	Rp 40,6 M	Rp 10–12 M	Rp 17–21 M	Biomassa tertinggi
IRR	12–13%	10–11%	9–10%	Biomassa unggul
BEP	5,5 tahun	6–7 tahun	7–8 tahun	Biomassa tercepat

Sumber: Analisa dan Data sekunder diolah oleh penulis (2025)

Perbandingan teknis dan ekonomi antara biomassa, surya, dan angin pada tabel 9 menunjukkan bahwa masing-masing memiliki karakteristik berbeda yang memengaruhi daya saingnya. Biomassa memiliki biaya investasi awal yang paling tinggi, namun keunggulannya terletak pada faktor kapasitas yang mencapai sekitar 80%, menjadikannya sumber energi yang stabil dan mampu beroperasi hampir sepanjang waktu. Kondisi ini membuat produksi listrik biomassa jauh lebih besar dibandingkan surya dan angin, yang sangat bergantung pada kondisi cuaca. Dari sisi pendapatan, biomassa menghasilkan nilai tahunan tertinggi karena volume produksi energinya yang lebih besar. Meskipun biaya operasional biomassa lebih tinggi, kinerja produksi yang stabil menghasilkan nilai IRR sekitar 12–13%, lebih unggul dibandingkan PLTS dan PLTB. Hal ini tercermin pada periode pengembalian modal yang lebih cepat, yakni sekitar lima hingga enam tahun. Sementara itu, surya dan angin memiliki CAPEX dan OPEX lebih rendah, tetapi faktor kapasitas yang kecil menyebabkan pendapatan dan profitabilitas lebih rendah. Dengan demikian, biomassa

menjadi teknologi paling kompetitif untuk daerah seperti Lamongan, terutama jika pasokan bahan baku terkelola dengan baik dan rantai pasoknya konsisten.

Dampak Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan Pengembangan Bioenergi di Lamongan

Pengembangan bioenergi di Kabupaten Lamongan memberikan dampak multidimensional yang saling berkaitan antara aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dari sisi sosial, inisiatif bioenergi berpotensi meningkatkan ketahanan energi masyarakat pedesaan melalui pemanfaatan limbah pertanian, peternakan, dan perikanan untuk menghasilkan biogas maupun listrik skala kecil. Ketersediaan energi alternatif berbasis biomassa membuka peluang peningkatan kesejahteraan, terutama ketika masyarakat dilibatkan dalam pengelolaan rantai pasok melalui kelembagaan lokal seperti koperasi atau BUMDes energi. Keterlibatan tersebut tidak hanya memperkuat kapasitas sosial, tetapi juga menciptakan bentuk gotong royong baru di sektor energi berbasis komunitas.

Secara ekonomi, pemanfaatan limbah organik sebagai sumber energi memberikan nilai tambah bagi sektor agraris dan perikanan yang mendominasi struktur ekonomi Lamongan. Limbah yang sebelumnya tidak bernilai atau dibuang begitu saja dapat diolah menjadi energi, pelet biomassa, biochar, dan produk turunan lain yang memiliki nilai pasar. Dengan adanya fasilitas penyerapan limbah secara konsisten, petani dan pelaku industri kecil memperoleh sumber pendapatan tambahan, sementara pelaku industri energi mendapatkan pasokan bahan baku yang relatif stabil. Analisis kelayakan finansial yang ditunjukkan melalui estimasi IRR sekitar 12–13% dan periode BEP kurang dari enam tahun memperlihatkan bahwa bioenergi memiliki prospek ekonomi yang kompetitif dibandingkan sumber energi alternatif lain.

Pada aspek lingkungan, bioenergi menawarkan manfaat signifikan melalui pengurangan volume limbah organik, mitigasi dampak pencemaran, dan penurunan emisi karbon. Limbah tebu, sekam padi, tongkol jagung, dan residu perikanan yang selama ini berpotensi mencemari tanah maupun perairan dapat dikonversi menjadi energi yang bersih. Selain itu, pemanfaatan biomassa mendukung penerapan ekonomi sirkular dengan mengembalikan sebagian residu proses, seperti biochar dan digestate, ke lahan pertanian untuk meningkatkan kesuburan tanah dan kapasitas penyerapan karbon. Dampak ini memperkuat kontribusi bioenergi terhadap pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan, terutama SDG 7 yang menekankan akses energi bersih dan SDG 13 yang berkaitan dengan aksi mitigasi perubahan iklim. Secara keseluruhan, bioenergi memiliki potensi strategis untuk memperkuat struktur sosial-ekonomi Lamongan sambil memberikan manfaat lingkungan yang signifikan. Namun, besarnya dampak positif ini hanya dapat terwujud apabila tersedia kelembagaan lokal yang kuat, konsistensi pasokan bahan baku, serta dukungan kebijakan yang memadai untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitas implementasinya.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa Kabupaten Lamongan memiliki potensi bioenergi yang signifikan, baik dari sektor pertanian, perikanan, maupun peternakan. Potensi tersebut berasal dari volume limbah biomassa yang cukup stabil dan beragam, sehingga memungkinkan pengembangan pembangkit listrik biomassa serta aplikasi energi skala komunitas. Analisis terhadap kondisi struktural industri melalui Porter's Five Forces memperlihatkan bahwa daya tarik industri bioenergi berada pada

kategori moderate, dengan kekuatan tawar pemasok dan ancaman produk pengganti sebagai faktor eksternal paling dominan. Kekuatan tawar pemasok biomassa tergolong tinggi karena karakteristik pasokan yang musiman, tersebar, dan melibatkan banyak petani kecil. Kondisi ini menuntut adanya sistem agregasi bahan baku yang terstruktur. Sementara itu, ancaman energi pengganti, khususnya tenaga surya, semakin kuat sejalan dengan penurunan biaya teknologi panel surya dan peningkatan efisiensinya dalam satu dekade terakhir. Kombinasi kedua faktor tersebut menekan daya saing struktural bioenergi, terutama jika tidak diimbangi dengan strategi penguatan rantai pasok dan inovasi teknologi.

Meski begitu, hasil simulasi ekonomi menunjukkan bahwa proyek bioenergi berkapasitas 5 MW di Lamongan tetap layak dikembangkan, dengan IRR sekitar 12–13% dan periode pengembalian modal (BEP) sekitar lima hingga enam tahun. Keunggulan utama biomassa terletak pada faktor kapasitasnya yang tinggi (80%), sehingga dapat berfungsi sebagai base load energy, berbeda dengan energi surya dan angin yang sangat bergantung pada kondisi cuaca. Dengan demikian, bioenergi memiliki posisi kompetitif yang penting dalam kerangka penyediaan energi berkelanjutan berbasis daerah. Dampak sosial-ekonomi yang dihasilkan dari pengembangan bioenergi juga cukup substansial. Pemanfaatan limbah organik menjadi energi menciptakan peluang pendapatan baru bagi petani dan pelaku usaha kecil, memperluas kesempatan kerja lokal, serta memperkuat kelembagaan komunitas melalui keberadaan koperasi atau BUMDes energi. Dari sisi lingkungan, bioenergi mampu mengurangi pencemaran limbah, mendukung konsep ekonomi sirkular, dan memberikan kontribusi nyata terhadap upaya mitigasi perubahan iklim.

Hasil penelitian menegaskan bahwa pengembangan bioenergi di Lamongan berpotensi menjadi salah satu pilar transisi energi daerah, asalkan didukung dengan strategi penguatan dari sisi teknologi, kebijakan, dan pemberdayaan masyarakat. Dengan pendekatan yang tepat, industri bioenergi di Lamongan mampu berkontribusi pada pencapaian SDG 7 (energi bersih dan terjangkau) dan SDG 13 (aksi terhadap perubahan iklim), serta memperkuat kemandirian energi daerah dalam jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada **Program Pascasarjana Energi Terbarukan, Universitas Darma Persada**, yang telah memberikan dukungan akademik dan fasilitas penelitian sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan mendukung upaya percepatan transisi energi berkelanjutan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Arifin, Rakhmat Priyono, & Goro Binardjo. (2025). Institutional Factors: Challenges For Coconut Sugar Small Enterprises Survival. *Journal of Economics, Social, and Humanities*, 3(1). <https://doi.org/10.30595/jesh.v3i1.326>
- Annisa Salsabila, & Ribhan Ribhan. (2025). Porter's Five Forces and Competitive Advantage : A Study on Banana Chips MSMEs in Bandar Lampung. *Green Inflation: International Journal of Management and Strategic Business Leadership*, 2(1), 115–126. <https://doi.org/10.61132/greeninflation.v2i1.204>

- Arifan, F., Abdullah, A., & Sumardiono, S. (2021). Effect of Organic Waste Addition into Animal Manure on Biogas Production Using Anaerobic Digestion Method. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3), 623–633. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.36107>
- Artikanur, S. D., Widiatmaka, Setiawan, Y., & Marimin. (2023). An Evaluation of Possible Sugarcane Plantations Expansion Areas in Lamongan, East Java, Indonesia. *Sustainability*, 15(6), 5390. <https://doi.org/10.3390/su15065390>
- Borisoot, K., Kanarkard, W., Wongwuttanasatian, T., Niltarach, P., Suksri, A., Tientanopajai, K., & Soodphakdee, D. (2024). Waste-to-Energy Online Marketplace: Leveraging AI Recommendation Matchmaking for Enhanced Biomass Sourcing in Bioenergy Production. *E3S Web of Conferences*, 530, 03003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453003003>
- Budiman, I. (2021). Complexity of Barriers to Biogas Digester Dissemination in Indonesia. *Indonesian Journal of Energy*, 4(1), 57–70. <https://doi.org/10.33116/ije.v4i1.98>
- Burra, N. J., & Ushadevi, K. N. (2022). Porter's Five Forces Analysis of Zanzibar's Seaweed Industry. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 185–196. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2022/v40i111700>
- Cahyaningsih, S., & Prabowo, R. (2025). ANALISIS STRATEGI BISNIS AIR MINUM DALAM KEMASAN DENGAN PENDEKATAN METODE PORTER'S FIVE FORCES DAN RIS3. *Nusantara of Engineering (NOE)*, 8(01), 125–134. <https://doi.org/10.29407/noe.v8i01.24630>
- Chand, S. V. (2023). Relevance of Porter's Five Forces: A Case Study of RB Patel in Fiji. *Open Journal of Business and Management*, 11(05), 2135–2143. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2023.115117>
- Das, A., Mondal, C., & Chatterjee, S. G. (2016). Time-Lag Models for Continuous Stirred Tank and Plug Flow Digesters for Biogas Production. *Energy & Fuels*, 30(12), 10404–10416. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.6b01320>
- Dhungana, B., Lohani, S. P., & Marsolek, M. (2022). Anaerobic Co-Digestion of Food Waste with Livestock Manure at Ambient Temperature: A Biogas Based Circular Economy and Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 14(6), 3307. <https://doi.org/10.3390/su14063307>
- Ding, Z. (2023). Business Strategy of TCL Technology Group Corporation: Porter's Five Forces Analysis. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 14(1), 147–152. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/14/20230806>
- Feng, Y. (2024). Microsoft's Strategic Advantage: An In-depth Analysis Based on Porter's Five Forces Model. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 122(1), 96–103. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/122/20242562>
- Hubi Rahmat Andika, & Ishak, I. (2025). Analisis Daya Saing Universitas di Purworejo dengan Pendekatan Five Forces Porter. *MAMEN: Jurnal Manajemen*, 4(3), 317–327. <https://doi.org/10.55123/mamen.v4i3.5435>

- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). World energy transitions outlook 2023: 1.5°C Pathway. In *International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*.
<https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- Isabelle, D., Horak, K., McKinnon, S., & Palumbo, C. (2020). Is Porter's Five Forces Framework Still Relevant? A study of the capital/labour intensity continuum via mining and IT industries. *Technology Innovation Management Review*, 10(6), 28–41.
<https://doi.org/10.22215/timreview/1366>
- Jung, S. H., & Jeong, Y. J. (2022). A quantitative perspective of Porter's industry forces framework for investment analysis. *Managerial and Decision Economics*, 43(1), 48–64.
<https://doi.org/10.1002/mde.3358>
- KESDM. (2023). *Handbook of Energy & Environmental Materials 2023*.
- Kevin Naufal Eryogia, Komang Diah Cahya Utami, Diajeng Siti Aqillah Sundari, Alya Nadhifah Bintang, & Wahyu Dharma Wibisana. (2024). Penerapan Porter Five Forces Dan Analisis Swot Dalam Perencanaan Strategi PT Roves Global Food. *EBISMAN EBisnis Manajemen*, 2(2), 105–118. <https://doi.org/10.59603/ebisman.v2i2.403>
- Lachat, A., Mantalovas, K., Desbois, T., Yazoghli-Marzouk, O., Colas, A. S., Di Mino, G., & Feraille, A. (2021). From buildings' end of life to aggregate recycling under a circular economic perspective: A comparative life cycle assessment case study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179625>
- Lautala, P. T., Hilliard, M. R., Webb, E., Busch, I., Richard Hess, J., Roni, M. S., Hilbert, J., Handler, R. M., Bittencourt, R., Valente, A., & Laitinen, T. (2015). Opportunities and Challenges in the Design and Analysis of Biomass Supply Chains. *Environmental Management*, 56(6), 1397–1415. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0565-2>
- Lwiza, F., Mugisha, J., Walekhwa, P. N., Smith, J., & Balana, B. (2017). Dis-adoption of Household Biogas technologies in Central Uganda. *Energy for Sustainable Development*, 37, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.01.006>
- Matin, H. H. A., Syafrudin, S., & Suherman, S. (2023). Rice Husk Waste: Impact on Environmental Health and Potential as Biogas. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 18(3), 431–436. <https://doi.org/10.15294/kemas.v18i3.42467>
- Nurlansa, O., & Jati, H. (2017). Analysis Porter's Five forces Model on Airbnb. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 1(2), 84–96. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v1i2.12457>
- Paramadita, S., & Hidayat, D. (2022). Industry Competitiveness Analysis Using Porter's Five Forces: Indonesian Multi-industry Study Case. *ARBITRASE: Journal of Economics and Accounting*, 3(2), 317–322. <https://doi.org/10.47065/arbitrase.v3i2.465>
- PT. PLN (PERSERO). (2021). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2021-2030. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2021-2030, 2019–2028*.

- Rashid, C. A. (2023). PESTEL Analysis and Porter's Five Forces as marketing tools to evaluate Morrison's performance and strategy. *Journal of Global Social Sciences*, 4(15), 75–83. <https://doi.org/10.58934/jgss.v4i15.187>
- Richard, I. N., & Salsabila, P. Y. (2023). Energizing Indonesia through Policy Recommendations of Biomass Power Plants : A Comparative Analysis with Brazil and Germany. *Journal of International Studies on Energy Affairs*, 4(2), 165–187. <https://doi.org/10.51413/jisea.vol4.iss2.2023.165-187>
- Rizka Sobriyani Pratiwi, Dianatul Aizza, Dimas Saputro, & Yoiz Shofwa Shafrani. (2025). Analisis Kompetitif Pegadaian Syariah Purwokerto Menggunakan Metode Porter's Five Forces Strategi Pemasaran Produk Gadai Tabungan Emas. *Profit: Jurnal Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 4(2), 257–272. <https://doi.org/10.58192/profit.v4i2.3349>
- ŞENOL, H. (2020). Kentsel katı atık ve sıgır gübresinin ko-sindiriminden biyogaz üretiminin incelenmesi. *European Journal of Science and Technology*. <https://doi.org/10.31590/ejosat.802272>
- Supriyanto, A., Firdaus, M. R., Susanty, Y., Limantara, M., Umi Anisah, H., Wandary, W., & Suharto, I. (2024). Implications of Competitive Advantage Strategies in the Buying and Selling Used Iron. *International Journal of Innovative Research in Multidisciplinary Education*, 03(09). <https://doi.org/10.58806/ijirme.2024.v3i9n12>
- Sutopo, P., & Rossieta, H. (2023). Evaluasi Emergent Strategy Bisnis PLTS Atap PT X sehubungan dengan Ketidakpastian Strategis Permintaan Pasar. *Jurnal Manajemen Dan Organisasi*, 14(3), 297–309. <https://doi.org/10.29244/jmo.v14i3.47621>
- Tamburini, E., Gaglio, M., Castaldelli, G., & Fano, E. A. (2020). Biogas from Agri-Food and Agricultural Waste Can Appreciate Agro-Ecosystem Services: The Case Study of Emilia Romagna Region. *Sustainability*, 12(20), 8392. <https://doi.org/10.3390/su12208392>
- Umoh, V. A., Umana, E. S., & Udoh, M. A. (2023). Porter's Five Forces and Competitive Advantage of Telecommunications Firms in Nigeria. *European Journal of Logistics, Purchasing and Supply Chain Management*, 11(1), 43–55. <https://doi.org/10.37745/ejlp SCM.2013/vol11n14355>
- Yana, S., Nizar, M., Irhamni, & Mulyati, D. (2022). Biomass waste as a renewable energy in developing bio-based economies in Indonesia: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112268. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112268>
- YANG, H. K. (2024). The Food Industry under Consumer Downgrading: Taking Liangpinpuzi as an Example. *Highlights in Business, Economics and Management*, 40, 324–328. <https://doi.org/10.54097/119ffr25>