

Pengaruh Kapasitas Terpasang dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Terhadap Tenaga Listrik yang Dibangkitkan dalam Kurun Waktu 2017–2023: Studi pada 10 Provinsi Terisolasi Non-Jawa di Indonesia

Trassanda Scudetto Widestomo Putra^{1*}, Eri Prabowo²

¹⁻² Institut Teknologi Perusahaan Listrik Negara

*Corresponding email: TRASSANDA2410505@itpln.ac.id¹ eriprabowo@itpln.ac.id²

Abstrak: Penelitian ini menganalisis pengaruh kapasitas terpasang dan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan pada sepuluh provinsi terisolasi non-Jawa selama 2017–2023. Data sekunder disusun sebagai panel seimbang yang mencakup 10 provinsi, 7 tahun, dan 70 observasi. Model logaritmik diestimasi melalui regresi data panel. Uji Chow, Hausman, dan Lagrange Multiplier menetapkan Fixed Effect Model sebagai model terbaik. Hasil menunjukkan kapasitas terpasang berpengaruh positif dan signifikan dengan koefisien 0,668528, sedangkan PDRB berpengaruh positif dan signifikan dengan koefisien 1,095007. Kedua variabel secara simultan berpengaruh signifikan, dengan R-squared sebesar 0,854272 dan adjusted R-squared sebesar 0,826634. Model tidak mengalami heteroskedastisitas maupun multikolinearitas. Temuan menegaskan bahwa perencanaan pembangkitan pada sistem non-Jawa perlu menyelaraskan penambahan kapasitas teknis dengan perkembangan aktivitas ekonomi daerah.

Kata kunci: data panel, kapasitas terpasang, pembangkitan listrik, PDRB, sistem kelistrikan non-Jawa

Abstract: This study examines the effects of installed generating capacity and Gross Regional Domestic Product (GRDP) on electricity generated in ten isolated non-Java provinces during 2017–2023. Secondary data were arranged as a balanced panel covering 10 provinces, 7 years, and 70 observations. A logarithmic panel regression model was estimated. The Chow, Hausman, and Lagrange Multiplier tests selected the Fixed Effect Model as the preferred specification. Installed capacity has a positive and significant coefficient of 0.668528, while GRDP has a positive and significant coefficient of 1.095007. Both variables jointly affect electricity generation significantly, with an R-squared of 0.854272 and an adjusted R-squared of 0.826634. The model shows neither heteroskedasticity nor multicollinearity. The findings indicate that generation planning in non-Java systems should align technical capacity expansion with regional economic development.

Keywords: electricity generation, GRDP, installed capacity, non-Java power systems, panel data

PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan dasar yang menopang aktivitas rumah tangga, pelayanan publik, kesejahteraan sosial, dan perekonomian. Dalam konteks Indonesia, tenaga listrik berkaitan dengan hajat hidup orang banyak sehingga penyediaannya perlu dilakukan secara berkelanjutan dengan mutu dan keandalan yang memadai (Lumakso, 2021). Ketersediaan listrik menentukan kelancaran layanan kesehatan, pendidikan, pemerintahan, transportasi, dan kegiatan ekonomi, sedangkan gangguan pasokan dapat menurunkan produktivitas masyarakat. Oleh karena itu, tata kelola ketenagalistrikan tidak hanya berkaitan dengan penyediaan energi, tetapi juga dengan kemampuan pemerintah dan penyedia tenaga listrik dalam mendukung pembangunan daerah (Sambodo & Hidayat, 2020). Peningkatan mutu jaringan dan pengelolaan sistem penting untuk menjaga keandalan pelayanan (Sinaga et al., 2021).

Kapasitas terpasang dan tenaga listrik yang dibangkitkan merupakan dua indikator yang berbeda tetapi saling berkaitan. Kapasitas terpasang dalam megawatt (MW) menunjukkan kemampuan daya maksimum nominal pembangkit, sedangkan tenaga listrik yang dibangkitkan dalam megawatt-hour atau gigawatt-hour menunjukkan akumulasi energi yang benar-benar diproduksi. Perbedaan tersebut terlihat pada PLTA Merangin berkapasitas puncak sekitar 103,8 MW dengan produksi 636,66 GWh per tahun, serta PLTS berkapasitas 1,34 MW yang menghasilkan 833 MWh (Larasari et al., 2021; Manahara et al., 2023). Hubungan keduanya tidak selalu proporsional karena produksi dipengaruhi oleh jam operasi, faktor kapasitas, kebutuhan beban, ketersediaan energi primer, pemeliharaan, gangguan pembangkit, dan kondisi jaringan. Perubahan beban generator juga memengaruhi efisiensi

operasi dan konsumsi bahan bakar sehingga berdampak pada produksi listrik (Jamal et al., 2020). Karena itu, kapasitas terpasang digunakan sebagai faktor teknis, sedangkan tenaga listrik yang dibangkitkan merepresentasikan realisasi pemanfaatannya.

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) menggambarkan nilai tambah barang dan jasa yang dihasilkan dalam suatu wilayah sehingga dapat digunakan sebagai indikator skala aktivitas ekonomi daerah (Nugraha et al., 2022). Peningkatan PDRB umumnya berkaitan dengan berkembangnya kegiatan industri, perdagangan, jasa, dan konsumsi masyarakat yang membutuhkan dukungan listrik. Konsumsi energi listrik karena itu berperan penting dalam menopang kegiatan ekonomi secara berkesinambungan (Naldi & Anis, 2021; Qodariah & Nurjihadi, 2024). PDRB juga dapat digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan energi karena perubahan struktur ekonomi memengaruhi listrik yang diperlukan suatu wilayah (Putri et al., 2022). Ketika kebutuhan meningkat, sistem kelistrikan perlu merespons melalui peningkatan utilisasi pembangkit, penyesuaian operasi, penguatan jaringan, atau pengembangan kapasitas (Aryanto et al., 2020; Sunuputri & Hasmarini, 2023; Wahyudi & Zapita, 2022). Dengan demikian, PDRB diposisikan sebagai faktor ekonomi yang diduga memengaruhi tenaga listrik yang dibangkitkan.

Karakter sistem kelistrikan Jawa–Bali berbeda dengan banyak wilayah non-Jawa. Sistem Jawa–Bali didukung jaringan transmisi yang relatif lebih terintegrasi, sedangkan wilayah non-Jawa menghadapi kondisi kepulauan, jarak antarpusat beban yang berjauhan, serta penyebaran kegiatan ekonomi yang tidak merata. Kondisi tersebut menyebabkan pembangunan dan pengoperasian jaringan harus disesuaikan dengan keterpisahan antarpulau dan perbedaan skala kebutuhan tiap daerah. Pengembangan sistem di Bintan–Barelang, misalnya, perlu mempertimbangkan lokasi pusat beban dan pertumbuhan industri serta perdagangan setempat (Liun et al., 2020), sementara perencanaan energi di Sumbawa perlu disesuaikan dengan kemampuan pasokan dan perkembangan kebutuhan daerah (Aryanto et al., 2020). Akibatnya, sebagian sistem non-Jawa beroperasi dalam bentuk subsistem terpisah atau terfragmentasi sehingga transfer listrik antardaerah lebih terbatas. Dalam penelitian ini, istilah provinsi terisolasi merujuk pada karakter sistem kelistrikan yang belum sepenuhnya terhubung dengan sistem interkoneksi yang lebih luas atau masih didominasi subsistem terpisah, bukan pada keterisolasian administratif wilayahnya.

Penelitian ini menetapkan sepuluh provinsi non-Jawa sebagai unit analisis, yaitu Kepulauan Bangka Belitung, Kepulauan Riau, Kalimantan Barat, Kalimantan Utara, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Maluku, Maluku Utara, Papua historis, dan Papua Barat historis. Pemilihannya didasarkan pada karakter sistem kelistrikan yang relatif terpisah, terdiri atas beberapa subsistem, atau memiliki keterbatasan menerima pasokan dari provinsi lain. Kesepuluh provinsi tersebut mewakili Sumatra, Kalimantan, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua serta mencerminkan keragaman geografis, ekonomi, kapasitas pembangkit, dan output listrik. Papua dan Papua Barat dipertahankan dalam cakupan wilayah historis agar konsistensi observasi tetap terjaga setelah pemekaran tahun 2022. Periode penelitian mencakup 2017–2023, sehingga data yang digunakan merupakan panel seimbang dengan sepuluh unit provinsi, tujuh periode, dan total 70 observasi.

Data penelitian memperlihatkan bahwa tenaga listrik yang dibangkitkan cenderung meningkat selama 2017–2023, tetapi perkembangannya tidak merata. Rata-rata pembangkitan meningkat dari sekitar 958,56 GWh pada 2017 menjadi 1.845,84 GWh pada 2023. Pada akhir periode, Kepulauan Riau mencatat pembangkitan tertinggi sebesar 4.440,21 GWh, disusul Kalimantan Barat sebesar 3.874,60 GWh, sedangkan Kalimantan Utara dan Maluku Utara masing-masing hanya menghasilkan 688,40 GWh dan 729,45 GWh. Rata-rata kapasitas terpasang meningkat dari 366,22 MW menjadi 541,92 MW, sementara rata-rata PDRB bertambah dari Rp110.044,35 miliar menjadi Rp168.040,40 miliar. Namun, perubahan ketiga

variabel tidak selalu proporsional. Maluku mengalami kenaikan kapasitas hingga 2022, tetapi pembangkitannya tetap berfluktuasi, sedangkan Papua historis memiliki PDRB relatif tinggi tetapi output pembangkitannya masih lebih rendah daripada Kepulauan Riau. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pembuktian statistik atas hubungan ketiga variabel.

Penelitian terdahulu lebih banyak membahas konsumsi listrik sebagai faktor yang memengaruhi pertumbuhan ekonomi atau sebagai respons terhadap perkembangan aktivitas ekonomi. Pada tingkat nasional, konsumsi energi dan listrik umumnya ditempatkan sebagai variabel penjelas dalam menganalisis kinerja perekonomian Indonesia (Johan & Ginting, 2022; Naldi & Ali, 2021). Adi et al. (2022) secara khusus menganalisis konsumsi listrik sektor industri dan bisnis bersama harga listrik, inflasi, suku bunga, PDB, dan investasi di Indonesia, sedangkan Anwar dan Elfaki (2021) mengkaji hubungan konsumsi energi, pertumbuhan ekonomi, dan degradasi lingkungan. Pada lingkup Asia Pasifik, Adi et al. (2023) menempatkan pembangkitan energi, pertumbuhan ekonomi, arus masuk FDI, dan emisi CO₂ dalam satu kajian lintas negara. Kajian tingkat provinsi juga cenderung menitikberatkan hubungan PDRB, sektor ekonomi, dan konsumsi listrik, seperti di Kepulauan Bangka Belitung, Kalimantan Selatan, Nusa Tenggara Barat, dan Sumatera Selatan (Nugraha et al., 2022; Putri et al., 2022; Qodariah & Nurjihad, 2024; Sunuputri & Hasmarini, 2023). Sebaliknya, tenaga listrik yang dibangkitkan relatif lebih jarang digunakan sebagai variabel dependen utama. Kajian yang menggabungkan kapasitas terpasang sebagai faktor teknis dan PDRB sebagai faktor ekonomi juga masih terbatas, terutama pada sistem kelistrikan non-Jawa yang terpisah atau terfragmentasi. Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut melalui pengujian kedua faktor terhadap output pembangkitan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan tenaga listrik yang dibangkitkan sebagai variabel dependen, penggabungan kapasitas terpasang dan PDRB, serta fokus pada sepuluh provinsi non-Jawa. Konsistensi wilayah dipertahankan melalui rekonstruksi Papua dan Papua Barat berdasarkan cakupan historis sebelum pemekaran. Analisis menggunakan regresi data panel periode 2017–2023 untuk menguji pengaruh parsial kapasitas terpasang, pengaruh parsial PDRB, dan pengaruh simultan kedua variabel terhadap pembangkitan listrik. Hasil penelitian diharapkan berkontribusi pada perencanaan kapasitas pembangkit yang lebih selaras dengan perkembangan ekonomi daerah. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kapasitas terpasang dan Produk Domestik Regional Bruto secara parsial maupun simultan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan pada sepuluh provinsi terisolasi non-Jawa di Indonesia selama periode 2017–2023.

LANDASAN TEORI

Tenaga listrik yang dibangkitkan

Tenaga listrik yang dibangkitkan merupakan jumlah energi listrik yang benar-benar dihasilkan pembangkit selama periode tertentu. Indikator ini berbeda dari daya pembangkit karena memperhitungkan dimensi waktu operasi. Secara konseptual, pembangkitan merupakan hasil interaksi antara kemampuan teknis pembangkit, durasi operasi, faktor kapasitas, kebutuhan beban, ketersediaan energi primer, kondisi jaringan, serta jadwal pemeliharaan. Karena itu, nilai pembangkitan memberikan gambaran yang lebih dekat terhadap pemanfaatan aktual aset pembangkit daripada sekadar kapasitas nominal. Kajian teknis pada pembangkit tenaga air dan surya menunjukkan bahwa besarnya kapasitas perlu diterjemahkan ke dalam energi tahunan agar kemampuan sistem dalam memenuhi kebutuhan dapat dinilai secara utuh (Larasari et al., 2021; Manahara et al., 2023).

Kapasitas terpasang

Kapasitas terpasang adalah kemampuan daya maksimum nominal seluruh unit pembangkit yang tercatat dalam suatu sistem dan dinyatakan dalam megawatt. Kapasitas tersebut membentuk batas teknis awal bagi kemungkinan produksi listrik, tetapi tidak dengan sendirinya menjamin seluruh kapasitas dapat digunakan secara terus-menerus. Perbedaan usia pembangkit, teknologi, efisiensi, faktor kapasitas, ketersediaan bahan bakar, derating, gangguan, dan kebutuhan pemeliharaan menyebabkan tingkat utilisasi antardaerah berbeda. Perubahan beban generator juga memengaruhi efisiensi dan konsumsi bahan bakar sehingga tambahan kapasitas belum tentu menghasilkan kenaikan energi dalam proporsi yang sama (Jamal et al., 2020). Namun, dalam perencanaan jangka menengah, kapasitas terpasang tetap menjadi indikator penting karena menunjukkan ruang teknis yang tersedia untuk merespons pertumbuhan kebutuhan listrik dan menjadi dasar proyeksi produksi energi (Purnomo et al., 2023).

Produk Domestik Regional Bruto

Produk Domestik Regional Bruto merupakan nilai tambah bruto yang dihasilkan oleh seluruh kegiatan ekonomi dalam suatu wilayah selama periode tertentu. PDRB mencerminkan skala produksi dan aktivitas ekonomi daerah, termasuk perkembangan industri, perdagangan, jasa, dan konsumsi masyarakat (Nugraha et al., 2022). Peningkatan aktivitas ekonomi memperluas penggunaan peralatan, mesin, fasilitas komersial, layanan publik, dan infrastruktur digital yang membutuhkan listrik. Oleh sebab itu, PDRB dapat dipahami sebagai proksi tekanan kebutuhan dari sisi ekonomi. Berbagai kajian daerah menunjukkan bahwa perubahan PDRB dan struktur ekonomi berkaitan dengan perubahan kebutuhan, konsumsi, dan infrastruktur listrik (Putri et al., 2022; Qodariah & Nurjihad, 2024; Sunuputri & Hasmarini, 2023). Hubungan tersebut dapat bersifat dua arah, tetapi dalam penelitian ini PDRB ditempatkan sebagai faktor ekonomi yang mendorong respons pembangkitan.

Hubungan kapasitas terpasang, PDRB, dan pembangkitan listrik

Secara teoritis, kapasitas terpasang bekerja dari sisi penawaran, sedangkan PDRB merepresentasikan perkembangan kebutuhan dari sisi ekonomi. Peningkatan kapasitas memperluas kemampuan sistem dalam menghasilkan listrik, sementara pertumbuhan PDRB meningkatkan kebutuhan energi yang dapat mendorong pemanfaatan pembangkit. Pembangkitan akan meningkat secara berkelanjutan apabila kemampuan teknis, kebutuhan beban, dan dukungan jaringan berkembang secara selaras. Pada sistem non-Jawa yang terfragmentasi, hubungan tersebut menjadi lebih penting karena keterbatasan transfer daya antarsistem membuat kebutuhan lokal lebih banyak dipenuhi oleh kapasitas yang berada di dalam subsistem yang sama. Apabila kapasitas bertambah tanpa pertumbuhan beban yang sebanding, utilisasi dapat rendah. Sebaliknya, apabila PDRB berkembang tanpa dukungan kapasitas dan jaringan, kebutuhan listrik berpotensi tidak terlayani secara optimal.

Hipotesis penelitian

Berdasarkan hubungan konseptual tersebut, hipotesis penelitian dirumuskan sebagai berikut: (H1) kapasitas terpasang berpengaruh positif dan signifikan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan; (H2) PDRB berpengaruh positif dan signifikan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan; dan (H3) kapasitas terpasang dan PDRB secara simultan berpengaruh signifikan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksplanatori. Analisis dilakukan menggunakan data sekunder berbentuk data panel yang menggabungkan dimensi antarprovinsi dan dimensi waktu. Unit cross-section terdiri atas sepuluh provinsi non-Jawa, yaitu Kepulauan Bangka Belitung, Kepulauan Riau, Kalimantan Barat, Kalimantan Utara, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Maluku, Maluku Utara, Papua historis, dan Papua Barat historis. Dimensi waktu mencakup tujuh tahun, yaitu 2017–2023, sehingga terbentuk panel seimbang dengan 70 observasi.

Data tenaga listrik yang dibangkitkan, kapasitas terpasang, dan PDRB dihimpun dari publikasi serta tabel statistik Badan Pusat Statistik (2022, 2024a, 2024b, 2025a, 2025b) yang telah disusun dalam lembar kerja penelitian. Untuk menjaga konsistensi wilayah sepanjang periode pengamatan, data Papua tahun 2023 direkonstruksi dengan menjumlahkan Papua, Papua Selatan, Papua Tengah, dan Papua Pegunungan. Papua Barat historis dibentuk dengan menjumlahkan Papua Barat dan Papua Barat Daya. Rekonstruksi dilakukan terhadap seluruh variabel pada tahun yang sama sehingga definisi wilayah tetap sebanding dengan periode sebelum pemekaran.

Tabel 1. Definisi operasional variabel

Variabel	Simbol	Definisi operasional	Satuan	Peran
Tenaga listrik yang dibangkitkan	LYD	Energi listrik yang benar-benar dihasilkan selama satu tahun	GWh	Dependen
Kapasitas terpasang	KTPL	Daya maksimum nominal pembangkit yang tersedia dalam sistem	MW	Independen teknis
Produk Domestik Regional Bruto	PDRB	Nilai tambah barang dan jasa yang dihasilkan suatu provinsi	Miliar rupiah, ADHB	Independen ekonomi

Seluruh variabel ditransformasikan ke dalam logaritma natural untuk mengurangi perbedaan skala antarsatuan, memperbaiki distribusi data, dan memungkinkan koefisien diinterpretasikan sebagai elastisitas. Model dasar penelitian dirumuskan sebagai berikut:

$$\ln(LYD_{it}) = \alpha_i + \beta_1 \ln(KTPL_{it}) + \beta_2 \ln(PDRB_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Pada persamaan tersebut, i menunjukkan provinsi, t menunjukkan tahun, α_i merupakan konstanta individual setiap provinsi, β_1 dan β_2 merupakan koefisien regresi, dan ε_{it} merupakan komponen kesalahan. Pemilihan model panel dilakukan melalui tiga tahap. Uji Chow membandingkan Common Effect Model dengan Fixed Effect Model. Uji Hausman membandingkan Random Effect Model dengan Fixed Effect Model. Uji Lagrange Multiplier membandingkan Common Effect Model dengan Random Effect Model. Keputusan dilakukan pada taraf signifikansi 5 persen.

Setelah model terpilih, kelayakan statistik dievaluasi melalui uji heteroskedastisitas White dan uji multikolinearitas menggunakan korelasi, tolerance, dan Variance Inflation Factor. Model dinyatakan tidak mengalami heteroskedastisitas apabila probabilitas uji White lebih besar dari 0,05. Multikolinearitas dinilai tidak bermasalah apabila korelasi antarvariabel independen lebih kecil dari 0,80, tolerance lebih besar dari 0,10, dan VIF lebih kecil dari 10.

Pengujian hipotesis dilakukan melalui uji t untuk pengaruh parsial, uji F atau Wald untuk pengaruh simultan, serta R-squared dan adjusted R-squared untuk menilai kemampuan penjelasan model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan variabel penelitian

Secara umum, ketiga variabel mengalami peningkatan selama periode penelitian. Rata-rata tenaga listrik yang dibangkitkan naik dari 958,56 GWh pada 2017 menjadi 1.845,84 GWh pada 2023 atau meningkat sekitar 92,56 persen. Rata-rata kapasitas terpasang bertambah dari 366,22 MW menjadi 541,92 MW atau meningkat sekitar 47,98 persen. Pada saat yang sama, rata-rata PDRB meningkat dari Rp110.044,35 miliar menjadi Rp168.040,40 miliar atau sekitar 52,70 persen. Pertumbuhan pembangkitan yang lebih tinggi daripada penambahan kapasitas menunjukkan adanya peningkatan pemanfaatan aset secara agregat, tetapi pola tiap provinsi tetap berbeda karena komposisi pembangkit, faktor kapasitas, kebutuhan beban, dan kondisi jaringan tidak sama.

Pada 2023, Kepulauan Riau dan Kalimantan Barat mencatat pembangkitan tertinggi, masing-masing 4.440,21 GWh dan 3.874,60 GWh. Kalimantan Utara dan Maluku Utara berada pada kelompok pembangkitan terendah dengan 688,40 GWh dan 729,45 GWh. Perbedaan tersebut tidak selalu sejajar dengan posisi PDRB maupun kapasitas. Maluku, misalnya, mengalami peningkatan kapasitas hingga 2022 tetapi pembangkitannya tetap berfluktuasi. Papua historis memiliki skala ekonomi relatif besar, tetapi output pembangkitannya berada di bawah Kepulauan Riau. Temuan deskriptif ini menguatkan perlunya model yang mengendalikan karakteristik khusus setiap provinsi.

Pemilihan model regresi data panel

Tabel 2. Hasil pengujian pemilihan model

Pengujian	Perbandingan	Statistik	Probabilitas	Keputusan	Model terpilih
Uji Chow	CEM vs FEM	$F = 5,307910$	0,000028	H_0 ditolak	FEM
Uji Hausman	REM vs FEM	$\chi^2 = 6,670881$	0,035599	H_0 ditolak	FEM
Uji Lagrange Multiplier	CEM vs REM	$\chi^2 = 15,173623$	0,000098	H_0 ditolak	REM

Uji Chow menghasilkan probabilitas 0,000028, sehingga Common Effect Model ditolak dan Fixed Effect Model dipilih. Uji Hausman menghasilkan probabilitas 0,035599, sehingga Random Effect Model ditolak dan Fixed Effect Model dipilih. Uji Lagrange Multiplier menunjukkan bahwa Random Effect Model lebih baik daripada Common Effect Model. Karena perbandingan langsung antara Fixed Effect Model dan Random Effect Model ditentukan oleh Uji Hausman, model akhir yang digunakan adalah Fixed Effect Model. Pemilihan ini menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik tetap antarprovinsi berkorelasi dengan variabel penjelas dan perlu dikendalikan melalui intersep yang berbeda.

Uji heteroskedastisitas dan multikolinearitas

Tabel 3. Ringkasan uji asumsi model

Pengujian	Indikator	Nilai	Probabilitas/Kriteria	Kesimpulan
White	Obs*R ²	3,851648	p = 0,570967 > 0,05	Tidak terdapat heteroskedastisitas
White	F-statistic	0,745311	p = 0,592496 > 0,05	Tidak terdapat heteroskedastisitas
Multikolinearitas	Korelasi antar-X	0,693389	< 0,80	Tidak terdapat multikolinearitas
Multikolinearitas	Tolerance	0,519212	> 0,10	Tidak terdapat multikolinearitas
Multikolinearitas	VIF	1,925994	< 10	Tidak terdapat multikolinearitas

Probabilitas uji White lebih besar dari 0,05 sehingga varians residual tidak menunjukkan gejala heteroskedastisitas. Korelasi antarvariabel independen sebesar 0,693389 masih berada di bawah batas 0,80. Nilai tolerance sebesar 0,519212 dan VIF sebesar 1,925994 juga memenuhi kriteria. Dengan demikian, kapasitas terpasang dan PDRB masih mengandung informasi yang berbeda dan dapat dimasukkan secara bersama-sama ke dalam model tanpa menimbulkan distorsi multikolinearitas yang serius.

Hasil estimasi Fixed Effect Model

Tabel 4. Hasil estimasi Fixed Effect Model

Variabel	Koefisien	Std. Error	t-statistic	Probabilitas	Kesimpulan
Konstanta basis	-9,213370	3,194200	-2,884406	0,005496	Signifikan
LN(KTPL)	0,668528	0,227128	2,943400	0,004662	Positif dan signifikan
LN(PDRB)	1,095007	0,349313	3,134745	0,002699	Positif dan signifikan

$$\ln(LYD_{it}) = \alpha_i + 0,668528 \ln(KTPL_{it}) + 1,095007 \ln(PDRB_{it})$$

Koefisien kapasitas terpasang sebesar 0,668528 dengan probabilitas 0,004662 menunjukkan pengaruh positif dan signifikan. Dalam model logaritmik, peningkatan kapasitas terpasang sebesar 1 persen berkaitan dengan peningkatan tenaga listrik yang dibangkitkan sekitar 0,6685 persen, dengan PDRB dan karakteristik tetap provinsi dianggap konstan. Nilai elastisitas yang lebih kecil dari satu menunjukkan respons pembangkitan yang inelastis terhadap kapasitas. Tambahan daya nominal belum seluruhnya berubah menjadi produksi energi karena pemanfaatannya bergantung pada kebutuhan beban, faktor kapasitas, kesiapan unit, bahan bakar, dan jaringan.

Hasil tersebut sejalan dengan konsep bahwa kapasitas menyediakan ruang teknis bagi peningkatan produksi, tetapi hubungan MW dan GWh tidak bersifat satu banding satu. Kajian Larasari et al. (2021) dan Manahara et al. (2023) menunjukkan bahwa kapasitas pembangkit perlu diterjemahkan melalui potensi energi dan kemampuan operasional. Temuan Jamal et al.

(2020) juga memperlihatkan bahwa perubahan beban memengaruhi efisiensi dan konsumsi bahan bakar. Dengan demikian, kebijakan penambahan pembangkit pada wilayah non-Jawa perlu disertai peningkatan utilisasi, kesiapan energi primer, pemeliharaan, dan penguatan jaringan agar tambahan kapasitas menghasilkan energi secara optimal.

Koefisien PDRB sebesar 1,095007 dengan probabilitas 0,002699 menunjukkan pengaruh positif dan signifikan. Peningkatan PDRB sebesar 1 persen berkaitan dengan peningkatan pembangkitan listrik sekitar 1,0950 persen, dengan kapasitas terpasang dan efek tetap provinsi dianggap konstan. Elastisitas yang sedikit lebih besar dari satu menunjukkan bahwa pembangkitan merespons perubahan skala ekonomi secara relatif kuat. Pertumbuhan industri, perdagangan, jasa, konsumsi rumah tangga, dan pelayanan publik meningkatkan kebutuhan energi sehingga sistem pembangkitan merespons melalui tambahan jam operasi dan peningkatan utilisasi unit.

Hasil PDRB konsisten dengan kajian yang menempatkan aktivitas ekonomi sebagai penentu kebutuhan listrik. Nugraha et al. (2022), Putri et al. (2022), Qodariah dan Nurjihad (2024), serta Sunuputri dan Hasmarini (2023) menunjukkan bahwa perkembangan ekonomi daerah berkaitan dengan konsumsi, kebutuhan, infrastruktur, dan pemanfaatan listrik. Temuan penelitian ini memperluas kajian sebelumnya yang lebih banyak menggunakan konsumsi energi atau listrik sebagai variabel utama (Adi et al., 2022; Anwar & Elfaki, 2021), serta melengkapi kajian lintas negara yang menempatkan pembangkitan energi dan pertumbuhan ekonomi dalam satu kerangka analisis (Adi et al., 2023). Dalam penelitian ini, hubungan tersebut diuji dari sisi tenaga listrik yang dibangkitkan sebagai output sistem, dengan mengendalikan kemampuan teknis melalui kapasitas terpasang dan karakteristik tetap setiap provinsi.

Uji simultan dan koefisien determinasi

Tabel 5. Kelayakan dan kemampuan penjelasan model

Indikator	Nilai	Probabilitas	Interpretasi
F-statistic	30,128097	< 0,000001	KTPL dan PDRB berpengaruh simultan
Wald χ^2	60,256193	< 0,000001	Mendukung hasil uji F
R-squared	0,854272	-	Model menjelaskan 85,43% variasi LYD
Adjusted R-squared	0,826634	-	Daya jelas terkoreksi sebesar 82,66%

Nilai F-statistic sebesar 30,128097 dengan probabilitas di bawah 0,05 menunjukkan bahwa kapasitas terpasang dan PDRB secara simultan berpengaruh signifikan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan. R-squared sebesar 0,854272 menunjukkan bahwa sekitar 85,43 persen variasi pembangkitan dapat dijelaskan oleh kapasitas terpasang, PDRB, dan perbedaan karakteristik tetap antarprovinsi. Setelah mempertimbangkan jumlah parameter, adjusted R-squared tetap tinggi sebesar 0,826634. Sisanya dijelaskan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan ke dalam model, seperti bauran energi, faktor kapasitas, kebutuhan beban, harga dan ketersediaan bahan bakar, pemeliharaan, gangguan, kondisi transmisi-distribusi, dan kebijakan operasi.

Pengaruh simultan tersebut menegaskan bahwa perencanaan pembangkitan tidak cukup dilakukan hanya dari sisi teknis atau ekonomi. Penambahan kapasitas tanpa pertumbuhan kebutuhan dapat menghasilkan utilisasi yang rendah, sedangkan perkembangan ekonomi tanpa kapasitas dan jaringan yang memadai dapat meningkatkan risiko kekurangan pasokan. Pada provinsi non-Jawa yang memiliki subsistem terpisah, koordinasi antara proyeksi

ekonomi, perencanaan pembangkit, pasokan energi primer, dan pembangunan jaringan menjadi lebih penting karena ruang untuk menerima dukungan daya dari sistem lain relatif terbatas.

Efek individual provinsi

Tabel 6. Efek individual Fixed Effect Model

Provinsi	Intercept provinsi	Efek individual	Posisi relatif
Kepulauan Bangka Belitung	-9,213370	0,651320	Di atas rata-rata
Kepulauan Riau	-10,172523	-0,307832	Di bawah rata-rata
Kalimantan Barat	-10,689101	-0,824410	Di bawah rata-rata
Kalimantan Utara	-10,288294	-0,423604	Di bawah rata-rata
Nusa Tenggara Barat	-9,669360	0,195331	Di atas rata-rata
Nusa Tenggara Timur	-9,841154	0,023537	Di atas rata-rata
Maluku	-9,151537	0,713153	Di atas rata-rata
Maluku Utara	-9,491854	0,372837	Di atas rata-rata
Papua historis	-10,649050	-0,784360	Di bawah rata-rata
Papua Barat historis	-9,480663	0,384027	Di atas rata-rata

Efek individual menangkap karakteristik tetap provinsi yang tidak berubah selama periode penelitian dan tidak diwakili secara langsung oleh kapasitas terpasang maupun PDRB. Maluku memiliki efek positif tertinggi sebesar 0,713153, diikuti Kepulauan Bangka Belitung sebesar 0,651320. Kalimantan Barat memiliki efek paling rendah sebesar -0,824410, sedangkan Papua historis sebesar -0,784360. Posisi positif atau negatif bukan penilaian baik atau buruk terhadap kinerja provinsi, melainkan pergeseran intersep setelah kedua variabel utama dikendalikan. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan struktur bauran pembangkit, pola beban, bentuk geografis, kualitas jaringan, tingkat utilisasi, dan karakter operasional yang relatif menetap.

Implikasinya, kebijakan pembangkitan perlu disusun secara spesifik menurut karakter sistem. Provinsi dengan efek negatif tidak serta-merta membutuhkan tambahan kapasitas semata, tetapi memerlukan evaluasi terhadap utilisasi aset, kendala jaringan, pasokan energi primer, dan pola operasi. Provinsi dengan efek positif juga tetap memerlukan pengendalian investasi agar penambahan kapasitas mengikuti pertumbuhan beban. Pendekatan satu kebijakan untuk seluruh provinsi berisiko mengabaikan perbedaan mendasar yang ditunjukkan oleh Fixed Effect Model.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Fixed Effect Model merupakan model yang paling sesuai untuk menganalisis data sepuluh provinsi non-Jawa selama 2017–2023. Pemilihan tersebut didukung oleh Uji Chow dan Uji Hausman, sedangkan Uji Lagrange Multiplier menegaskan bahwa Common Effect Model tidak memadai. Model juga memenuhi uji heteroskedastisitas dan multikolinearitas sehingga estimasi dapat digunakan untuk pengujian hipotesis.

Kapasitas terpasang secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap tenaga listrik yang dibangkitkan. Koefisien sebesar 0,668528 menunjukkan bahwa kenaikan kapasitas 1 persen berkaitan dengan peningkatan pembangkitan sekitar 0,6685 persen. PDRB juga berpengaruh positif dan signifikan dengan koefisien 1,095007, sehingga kenaikan PDRB 1 persen berkaitan dengan peningkatan pembangkitan sekitar 1,0950 persen. Secara simultan, kapasitas terpasang dan PDRB berpengaruh signifikan terhadap pembangkitan listrik. Model menjelaskan sekitar 85,43 persen variasi pembangkitan, sedangkan adjusted R-squared sebesar 82,66 persen.

Temuan tersebut menegaskan bahwa produksi listrik pada sistem non-Jawa ditentukan oleh kombinasi kemampuan teknis dan perkembangan aktivitas ekonomi. Penambahan kapasitas perlu diselaraskan dengan pertumbuhan kebutuhan, kesiapan pembangkit, pasokan energi primer, serta kemampuan jaringan. Perbedaan efek individual juga menunjukkan bahwa perencanaan tidak dapat diseragamkan karena setiap provinsi memiliki karakter geografis dan operasional yang berbeda.

Penelitian ini terbatas pada dua variabel independen dan periode tujuh tahun. Penelitian berikutnya dapat memasukkan faktor kapasitas, konsumsi listrik, jumlah pelanggan, bauran pembangkit, panjang jaringan, elektrifikasi, harga energi primer, gangguan, dan investasi kelistrikan. Bagi perencana sektor ketenagalistrikan, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk mengintegrasikan proyeksi PDRB dengan penentuan kebutuhan kapasitas, evaluasi utilisasi pembangkit, dan penguatan jaringan pada tiap sistem lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, T. W., Pawenary, P., & Prabowo, E. (2023). Generation, economic growth, FDI inflow and CO2 emission: A case study on developed and developing countries in the Asia Pacific region. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(5), 144–156.
- Adi, T. W., Prabowo, E., & Prasadjaningsih, O. (2022). Influence of electricity consumption of industrial and business, electricity price, inflation and interest rate on GDP and investments in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(3), 331–340.
- Anwar, A., & Elfaki, K. E. (2021). Examining the relationship between energy consumption, economic growth and environmental degradation in Indonesia: An environmental Kuznets curve approach. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(4), 769–778.
- Aryanto, N., Jaya, A., & Hudaya, C. (2020). Pemodelan energi baru terbarukan (EBT) melalui pendekatan dinamis untuk ketahanan energi Kabupaten Sumbawa 2017–2027. *Jurnal TAMBORA*, 4(2A), 122–132. <https://doi.org/10.36761/jt.v4i2a.783>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Produk domestik regional bruto provinsi-provinsi di Indonesia menurut pengeluaran, 2017–2021*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2022/12/23/016d444c4b721827896cb58d/produk-domestik-regional-bruto-provinsi-provinsi-di-indonesia-menurut-pengeluaran--2017-2021.html>

- Badan Pusat Statistik. (2024a). *Produk domestik regional bruto provinsi-provinsi di Indonesia menurut pengeluaran, 2019–2023*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/05/02/9600f25a4011c2770d2cd6af/produk-domestik-regional-bruto-provinsi-provinsi-di-indonesia-menurut-pengeluaran--2019-2023.html>
- Badan Pusat Statistik. (2024b). *Statistik listrik 2019–2023*. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/12/20/e7ed55c8a2ccc05c87d93066/statistik-listrik-2019-2023.html>
- Badan Pusat Statistik. (2025a, January 30). *Kapasitas terpasang pembangkit listrik menurut provinsi (Mega Watt)* [Tabel statistik]. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODY5IzI%3D/kapasitas-terpasang-pembangkit-listrik-menurut-provinsi.html>
- Badan Pusat Statistik. (2025b, January 30). *Tenaga listrik yang dibangkitkan menurut provinsi (GWh)* [Tabel statistik]. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/ODY0IzI%3D/tenaga-listrik-yang-dibangkitkan-menurut-provinsi--gwh-.html>
- Jamal, J., Bhuana, C., & Alihar, F. (2020). Analisis konsumsi bahan bakar spesifik pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeneponto. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 18(1), 20–28. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v18i1.2233>
- Johan, S., & Ginting, A. M. (2022). Determinasi konsumsi listrik di Indonesia. *Media Ekonomi*, 30(1), 106–117. <https://doi.org/10.25105/me.v30i1.10662>
- Larasari, A., Sitorus, J., Asad, M. B. W., & Firmana, A. (2021). Tinjauan potensi teknis dan kelayakan ekonomi PLTA pada proyek kerja sama pemerintah dengan badan usaha Bendungan Merangin. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(2), 95–110. <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i2.724>
- Liun, E., Dewi, D., Riyanti, A. P., & Suntoko, H. (2020). Aspek geografis tapak PLTN di kawasan Bintan–Barelang. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 21(2), 87–96. <https://doi.org/10.17146/jpen.2019.21.2.5643>
- Lumakso, A. (2021). Pertanggungjawaban pidana korporasi di lingkungan PT PLN Persero. *Jatiswara*, 36(1), 104–114. <https://doi.org/10.29303/jtsw.v36i1.304>
- Manahara, S., Putri, S. K., & W, I. S. K. (2023). Tantangan transisi energi terbarukan di Indonesia: Studi kasus PLTS di Kabupaten Cilacap. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(1), 78–92. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i1.2023.259>
- Naldi, R. S., & Anis, A. (2021). Pengaruh sektor pariwisata, konsumsi energi, infrastruktur ekonomi dan pengangguran terhadap perekonomian di Indonesia. *Ecosains: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Pembangunan*, 10(1), 58–68.
- Nugraha, G., Akbar, M. F., & Hamsani, H. (2022). Pengaruh listrik, modal, dan tenaga kerja terhadap PDRB di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. *Equity: Jurnal Ekonomi*, 10(1), 36–45. <https://doi.org/10.33019/equity.v10i1.94>
- Purnomo, A. P. P., Giriantari, I. A. D., & Kumara, I. N. S. (2023). Studi pengurangan emisi karbon sistem ketenagalistrikan Provinsi Bali: Analisis RUPTL 2021–2030. *Jurnal SPEKTRUM*, 10(3), 1–11. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2023.v10.i03.p1>
- Putri, K. S., Nurhakim, N., Novianti, Y. S., & Safitri, N. (2022). Kebutuhan energi listrik guna menggerakkan sektor ekonomi strategis di Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal GEOSAPTA*, 8(2), 133–143. <https://doi.org/10.20527/jg.v8i2.14358>
- Qodariah, L., & Nurjihadi, M. (2024). Pengaruh sektor-sektor ekonomi prioritas dan variabel demografis terhadap konsumsi energi listrik di Provinsi Nusa Tenggara Barat. *Journal of*

- Macroeconomics and Social Development*, 1(3), 1–14.
<https://doi.org/10.47134/jmsd.v1i3.98>
- Sambodo, M. T., & Hidayat, S. (2020). Proper governance untuk sektor energi: Telaah praktik kebijakan kelistrikan di kawasan ekonomi khusus. *Kajian Ekonomi dan Keuangan*, 4(2), 149–164. <https://doi.org/10.31685/kek.v4i2.458>
- Sinaga, D. H., Sasue, R. R. O., & Hutahaean, H. D. (2021). Pemanfaatan energi terbarukan dengan menerapkan smart grid sebagai jaringan listrik masa depan. *Journal Zetroem*, 3(1), 11–17. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1251>
- Sunuputri, G. A., & Hasmarini, M. I. (2023). Analisis pengaruh pembangunan infrastruktur dan investasi terhadap PDRB di Provinsi Sumatera Selatan. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 7(1), 577–583. <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v7i1.694>
- Wahyudi, H., & Zapita, J. (2022). Efek infrastruktur jalan, listrik, PMDN (penanaman modal dalam negeri) bagi pertumbuhan PDRB di Pulau Sumatera. *Jurnal Studi Pemerintahan dan Akuntabilitas*, 1(2), 139–149. <https://doi.org/10.35912/jastaka.v1i2.1420>