

Energi Terbarukan, Kinerja Pembangkitan, Dan Kinerja Keuangan PLN: Analisis Mediasi SEM-PLS

¹Anne Nurtjahajati, ²Tri Wahyu Adi, ³Agustina Sihol Marito Purba

^{1,2,3} Institut Teknologi PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat 11750 Indonesia

*Corresponding Author e-mail: tik21001@gmail.com

Received: June 2026 ; Revised: July 2026; Published: August 2026

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi hubungan energi terbarukan dengan kinerja pembangkitan dan kinerja keuangan PT PLN (Persero), serta menguji peran mediasi kinerja pembangkitan. Pendekatan kuantitatif eksplanatori digunakan pada 12 observasi tahunan periode 2014–2025 yang bersumber dari laporan resmi PLN dan statistik ketenagalistrikan. Analisis dilakukan dengan Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS). Renewable Energy direpresentasikan oleh kapasitas EBT dan porsi energi terbarukan, sedangkan Kinerja Pembangkitan mencakup indikator operasional seperti capacity factor dan generation, dan Kinerja Keuangan menggunakan rasio profitabilitas pada dataset penelitian. Hasil model struktural menunjukkan hubungan sangat kuat antara Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan ($\beta=0,995$; $p<0,001$; $R^2=0,989$). Namun, Renewable Energy tidak berhubungan signifikan dengan Kinerja Keuangan ($p=0,555$), Kinerja Pembangkitan juga tidak berhubungan signifikan dengan Kinerja Keuangan ($p=0,537$), dan pengaruh tidak langsung melalui Kinerja Pembangkitan tidak signifikan ($p=0,538$). Evaluasi model pengukuran menunjukkan HTMT sebesar 1,000 antara Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan, sehingga validitas diskriminan kedua konstruk belum terpenuhi. Oleh karena itu, koefisien jalur yang sangat tinggi perlu ditafsirkan secara hati-hati. Temuan mengindikasikan bahwa perubahan energi terbarukan lebih tampak beriringan dengan indikator operasional daripada dengan profitabilitas agregat, tetapi re-spesifikasi konstruk dan data yang lebih kaya diperlukan sebelum menarik kesimpulan kausal atau kebijakan yang kuat.

Kata kunci: Energi Terbarukan; Kinerja Pembangkitan; Kinerja Keuangan; Pln; Sem-Pls

Renewable energy, generation performance, and PLN financial performance: a SEM-PLS mediation analysis

Abstract

This study evaluates the relationships between renewable energy, generation performance, and the financial performance of PT PLN (Persero), while testing the mediating role of generation performance. An explanatory quantitative approach was applied to 12 annual observations for 2014–2025 obtained from PLN official reports and national electricity statistics. The model was estimated using Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS). Renewable Energy was represented by renewable installed capacity and renewable energy share; Generation Performance included operational indicators such as capacity factor and electricity generation; and Financial Performance used profitability ratios available in the research dataset. The structural model showed a very strong relationship between Renewable Energy and Generation Performance ($\beta=0.995$; $p<0.001$; $R^2=0.989$). However, Renewable Energy was not significantly related to Financial Performance ($p=0.555$), Generation Performance was not significantly related to Financial Performance ($p=0.537$), and the indirect effect through Generation Performance was not significant ($p=0.538$). Measurement-model evaluation produced an HTMT value of 1.000 between Renewable Energy and Generation Performance, indicating that discriminant validity between the two constructs was not established. The very high path coefficient should therefore be interpreted cautiously. The findings suggest that renewable-energy changes are more visibly associated with operational indicators than with aggregate profitability, but construct re-specification and richer data are required before strong causal or policy conclusions can be drawn.

Keywords: renewable energy; generation performance; financial performance; PLN; SEM-PLS

How to Cite: Nurtjahajati, A. ., Adi, T. W., & Purba, A. S. M. . (2026). Energi Terbarukan, Kinerja Pembangkitan, Dan Kinerja Keuangan PLN: Analisis Mediasi SEM-PLS. *Journal of Authentic Research*, 5(3), 6722-6736. <https://journal-center.litpam.com/index.php/jar/article/view/6241>



<https://journal-center.litpam.com/index.php/jar/article/view/6241>

Copyright© 2026, Nurtjahajati et al.
This is an open-access article under the

CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Transisi energi listrik menjadi salah satu instrumen utama untuk menurunkan emisi sektor energi sekaligus menjaga kecukupan pasokan listrik. Dalam konteks Indonesia, PT PLN (Persero) memegang posisi strategis karena mengoperasikan dan mengelola sistem ketenagalistrikan nasional serta menjadi pelaksana utama penambahan pembangkit energi terbarukan. Peningkatan kapasitas energi baru terbarukan (EBT) tidak hanya berkaitan dengan pencapaian target bauran energi, tetapi juga dengan perubahan pola operasi sistem pembangkitan, kebutuhan fleksibilitas jaringan, dan keputusan investasi jangka panjang. Studi mengenai integrasi energi terbarukan menunjukkan bahwa penetrasi pembangkit berbasis surya, angin, hidro, panas bumi, dan biomassa dapat memperluas diversifikasi pasokan, tetapi manfaat operasionalnya sangat bergantung pada kesiapan jaringan, teknologi kendali, dan pengelolaan ketidakpastian sumber daya (Andani et al., 2021; Akinyele & Rayudu, 2021; Ohanu et al., 2024). Dalam industri utilitas, perubahan portofolio pembangkitan juga berpotensi memengaruhi biaya, produktivitas aset, dan kemampuan menghasilkan laba. Temuan pada perusahaan utilitas Eropa menunjukkan bahwa hubungan antara produksi energi terbarukan dan kinerja keuangan tidak selalu linear karena dipengaruhi struktur biaya, kondisi pasar, dan karakteristik regulasi (Dorigoni & Anzalone, 2024). Oleh karena itu, evaluasi transisi energi PLN perlu menghubungkan dimensi teknis pembangkitan dan dimensi finansial dalam kerangka analisis yang sama agar manfaat, konsekuensi ekonominya, dan ketahanan sistem jangka panjang dapat dibaca secara lebih utuh.

Permasalahan utama terletak pada fakta bahwa peningkatan energi terbarukan tidak otomatis menghasilkan perbaikan kinerja sistem maupun keuangan perusahaan. Sumber energi variabel menghadirkan tantangan intermitensi, kebutuhan cadangan, pengaturan daya reaktif, penguatan jaringan, serta penyimpanan energi untuk menjaga kualitas dan keandalan pasokan (Ahmed et al., 2024; Lin & Hsieh, 2021). Di Indonesia, studi kelayakan dan dampak sistem menunjukkan bahwa integrasi PLTS memerlukan perhatian pada kestabilan tegangan, frekuensi, konfigurasi jaringan, dan kelayakan ekonomi proyek (Ariwibowo et al., 2025; Garniwa et al., 2025; Paradongan et al., 2024). Pada saat yang sama, perusahaan listrik menghadapi investasi awal yang besar, biaya operasi dan pemeliharaan, struktur pendanaan, serta kebijakan tarif dan subsidi yang dapat memutus hubungan antara kenaikan output operasional dan profitabilitas. Analisis terhadap PLN memperlihatkan bahwa kinerja keuangan dipengaruhi oleh kombinasi rasio profitabilitas, struktur pembiayaan, kebijakan pemerintah, dan efisiensi biaya (Hidayatullah et al., 2024; Vyonda & Komalasari, 2025). Studi lain pada perusahaan energi terbarukan juga menekankan bahwa manfaat finansial investasi hijau sangat tergantung pada pengelolaan biaya, strategi portofolio, serta kepastian regulasi (Fitriana et al., 2024; Vlaviorine & Widianingsih, 2023). Kondisi tersebut menimbulkan pertanyaan empiris: apakah peningkatan energi terbarukan pada PLN terlebih dahulu tercermin pada kinerja pembangkitan, dan apakah perubahan operasional itu kemudian diterjemahkan menjadi kinerja keuangan yang lebih baik.

Kesenjangan penelitian muncul karena kajian terdahulu cenderung memeriksa dimensi transisi energi secara terpisah. Penelitian teknis lebih banyak menilai stabilitas, efisiensi, atau performa sistem tenaga setelah integrasi sumber terbarukan (Aghdam et al., 2024; Faria et al., 2021; Fernandes, 2026), sedangkan penelitian bisnis

dan keuangan menilai kesehatan finansial, biaya operasional, atau konsekuensi investasi tanpa menguji mekanisme operasional sebagai penghubung (Dorigoni & Anzalone, 2024; Fadila & Rahman, 2025; Wulandari et al., 2025). Kajian tentang PLN juga banyak membahas arah reformasi, kebijakan transisi, atau kelayakan teknologi pada kasus tertentu, sehingga belum memberikan pengujian terintegrasi atas hubungan energi terbarukan, kinerja pembangkitan, dan kinerja keuangan dalam satu model perusahaan sepanjang beberapa tahun (Apriliyanti et al., 2024; Effendi et al., 2024; Prawitasari & Garniwa, 2022). Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menggunakan observasi tahunan PLN periode 2014–2025 dan menempatkan kinerja pembangkitan sebagai mediator antara energi terbarukan dan kinerja keuangan. Kebaruan analitisnya terletak pada upaya menghubungkan perubahan portofolio pembangkitan dengan hasil operasional dan finansial secara simultan pada satu utilitas terintegrasi. Namun, karena unit analisis berupa dua belas observasi tahunan dan bukan data panel lintas unit, hasil penelitian diposisikan sebagai bukti eksploratif. Interpretasi juga harus memperhatikan kecukupan model pengukuran agar konstruk energi terbarukan dan kinerja pembangkitan benar-benar dapat dibedakan secara empiris.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan energi terbarukan dengan kinerja pembangkitan dan kinerja keuangan PT PLN (Persero), serta menilai apakah kinerja pembangkitan berperan sebagai mediator. Energi terbarukan direpresentasikan oleh kapasitas EBT dan porsi energi terbarukan dalam bauran; kedua indikator menggambarkan skala dan penetrasi sumber terbarukan. Kinerja pembangkitan direpresentasikan oleh indikator operasional yang tersedia dalam dataset penelitian, terutama capacity factor dan produksi listrik, yang secara umum digunakan untuk membaca pemanfaatan kapasitas dan keluaran sistem pembangkitan (Kumar & Ahmed, 2022; Müller et al., 2022). Kinerja keuangan dievaluasi melalui rasio profitabilitas yang dilaporkan perusahaan, yaitu return on assets (ROA), return on equity (ROE), dan net profit margin (NPM), sesuai rancangan awal penelitian. Empat hipotesis diuji: H1, energi terbarukan berhubungan positif dengan kinerja pembangkitan; H2, energi terbarukan berhubungan dengan kinerja keuangan; H3, kinerja pembangkitan berhubungan dengan kinerja keuangan; dan H4, kinerja pembangkitan memediasi hubungan energi terbarukan dengan kinerja keuangan. Batas penelitian mencakup satu perusahaan, periode 2014–2025, dan data sekunder tahunan, sehingga perubahan tarif, subsidi, harga bahan bakar, biaya modal, serta kebijakan lain belum dimodelkan sebagai variabel penjelas. Dengan batas tersebut, penelitian diharapkan memberi dasar empiris untuk menilai apakah manfaat transisi energi PLN telah terlihat pada level operasional dan apakah manfaat tersebut telah ditransmisikan ke kinerja finansial.

METODE

Desain dan unit analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan desain observasional longitudinal pada tingkat perusahaan. Unit analisis adalah PT PLN (Persero), sedangkan unit observasi berupa tahun pelaporan selama periode 2014–2025. Desain ini dipilih untuk menilai pola hubungan antarkonstruk yang berkembang seiring perubahan portofolio pembangkitan dan kondisi keuangan perusahaan. Data bersifat sekunder dan berasal dari dokumen resmi perusahaan serta

statistik ketenagalistrikan pemerintah, sehingga penelitian tidak melakukan intervensi terhadap objek yang diamati. Model konseptual menempatkan energi terbarukan sebagai konstruk eksogen, kinerja pembangkitan sebagai konstruk endogen sekaligus mediator, dan kinerja keuangan sebagai konstruk endogen akhir. Hubungan tersebut diestimasi menggunakan Structural Equation Modeling–Partial Least Squares (SEM-PLS) dengan SmartPLS, dengan interpretasi mengikuti prinsip evaluasi PLS-SEM yang menekankan model pengukuran sebelum model struktural (Hair et al., 2022). Penggunaan SEM-PLS dipertahankan untuk menguji hubungan langsung dan tidak langsung dalam satu model, tetapi karakter data perlu dipertimbangkan dalam interpretasi. Jumlah observasi hanya dua belas tahun dan tidak membentuk panel lintas unit atau data berfrekuensi tinggi; karena itu, pengujian ini diposisikan sebagai analisis eksploratif dan bukan dasar untuk klaim kausal yang kuat. Selain itu, data tahunan dapat mengandung tren bersama antarkonstruk. Hasil koefisien jalur, nilai signifikansi, dan ukuran efek karena itu ditafsirkan bersama kualitas model pengukuran, terutama validitas diskriminan, serta dengan memperhatikan bahwa faktor kebijakan, tarif, subsidi, dan biaya tidak dimasukkan ke dalam model.

Sampel, sumber data, dan kriteria inklusi

Populasi penelitian mencakup data tahunan PT PLN (Persero) yang tersedia untuk menggambarkan energi terbarukan, kinerja pembangkitan, dan kinerja keuangan. Sampel ditentukan dengan teknik total sampling terhadap tahun yang memenuhi ketersediaan data untuk seluruh konstruk pada rentang 2014–2025, sehingga diperoleh 12 observasi tahunan. Sumber utama adalah Annual Report dan Sustainability Report PT PLN (Persero), Statistik Ketenagalistrikan Indonesia, serta publikasi resmi lain yang digunakan dalam penyusunan dataset awal. Data dimasukkan apabila berasal dari dokumen resmi, memiliki definisi indikator yang dapat ditelusuri, dan tersedia pada tahun observasi yang sama agar hubungan antarkonstruk tidak mencampurkan periode yang berbeda. Apabila satu indikator muncul dalam lebih dari satu publikasi, angka dari laporan korporasi atau statistik resmi yang menjadi rujukan utama dataset dipertahankan secara konsisten sepanjang periode. Prosedur ini bertujuan mengurangi perbedaan definisi dan perubahan satuan antarsumber. Karena penelitian menggunakan data agregat perusahaan, sampel tidak merepresentasikan unit pembangkit individual, wilayah sistem, atau teknologi energi terbarukan tertentu. Dengan demikian, variasi antar-PLTU, PLTA, PLTP, PLTS, PLTB, atau unit lain tidak dianalisis secara terpisah. Keterbatasan ini penting karena perubahan komposisi teknologi, akuisisi aset, dan perubahan lingkup konsolidasi laporan dapat memengaruhi indikator tahunan. Sebelum analisis, setiap seri diperiksa konsistensi tahun, satuan, dan kelengkapan, kemudian disusun dalam satu basis data longitudinal. Seluruh observasi yang lolos pemeriksaan tersebut dipertahankan tanpa imputasi nilai hilang.

Operasionalisasi variabel dan prosedur pengumpulan data

Konstruk energi terbarukan disusun dari indikator EBT Capacity (MW) dan Renewable Energy Share (%), yang masing-masing merepresentasikan skala kapasitas terpasang dan tingkat penetrasi energi terbarukan dalam portofolio pembangkitan. Kinerja pembangkitan pada rancangan penelitian mencakup indikator kapasitas/produksi yang tersedia pada dataset, termasuk capacity factor dan generation; capacity factor digunakan untuk mencerminkan tingkat pemanfaatan

kapasitas, sedangkan generation menggambarkan keluaran energi listrik selama periode pelaporan (Kumar & Ahmed, 2022; Müller et al., 2022). Kinerja keuangan dirancang menggunakan ROA, ROE, dan NPM untuk menggambarkan efisiensi penggunaan aset, pengembalian terhadap ekuitas, dan margin laba. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi. Peneliti mengidentifikasi laporan pada setiap tahun, menyalin nilai indikator, menyamakan format angka dan satuan, lalu memeriksa kembali kecocokan tahun dan definisi. Dataset kemudian diberi kode sesuai konstruk sebelum diimpor ke SmartPLS. Dalam model pengukuran, indikator diperlakukan sesuai spesifikasi dataset awal; namun hasil outer model yang tersedia pada naskah sumber hanya menampilkan dua indikator untuk kinerja pembangkitan dan dua indikator untuk kinerja keuangan. Oleh sebab itu, pemetaan indikator akhir –terutama indikator keuangan yang dipertahankan atau dieliminasi – harus konsisten antara tabel hasil dan deskripsi metode. Tidak ada data primer, kuesioner, atau instrumen persepsi yang digunakan. Reliabilitas dan validitas yang dilaporkan merupakan evaluasi statistik model pengukuran, bukan uji reliabilitas instrumen survei.

Analisis data

Analisis dilakukan dalam empat tahap. Pertama, statistik deskriptif digunakan untuk memeriksa pusat data, dispersi, rentang, dan bentuk distribusi. Karena SmartPLS menampilkan skor konstruk terstandarisasi, nilai mean mendekati nol dan standar deviasi mendekati satu tidak ditafsirkan sebagai karakteristik ekonomi asli, melainkan sebagai konsekuensi standardisasi. Kedua, model pengukuran dievaluasi melalui outer loading, Average Variance Extracted (AVE), Cronbach's alpha, composite reliability, dan Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT). Loading di atas 0,70, AVE di atas 0,50, serta reliabilitas di atas 0,70 digunakan sebagai indikator kelayakan konvergen dan konsistensi internal. HTMT digunakan untuk memeriksa validitas diskriminan; nilai yang mendekati atau melampaui 0,90 diperlakukan sebagai sinyal bahwa dua konstruk tidak cukup berbeda. Ketiga, model struktural dievaluasi menggunakan koefisien jalur, R^2 , dan effect size (f^2). Keempat, pengujian hipotesis dilakukan dengan prosedur bootstrapping SmartPLS menggunakan T-statistic dan P-value pada tingkat signifikansi 5%. Pengaruh tidak langsung energi terbarukan terhadap kinerja keuangan melalui kinerja pembangkitan digunakan untuk menilai mediasi. Nilai P yang dilaporkan sebagai 0,000 pada keluaran perangkat lunak ditulis sebagai $p < 0,001$ sesuai konvensi pelaporan statistik. Nilai predictive relevance (Q^2) tidak dilaporkan dalam revisi ini karena naskah sumber tidak menyediakan keluaran blindfolding atau PLSpredict yang dapat diverifikasi; dengan demikian, interpretasi prediksi tidak didasarkan pada perhitungan turunan dari R^2 saja. Setelan bootstrapping final perlu dicocokkan kembali dengan file proyek SmartPLS sebelum naskah diajukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Deskriptif Variabel Penelitian

Analisis deskriptif digunakan untuk memeriksa pola umum skor konstruk sebelum estimasi model. Tabel 1 menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki mean 0,000 dan standar deviasi 1,000 karena skor yang ditampilkan merupakan skor terstandarisasi dari SmartPLS. Oleh sebab itu, nilai tersebut tidak dapat dibaca sebagai rata-rata ekonomi asli dari kapasitas, produksi listrik, atau rasio keuangan.

Renewable Energy memiliki rentang skor -1,365 sampai 1,729 dan Kinerja Pembangkitan -1,488 sampai 1,681. Kinerja Keuangan memiliki rentang yang lebih lebar, yaitu -0,919 sampai 2,867. Pemeriksaan distribusi pada output sumber menunjukkan bahwa Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan relatif simetris, sedangkan Kinerja Keuangan lebih menceng ke kanan dan lebih runcing. Kondisi terakhir konsisten dengan p-value Cramér-von Mises sebesar 0,030 yang menunjukkan penyimpangan dari normalitas. SEM-PLS tidak mensyaratkan normalitas multivariat secara ketat, tetapi bentuk distribusi dan jumlah observasi yang sangat kecil tetap perlu diperhatikan karena keduanya dapat memengaruhi kestabilan estimasi dan hasil bootstrapping.

Tabel 1. Hasil uji deskriptif

Variabel	Mean	Median	Minimum	Maximum	Standar Deviasi	N
Energi Terbarukan (X1)	0,000	-0,058	-1,365	1,729	1,000	12
Kinerja Pembangkitan (X2)	0,000	-0,069	-1,488	1,681	1,000	12
Kinerja Keuangan (Y1)	0,000	-0,104	-0,919	2,867	1,000	12

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Hasil Pengujian Model Pengukuran (Outer Model)

Evaluasi model pengukuran diawali dengan outer loading dan ukuran reliabilitas-konvergen. Tabel 2 menunjukkan loading antara 0,881 dan 1,000, sehingga seluruh indikator yang tampil pada model akhir melampaui ambang 0,70. Tabel 3 juga menunjukkan Cronbach's alpha dan composite reliability di atas 0,70 serta AVE di atas 0,50. Secara konvergen, indikator yang dipertahankan mampu menjelaskan sebagian besar varians konstruksinya. Meskipun demikian, nilai yang nyaris sempurna pada Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan perlu dibaca bersama validitas diskriminan dan struktur indikator, bukan hanya dianggap sebagai bukti kualitas model yang sangat tinggi.

Tabel 2. Hasil outer loading

Variabel	Indikator	Outer loading	Keterangan
Energi Terbarukan	X1.1	1,000	Valid
Energi Terbarukan	X1.2	1,000	Valid
Kinerja Pembangkitan	X2.1	0,948	Valid
Kinerja Pembangkitan	X2.2	0,903	Valid
Kinerja Keuangan	Y1.1	0,925	Valid
Kinerja Keuangan	Y1.2	0,881	Valid

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Tabel 3. Construct reliability and validity

Variabel	Cronbach's Alpha	Composite Reliability (rho_c)	AVE	Keterangan
Energi Terbarukan	0,999	1,000	0,999	Perlu verifikasi run
Kinerja Pembangkitan	0,990	0,995	0,990	Perlu verifikasi run
Kinerja Keuangan	0,887	0,918	0,792	Perlu verifikasi run

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Nilai reliabilitas dan AVE pada Tabel 3 secara numerik memenuhi ambang konvensional. Namun, angka AVE yang dilaporkan tidak sepenuhnya konsisten dengan outer loading yang ditampilkan pada Tabel 2 apabila keduanya berasal dari set indikator yang sama. Karena itu, Tabel 2 dan Tabel 3 harus diverifikasi kembali menggunakan keluaran dari run SmartPLS yang sama sebelum naskah final. Revisi ini mempertahankan angka yang ada pada naskah sumber dan tidak merekonstruksi nilai yang tidak tersedia.

Tabel 4. Hasil Heterotrait-Monotrait Ratio (HTMT)

Hubungan Variabel	HTMT	Keterangan
X2 ↔ X1	1,000	Tidak memenuhi
Y1 ↔ X1	0,184	Memenuhi
Y1 ↔ X2	0,212	Memenuhi

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Tabel 4 mengubah interpretasi penting pada naskah awal. Nilai HTMT antara Kinerja Keuangan dan Renewable Energy sebesar 0,184 serta antara Kinerja Keuangan dan Kinerja Pembangkitan sebesar 0,212 berada di bawah 0,90. Sebaliknya, HTMT antara Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan sebesar 1,000 melampaui ambang yang digunakan dan berarti validitas diskriminan kedua konstruk tersebut tidak terpenuhi. Artinya, data tidak memberikan pemisahan empiris yang memadai antara konstruk energi terbarukan dan kinerja pembangkitan. Konsekuensinya, hubungan struktural yang sangat tinggi antara kedua konstruk harus ditafsirkan secara konservatif dan memerlukan pemeriksaan ulang spesifikasi indikator sebelum klaim substantif diperkuat.

Hasil Pengujian Model Struktural (Inner Model)

Pada model struktural, Renewable Energy memiliki koefisien jalur 0,995 terhadap Kinerja Pembangkitan dengan T-statistic 218,633 dan $p < 0,001$. Sementara itu, jalur Renewable Energy terhadap Kinerja Keuangan memiliki koefisien 2,940 dengan $p = 0,555$, dan jalur Kinerja Pembangkitan terhadap Kinerja Keuangan memiliki koefisien -3,151 dengan $p = 0,537$. Koefisien absolut yang melampaui satu pada dua jalur menuju Kinerja Keuangan dapat muncul pada model dengan kolinearitas atau efek supresi yang sangat kuat; dalam naskah ini gejala tersebut sejalan dengan kegagalan validitas diskriminan antara Renewable Energy dan Kinerja

Pembangkitan. Oleh karena itu, arah dan signifikansi jalur lebih informatif daripada membandingkan besarnya koefisien secara literal.

Tabel 5. Path coefficient dan uji signifikansi

Hubungan Variabel	Koefisien Jalur	T-statistic	P-value	Keterangan
X1 → X2	0,995	218,633	<0,001	Signifikan
X1 → Y1	2,940	0,590	0,555	Tidak signifikan
X2 → Y1	-3,151	0,618	0,537	Tidak signifikan

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Tabel 6. Nilai R-square

Variabel Endogen	R-square	Interpretasi
Kinerja Pembangkitan	0,989	Sangat tinggi
Kinerja Keuangan	0,142	Rendah

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Tabel 7. Effect size (f^2)

Hubungan Variabel	f-square	Kategori Pengaruh
X1 → X2	93,553	Sangat besar / perlu kehati-hatian
X1 → Y1	0,107	Kecil
X2 → Y1	0,122	Kecil

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Nilai R^2 menunjukkan perbedaan kemampuan penjelasan model. Kinerja Pembangkitan memiliki R^2 sebesar 0,989, sedangkan Kinerja Keuangan hanya 0,142. Dengan demikian, model menjelaskan hampir seluruh variasi skor Kinerja Pembangkitan tetapi hanya sebagian kecil variasi Kinerja Keuangan. Nilai f^2 memperlihatkan pola yang sama: jalur Renewable Energy-Kinerja Pembangkitan menghasilkan f^2 sebesar 93,553, sedangkan dua jalur menuju Kinerja Keuangan masing-masing 0,107 dan 0,122. Nilai f^2 yang ekstrem pada jalur pertama tidak ditafsirkan sebagai efek kausal yang pasti karena konstruk yang terlibat gagal memenuhi validitas diskriminan. Nilai Q^2 tidak dipertahankan karena naskah sumber tidak menyediakan output blindfolding atau PLSpredict yang dapat diverifikasi.

Hasil Uji Hipotesis dan Efek Mediasi

Ringkasan keputusan hipotesis menunjukkan bahwa H1 didukung secara statistik, sedangkan H2 dan H3 tidak didukung pada taraf 5%. Namun, status H1 harus dibaca dengan catatan metodologis bahwa konstruk Renewable Energy dan Kinerja Pembangkitan belum terpisah secara memadai berdasarkan HTMT. Dengan demikian, hasil H1 lebih tepat diperlakukan sebagai hubungan empiris yang sangat kuat pada data yang tersedia, bukan sebagai bukti kausal final. Tabel 8 menyajikan keputusan hipotesis langsung secara ringkas agar tidak mengulang seluruh informasi koefisien pada Tabel 5.

Tabel 8. Hasil uji direct effect (uji hipotesis)

Hipotesis	Pernyataan	P-value	Keputusan
H1	X1 berhubungan dengan X2	<0,001	Didukung secara statistik*
H2	X1 berhubungan dengan Y1	0,555	Tidak didukung
H3	X2 berhubungan dengan Y1	0,537	Tidak didukung

*H1 dibaca bersama catatan validitas diskriminan pada Tabel 4.

Tabel 9. Hasil uji indirect effect (mediasi)

Hubungan Mediasi	Koefisien	T-statistic	P-value	Keterangan
X1 → X2 → Y1	-3,134	0,616	0,538	Tidak signifikan

Sumber: Hasil olah data SmartPLS 4, 2026.

Uji pengaruh tidak langsung menghasilkan koefisien -3,134, T-statistic 0,616, dan $p=0,538$. Karena pengaruh tidak langsung tidak signifikan, H4 tidak didukung: Kinerja Pembangkitan tidak terbukti memediasi hubungan Renewable Energy dengan Kinerja Keuangan. Hasil ini konsisten dengan dua jalur menuju Kinerja Keuangan yang juga tidak signifikan. Secara keseluruhan, model saat ini memberikan bukti bahwa perubahan energi terbarukan dan kinerja pembangkitan bergerak sangat berdekatan, tetapi belum menunjukkan mekanisme transmisi yang terukur menuju profitabilitas PLN.

Pembahasan

Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan

Hasil struktural menunjukkan hubungan positif yang sangat kuat antara Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan ($\beta=0,995$; $p<0,001$), dan model menjelaskan 98,9% variasi Kinerja Pembangkitan. Secara deskriptif, dataset penelitian juga menunjukkan peningkatan kapasitas EBT dan porsi energi terbarukan selama 2014–2025. Pola tersebut secara substantif masuk akal karena penambahan kapasitas terbarukan memperluas aset pembangkitan yang tersedia dan, apabila terintegrasi secara efektif, dapat meningkatkan keluaran serta pemanfaatan sistem. Studi mengenai integrasi sumber terbarukan menekankan peran teknologi kendali, penyimpanan, dan pengaturan jaringan dalam menjaga kualitas daya dan fleksibilitas sistem (Ahmed et al., 2024; Ohanu et al., 2024). Penelitian pada sistem kelistrikan Indonesia juga menunjukkan bahwa dampak PLTS terhadap profil tegangan, frekuensi, dan operasi sistem sangat bergantung pada konfigurasi jaringan dan teknologi pendukung (Ariwibowo et al., 2025; Garniwa et al., 2025). Dengan demikian, arah hubungan yang ditemukan konsisten dengan mekanisme teknis yang dijelaskan dalam literatur. Akan tetapi, hasil ini tidak boleh dibaca terpisah dari kualitas model pengukuran. HTMT sebesar 1,000 antara Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan menunjukkan kedua konstruk tidak terpisah secara empiris; karena itu, koefisien 0,995 dapat mencerminkan tumpang tindih indikator, tren waktu yang sama, atau kolinearitas, bukan semata-mata pengaruh substantif. Nilai f^2 yang sangat ekstrem juga menguatkan kebutuhan untuk memeriksa kembali apakah indikator konstruk eksogen dan mediator membawa informasi yang terlalu mirip pada seri waktu yang sama.

Temuan tersebut mengubah kekuatan kesimpulan dibandingkan naskah awal. Literatur memang mendukung bahwa integrasi energi terbarukan dapat memperbaiki beberapa aspek performa sistem apabila penetrasi, kendali, dan dukungan jaringan dikelola dengan tepat. Fernandes (2026) merangkum bahwa pengembangan sumber terbarukan dapat memperbaiki profil operasi tetapi juga menimbulkan fluktuasi apabila fleksibilitas sistem tidak memadai. Aghdam et al. (2024) menunjukkan bahwa ukuran produktivitas dan efisiensi pembangkitan perlu dibaca secara dinamis, sedangkan Faria et al. (2021) menekankan pentingnya indikator kinerja energi yang terdefinisi jelas agar perubahan output tidak disamakan dengan peningkatan efisiensi. Dalam konteks PLN, kajian teknis dan kebijakan juga menyoroti perlunya integrasi antara pengembangan pembangkit, jaringan, dan pengelolaan sistem (Apriliyanti et al., 2024; Prawitasari & Garniwa, 2022). Karena itu, kontribusi penelitian ini bukan membuktikan bahwa peningkatan energi terbarukan secara pasti menyebabkan kenaikan kinerja pembangkitan, melainkan menunjukkan bahwa kedua dimensi bergerak sangat erat pada data tahunan PLN. Pengujian lanjutan perlu memisahkan indikator yang secara konseptual mendefinisikan skala energi terbarukan dari indikator output pembangkitan, kemudian menguji kembali model dengan observasi yang lebih banyak atau data panel unit pembangkit. Pendekatan tersebut juga dapat membedakan pengaruh pertumbuhan permintaan listrik, ekspansi kapasitas konvensional, serta perubahan bauran pembangkit dari kontribusi energi terbarukan itu sendiri. Tanpa pemisahan tersebut, hubungan yang sangat tinggi berisiko merepresentasikan tren bersama selama periode pengamatan.

Energi Terbarukan dan Kinerja Keuangan

Energi Terbarukan tidak menunjukkan hubungan langsung yang signifikan dengan Kinerja Keuangan ($\beta=2,940$; $p=0,555$). Nilai R^2 Kinerja Keuangan sebesar 0,142 juga menunjukkan bahwa konstruk dalam model hanya menjelaskan sebagian kecil perubahan profitabilitas. Hasil ini dapat dipahami karena investasi energi terbarukan menimbulkan arus biaya dan manfaat pada horizon waktu yang berbeda. Penambahan kapasitas memerlukan belanja modal, biaya interkoneksi, penguatan jaringan, pembiayaan, dan penyesuaian operasi sebelum manfaat berupa penghematan bahan bakar atau peningkatan pendapatan terealisasi. Pada perusahaan utilitas yang berada dalam kerangka tarif dan kebijakan publik, laba juga tidak sepenuhnya mengikuti perubahan teknologi pembangkitan. Dorigoni dan Anzalone (2024) menemukan bahwa hubungan produksi energi terbarukan dan kinerja finansial utilitas dipengaruhi konteks pasar dan struktur perusahaan. Fitriana et al. (2024) serta Vlaviorine dan Widianingsih (2023) juga menekankan bahwa hasil finansial investasi hijau bergantung pada biaya modal, biaya operasi, dan strategi perusahaan. Dengan demikian, tidak signifikannya jalur langsung pada PLN konsisten dengan kemungkinan adanya jeda waktu dan faktor keuangan-regulasi yang tidak tercakup dalam model. Data tahunan agregat juga dapat menyamarkan manfaat pada proyek tertentu karena hasil pembangkit terbarukan bercampur dengan perubahan biaya pada pembangkit fosil, jaringan transmisi-distribusi, dan kewajiban pelayanan publik.

Bukti spesifik mengenai PLN memperkuat interpretasi bahwa kinerja keuangan ditentukan oleh faktor yang lebih luas daripada komposisi pembangkitan. Hidayatullah et al. (2024) menunjukkan bahwa performa finansial PLN berfluktuasi dalam satu dekade dan terkait dengan perubahan regulasi serta kondisi biaya.

Vyonda dan Komalasari (2025) menilai kesehatan keuangan PLN melalui indikator profitabilitas dan struktur keuangan, sedangkan Effendi et al. (2024) menempatkan keberlanjutan model bisnis energi terbarukan dalam konteks kebijakan dan struktur industri ketenagalistrikan Indonesia. Temuan tersebut membantu menjelaskan mengapa peningkatan porsi energi terbarukan belum muncul sebagai hubungan langsung yang terukur terhadap ROA, ROE, atau NPM. Selain itu, koefisien jalur yang lebih besar dari satu pada model ini perlu diperlakukan sebagai tanda ketidakstabilan estimasi, bukan sebagai efek ekonomi yang sangat besar, terutama karena Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan memiliki masalah validitas diskriminan. Implikasi praktisnya adalah PLN tidak dapat menilai keberhasilan investasi terbarukan hanya dari pertumbuhan kapasitas dan rasio profitabilitas agregat pada tahun yang sama. Analisis yang lebih informatif perlu memasukkan biaya investasi, biaya bahan bakar yang dihindari, subsidi, tarif, cost of capital, serta lag waktu antara investasi dan manfaat finansial. Pemisahan proyek berdasarkan teknologi juga penting karena profil biaya dan umur ekonomis PLTA, PLTP, PLTS, biomassa, dan teknologi terbarukan lainnya tidak identik, sehingga dampak keuangan agregat dapat saling mengimbangi.

Kinerja Pembangkitan dan Kinerja Keuangan

Kinerja Pembangkitan tidak berhubungan signifikan dengan Kinerja Keuangan ($\beta = -3,151$; $p = 0,537$). Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan output atau pemanfaatan kapasitas pada tingkat agregat belum dapat dihubungkan secara langsung dengan perbaikan profitabilitas dalam model yang digunakan. Pada perusahaan listrik terintegrasi, pertumbuhan produksi dapat terjadi bersamaan dengan kenaikan biaya bahan bakar, pemeliharaan, pembelian tenaga listrik, beban penyusutan, atau kebutuhan investasi jaringan. Karena itu, kenaikan generation atau capacity factor tidak identik dengan kenaikan margin. Surianto dan Rosdianti (2021) menekankan peran biaya operasional dalam kinerja keuangan PLN, dan Fadila dan Rahman (2025) juga menunjukkan bahwa tekanan biaya dapat membatasi hubungan antara aktivitas operasional dan hasil keuangan. Wulandari et al. (2025) melaporkan bahwa indikator kesehatan keuangan PLN masih dipengaruhi efisiensi aset dan struktur keuangan. Hasil penelitian ini konsisten dengan gagasan bahwa keluaran pembangkitan hanya satu bagian dari rantai penciptaan nilai, sedangkan keuntungan akhir terbentuk setelah memperhitungkan biaya, tarif, subsidi, dan struktur pendanaan. Karena variabel biaya tidak dimasukkan dalam model, kenaikan produksi dapat terlihat netral secara finansial apabila kenaikan pendapatan diimbangi oleh biaya tambahan atau oleh mekanisme kompensasi kebijakan. Hal ini juga menjelaskan rendahnya R^2 Kinerja Keuangan dibandingkan R^2 Kinerja Pembangkitan.

Literatur teknis menunjukkan bahwa indikator pembangkitan memiliki makna yang berbeda dan tidak seharusnya diperlakukan sebagai sinonim efisiensi finansial. Capacity factor mengukur tingkat pemanfaatan kapasitas relatif terhadap potensi maksimum, sementara generation mencerminkan volume energi yang diproduksi; keduanya dapat meningkat karena pertumbuhan permintaan atau perubahan komposisi aset tanpa menjamin penurunan biaya per unit (Kumar & Ahmed, 2022; Kumar et al., 2022; Müller et al., 2022). Aghdam et al. (2024) menegaskan perlunya membedakan produktivitas dan efisiensi ketika mengevaluasi kinerja pembangkit. Dalam konteks transisi energi Indonesia, kelayakan proyek juga dipengaruhi teknologi, lokasi, sumber daya, dan struktur pembiayaan (Aditya et al., 2024;

Paradongan et al., 2024). Oleh karena itu, tidak signifikannya jalur Kinerja Pembangkitan–Kinerja Keuangan tidak berarti operasi pembangkitan tidak penting, melainkan menunjukkan bahwa indikator operasional agregat belum cukup menjelaskan profitabilitas perusahaan. Penelitian berikutnya sebaiknya menggunakan ukuran biaya pembangkitan, heat rate atau equivalent availability jika tersedia, biaya bahan bakar per kWh, serta metrik pendapatan agar mekanisme konversi kinerja teknis menjadi hasil finansial dapat diuji secara lebih langsung. Pemodelan juga perlu memasukkan jeda waktu, karena efisiensi operasional pada satu tahun dapat baru tercermin pada profitabilitas setelah kontrak, tarif, atau struktur pembiayaan menyesuaikan pada periode berikutnya.

Peran Mediasi Kinerja Pembangkitan

Pengaruh tidak langsung Energi Terbarukan terhadap Kinerja Keuangan melalui Kinerja Pembangkitan tidak signifikan ($\beta=-3,134$; $p=0,538$), sehingga H4 tidak didukung. Secara statistik, mediasi membutuhkan jalur tidak langsung yang dapat dibedakan dari nol; syarat tersebut tidak terpenuhi karena jalur dari Kinerja Pembangkitan menuju Kinerja Keuangan juga tidak signifikan. Hasil ini menjelaskan bahwa hubungan yang sangat erat antara energi terbarukan dan kinerja pembangkitan tidak berlanjut menjadi hubungan finansial yang terukur pada periode yang sama. Dalam praktiknya, manfaat operasional dapat memerlukan waktu sebelum mengurangi biaya atau memperbaiki laba, sementara perubahan tarif, subsidi, dan pembiayaan dapat mengimbangi manfaat tersebut. Ahmad et al. (2025) menunjukkan bahwa hubungan praktik keberlanjutan, kinerja keuangan, dan nilai perusahaan tidak selalu membentuk mekanisme mediasi yang signifikan. Amri (2026) juga menekankan bahwa manfaat investasi hijau terhadap nilai perusahaan dapat bergantung pada kanal finansial dan konteks perusahaan. Oleh sebab itu, ketiadaan mediasi pada PLN dapat mencerminkan jeda waktu, variabel penghubung yang belum dimodelkan, atau keterbatasan pengukuran pada data tahunan agregat. Penggunaan profitabilitas perusahaan sebagai outcome akhir juga dapat terlalu jauh dari perubahan teknis di sisi pembangkitan apabila tidak ada variabel antara seperti biaya produksi, penghematan bahan bakar, atau pendapatan penjualan listrik.

Interpretasi mediasi harus semakin hati-hati karena konstruk mediator belum memenuhi validitas diskriminan terhadap konstruk eksogen. Jika Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan secara statistik hampir tidak dapat dibedakan, maka jalur mediasi menjadi sulit ditafsirkan sebagai urutan mekanisme yang terpisah. Selain itu, dua belas observasi tahunan membatasi stabilitas bootstrapping dan tidak memungkinkan pengujian dinamika waktu secara memadai. Kajian transisi energi menekankan bahwa dampak ekonomi perubahan teknologi dipengaruhi tata kelola, kesiapan jaringan, dan penyesuaian institusional yang berlangsung bertahap (Apriliyanti et al., 2024; Effendi et al., 2024). Studi sistem tenaga juga menunjukkan bahwa manfaat integrasi sumber terbarukan bergantung pada dukungan kendali dan fleksibilitas yang tidak selalu tercermin dalam indikator agregat (Lin & Hsieh, 2021; Ohanu et al., 2024). Dengan demikian, kontribusi mediasi penelitian ini adalah menunjukkan bahwa mekanisme “energi terbarukan → pembangkitan → keuangan” belum terkonfirmasi pada model saat ini. Pengujian yang lebih kuat memerlukan re-spesifikasi konstruk, data dengan frekuensi bulanan/triwulanan atau panel unit pembangkit, serta variabel biaya dan kebijakan sebagai mediator atau kontrol tambahan. Model alternatif dapat menguji apakah biaya pembangkitan atau efisiensi

biaya merupakan mediator yang lebih dekat secara konseptual dibandingkan output pembangkitan, sehingga jalur menuju kinerja keuangan menjadi lebih terukur dan dapat dibandingkan antarperiode.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model awal mendukung H1 secara statistik: Energi Terbarukan berhubungan positif dan sangat kuat dengan Kinerja Pembangkitan. Namun, HTMT sebesar 1,000 menunjukkan bahwa kedua konstruk belum memiliki validitas diskriminan yang memadai, sehingga hubungan tersebut belum dapat ditafsirkan sebagai bukti kausal yang kokoh. H2 dan H3 tidak didukung karena Energi Terbarukan maupun Kinerja Pembangkitan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan Kinerja Keuangan. H4 juga tidak didukung karena pengaruh tidak langsung melalui Kinerja Pembangkitan tidak signifikan. Secara substantif, temuan mengindikasikan bahwa perubahan energi terbarukan pada PLN lebih mudah terlihat beriringan dengan perubahan indikator operasional daripada dengan profitabilitas agregat. Kinerja keuangan kemungkinan dipengaruhi faktor lain yang tidak dimodelkan, termasuk struktur biaya, tarif, subsidi, pembiayaan, dan jeda waktu manfaat investasi. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini adalah memperlihatkan pentingnya menguji dimensi operasional dan finansial secara terintegrasi sekaligus menunjukkan bahwa kualitas pemisahan konstruk menjadi syarat penting sebelum hubungan struktural ditarik sebagai kesimpulan kebijakan.

REKOMENDASI

Penelitian lanjutan perlu memprioritaskan re-spesifikasi model pengukuran Energi Terbarukan dan Kinerja Pembangkitan agar indikatornya benar-benar merepresentasikan konstruk yang berbeda. Analisis sebaiknya menggunakan observasi yang lebih banyak, misalnya data bulanan atau triwulanan, data panel unit pembangkit, atau periode yang lebih panjang jika definisi indikator tetap konsisten. Model juga perlu memasukkan biaya bahan bakar, biaya operasi dan pemeliharaan, belanja modal, tarif, subsidi/kompensasi, cost of capital, dan variabel makroekonomi untuk menjelaskan kanal menuju kinerja keuangan. Apabila data berurutan waktu digunakan, pengujian tren, lag, dan dinamika waktu perlu dipertimbangkan sebelum memilih SEM-PLS. Untuk naskah ini, penulis juga perlu mengonfirmasi pemetaan indikator akhir yang masuk ke SmartPLS, setelah bootstrapping, kelengkapan data tahun 2025, serta satuan data generation sebelum versi final diajukan ke JAR.

REFERENSI

- Aditya, I., Paradongan, H., Prahastono, I., Kosasih, S., Banjarnahor, K., & Sinisuka, N. (2024). Biomass power plant prospects in Indonesia's energy transition: IPP and PLN perspectives. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38970>
- Aghdam, R., Al-Kharusi, S., Ahmad, N., Al-Said, A., & Azar, B. (2024). Performance of power generation: A dynamic productivity and efficiency analysis. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33112>
- Ahmad, N. A., Aspuri, M., Adawiyah, S., Putri, D., & Letsoin, S. (2025). Analisis mediasi kinerja keuangan dalam pengaruh green accounting terhadap nilai perusahaan. *Jurnal Ekonomika dan Bisnis (JEBS)*, 5(4), 943–950. <https://doi.org/10.47233/jeb.v5i4.3243>
- Ahmed, M., Mirsaeidi, S., Koondhar, M., Karami, N., Tag-Eldin, E., Ghamry, N., El-Sehiemy, R., Alaas, Z., Mahariq, I., & Sharaf, A. (2024). Mitigating uncertainty problems of renewable energy resources through efficient integration of hybrid solar PV/wind

- systems into power networks. *IEEE Access*, 12, 30311–30328. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3370163>
- Akinyele, D. O., & Rayudu, R. K. (2021). Review of energy storage technologies for renewable energy systems integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110653. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110653>
- Amri, F. (2026). Pengaruh green investment terhadap nilai perusahaan dengan kinerja keuangan sebagai variabel mediasi (studi kasus perusahaan sub-sektor energi yang tercatat di Bursa Efek Indonesia tahun 2021–2025). *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 5(7), 2239–2252. <https://doi.org/10.56799/jim.v5i7.18137>
- Andani, I., Sugiyono, A., Khotimah, K., & Siregar, B. (2021). Decarbonizing the electricity system in Sumatra region using nuclear and renewable energy based power generation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 753, 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/753/1/012011>
- Apriliyanti, I., Nugraha, D., Kristiansen, S., & Overland, I. (2024). To reform or not reform? Competing energy transition perspectives on Indonesia's monopoly electricity supplier Perusahaan Listrik Negara (PLN). *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103797>
- Ariwibowo, M. S., Usman, U., Putri, M. L., & Rahmadani, A. (2025). Analisis pengaruh pembangkit listrik tenaga surya terhadap kestabilan sistem kelistrikan Kepulauan Sangihe. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3S1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3S1.8048>
- Dorigoni, S., & Anzalone, G. (2024). Production of energy from renewable sources and financial performance of European utilities: A panel-data analysis. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2024.114323>
- Effendi, P., Wirjodirdjo, B., & Rosdaniah, S. (2024). Influence factors on sustainable business models for renewable energy supply: Indonesian electricity industry. *Cogent Business & Management*, 11. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2293303>
- Fadila, C. I., & Rahman, H. A. (2025). Analisis pengaruh biaya operasional terhadap kinerja keuangan PT PLN (Persero). *Journal of Economics, Management, Business and Accounting Review*, 5(2), 1–10. <https://penerbitadm.pubmedia.id>
- Faria, P., Lezama, F., Vale, Z., & Khorram, M. (2021). A methodology for energy key performance indicators analysis. *Energy Informatics*, 4. <https://doi.org/10.1186/s42162-021-00140-0>
- Fernandes, A. (2026). Systematic literature review: Dampak integrasi pembangkit energi terbarukan terhadap kinerja sistem tenaga listrik distribusi. *Journal of Authentic Research*, 5(2), 1590–1602. <https://journal-center.litpam.com/index.php/jar>
- Fitriana, S., Syaradifa, A. F., & Wahyudi, M. (2024). Analisis kinerja keuangan dan keputusan strategis dalam perusahaan energi terbarukan. *Jurnal Manajemen Akuntansi (JUMSI)*, 4(4), 860–869.
- Garniwa, I., Azhar, F., & Jufri, F. H. (2025). Grid impact study of Lombok power system due to the integration of solar power plant. *Journal of Advanced Technology and Multidiscipline*, 4(1), 13–21. <https://doi.org/10.20473/jatm.v4i1.71680>
- Hair, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2022). *A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM)* (3rd ed.). SAGE.
- Hidayatullah, H., Tindage, J., & Rosaria, D. (2024). Evaluasi kinerja keuangan PT PLN (Persero) dalam satu dekade: Pendekatan deskriptif dan naratif. *Studi Akuntansi, Keuangan, dan Manajemen*, 4(1), 105–120. <https://doi.org/10.35912/sakman.v4i1.3270>
- Kumar, R., & Ahmed, S. (2022). Defining and interpreting capacity factor in the context of hybrid renewable energy systems. *Energy Reports*, 8, 953–968. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.02.009>

- Kumar, R., Singh, A., & Verma, A. (2022). A comprehensive review on availability factor estimation and improvement techniques for power generation units. *Energy Reports*, 8, 4033–4054. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.102>
- Lin, C. C., & Hsieh, P. J. (2021). Decentralized control strategies for renewable energy integration: Opportunities and challenges. *Control Engineering Practice*, 111, 104805. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2021.104805>
- Müller, J., Wolf, C., & Fichtner, W. (2022). Standardizing capacity factor terminology: Bridging the gap between research and practice. *Energy Reports*, 8, 1489–1504. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.034>
- Ohanu, C., Rufai, S., & Oluchi, U. (2024). A comprehensive review of recent developments in smart grid through renewable energy resources integration. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25705>
- Paradongan, H., Hakam, D., Wiryono, S., Prahastono, I., Aditya, I., Banjarnahor, K., Sinisuka, N., & Asekomeh, A. (2024). Techno-economic feasibility study of solar photovoltaic power plant using RETScreen to achieve Indonesia energy transition. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27680>
- Prawitasari, A., & Garniwa, I. (2022). Optimasi sistem operasi pembangkit hibrida dengan pemodelan profil beban di daerah 3T. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(5), 5695–5708.
- Surianto, B. R., & Rosdianti. (2021). Pengaruh biaya operasional terhadap kinerja keuangan PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). *Tangible: Jurnal Akuntansi Multiparadigma*, 6(2), 120–127.
- Vlaviorine, E., & Widianingsih, L. P. (2023). Penggunaan energi terbarukan, skor ESG, biaya modal dan biaya operasional pada kinerja keuangan. *Jurnal Akuntansi Kontemporer*, 15(2), 97–112.
- Vyonda, R., & Komalasari, S. P. (2025). Financial health assessment of PT PLN (Persero) 2019–2022: Towards financial sustainability. *Journal of Applied Managerial Accounting*, 9(1), 33–45. <https://doi.org/10.30871/jama.v9i1.8769>
- Wulandari, S., Anwar, R., Hamka, R. A., Musa, M. I., & Nurman. (2025). Analisis kinerja keuangan PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) periode 2020–2024. *Jurnal Manajemen Bisnis Kewirausahaan*, 4(3), 374–390. <https://doi.org/10.56910/jumbiwira.v4i3.3236>