

Prediksi Kebutuhan Energi Listrik di Banten: Proyeksi dan Skenario Transisi Energi Berkelanjutan

Achmad Chaerul Muslim^{1,2*}, Hotma Antoni Hutahaeen¹, Saddam Rasyidin Alfaruk³

¹ Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia.

² Program Studi Teknik Industri, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

³ Program Studi Teknik Informatika S2, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 07 September 2025

Revisi Akhir: 23 Oktober 2025

Diterbitkan Online: 30 Oktober 2025

KATA KUNCI

Kebutuhan Energi Listrik Banten
Sistem Dinamis
Transisi Energi

KORESPONDENSI (*)

Phone: +62 857-8020-9844

E-mail: dosen00934@unpam.ac.id

A B S T R A K

Pertumbuhan ekonomi yang pesat dan ekspansi populasi di Provinsi Banten telah menyebabkan peningkatan permintaan listrik yang signifikan, sehingga memerlukan strategi perencanaan energi yang komprehensif untuk memastikan pasokan listrik yang berkelanjutan dan andal. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan konsumsi listrik di Banten hingga tahun 2050 menggunakan model sistem dinamis, dengan mempertimbangkan berbagai parameter sosio-ekonomi dan teknis. Model ini mengintegrasikan faktor-faktor kunci seperti pertumbuhan populasi, perkembangan ekonomi, rasio elektrifikasi, dan kapasitas berbagai pembangkit listrik (PLTD, PLTU, PLTG, dan PLTM). Penelitian ini mengeksplorasi berbagai skenario kebijakan, termasuk transisi menuju sumber energi terbarukan, untuk mengatasi peningkatan permintaan energi dan mengurangi dampak lingkungan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa meskipun sumber energi konvensional, seperti pembangkit listrik berbasis batu bara, memberikan solusi jangka pendek, mereka menyebabkan peningkatan emisi karbon. Sebaliknya, skenario energi terbarukan, meskipun memerlukan waktu adaptasi yang lebih lama, menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan potensi surplus energi pada tahun 2050. Penelitian ini menekankan pentingnya kebijakan energi yang adaptif dan pergeseran strategis menuju energi terbarukan untuk memastikan ketahanan energi jangka panjang di Banten dan berkontribusi pada tujuan keberlanjutan Indonesia.

PENDAHULUAN

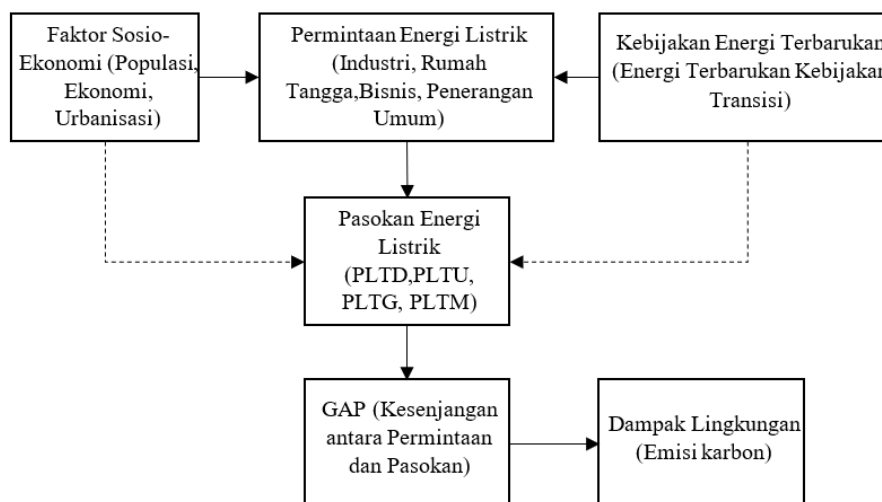
Peningkatan kebutuhan energi listrik merupakan konsekuensi logis dari pertumbuhan ekonomi dan populasi yang pesat, khususnya di Provinsi Banten yang mengalami industrialisasi signifikan[1]. Oleh karena itu, perencanaan strategis yang komprehensif menjadi krusial untuk menjamin ketersediaan pasokan listrik yang berkelanjutan dan andal di masa depan[2]. Sebagai konsumen energi terbesar di Asia Tenggara, Indonesia menghadapi tantangan serius akibat meningkatnya kebutuhan energi yang dipicu oleh pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan industrialisasi yang pesat[3]. Peningkatan produk domestik bruto dan rasio elektrifikasi telah mendorong konsumsi listrik secara signifikan, yang diperkirakan mencapai 167,4 MTOE pada tahun 2050[4]. Secara global, konsumsi energi diproyeksikan tumbuh 1,5% per tahun hingga 2030, dengan negara-negara berkembang di Asia menjadi pendorong utama tren ini[5]. Kondisi tersebut menegaskan urgensi perencanaan energi yang lebih cermat, terutama di daerah seperti Banten yang mencatat laju pertumbuhan ekonomi dan populasi sangat tinggi.

Meskipun konsumsi listrik aktual Indonesia masih lebih rendah dari proyeksi, pembangunan pembangkit baru telah menciptakan kelebihan pasokan[6]. Namun demikian, tren proyeksi permintaan listrik di Indonesia, termasuk di Provinsi Banten, menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring pertumbuhan penduduk dan ekonomi yang berkelanjutan[7]. Dengan demikian, perencanaan energi yang matang sangat diperlukan untuk mengantisipasi lonjakan permintaan tersebut.

Faktor-faktor seperti pertumbuhan produk domestik regional bruto per kapita, jumlah penduduk, dan rasio elektrifikasi harus menjadi pertimbangan utama[8]. Selain itu, perencanaan ini perlu menyesuaikan dengan dinamika transisi energi menuju target emisi nol bersih di Asia Tenggara pada periode 2050–2065, sejalan dengan pertumbuhan rata-rata konsumsi energi sebesar 3% per tahun dalam dua dekade terakhir[9]. Studi ini mengintegrasikan berbagai parameter sosio-ekonomi dan teknis untuk memproyeksikan konsumsi listrik di masa mendatang serta mengevaluasi sejumlah skenario kebijakan yang relevan dengan pendekatan model dinamis. Model dinamika sistem energi menawarkan kerangka analisis yang kuat untuk memahami interaksi kompleks antara faktor-faktor pasokan dan permintaan, sekaligus memungkinkan proyeksi kebutuhan jangka panjang serta identifikasi strategi mitigasi yang efektif[10]. Pendekatan tersebut membantu mengidentifikasi titik kritis dan intervensi optimal guna mendukung keberlanjutan energi, sejalan dengan visi pembangunan berkelanjutan di wilayah ini [11].

METODOLOGI

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi model dinamis sistem untuk memproyeksikan kebutuhan energi listrik di Banten hingga tahun 2050 dengan mempertimbangkan skenario pertumbuhan populasi, ekonomi, dan kebijakan energi terbarukan. Kerangka kerja model ini dirancang untuk memungkinkan simulasi pertumbuhan pembangkit energi terbarukan dan penilaian emisi karbon, serta dapat diperluas untuk analisis ekonomi yang tepat terkait biaya implementasi berbagai skenario[12]. Metodologi penelitian ini disusun melalui beberapa tahapan sistematis untuk menganalisis keseimbangan antara permintaan dan pasokan listrik di Provinsi Banten dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis. Tahap pertama adalah pengumpulan data, yang dilakukan dengan menghimpun data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS), Perusahaan Listrik Negara (PLN), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), serta literatur pendukung. Kerangka konseptual dari penelitian ini dapat dilihat lebih terperinci pada gambar 1 berikut ini.



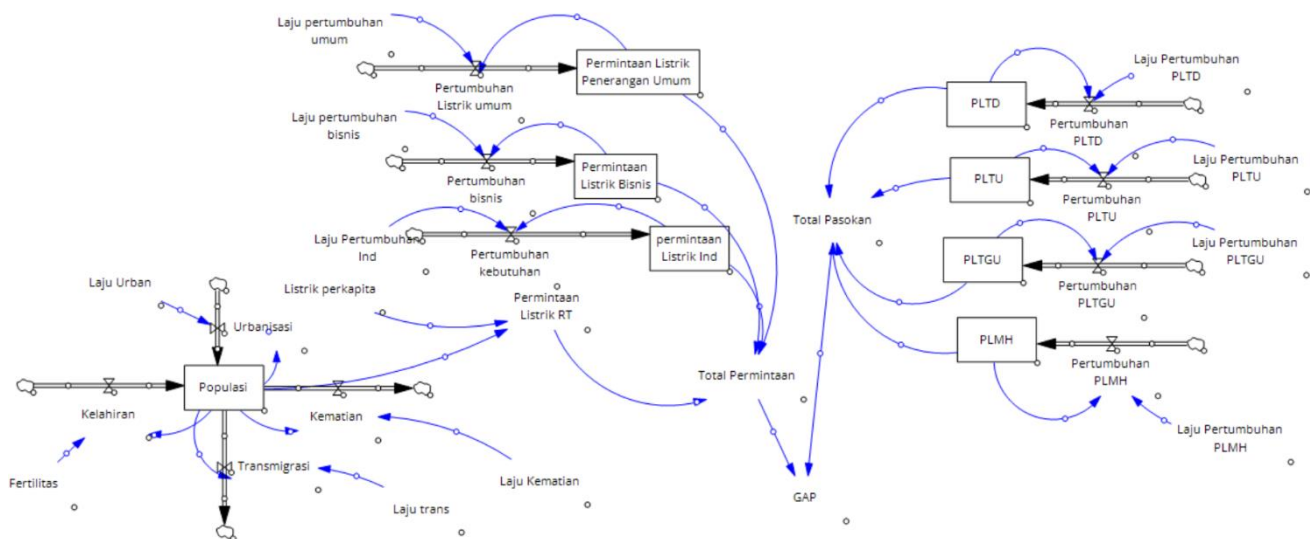
Gambar 1 Kerangka Konseptual Penelitian

Data yang digunakan mencakup jumlah penduduk, tingkat kelahiran, kematian, urbanisasi, dan transmigrasi, laju pertumbuhan ekonomi, tingkat elektrifikasi, kapasitas terpasang pembangkit listrik (PLTD, PLTU, PLTG, dan PLTM), serta konsumsi listrik pada sektor penerangan umum, bisnis, industri, dan rumah tangga. Tahap berikutnya adalah pembangunan model, di mana data yang telah dikumpulkan diolah untuk membentuk struktur model dalam bentuk Stock-Flow Diagram (SFD). Model ini terdiri dari dua subsistem utama, yaitu subsistem permintaan listrik dan subsistem pasokan listrik. Subsistem permintaan listrik dibangun berdasarkan sektor penerangan umum, bisnis, industri, dan rumah tangga, yang dipengaruhi oleh dinamika pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi. Sementara itu, subsistem pasokan listrik menggambarkan kapasitas produksi dari empat jenis pembangkit utama (PLTD, PLTU, PLTG, dan PLTM), dengan mempertimbangkan laju pertumbuhan kapasitas masing-masing pembangkit. Dalam model ini juga dimasukkan variabel demografis sebagai faktor penentu perkembangan konsumsi listrik, sehingga keterkaitan antara faktor sosial, ekonomi, dan teknis dapat terwakili dengan baik.

Setelah model dibangun, dilakukan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak Vensim pemodelan sistem dinamis. Simulasi dijalankan untuk memproyeksikan interaksi antara permintaan dan pasokan listrik pada horizon waktu tertentu hingga tahun 2050. Tiga pendekatan skenario dirancang untuk menguji perilaku sistem, antara lain skenario pertumbuhan permintaan tinggi, sedang, dan rendah, serta skenario peningkatan kapasitas pasokan listrik. Hasil simulasi ditinjau untuk melihat dinamika kesenjangan (GAP) antara kebutuhan dan ketersediaan listrik. Pendekatan ini sangat relevan untuk Indonesia, mengingat ketergantungan negara pada energi berbasis fosil dan kebutuhan mendesak untuk beralih ke sumber terbarukan demi mencapai tujuan keberlanjutan[13]. Metodologi ini juga memungkinkan evaluasi dampak kebijakan energi terhadap stabilitas pasokan listrik dan keberlanjutan lingkungan, sejalan dengan target Sustainable Development Goals yang bertujuan untuk memastikan akses energi yang terjangkau, andal, berkelanjutan, dan modern bagi semua[14].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model sistem dinamis yang dibangun menggambarkan keterkaitan antara pertumbuhan populasi, permintaan listrik, serta kapasitas pasokan listrik dari berbagai jenis pembangkit. Hasil penyusunan model ini menunjukkan bahwa sistem energi listrik dipengaruhi secara simultan oleh faktor demografis, ekonomi, dan kapasitas teknis pembangkit. Pada sisi permintaan listrik, model menunjukkan bahwa konsumsi energi berasal dari empat sektor utama, yaitu penerangan umum, bisnis, industri, dan rumah tangga. Permintaan dari masing-masing sektor dipengaruhi oleh laju pertumbuhan sektoral, misalnya laju pertumbuhan umum untuk penerangan, laju pertumbuhan bisnis untuk sektor komersial, serta laju pertumbuhan kebutuhan untuk sektor rumah tangga dan industri. Dinamika permintaan rumah tangga secara langsung dikendalikan oleh variabel populasi, yang dalam model ini dipengaruhi oleh kelahiran, kematian, urbanisasi, dan transmigrasi. Dengan demikian, peningkatan populasi akan meningkatkan permintaan listrik rumah tangga sekaligus mendorong kenaikan total permintaan listrik. Pada sisi pasokan listrik, model mengintegrasikan kontribusi dari empat jenis pembangkit, yaitu PLTD, PLTU, PLTG, dan PLTM. Setiap pembangkit memiliki variabel laju pertumbuhan kapasitas yang berperan menambah total pasokan. Pertumbuhan kapasitas ini kemudian diakumulasikan untuk menghasilkan nilai total pasokan listrik. Dengan cara ini, model dapat memperlihatkan sejauh mana tambahan kapasitas pembangkit mampu mengimbangi peningkatan permintaan yang terus bertambah. Secara terperinci hubungan dari setiap variabel tersaji pada gambar dibawah ini.



Gambar 2 Stock and flow diagram model kebutuhan energi listrik Banten

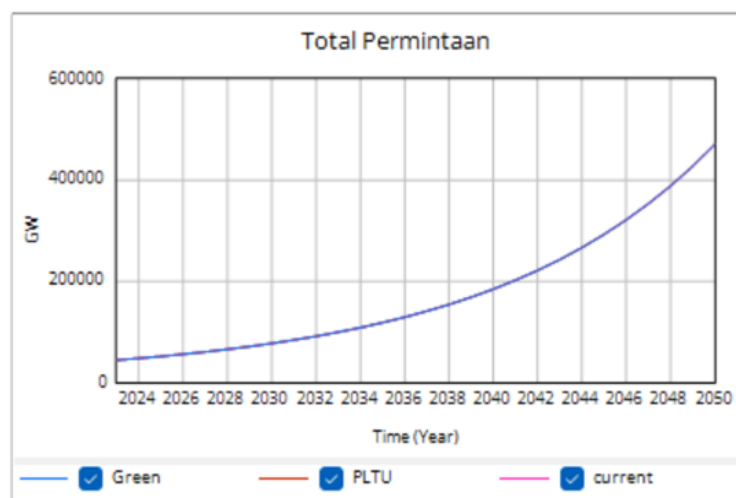
Gambar 2 diatas menunjukan hasil hubungan antara kedua subsistem permintaan dan supply direpresentasikan dalam variabel GAP, yaitu selisih antara total permintaan dan total pasokan. Variabel ini menjadi indikator utama untuk menilai keseimbangan energi listrik. Jika GAP bernilai negatif, berarti terjadi defisit pasokan sehingga tidak semua kebutuhan listrik dapat terpenuhi. Sebaliknya, jika GAP bernilai positif, berarti pasokan listrik melebihi kebutuhan, yang berpotensi menghasilkan surplus. Hasil dari model diatas didapatkan tiga hasil yaitu hasil proyeksi permintaan dari tahun 2023-2050 dengan tiga skenario, proyeksi supply dari tahun 2023-2050 dengan tiga skenario serta selisih permintaan dan supply

listrik (GAP) dengan tiga skenario yang disajikan dalam penelitian ini dalam bentuk table dan grafik. Lebih terinci hasil dari proyeksi permintaan tahun 2023-2050 dengan tiga skenario dapat dilihat dari tabel 1 berikut ini Tabel 1. Proyeksi permintaan energi listrik dengan tiga Skenario.

Tabel 1 Proyeksi Permintaan Energi Listrik Dengan Tiga Skenario

Time (Year)	Total Permintaan: Green (GW)	Total Permintaan: PLTU (GW)	Total Permintaan: current (GW)
2023	44018,2	44018,2	44018,2
2030	77051,9	77051,9	77051,9
2040	184307	184307	184307
2050	470259	470259	470259

Data Tabel 1. menunjukkan bahwa permintaan listrik di setiap skenario mengalami peningkatan yang signifikan seiring berjalannya waktu. Pada tahun 2023, total permintaan listrik untuk ketiga skenario tercatat sebesar 44.018,2 GW. Angka ini diperkirakan akan meningkat menjadi 77.051,9 GW pada tahun 2030, kemudian mencapai 184.307 GW pada tahun 2040, dan akhirnya mencapai 470.259 GW pada tahun 2050. Meskipun ada perbedaan dalam jenis sumber energi yang digunakan di masing-masing skenario, permintaan listrik di setiap tahun tetap menunjukkan angka yang sama untuk ketiga skenario yang ada. Hal ini mencerminkan bahwa proyeksi permintaan listrik dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pertumbuhan ekonomi, urbanisasi, dan kebutuhan energi, yang akan terus meningkat dalam jangka Panjang, dalam bentuk grafik dari tiga skenario ini dapat dilihat pada grafik yang tersaji pada gambar 3 dibawah ini



Gambar 3 Grafik Total permintaan 3 skenario

Berdasarkan grafik total Permintaan yang disajikan, dapat dilihat bahwa kebutuhan listrik menunjukkan peningkatan eksponensial sepanjang periode simulasi. Pada tahun 2024, total permintaan listrik diperkirakan mengalami kenaikan signifikan dan diproyeksikan mencapai sekitar 470.259 GW pada tahun 2050. Laju pertumbuhannya menunjukkan konsistensi yang tinggi dalam seluruh skenario, baik itu skenario Business as Usual (BAU), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), maupun skenario hijau (green). Hal ini menandakan bahwa meskipun ada perbedaan dalam jenis sumber energi yang digunakan, tren permintaan listrik secara keseluruhan tetap menunjukkan kenaikan yang hampir serupa, dengan perbedaan yang terjadi terutama pada sisi pasokan dan pengelolaan GAP yang dapat timbul dari sumber-sumber energi yang dipilih. Perbedaan antara skenario-skenario ini hanya mempengaruhi komposisi pasokan listrik dan upaya untuk mengurangi GAP di masa depan, yang mana akan berhubungan dengan penggunaan energi terbarukan atau sumber konvensional.

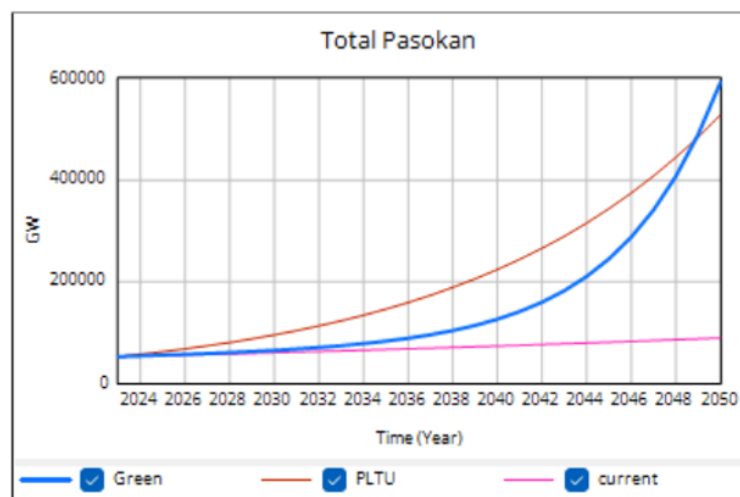
Berbeda dengan proyeksi permintaan, proyeksi supply energi listrik yang dihasilkan dari tiga skenario mengalami perbedaan yang signifikan, hal ini disebabkan skenario yang dicoba melalui penelitian ini adalah skenario Business as Usual (BAU) tanpa merubah variable. Sedangkan skenario PLTU dicoba dengan meningkatkan pembangkit PLTU

dengan meningkatkan dua kali dan pembangkit listrik yang berbasis renewable energi berjalan tetap. Lebih terperinci dapat dilihat dari tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Proyeksi Supply Energi Listrik dengan Tiga Skenario

Time (Year)	Total Pasokan: Green (GW)	Total Pasokan: PLTU (GW)	Total Pasokan: current (GW)
2023	52572	52572	52572
2030	64801,2	95185,3	60299,1
2040	126040	223688	73360,8
2050	591809	527722	89268,1

Tabel 2 menunjukkan proyeksi total pasokan listrik di Provinsi Banten untuk tiga skenario yang berbeda pada periode 2023 hingga 2050, yaitu skenario Green (energi terbarukan), skenario PLTU (pembangkit listrik tenaga uap), dan skenario Current (kondisi saat ini). Pada tahun 2023, total pasokan listrik untuk ketiga skenario tercatat sebesar 52.572 GW, yang menunjukkan pasokan listrik yang serupa di setiap skenario. Namun, pada tahun 2030, pasokan listrik pada skenario Green diperkirakan mencapai 64.801,2 GW, sementara skenario PLTU mencapai 95.185,3 GW, dan skenario Current sebesar 60.299,1 GW. Hal ini menunjukkan bahwa pasokan listrik dalam skenario PLTU lebih besar dibandingkan dengan skenario Green dan Current, meskipun ada peningkatan pasokan pada ketiga skenario tersebut dibandingkan tahun 2023. Pada tahun 2040, pasokan listrik dalam skenario Green diproyeksikan meningkat menjadi 126.040 GW, sedangkan pada skenario PLTU diperkirakan mencapai 223.688 GW, dan skenario Current sebesar 73.360,8 GW. Kenaikan pasokan listrik pada skenario PLTU lebih signifikan, namun skenario Green juga menunjukkan pertumbuhan yang pesat. Pada tahun 2050, pasokan listrik diperkirakan jauh lebih tinggi, dengan skenario Green mencapai 591.809 GW, lebih besar dibandingkan dengan skenario PLTU yang mencapai 527.722 GW, dan skenario Current yang hanya mencapai 89.268,1 GW. Hal ini menunjukkan bahwa skenario Green, yang berfokus pada energi terbarukan, akan menjadi sumber utama pasokan listrik pada tahun 2050, meskipun skenario PLTU tetap memberikan kontribusi besar. Sebagai perbandingan dari ke-tiga skenario dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini



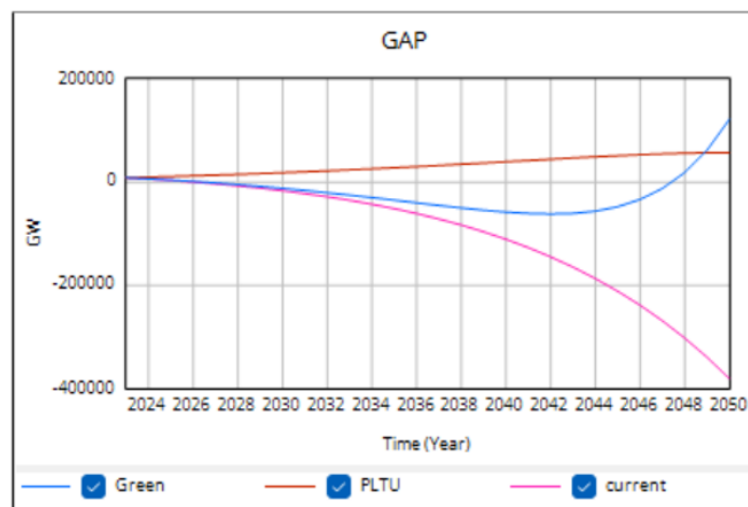
Gambar 4. Grafik Total pasoka 3 skenario

Pada grafik total pasokan, tren yang terbentuk selaras dengan hasil GAP. Skenario current (BAU) menunjukkan kenaikan pasokan yang relatif lambat, di tahun 2023 menjadi hanya 89.268,1 GW pada tahun 2050, jauh di bawah permintaan. Pada skenario PLTU, total pasokan meningkat signifikan hingga sekitar 527.722 GW pada tahun 2050, sedikit lebih rendah dari permintaan, tetapi cukup untuk menutup kesenjangan. Adapun skenario green menunjukkan peningkatan yang lebih lambat pada dua dekade pertama, namun akselerasi tajam terjadi setelah 2040, sehingga pada tahun 2050 pasokan listrik energi terbarukan menembus 591.809 GW, melampaui total permintaan listrik nasional. Sementara itu selisih antara permintaan dan supply energi listrik yang menjadi tujuan utama dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini

Tabel 3. Selisih Permintaan dan Supply 3 Skenario

Time (Year)	GAP: Green (GW)	GAP: PLTU (GW)	GAP: current (GW)
2023	8553,84	8553,84	8553,84
2030	-12250,6	18133,4	-16752,7
2040	-58266,9	39381	-110946
2050	121550	57462,1	-380991

Tabel 3 menunjukkan nilai GAP (selisih antara permintaan dan pasokan listrik) untuk tiga skenario yang berbeda pada periode 2023 hingga 2050 di Provinsi Banten. GAP dihitung berdasarkan perbandingan antara total permintaan listrik dan kapasitas pasokan listrik yang tersedia pada setiap tahun. Pada tahun 2023, semua skenario menunjukkan GAP positif sekitar 8553,84 GW, yang berarti pasokan listrik dapat memenuhi permintaan dengan sedikit surplus. Namun, pada tahun 2030, skenario Green menunjukkan GAP negatif sebesar -12.250,6 GW, yang mengindikasikan kekurangan pasokan listrik, sementara skenario PLTU mengalami GAP positif 18.133,4 GW, menunjukkan bahwa kapasitas PLTU dapat mencakup permintaan bahkan menghasilkan surplus. Skenario Current juga menunjukkan GAP negatif (-1.6752,7 GW), menandakan adanya kekurangan pasokan. Pada tahun 2040, GAP pada skenario Green semakin besar dengan nilai negatif -58.266,9 GW, yang berarti kekurangan pasokan listrik semakin parah. Sebaliknya, skenario PLTU menunjukkan GAP positif sebesar 39.381 GW, sedangkan skenario Current menunjukkan GAP negatif yang lebih besar, yaitu -110.946 GW, yang menunjukkan defisit pasokan yang signifikan. Pada tahun 2050, skenario Green menunjukkan GAP yang sangat besar dan positif, yaitu +121.550 GW, mengindikasikan bahwa pengembangan energi terbarukan mampu menghasilkan pasokan listrik yang melampaui permintaan. Skenario PLTU juga menunjukkan GAP positif sebesar 57.462,1 GW, meskipun lebih rendah dibandingkan dengan skenario Green, sementara skenario Current tetap menunjukkan GAP negatif yang sangat besar (-380.991 GW), yang menunjukkan defisit pasokan listrik yang sangat besar. Untuk lebih terperinci hasil dari selisih ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 5. Grafik Selisih Permintaan dan Supply Energi Listrik 3 Skenario

Grafik yang tersaji pada Gambar 5 diatas ini disimulasikan dengan 3 skenario yaitu jika kondisi saat ini tetap di pertahankan atau current (BAU), skenario kedua adalah dengan meningkatkan kapasitas PLTU dan skenario ketiga yaitu green atau dengan meningkatkan kapasitas pembangkit energi terbarukan atau green. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar di bawah yang terdiri dari tiga indikator utama: total permintaan listrik, kesenjangan antara pasokan dan permintaan (GAP), serta total pasokan listrik pada periode 2024–2050. Pada gambar 4 GAP, perbedaan antar skenario terlihat jelas. Pada kondisi current (BAU), GAP menurun tajam hingga mencapai sekitar -350.000 GW pada tahun 2050. Hal ini menunjukkan defisit listrik yang sangat besar karena pasokan tidak mampu mengimbangi lonjakan permintaan. Pada skenario PLTU, GAP justru bergerak positif dan stabil dengan nilai sekitar +70.000 GW pada tahun 2050, yang berarti kapasitas tambahan PLTU mampu menutup kebutuhan listrik bahkan menghasilkan surplus. Namun, skenario ini memiliki implikasi berupa peningkatan emisi karbon yang signifikan. Sementara itu, pada skenario green, GAP awalnya menurun hingga mencapai defisit sekitar -100.000 GW pada tahun 2035, namun berbalik positif setelah tahun 2040, dan

meningkat tajam mencapai sekitar +150.000 GW pada tahun 2050. Kondisi ini menegaskan bahwa pengembangan energi terbarukan membutuhkan waktu adaptasi, tetapi dalam jangka panjang mampu menghasilkan surplus pasokan energi yang lebih besar dibandingkan skenario PLTU.

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario current (BAU) berisiko menimbulkan defisit energi yang sangat besar. Skenario PLTU memberikan jaminan kecukupan pasokan hingga surplus kecil, namun dengan dampak lingkungan berupa peningkatan emisi karbon. Sebaliknya, skenario green memerlukan investasi dan waktu adaptasi yang cukup lama, tetapi mampu menghasilkan pasokan listrik yang lebih besar, menciptakan surplus hingga ± 150.000 GW pada tahun 2050, sekaligus memberikan opsi yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan energi listrik di Provinsi Banten diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi, populasi, dan urbanisasi. Untuk menghadapi lonjakan permintaan tersebut, perencanaan energi yang komprehensif dan matang sangat diperlukan guna memastikan ketersediaan pasokan listrik yang berkelanjutan dan andal di masa depan. Penelitian ini menggunakan pendekatan model dinamis sistem untuk memproyeksikan kebutuhan listrik dan mengevaluasi berbagai skenario kebijakan, termasuk skenario yang mengutamakan energi terbarukan.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa meskipun terdapat upaya untuk meningkatkan kapasitas pasokan listrik, baik melalui pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) maupun energi terbarukan, ketergantungan pada energi fosil berisiko besar menimbulkan defisit energi pada masa depan. Skenario yang lebih mengutamakan pengembangan energi terbarukan (green) menunjukkan potensi surplus pasokan listrik pada tahun 2050, meskipun memerlukan waktu dan investasi yang signifikan untuk mencapainya.

Secara keseluruhan, meskipun skenario energi terbarukan memerlukan adaptasi dan waktu yang lebih lama, hal tersebut merupakan pilihan yang lebih berkelanjutan untuk mendukung ketahanan energi jangka panjang dibandingkan dengan ketergantungan pada pembangkit listrik berbasis fosil. Oleh karena itu, penting untuk mengimplementasikan kebijakan energi yang adaptif dan proaktif guna menghadapi tantangan meningkatnya kebutuhan energi, serta untuk mewujudkan tujuan pembangunan berkelanjutan di Provinsi Banten.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Putra, N. Nayusrizal, I. Untari, G. Wibisono, and C. Hudaya, "Prediction of electricity load growth of tangerang city using SIMPLE-E," *2nd IEEE International Conference on Innovative Research and Development, ICIRD 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICIRD47319.2019.9074760.
- [2] T. K. Lukong, D. Nganyu Tanyu, Y. Nkongtchou, T. T. Tatietse, and D. Schulz, "A Spatial Long-Term Load Forecast Using a Multiple Delineated Machine Learning Approach," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 10, p. 2484, 2025, doi: 10.3390/en18102484.
- [3] M. A. McNeil, N. Karali, and V. Letschert, "Forecasting Indonesia's electricity load through 2030 and peak demand reductions from appliance and lighting efficiency," *Energy for Sustainable Development*, vol. 49, pp. 65–77, 2019, doi: 10.1016/j.esd.2019.01.001.
- [4] M. Haekal, K. B. Artana, and D. W. Handani, "A Gas Infrastructure Pathways in East Java Using System Dynamic Approach," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 557, no. 1, p. 12025, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/557/1/012025.
- [5] M. H. Hasan, T. M. I. Mahlia, and H. Nur, "A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 4, pp. 2316–2328, 2012, doi: 10.1016/j.rser.2011.12.007.
- [6] S. Johan and A. M. Ginting, "Determinasi Konsumsi Listrik Di Indonesia," *Media Ekonomi*, vol. 30, no. 1, pp. 106–117, 2022, doi: 10.25105/me.v30i1.10662.
- [7] B. Nur Cahyo, A. Agus Setiawan, W. Wilopo, and A. Abdi Musyafiq, "Energy Demand and Supply Forecasting Based on Electricity Consumption Intensity and Production Capacity for Development of Operating Support in

- Headquarter of Indonesian National Army,” *E3S Web of Conferences*, vol. 73, p. 1004, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20187301004.
- [8] J. A. Basconcillo and A. Rimkute, “GMM Approach to Residential Electricity Consumption in Indonesia,” *Energy Research Letters*, vol. 4, no. 3, 2023, doi: 10.46557/001c.33899.
- [9] A. Puariesthaufani N, R. P Hadi Wibowo, and C. Anam, “Quo Vadis Renewable Electricity In Southeast Asia: Policy Overview Of The Energy Transition Towards Zero Emissions,” *Journal of Comprehensive Science (JCS)*, vol. 1, no. 2, pp. 236–248, 2022, doi: 10.59188/jcs.v1i2.42.
- [10] A. F. Sa’adah, A. Fauzi, and B. Juanda, “Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik,” *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, vol. 17, no. 2, pp. 118–137, 2017, doi: 10.21002/jepi.v17i2.661.
- [11] J. Thomsen, N. S. Hussein, A. Dolderer, and C. Kost, “Effect of the foresight horizon on computation time and results using a regional energy systems optimization model,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 2, p. 495, 2021, doi: 10.3390/en14020495.
- [12] A. Mostafaeipour, A. Bidokhti, M. B. Fakhrzad, A. Sadegheih, and Y. Zare Mehrjerdi, “A new model for the use of renewable electricity to reduce carbon dioxide emissions,” *Energy*, vol. 238, p. 121602, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2021.121602.
- [13] G. Jolodoro, T. Perdana, and S. Withaningsih, “A Sustainability Assessment of Electric Vehicles for Enhancing Energy Security and Reducing Emissions in Indonesia,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 17, no. 10, 2025, doi: 10.3390/su17104681.
- [14] T. Revina Yasin, Z. Anna, and G. Lara Utama, “Unpacking Indonesia’s energy transition through a PESTEL analysis, for achieving Sustainable Development Goals,” *E3S Web of Conferences*, vol. 495, p. 1007, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202449501007.