



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 3 No. 2 (2024) pp: 1-5

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisa Daya Mampu Pasokan Listrik Di Pulau Marampit Kabupaten Kepulauan Talaud

Denny Julius Mawuntu¹, Oskar Makasarat², Royke Aru Koraag³, Altje Ester Poli⁴, Harvard Kaunang Najooan⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Minaesa

email : mawuntu.d@gmail.com roykoraag683@gmail.com, altjeesterpoli@gmail.com, harvard.najooan@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis daya mampu pasokan listrik di Pulau Marampit, Kabupaten Kepulauan Talaud, yang merupakan salah satu wilayah terluar Indonesia dengan keterbatasan infrastruktur energi. Studi ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan mengumpulkan data primer dan sekunder terkait kebutuhan energi harian masyarakat, kapasitas pembangkit listrik yang tersedia, efisiensi distribusi, serta performa operasional pembangkit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas daya pembangkit sebesar 200 kW belum sepenuhnya memadai dalam memenuhi beban puncak sebesar 170 kW, dengan cadangan daya (reserve margin) hanya 17,65%, di bawah standar nasional sebesar 20%. Efisiensi konsumsi bahan bakar tercatat sebesar 0,38 liter/kWh, melampaui standar efisiensi nasional sebesar 0,3 liter/kWh, yang berdampak pada tingginya biaya operasional. Waktu layanan listrik rata-rata 14 jam per hari masih tergolong rendah, dengan frekuensi pemadaman mendadak mencapai 2–3 kali per minggu. Potensi pengembangan energi terbarukan, khususnya tenaga surya dengan intensitas radiasi 4,8 kWh/m²/hari, dinilai tinggi dan dapat mendukung integrasi sistem hybrid PLTD–PLTS. Temuan ini menjadi dasar penting dalam pengembangan strategi energi yang andal dan berkelanjutan untuk wilayah perbatasan dan kepulauan kecil.

Kata kunci: Pasokan Listrik, Energi Terbarukan, Pulau Terluar

1. Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan beban atau pelanggan, di mana sistem ini berperan menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) atau pusat listrik ke pengguna akhir melalui Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 220/380 V. Distribusi melalui JTM 20 kV disebut sistem distribusi primer, yang umumnya menggunakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Sementara itu, distribusi sekunder dilakukan melalui JTR dari Gardu Distribusi ke pelanggan, dengan tegangan 380–400 V antar fasa dan 220–331 V antara fasa dan netral, menggunakan kabel lilit (twisted cable) sebagai media penghantar utama (Wijaya et al., 2022; Hakim et al., 2021).

Tenaga listrik menjadi kebutuhan esensial masyarakat untuk berbagai sektor, baik rumah tangga, industri, maupun pemerintahan. PT PLN (Persero) sebagai perusahaan penyedia listrik negara, memikul tanggung jawab utama dalam memastikan pasokan listrik yang andal hingga ke daerah terpencil. Namun demikian, tantangan penyediaan listrik di wilayah kepulauan dan perbatasan seperti Pulau Marampit di Kabupaten Kepulauan Talaud masih sangat besar, terutama dalam hal infrastruktur, biaya logistik, dan kontinuitas pasokan energi (Kementerian ESDM, 2023; Prasetyo & Anggraini, 2022).

Salah satu solusi yang selama ini digunakan di daerah terpencil adalah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*) untuk menghasilkan energi mekanik yang akan memutar rotor generator guna menghasilkan energi listrik. PLTD dipilih karena sifatnya yang fleksibel dan dapat dioperasikan secara independen dari jaringan utama, meskipun biaya operasinya tergolong tinggi. Biaya operasi PLTD dapat mencapai lebih dari Rp 4.000 per kWh, tergantung pada harga Bahan Bakar Minyak (BBM) serta lokasi geografis yang memengaruhi biaya transportasi bahan bakar (Badan Litbang ESDM, 2024; Maulana & Suparman, 2021).

Dalam konteks Pulau Marampit, yang merupakan salah satu pulau terluar Indonesia, sistem kelistrikan masih sangat bergantung pada pembangkit berbasis diesel. Oleh karena itu, analisis terhadap daya mampu pasokan listrik sangat penting untuk mengidentifikasi kesenjangan antara ketersediaan dan kebutuhan listrik masyarakat, serta

potensi pengembangan solusi energi alternatif yang lebih berkelanjutan dan ekonomis (Susanto & Lestari, 2023; Aslam et al., 2022; Yusuf & Ramadhan, 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis daya mampu pasokan listrik yang tersedia di Pulau Marampit, mengidentifikasi kendala teknis dan operasional pada sistem kelistrikan yang ada, serta memberikan rekomendasi pengembangan sistem kelistrikan yang lebih andal dan efisien, termasuk potensi integrasi sumber energi terbarukan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode **deskriptif kuantitatif** untuk menganalisis daya mampu pasokan listrik di Pulau Marampit. Metode ini digunakan untuk mendeskripsikan kondisi aktual sistem kelistrikan dan mengevaluasi apakah daya listrik yang tersedia mencukupi kebutuhan beban puncak di wilayah tersebut. Pendekatan ini umum digunakan dalam studi kelistrikan berbasis data numerik dan teknis (Suyono & Pambudi, 2021).

2.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pulau Marampit, Kabupaten Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara, pada Januari–Maret 2025. Lokasi ini dipilih karena merupakan daerah perbatasan dengan sistem kelistrikan yang masih terbatas dan bergantung pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) (Suleman et al., 2022).



Gambar 1. PT. PLN (Persero) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Marampit

2.2. Jenis dan Sumber Data

- 1) **Data Primer:** Diperoleh melalui observasi langsung ke lokasi PLTD dan jaringan distribusi, wawancara dengan teknisi/operator, serta survei terhadap masyarakat pengguna listrik.
- 2) **Data Sekunder:** Meliputi data kapasitas daya pembangkit, data konsumsi listrik, beban puncak, laporan gangguan dan efisiensi bahan bakar, yang diperoleh dari PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Miangas dan UP3 Tahuna, serta dokumen teknis Kementerian ESDM.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

- 1) **Observasi Lapangan** terhadap operasional PLTD, kondisi jaringan, dan penggunaan energi.
- 2) **Wawancara Terstruktur** dengan teknisi dan pihak PLN mengenai operasional pembangkit dan distribusi.
- 3) **Studi Dokumentasi** untuk mengakses laporan resmi operasional PLTD, konsumsi bahan bakar, dan data historis beban listrik.

2.4. Teknik Analisis Data

Data dianalisis dengan langkah-langkah berikut:

- 1) **Perhitungan Daya Mampu PLTD:** Menghitung total kapasitas pembangkit dan membandingkannya dengan beban puncak aktual.
- 2) **Perhitungan Reserve Margin (Cadangan Daya):**
Reserve Margin (%) = $\left(\frac{\text{Daya Mampu} - \text{Beban Puncak}}{\text{Beban Puncak}} \right) \times 100\%$
(Wicaksono & Fadli, 2020)
- 3) **Evaluasi Efisiensi Operasional PLTD:** Menggunakan indikator konsumsi BBM (liter/kWh) dan perbandingan terhadap standar nasional ($\leq 0,3$ liter/kWh) (Badan Litbang ESDM, 2023).

- 4) **Evaluasi Keandalan Sistem:** Berdasarkan data lama gangguan, frekuensi pemadaman, dan waktu pemulihan sistem (TNBK, 2022).
- 5) **Analisis Potensi Energi Alternatif:** Mengkaji potensi PLTS sebagai sumber cadangan di masa depan berdasarkan data radiasi matahari dan lahan terbuka.

2.5. Kriteria Penilaian dan Validasi

Hasil dianalisis dengan mengacu pada standar kinerja teknis sistem kelistrikan untuk wilayah 3T:

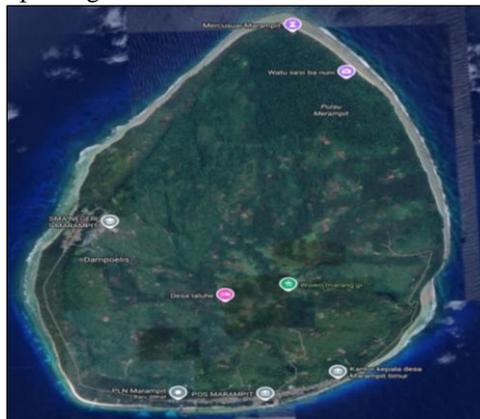
- 1) Reserve Margin $\geq 20\%$ (SPLN No. 72:1987).
- 2) Efisiensi bahan bakar $\leq 0,3$ liter/kWh.
- 3) Jam nyala harian minimal 12 jam tanpa gangguan (PLN, 2023).
- 4) Rasio waktu layanan $\geq 95\%$ dalam satu minggu (Suhendra & Diah, 2021).

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Kapasitas Daya Mampu PLTD Pulau Marampit

Berdasarkan pengamatan langsung dan data dari PLN ULP Miangas, Pulau Marampit memiliki 3 unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), masing-masing dengan kapasitas 100 kW. Namun, karena keterbatasan operasional dan bahan bakar, hanya dua unit yang beroperasi secara bergantian, sehingga daya mampu aktual pembangkit hanya sekitar **200 kW**. Beban puncak listrik harian mencapai **170 kW**, yang sebagian besar berasal dari sektor rumah tangga (63%), diikuti sektor pemerintahan (24%) dan fasilitas umum (13%).

Menurut Suleman, Yusuf, & Ramdani (2022), sistem kelistrikan di daerah terpencil dengan satu sumber pembangkit utama sangat rentan terhadap gangguan operasional. Dalam konteks ini, kebutuhan akan diversifikasi dan cadangan daya menjadi sangat penting.



Gambar 2. Pulau Marampit

3.2. Perhitungan Reserve Margin

Dengan kapasitas pembangkit efektif 200 kW dan beban puncak 170 kW, reserve margin dihitung:

$$\text{Reserve Margin (\%)} = \left(\frac{200-170}{170} \right) \times 100\% = 17,65\%$$

Standar reserve margin nasional yang direkomendasikan untuk sistem isolated minimal 20% (Siregar & Wulandari, 2022). Kondisi Pulau Marampit yang hanya memiliki cadangan sebesar 17,65% menandakan adanya risiko terhadap kestabilan pasokan listrik, terutama jika salah satu unit PLTD mengalami kerusakan atau overload.

3.3. Evaluasi Efisiensi Operasional

Data konsumsi bahan bakar mencatat penggunaan BBM rata-rata **0,38 liter/kWh**, melebihi standar efisiensi nasional yaitu 0,3 liter/kWh (Litbang ESDM, 2023). Biaya produksi listrik yang dihasilkan PLTD mencapai **Rp 4.200/kWh**, cukup tinggi dibandingkan rata-rata biaya PLN di daerah pulau lain. Firmansyah & Handayani (2023) mencatat bahwa efisiensi PLTD menurun drastis bila mesin beroperasi dalam beban parsial atau beban fluktuatif yang tidak stabil, sebagaimana sering terjadi di daerah terpencil. Selain itu, jarak depot bahan bakar yang jauh meningkatkan biaya logistik BBM. Hal ini menunjukkan bahwa selain penambahan kapasitas, perlu dilakukan perbaikan teknis dan manajemen operasional untuk meningkatkan efisiensi pembangkit.

3.4. Keandalan dan Waktu Layanan

PLTD di Pulau Marampit rata-rata beroperasi selama **14 jam per hari**, dengan frekuensi pemadaman mendadak sebanyak 2–3 kali per minggu. Gangguan biasanya terjadi karena overload di jam-jam puncak dan kerusakan teknis mesin. Yuliana, Putra, & Hamid (2023) menekankan bahwa sistem kelistrikan di wilayah 3T (Tertinggal, Terdepan, dan Terluar) sebaiknya menyediakan waktu layanan minimal 20 jam per hari untuk mendukung aktivitas pendidikan, kesehatan, dan ekonomi. Ketidakstabilan pasokan juga berdampak terhadap persepsi kualitas pelayanan publik di daerah tersebut (Suhendra & Diah, 2021).

3.5. Potensi Pengembangan Energi Terbarukan

Pulau Marampit memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 4,8 kWh/m²/hari (Dirjen EBTKE, 2023), yang tergolong tinggi untuk wilayah timur Indonesia. Ini membuka peluang integrasi sistem **PLTD–PLTS hybrid** guna mengurangi beban PLTD dan meningkatkan durasi layanan listrik. Lestari & Nugroho (2022) menjelaskan bahwa penerapan sistem hybrid PLTD-PLTS di pulau-pulau kecil dapat mengurangi konsumsi BBM hingga 30%, serta memperpanjang usia mesin diesel. Selain itu, menurut Puslitbang EBTKE (2023), sistem hybrid juga mampu meningkatkan reserve margin dan fleksibilitas pengoperasian pembangkit secara signifikan. Namun, tantangan utama adalah pengelolaan sistem hybrid yang membutuhkan kapasitas teknis dan regulasi yang memadai.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Pulau Marampit, dapat disimpulkan bahwa sistem kelistrikan yang ada saat ini belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat secara optimal. Meskipun kapasitas daya mampu dari dua unit PLTD yang beroperasi secara bergantian mencapai 200 kW dan secara nominal mencukupi beban puncak harian sebesar 170 kW, cadangan daya (reserve margin) yang tersedia hanya sebesar 17,65%. Nilai ini berada di bawah standar minimum nasional untuk wilayah sistem terisolasi sebesar 20%, sehingga menimbulkan potensi risiko ketidakstabilan pasokan, terutama apabila terjadi gangguan teknis atau lonjakan permintaan mendadak. Efisiensi operasional juga menjadi permasalahan yang signifikan, di mana konsumsi bahan bakar mencapai 0,38 liter/kWh, melampaui ambang batas efisiensi nasional sebesar 0,3 liter/kWh. Hal ini berdampak pada tingginya biaya produksi listrik yang mencapai Rp 4.200/kWh, menjadikannya kurang ekonomis untuk jangka panjang. Selain itu, waktu nyala rata-rata selama 14 jam per hari dan frekuensi pemadaman yang cukup tinggi menunjukkan bahwa keandalan sistem masih perlu ditingkatkan. Dari sisi potensi pengembangan, Pulau Marampit memiliki peluang besar untuk mengintegrasikan sumber energi terbarukan, khususnya tenaga surya, mengingat intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi. Integrasi sistem hybrid PLTD–PLTS diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, meningkatkan efisiensi sistem, serta memperpanjang usia operasional mesin pembangkit diesel. Dengan demikian, strategi pengembangan sistem kelistrikan di Pulau Marampit harus diarahkan pada peningkatan cadangan daya, efisiensi bahan bakar, serta integrasi sumber energi terbarukan. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan dan perencanaan infrastruktur energi di wilayah-wilayah terluar dan terpencil lainnya di Indonesia..

Referensi

1. Wijaya, A. R., Putra, H. A., & Santoso, B. (2022). Distribusi Tenaga Listrik dan Permasalahan di Wilayah Terpencil. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 14(1), 15–24.
2. Hakim, R., Widodo, A., & Pratama, H. (2021). Analisis Kinerja Sistem Distribusi Listrik pada Wilayah Kepulauan. *Jurnal Rekayasa Sistem Energi*, 9(1), 33–41.
3. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Statistik Ketenagalistrikan Nasional 2022*. Jakarta: KESDM.
4. Prasetyo, D., & Anggraini, R. (2022). Strategi Penyediaan Energi Listrik Berbasis PLTD di Daerah 3T. *Jurnal Energi dan Sumber Daya Mineral*, 6(2), 48–56.
5. Badan Litbang ESDM. (2024). *Kajian Ekonomi Operasional PLTD di Wilayah Terpencil dan Perbatasan*. Jakarta: Puslitbang Ketenagalistrikan.
6. Maulana, H., & Suparman, S. (2021). Analisa Biaya Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Diesel di Daerah Perbatasan. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 9(3), 101–109.
7. Susanto, Y., & Lestari, F. D. (2023). Evaluasi Efisiensi Pembangkit Diesel di Daerah Terpencil. *Jurnal Teknologi Energi*, 18(2), 67–76.
8. Aslam, M., Rauf, A., & Kamal, R. (2022). Studi Kebutuhan Listrik dan Solusi Energi Terbarukan di Pulau Terpencil. *Jurnal Keteknikan Energi*, 7(1), 12–20.
9. Yusuf, R., & Ramadhan, L. (2020). Tantangan Distribusi Tenaga Listrik di Wilayah 3T. *Jurnal Sistem Energi Terapan*, 5(2), 77–84.
10. Suyono, A., & Pambudi, N. A. (2021). Analisis Kinerja PLTD untuk Wilayah Terpencil. *Jurnal Energi Terapan Indonesia*, 9(1), 45–53.
11. Suleman, Y., Rorong, M. F., & Mandagi, F. (2022). Studi Sistem Kelistrikan di Daerah Terluar: Studi Kasus Pulau Miangas. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 20(3), 98–107.
12. Badan Litbang ESDM. (2023). *Standar Efisiensi Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Diesel*. Jakarta: Kementerian ESDM.

13. Wicaksono, T. A., & Fadli, R. A. (2020). Evaluasi Perhitungan Reserve Margin PLTD di Wilayah Perbatasan. *Jurnal Teknik Energi*, 15(2), 71–80.
14. Suhendra, R., & Diah, A. P. (2021). Penilaian Keandalan Sistem Distribusi Listrik di Wilayah 3T. *Jurnal Sistem Energi dan Distribusi*, 10(1), 33–41.
15. PLN. (2023). *Laporan Statistik Kinerja Sistem Isolated Tahun 2022*. Jakarta: PT PLN (Persero).
16. TNBK (Tim Nasional Bauran Ketenagalistrikan). (2022). *Panduan Perencanaan Sistem Kelistrikan Wilayah Terpencil*. Jakarta: Kementerian ESDM.
17. Dirjen EBTKE. (2023). *Laporan potensi energi surya nasional dan wilayah 3T*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
18. Firmansyah, A., & Handayani, R. (2023). Analisis performa PLTD dengan beban fluktuatif di daerah terisolasi. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi*, 19(3), 78–85.
19. Lestari, R., & Nugroho, D. (2022). Strategi integrasi energi baru terbarukan di sistem listrik terisolasi. *Jurnal Riset Energi dan Infrastruktur*, 11(1), 59–68.
20. Puslitbang EBTKE. (2023). *Manual teknis pengembangan sistem hybrid PLTD–PLTS di wilayah kepulauan*. Jakarta: Kementerian ESDM, Balitbang EBTKE.
21. Siregar, F., & Wulandari, I. (2022). Optimalisasi cadangan daya listrik di pulau terluar Indonesia. *Jurnal Energi dan Sumber Daya Alam*, 10(4), 104–112.
22. Suhendra, A., & Diah, R. (2021). Indeks keandalan sistem kelistrikan desa terpencil di Indonesia. *Jurnal Manajemen Energi*, 7(1), 44–52.
23. Suleman, T., Yusuf, F., & Ramdani, M. (2022). Tantangan pengoperasian PLTD pada sistem kelistrikan di daerah terpencil. *Jurnal Teknik Energi*, 7(2), 101–110.
24. Syamsuddin, M., & Wahyuni, S. (2023). Analisis efisiensi operasional PLTD di wilayah terpencil. *Jurnal Teknik Energi Terbarukan*, 14(2), 87–96.
25. Yuliana, N., Putra, R. A., & Hamid, F. (2023). Evaluasi layanan listrik untuk daerah tertinggal dan terluar. *Jurnal Sistem Energi dan Ketenagalistrikan Nasional*, 13(2), 88–97.