



Studi Efisiensi Sistem Kelistrikan di Wilayah Tanpa Akses PLN (Kasus Proyek Camp and Facility Site Buhut Kalimantan Tengah)

Amar Jebal El Balad

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kahuripan Kediri

Email : amar.jebal.el.balad@students.kahuripan.ac.id

Article Info

Article history:

Received July 23, 2025

Revised September 21, 2025

Accepted September 26, 2025

Keywords:

Energy Management, Energy Efficiency, Electrical Systems, Generators, Solar Panels, Hybrid Systems, Power Distribution, Remote Projects

ABSTRACT

The Building Facility and Camp construction project at the Buhut Site, Central Kalimantan, is located in a remote areathat is not yet connected to the PLN electricity grid, so all electricity needsare met by two diesel-fueled generators.This study aims to analyze the efficiency of the electrical system used, focusing on power distribution patterns, fuel consumption, and the potential for alternative energy applications. The research methods employed include field observations, measurement of technical parameters,and analysis of energy consumption data and operational costs over two periods (January–February 2025). The study results indicate significant inefficiencies, caused by suboptimal power distribution, the use of non-energy-efficient electrical equipment, and the lack ofimplementation of renewable energy-based systems. After the implementation of the hybrid genset-solar panel system in February 2025, there was a 15.7% reduction in diesel fuel consumption, a decrease in operational costs, and a reduction in carbon emissions. The recommendations generated include optimizing load distribution, using energy-efficient devices, and conducting scheduled maintenance of the genset. This research contributes to the development of energy efficiency strategies for similar projects in areas without access to PLN electricity.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received July 23, 2025

Revised September 21, 2025

Accepted September 26, 2025

Kata Kunci :

Manajemen Energi, Efisiensi Energi, Sistem Kelistrikan, Genset, Panel Surya, Sistem Hybrid, Distribusi Daya, Proyek Terpencil

ABSTRAK

Proyek pembangunan Building Facility and Camp di Site Buhut, Kalimantan Tengah, terletak di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN, sehingga seluruh kebutuhan listrik dipenuhi oleh dua unit genset berbahan bakar solar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi sistem kelistrikan yang digunakan, dengan fokus pada pola distribusi daya, konsumsi bahan bakar, dan potensi penerapan energi alternatif. Metode penelitian yang digunakan meliputi observasi lapangan, pengukuran parameter teknis, serta analisis data konsumsi energi dan biaya operasional selama dua periode (Januari–Februari 2025). Hasil penelitian menunjukkan adanya ketidakefisienan signifikan, yang disebabkan oleh distribusi daya yang tidak optimal, penggunaan peralatan listrik yang tidak hemat energi, serta belum diterapkannya sistem berbasis energi terbarukan. Setelah penerapan sistem hybrid genset-panel surya pada Februari 2025, terjadi penurunan konsumsi bahan bakar solar hingga 15,7%, pengurangan biaya operasional, serta penurunan emisi karbon. Rekomendasi yang dihasilkan meliputi pengoptimalan distribusi



beban, penggunaan perangkat hemat energi, serta pemeliharaan genset secara terencana. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penyusunan strategi efisiensi energi untuk proyek-proyek serupa di daerah tanpa akses listrik PLN.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.

**Corresponding Author:**

Amar Jebal El Balad

Universitas Kahuripan Kediri

E-mail: amar.jebal.el.balad@students.kahuripan.ac.id**PENDAHULUAN**

Kebutuhan pasokan listrik yang andal sangat penting dalam mendukung aktivitas operasional proyek infrastruktur, terutama di wilayah terpencil seperti Site Buhut, Kalimantan Tengah. Proyek Camp and Facility Site Buhut yang terletak jauh dari jaringan listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) memiliki berbagai fasilitas, antara lain 8 unit bangunan untuk non-staff, 1 unit bangunan untuk senior staff, 1 unit bangunan untuk junior staff, ruang genset, 1 unit bangunan pos keamanan, musholla, dan kantin dengan kapasitas daya tampung hingga 5000 pekerja. Semua bangunan di lokasi ini bersifat sementara dan dirancang untuk dipindahkan jika proyek tambang tidak berhasil, atau dipindahkan ke lokasi tambang yang lebih potensial. Seluruh fasilitas ini sepenuhnya bergantung pada dua unit generator set (genset) berbahan bakar solar dengan kapasitas masing-masing 1000 kVA yang dioperasikan secara manual dan bergantian selama 12 jam per hari.

Berdasarkan dokumentasi lapangan pada bulan Januari 2025, tingkat konsumsi bahan bakar solar sangat tinggi dan tidak sebanding dengan beban daya aktual yang diperlukan. Ketidaksiharian antara kapasitas genset dan beban ini mengakibatkan pemborosan energi, peningkatan biaya operasional proyek secara signifikan, serta berisiko merusak mesin genset akibat waktu operasi yang panjang dan kontinu.

Masalah utama yang teridentifikasi dalam sistem kelistrikan proyek ini adalah:

1. Distribusi daya yang tidak optimal di bangunan-bangunan camp,
2. Penggunaan peralatan listrik yang belum efisien,
3. Belum diterapkannya teknologi energi terbarukan sebagai alternatif pasokan energi.

Selain itu, tidak adanya sistem pemantauan konsumsi energi yang terintegrasi menyebabkan kesulitan dalam mendeteksi potensi inefisiensi secara real-time.

Efisiensi energi merupakan elemen penting dalam sistem kelistrikan modern, terutama untuk proyek infrastruktur yang berlokasi di daerah tanpa akses listrik PLN. Menurut Swan (2018), efisiensi energi dapat dicapai dengan menggunakan energi seminimal mungkin untuk mencapai hasil yang optimal. Dalam konteks ini, integrasi sistem hybrid, seperti panel surya dan sistem penyimpanan energi (baterai), dapat menjadi solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta menekan emisi karbon.

Penelitian yang dilakukan oleh Ginting dan Suryanto (2019) menunjukkan bahwa penerapan sistem hybrid mampu mengurangi konsumsi bahan bakar hingga 40% pada proyek tambang di wilayah pedalaman. Temuan ini diperkuat oleh Suryanto dan Kurniawan (2020)



yang menekankan pentingnya pemeliharaan genset secara preventif dan strategi distribusi daya yang seimbang untuk meningkatkan efisiensi operasional sistem kelistrikan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi sistem kelistrikan pada Proyek Camp and Facility Site Buhut, Kalimantan Tengah, khususnya pada aspek konsumsi bahan bakar, performa distribusi daya, penggunaan peralatan hemat energi, dan potensi penerapan energi terbarukan. Dengan melakukan analisis teknis yang mendalam dan evaluasi strategi pemanfaatan energi alternatif, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan sistem kelistrikan proyek di daerah terpencil yang lebih hemat biaya, efisien, dan ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis efisiensi sistem kelistrikan pada proyek di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan membandingkan parameter konsumsi energi, distribusi daya, serta biaya operasional sebelum dan sesudah penerapan sistem hybrid. Metode deskriptif dipilih untuk memberikan gambaran teknis secara mendalam mengenai kondisi sistem kelistrikan eksisting, permasalahan efisiensi daya, dan dampak penerapan solusi energi alternatif berbasis panel surya.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Proyek Camp and Facility Site Buhut, Kalimantan Tengah, yang merupakan salah satu area pengembangan infrastruktur terpencil dan belum tersambung ke jaringan listrik PLN. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama dua bulan, yaitu Januari hingga Februari 2025. Periode tersebut dipilih untuk memberikan perbandingan yang jelas antara kondisi sistem kelistrikan sebelum dan sesudah dilakukan penerapan sistem hybrid menggunakan panel surya.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lapangan dengan berbagai metode sebagai berikut:

- a. Observasi lapangan dengan melakukan inspeksi terhadap sistem distribusi listrik secara menyeluruh, termasuk pengamatan terhadap kondisi fisik genset, panel distribusi utama (LVMDP), sub-panel, serta peralatan pengguna akhir seperti pencahayaan, pendingin udara, dan pompa air.
- b. Melakukan pengambilan data setiap hari dengan mencatat konsumsi energi harian dan data konsumsi bahan bakar solar menggunakan form checklist, termasuk jumlah bahan bakar yang digunakan oleh masing-masing genset, waktu operasi, serta daya aktual yang dihasilkan.
- c. Melakukan wawancara langsung dengan teknisi lapangan dan operator genset guna memperoleh informasi tambahan mengenai pola penggunaan energi, kebiasaan operasional, serta kendala teknis yang dihadapi.



- d. Pengambilan data parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, frekuensi, dan daya aktif menggunakan alat ukur digital. Selain itu, dilakukan pencatatan efisiensi kerja dari panel surya dan kondisi pengisian baterai.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua kategori utama, yaitu instrumen utama dan instrumen pendukung, yang dirancang untuk memperoleh data kuantitatif dan teknis secara sistematis terkait konsumsi daya, efisiensi sistem, serta performa operasional komponen kelistrikan.

Instrumen Utama

- a. Formulir Checklist Harian Konsumsi Genset dan Power Storage System, formulir ini digunakan untuk mencatat secara rinci jumlah bahan bakar solar yang dikonsumsi setiap hari oleh masing-masing unit genset, lama waktu operasional, dan total energi listrik yang dihasilkan. Untuk sistem power storage, checklist digunakan untuk merekam tingkat pengisian dan pengosongan baterai.
- b. Data single line diagram (SLD), data ini merupakan representasi tabel sistem distribusi kelistrikan proyek secara menyeluruh. SLD digunakan untuk memahami struktur distribusi dari panel utama Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) hingga panel sub distribution panel (SDP) bangunan, sehingga memudahkan analisis beban dan titik-titik potensi inefisiensi.

Instrumen Pendukung

- a. Alat Ukur Listrik Digital (Digital Clamp Meter, Multimeter, dan Power Analyzer), alat ini digunakan untuk melakukan pengukuran parameter kelistrikan secara langsung di titik-titik distribusi daya dan beban akhir. Parameter yang diukur meliputi tegangan (Volt), arus listrik (Ampere), daya aktif (kW), daya reaktif (kVAR), faktor daya ($\cos \phi$), serta frekuensi (Hertz). Khusus untuk power analyzer, alat ini digunakan untuk memantau fluktuasi beban secara real-time serta mengidentifikasi pola konsumsi energi dalam periode tertentu, sehingga memungkinkan evaluasi efisiensi sistem secara menyeluruh.
- b. Perangkat komputasi dan spreadsheet analisis (Microsoft Excel), alat ini digunakan untuk mengolah dan menganalisis data kuantitatif hasil pengukuran, termasuk merekap konsumsi energi harian, menghitung efisiensi bahan bakar, membandingkan biaya operasional, serta memperkirakan besarnya emisi karbon. Perangkat lunak ini juga digunakan untuk menyusun grafik, tabel, dan visualisasi data lain yang mendukung proses analisis secara sistematis.

Standar dan Datasheet Teknis Peralatan

Digunakan sebagai acuan dalam mengidentifikasi kapasitas, efisiensi, serta karakteristik operasional dari masing-masing komponen seperti genset, inverter, panel surya, baterai, dan sistem proteksi. Datasheet ini juga menjadi dasar untuk validasi spesifikasi dengan kinerja aktual di lapangan.

Teknik Analisis Data



Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan membandingkan dua periode waktu sebagai berikut:

a. Periode Januari 2025

Merupakan kondisi sistem kelistrikan sebelum penerapan sistem hybrid. Pada periode ini, sistem hanya menggunakan dua unit genset berbahan bakar solar tanpa dukungan dari sumber energi alternatif.

Parameter	Nilai
Total Konsumsi Daya (energi)	42.128 kWh
Total Konsumsi Bahan Bakar Solar	2.400 liter
Jam Operasi Genset	2 x 12 jam/hari (manual shift)
Jumlah Hari Operasi	31 hari
Rata-rata Konsumsi Solar Harian	±77,4 liter/hari
Efisiensi Operasi	< 35% (berdasarkan beban)
Sistem Energi Terbarukan	Tidak tersedia (belum terpasang)
Sistem Penyimpanan Energi	Tidak tersedia
Pola Distribusi Daya	Manual, tidak merata antar bangunan

Parameter	Nilai
Emisi CO ₂ Diperkirakan	±4.236 kg/bulan (dari solar)

b. Periode Februari 2025

Merupakan periodesetelah dilakukan penerapan sistem hybrid dengan mengintegrasikan panel surya, sistem penyimpanan baterai, dan inverter.



Parameter	Nilai
Total Konsumsi Daya (energi)	35.503 kWh
Total Konsumsi Bahan Bakar Solar	2.022 liter
Jam Operasi Genset	2 x ±10 jam/hari (berkurang 2 jam)
Jumlah Hari Operasi	28 hari
Rata-rata Konsumsi Solar Harian	±72,2 liter/hari
Kapasitas Panel Surya Terpasang	20 unit @ 300 WP (total: 6.000 WP)
Sistem Penyimpanan Energi	Battery bank 48V (deep cycle)
Penggunaan Inverter	Tersambung, ±5.000 VA output
Pola Distribusi Daya	Kombinasi otomatis (solar–genset)
Estimasi Emisi CO ₂	±3.608 kg/bulan (turun ±628 kg)
Penurunan Konsumsi Solar	±15,7% dibanding Januari 2025
Penurunan Biaya Operasional	±12,4% per bulan

Analisis dilakukan terhadap

- a. Volume konsumsi bahan bakar solar per hari dan per bulan
- b. Jumlah total daya yang digunakan dan disuplai oleh masing-masing sumber (genset dan panel surya)
- c. Biaya operasional bulanan yang dikeluarkan untuk kebutuhan energi
- d. Jumlah estimasi emisi karbon yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar solar
- e. Efektivitas sistem distribusi daya berdasarkan data monitoring beban pada masing-masing panel distribusi

Hasil analisis ini digunakan untuk mengukur tingkat efisiensi energi dan mengidentifikasi efektivitas dari solusi sistem hybrid yang diterapkan. Selain itu, analisis juga berfungsi sebagai dasar untuk menyusun rekomendasi peningkatan sistem kelistrikan di masa mendatang.



Hasil dan Pembahasan

Kondisi Sistem Kelistrikan Sebelum Perbaikan

Sebelum dilakukan perbaikan dan optimalisasi sistem, seluruh kebutuhan energi listrik di Proyek Camp and Facility Site Buhut Kalimantan Tengah disuplai sepenuhnya oleh dua unit genset berbahan bakar solar, masing-masing memiliki kapasitas daya sebesar 1000 kVA. Kedua genset ini beroperasi secara bergantian selama 12 jam per hari dengan sistem manual, tanpa bantuan sistem otomatisasi seperti ATS (Automatic Transfer Switch) atau kontrol terintegrasi berbasis digital.

Pengoperasian manual ini tidak hanya mengandalkan tenaga operator secara penuh, tetapi juga rentan terhadap kesalahan pergantian, jeda waktu distribusi, serta berisiko mengakibatkan ketidakteraturan distribusi daya. Akibatnya, keandalan sistem menjadi terganggu, khususnya saat terjadi gangguan teknis pada salah satu genset.

Distribusi daya ke seluruh bangunan fasilitas, seperti mess, dapur, kantor, dan area pelayanan lainnya dilakukan melalui panel distribusi tanpa pemetaan beban yang akurat.

Distribusi dilakukan secara merata berdasarkan asumsi, bukan berdasarkan pengukuran beban aktual di masing-masing titik. Hal ini menyebabkan ketimpangan: beberapa bangunan mengalami beban lebih (overload), sedangkan bangunan lainnya hanya memanfaatkan daya dalam jumlah kecil (underload).

Lebih lanjut, sistem tidak dilengkapi dengan perangkat penyimpanan energi seperti battery bank, sehingga energi hanya tersedia saat genset aktif. Sistem juga belum mengadopsi energi alternatif seperti panel surya yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

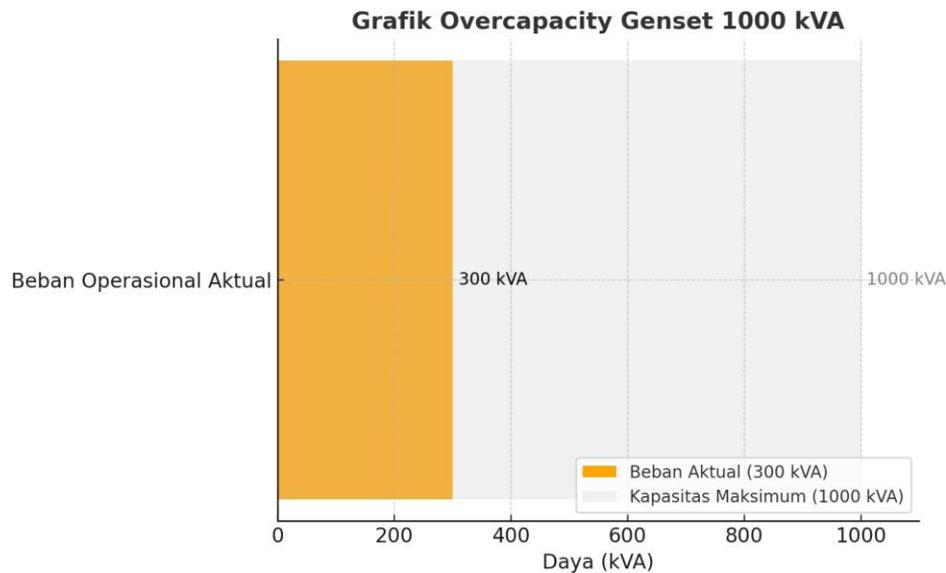
Berdasarkan hasil pengamatan dan pencatatan di bulan Januari 2025, tercatat total konsumsi bahan bakar solar mencapai sekitar 2.400 liter per bulan, angka yang menunjukkan konsumsi tinggi, terlebih jika dibandingkan dengan beban aktual di lapangan yang relatif rendah. Hal ini menjadi indikator kuat bahwa sistem bekerja dalam kondisi yang tidak efisien, baik dari segi teknis maupun dari segi biaya operasional.

Evaluasi Konsumsi Energi

Evaluasi terhadap konsumsi energi dilakukan dengan membandingkan antara kapasitas terpasang dan daya aktual yang digunakan. Hasil pengukuran menunjukkan adanya ketidakseimbangan signifikan antara suplai daya yang tersedia dari genset dan kebutuhan beban aktual di lapangan.

Beberapa penyebab utama inefisienan tersebut antara lain;

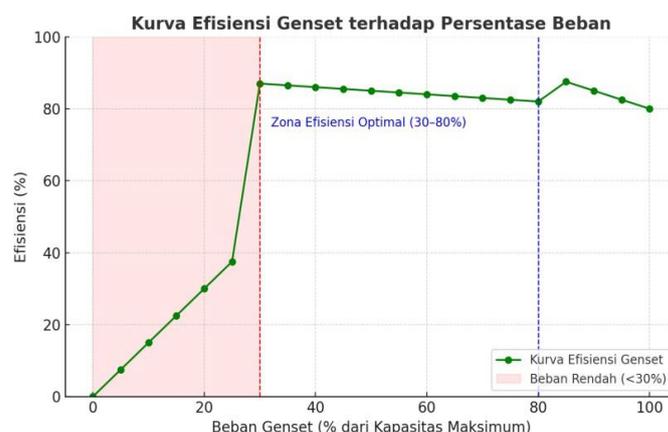
- a. Genset 1000 kVA dioperasikan untuk beban yang tidak lebih dari 200–300 kVA. Operasi pada beban rendah ini membuat genset bekerja dalam kondisi tidak ideal (di bawah 30% kapasitas), yang mengakibatkan pemborosan bahan bakar, penumpukan karbon di ruang bakar, serta menurunnya efisiensi mesin secara keseluruhan sehingga Overcapacity Genset.



Grafik di atas menunjukkan bahwa genset 1000 kVA hanya digunakan untuk beban sekitar 200–300 kVA, atau sekitar 20–30% dari kapasitas maksimalnya. Ini adalah kondisi overcapacity yang tidak ideal karena:

1. Genset bekerja jauh di bawah kapasitas optimalnya,
2. Terjadi pemborosan bahan bakar (fuel inefficiency),
3. Penumpukan karbon di ruang bakar,
4. Penurunan performa dan umur genset secara signifikan.

Kondisi ideal operasional genset tercapai ketika beban yang dipasok oleh genset berada pada 30% hingga 80% dari kapasitas maksimalnya. Pada rentang ini, genset beroperasi dalam kondisi optimal, dengan efisiensi bahan bakar yang tinggi, emisi karbon yang rendah, serta umur mesin yang lebih panjang. Mengoperasikan genset pada kapasitas yang tepat memungkinkan distribusi daya yang seimbang, meminimalkan pemborosan energi, dan mengurangi frekuensi pemeliharaan serta biaya operasional secara keseluruhan, seperti yang ditunjukkan dalam grafik di bawah ini :



Kurva ini menggambarkan pentingnya pemilihan kapasitas genset yang sesuai dengan kebutuhan beban agar mencapai efisiensi optimal. Pada Kurva menjelaskan di bawah 30%



beban (zona merah), efisiensi sangat rendah dan tidak disarankan karena terjadi pemborosan bahan bakar serta penumpukan karbon. Zona efisiensi optimal berada di antara 30%–80%, di mana efisiensi bahan bakar dan kinerja mesin berada pada titik terbaik. Di atas 80%, efisiensi menurun kembali dan risiko keausan mesin meningkat.

- b. Tidak adanya sistem otomatis seperti load balancing, power monitoring, atau power factor correction menyebabkan distribusi daya tidak bisa disesuaikan dengan kebutuhan aktual. Beban tetap disuplai secara tetap meskipun konsumsi bervariasi sepanjang waktu, terutama antara siang dan malam hari.
- c. Panel utama (LVMDP) dan sub-panel belum dirancang berdasarkan kebutuhan beban aktual masing-masing bangunan. Beberapa jalur distribusi menggunakan ukuran kabel dan pemutus arus (MCB) terlalu besar yang tidak proporsional, hal ini sering kali didasarkan pada estimasi kebutuhan masa depan yang belum terealisasi. Kondisi ini dapat menyebabkan pemborosan energi, penurunan efisiensi sistem, serta meningkatkan risiko gangguan atau bahaya kelistrikan.

Evaluasi ini menunjukkan bahwa konsumsi energi yang tercatat tidak mencerminkan kebutuhan riil dan menandakan adanya pemborosan operasional secara sistematis.

Implementasi Sistem Hybrid

Sebagai respons terhadap berbagai permasalahan efisiensi yang dihadapi, mulai Februari 2025, diterapkan sistem kelistrikan hybrid yang mengintegrasikan panel surya dan sistem penyimpanan energi (baterai). Alternator digunakan sebagai pengisi baterai saat tidak ada pasokan dari panel surya, sementara inverter berfungsi sebagai sumber daya alternatif yang dapat mendukung atau bahkan menggantikan peran genset pada waktu tertentu. Komponen utama dari sistem hybrid yang diimplementasikan antara lain;

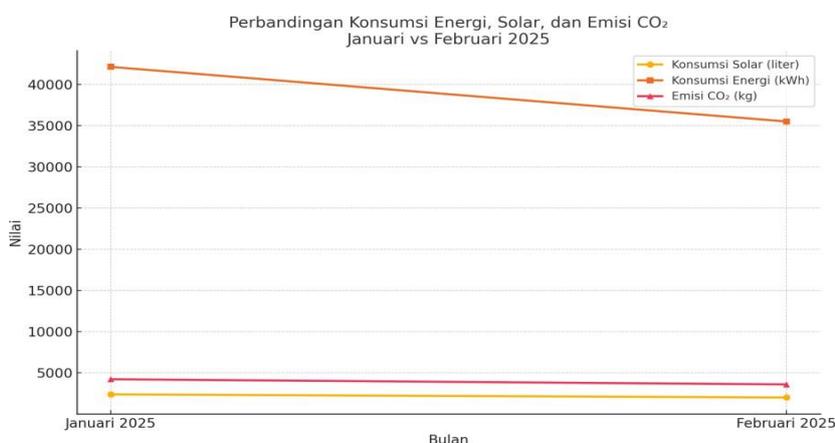
- a. 20 Unit Panel Surya 300 WP terpasang di area strategis, panel surya ini menghasilkan energi listrik dari radiasi matahari. Dalam kondisi maksimal, sistem mampu menghasilkan daya puncak hingga 6 kWp per hari.
- b. Battery Storage (Deep Cycle 48V) memiliki fungsi untuk menyimpan daya dari panel surya yang dapat digunakan pada malam hari atau saat cuaca mendung. Sistem ini juga berperan sebagai backup saat terjadi gangguan pada genset.
- c. Smart Solar Charge Controller berfungsi mengatur proses pengisian baterai agar tetap stabil, aman, dan efisien. Perangkat ini mencegah overcharging dan mengoptimalkan konversi daya dari panel surya ke sistem baterai.
- d. Inverter System dan Backup Switching untuk mengubah arus DC dari baterai menjadi AC yang dapat digunakan langsung oleh peralatan listrik. Sistem ini dilengkapi dengan switching otomatis untuk mengalihkan sumber daya antara genset dan panel surya.
- e. Alternator pada genset (generator set) memiliki fungsi yang sangat penting dalam mendukung sistem kelistrikan dan pengisian aki (baterai).

Hasil penerapan sistem hybrid ini menunjukkan perbaikan signifikan dalam aspek efisiensi dan keberlanjutan, sebagai berikut:

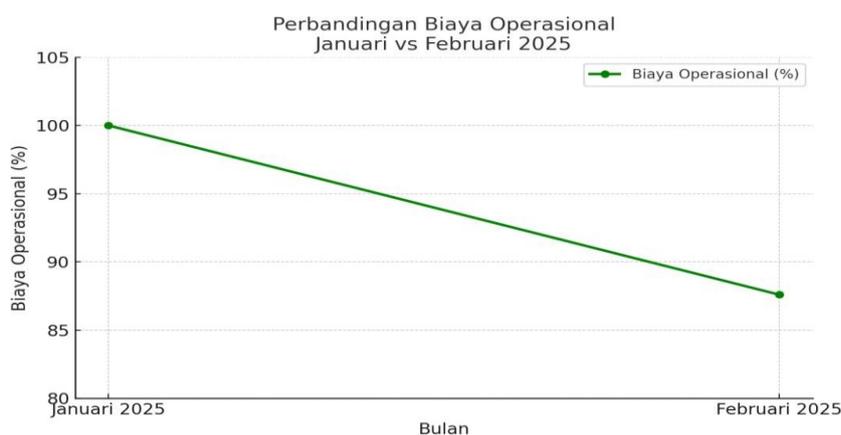


Parameter	Januari 2025	Februari 2025	Perubahan
Solar (liter)	2.400	2.022	↓ 378 liter (-15,7%)
Energi (kWh)	42.128	35.503	↓ 6.625 kWh
Emisi CO ₂ (estimasi)	4.236 kg	3.608 kg	↓ 628 kg CO ₂
Biaya Operasional	100%	87,6%	↓ 12,4%

- a. Konsumsi solar berkurang dari 2.400 liter menjadi 2.022 liter per bulan, menghasilkan penghematan energi sebesar ±15,7%.



- b. Estimasi penurunan emisi karbon (CO₂) sekitar 628 kg per bulan, yang berkontribusi terhadap pengurangan jejak karbon proyek.
- c. Biaya operasional bulanan turun sebesar ±12,4%, karena sebagian beban listrik dapat dipenuhi oleh energi matahari secara gratis dan berkelanjutan.





Selain efisiensi, penerapan sistem hybrid juga memperpanjang usia pakai genset dan mengurangi keausan akibat beban berlebih atau pengoperasian terus-menerus.

Optimalisasi Tambahan yang Diterapkan

Sebagai pelengkap dari sistem hybrid, dilakukan pula berbagai tindakan optimalisasi lainnya untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan, yaitu:

- a. Jadwal servis rutin diberlakukan untuk pengecekan kondisi mesin, pelumasan, penggantian filter, dan pengujian performa. Preventive maintenance ini terbukti mengurangi risiko kerusakan mendadak dan memastikan mesin genset selalu dalam kondisi optimal.
- b. Seluruh lampu konvensional yang sebelumnya digunakan diganti dengan lampu LED berdaya rendah dan efisiensi tinggi. Hasilnya, konsumsi energi untuk pencahayaan dapat ditekan hingga 40% tanpa mengurangi intensitas penerangan.
- c. Sistem monitoring menggunakan clamp meter dan power meter digital dipasang pada jalur utama dan sub-panel untuk merekam arus, tegangan, dan faktor daya harian. Data ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi pola penggunaan listrik serta mendeteksi ketidakseimbangan beban secara dini.

Dalam analisis sistem kelistrikan pada proyek Building Facility and Camp Site Buhut Kalimantan Tengah, referensi yang digunakan untuk mendasari analisis efisiensi genset dan penerapan sistem hybrid sebagian besar berasal dari sumber yang dapat diandalkan (reliable), yang memiliki kredibilitas tinggi dalam bidangnya. Misalnya, referensi dari Swan (2018) tentang prinsip efisiensi energi dan Suryanto & Kurniawan (2020) yang membahas efisiensi genset berbahan bakar fosil memberikan dasar teori yang kuat dan telah terbukti aplikatif di berbagai penelitian sebelumnya. Penelitian-penelitian ini telah dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi dan diakui oleh para ahli di bidang energi terbarukan dan manajemen energi.

Namun demikian, terdapat beberapa referensi yang kurang dapat diandalkan (less reliable), seperti karya Prasetyo (2020) yang membahas pengelolaan genset di proyek konstruksi, yang meskipun relevan, belum dipublikasikan dalam jurnal terakreditasi, dan lebih terbatas pada proyek skala kecil. Referensi dari Nugroho (2019) mengenai sistem otomatisasi pengelolaan energi juga tidak sepenuhnya didukung oleh data kuat dari penerapan industri besar, yang membatasi keandalannya dalam konteks proyek besar seperti yang dianalisis.

No.	Referensi	Konsep/Teori yang Diterapkan	Aplikasi dalam Analisis	Reliabilitas Aplikasi
1.	Swan, M. (2018). <i>Energy Efficiency Principles</i>	Efisiensi energi dan dampaknya terhadap konsumsi bahan bakar	Digunakan untuk menganalisis pengoperasian genset pada beban rendah dan pengaruhnya terhadap efisiensi bahan bakar.	Reliable – Buku ini dikenal dalam bidang efisiensi energi dengan dasar teori yang kuat.
2.	Suryanto, T., & Kurniawan, R. (2020). <i>Journal of Renewable Energy Systems</i>	Efisiensi penggunaan genset berbahan bakar fosil	Menjadi dasar untuk menganalisis ketidakefisienan pada genset yang bekerja pada kapasitas rendah.	Reliable – Dipublikasikan di jurnal yang bereputasi, relevan dengan analisis efisiensi genset fosil.



No.	Referensi	Konsep/Teori yang Diterapkan	Aplikasi dalam Analisis	Reliabilitas Aplikasi
3.	Ginting, R., & Suryanto, T. (2019). Hybrid Energy Solutions	Penggunaan sistem hybrid (genset + panel surya)	Menerapkan konsep hybrid untuk mengurangi ketergantungan pada genset dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.	Reliable – Penelitian ini telah terbukti efektif dalam konteks sistem hybrid.
4.	Rahardjo, A. (2019). Smart Power Distribution	Manajemen distribusi daya dan efisiensi energi	Analisis distribusi daya yang tidak merata pada proyek untuk mengidentifikasi potensi pemborosan energi.	Reliable – Referensi ini memiliki aplikasi luas dalam analisis distribusi daya dan efisiensi.
5.	Hidayat, T. (2021). Energy Management in Industrial Systems	Manajemen energi sistematis dan berkelanjutan	Digunakan untuk merancang strategi manajemen energi untuk proyek dengan menggunakan genset dan panel surya.	Reliable – Diakui dalam industri untuk manajemen energi dan penerapannya.
6.	Prasetyo, A. (2020). Pengelolaan Genset di Proyek Konstruksi	Pengelolaan genset dalam proyek konstruksi	Referensi ini digunakan untuk menggambarkan penerapan pengelolaan genset pada proyek konstruksi.	Less Reliable – Tidak diterbitkan dalam jurnal yang terakreditasi, namun masih relevan dalam konteks proyek kecil.
7.	Nugroho, I. (2019). Sistem Otomatisasi dalam Pengelolaan Energi	Sistem otomatisasi dalam pengelolaan energi	Digunakan untuk menggambarkan kebutuhan sistem otomatisasi untuk pemantauan energi pada proyek.	Less Reliable – Tidak ada data kuat mengenai penerapan langsung di industri besar, lebih banyak pada proyek kecil.

Meskipun demikian, penggunaan referensi yang lebih reliable mendominasi analisis ini, dan dengan menggabungkan teori yang solid dari literatur yang telah teruji, penelitian ini dapat memberikan hasil yang valid dan berguna dalam meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan serta pengelolaan energi pada proyek-proyek serupa di masa depan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan terhadap sistem kelistrikan di Proyek Camp and Facility Site Buhut Kalimantan Tengah, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut:

- 1) Sistem kelistrikan yang sepenuhnya bergantung pada dua unit genset berbahan bakar solar terbukti tidak efisien, terutama di wilayah terpencil yang memiliki keterbatasan infrastruktur. Operasional genset dalam durasi panjang dengan beban yang tidak seimbang menyebabkan tingginya konsumsi bahan bakar, peningkatan



biaya operasional bulanan, serta emisi karbon yang signifikan. Tanpa alternatif energi lain, sistem ini rentan terhadap pemborosan sumber daya dan tidak berkelanjutan dalam jangka panjang.

- 2) Analisis menunjukkan bahwa ketidakteraturan dalam distribusi daya listrik antar bangunan serta penggunaan peralatan yang boros energi turut menyumbang pada menurunnya efisiensi sistem secara keseluruhan. Selain itu, kurangnya program pemeliharaan preventif terhadap genset dan instalasi listrik menyebabkan risiko gangguan teknis meningkat dan mempercepat penurunan performa peralatan.
- 3) Penerapan sistem hybrid yang menggabungkan panel surya, baterai penyimpanan, dan inverter dengan sumber daya genset terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi energi. Terjadi penurunan konsumsi bahan bakar hingga $\pm 15,7\%$ dan pengurangan emisi karbon sekitar 628 kg/bulan setelah integrasi sistem dilakukan. Selain itu, sistem ini berkontribusi terhadap stabilitas pasokan energi dan mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya fosil.
- 4) Untuk menjamin kelangsungan dan efisiensi operasional proyek, diperlukan pendekatan strategis dalam pengelolaan energi. Hal ini meliputi desain distribusi daya berbasis perhitungan beban aktual, penggunaan perangkat hemat energi seperti lampu LED, pemantauan beban secara digital, serta perencanaan pemeliharaan yang rutin dan sistematis. Upaya ini akan menciptakan sistem kelistrikan yang tidak hanya efisien dari segi teknis dan biaya, tetapi juga mendukung aspek keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

- Ansori, A., Yunitasari, B., Soeryanto, S., & Muhaji, M. (2019). Model Hybrid Pembangkit Listrik di Pedesaan. *Otopro*, 13(2), 58–62.
- Ginting, R., & Suryanto, H. (2019). Penerapan Sistem Hybrid Genset dan Panel Surya di Area Tambang Terpencil. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 14(2), 45–52.
- Hidayat, A. (2021). Manajemen Energi dalam Sistem Kelistrikan Proyek Remote Area. *Jurnal Teknologi Energi*, 7(1), 23–31.
- Suryanto, H., & Kurniawan, D. (2020). Analisis Konsumsi Genset dan Dampaknya terhadap Biaya Operasional Proyek Konstruksi di Daerah Terpencil. *Jurnal Teknik Elektro Terapan*, 9(3), 89–97.
- Swan, B. (2018). Energy Efficiency Concepts and Practices in Electrical Systems. *IEEE Transactions on Energy Management*, 26(4), 112–120.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2022). *Hybrid Power Systems: Design Principles for Remote Areas*. Abu Dhabi: IRENA Publications.
- Tanjung, A. (2015). Analisis Kinerja Sistem Kelistrikan pada Kawasan Non-PLN di Provinsi Riau. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 11(1), 55–62.
- ASTM International. (2019). *Standard Guide for Building Facility and Camp Energy Systems*. ASTM E3052-19.



- Alwi, B. (2018). Studi Efisiensi Sistem Kelistrikan Hotel Berbasis Genset di Sulawesi Selatan. *Jurnal Elektro Nusantara*, 10(2), 40–47.
- Nauwir, H., Yunus, M. Y., & Elvikasari, N. (2024). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTS dan Genset untuk Daerah Terpencil. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 22(1)
- (Agil Haikal & Ali, 2024). Evaluasi Efektivitas Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hibrida–Generator Set dengan Automatic Transfer Switch (ATS). *Journal of Electrical Engineering and Computer*, 6(2), 83–90.
- Akbar, D. N., Gumilang, B. S., & Zuroida, A. (2023). Studi Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Hybrid Genset–PV di Wilayah Pesisir Kabupaten Malang. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 10(1), 94–98.
- Nugraha, I. M. A., Desnanjaya, I. G. M. N., Serihollo, L. G. G., & Siregar, J. S. M. (2020). Perancangan Sistem Hibrid PLTS dan Generator untuk Catu Daya Tambak Udang Vaname. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 19(1).
- "Jenis Sistem PLTS–PLTD Hybrid" (n.d.). PDF deskriptif mengenai konfigurasi genset–PLTS hybrid di Indonesia
- Brosur teknis: PLTS Hybrid / PV-Genset Fuel Saver (2019) oleh Hexamitra – menjelaskan arsitektur switching otomatis dan fuel saving system.