



ANALISIS SISTEM SINKRONISASI DAN DISTRIBUSI DAYA GENSET PADA PROYEK DKUT PK-19 JIPE GRESIK

Mohammad Rizal Chasi Pratama¹, Ilham Arifin Pahlawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik e-mail: *rizalchasi7@gmail.com, ilhamarifin@umg.ac.id

Abstrak

Proyek Pembangunan Infrastruktur dan Lanskap Depot Kas Utama Wilayah Timur (DKUT) PK-19 di Kawasan JIPE Gresik merupakan proyek vital milik Bank Indonesia yang memerlukan sistem kelistrikan andal dan berkesinambungan. Untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik, PT Jaya Teknik Indonesia (JTI) sebagai sub kontraktor instalasi kelistrikan menerapkan sistem pembangkit cadangan berupa dua unit genset Mitsubishi tipe MGS1500CL dan MGS1300R L50. Penelitian ini bertujuan menganalisis sistem sinkronisasi dan distribusi daya antar-genset serta koneksi ke jaringan PLN. Metode yang digunakan adalah observasi lapangan dan pengukuran parameter operasi, termasuk tegangan, arus, dan frekuensi selama proses uji nyala, sinkronisasi, serta distribusi daya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sinkronisasi antar-genset mampu menjaga keseimbangan beban dengan selisih arus antar-fasa <math><5\%</math>, sedangkan sistem distribusi tiga fasa empat kawat (

Kata kunci — Distribusi Daya, DKUT JIPE, Efisiensi Operasional, Generator, Sinkronisasi.

Abstract

The DKUT PK-19 Infrastructure and Landscape Development Project at the JIPE Gresik industrial area is a vital Bank Indonesia project requiring reliable and continuous power supply. To ensure energy availability, PT Jaya Teknik Indonesia (JTI) installed a backup power system consisting of two Mitsubishi generator units, MGS1500CL and MGS1300R L50. This study aims to analyze the synchronization and power distribution system between generators and their connection to the PLN grid. The research method includes field observation and operational parameter measurements, such as voltage, current, and frequency during testing, synchronization, and power distribution. Results indicate that synchronization between generators successfully maintains load balance with current differences below 5% across phases. The applied three-phase four-wire ($3\Phi-4W$) distribution system effectively delivers power through the Main Distribution Panel (MDP) to subpanels throughout the project. The automatic synchronization system (auto-synchronizer) enhances fuel efficiency and voltage stability.

Keywords— DKUT JIPE, Generator, Operational Efficiency, Power Distribution, Synchronization

Received 1 November 2025; Received in revised form 7 November 2025; Accepted 24 November 2025

Available online 29 Desember 2025

[https://doi: https://journal.umg.ac.id/index.php/enigma/index](https://doi.org/https://journal.umg.ac.id/index.php/enigma/index)

© 2025 OJS UMG. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan faktor krusial dalam menunjang keberhasilan setiap proyek konstruksi berskala besar[1]. Hampir seluruh sistem kerja, mulai dari pengoperasian alat berat hingga sistem kontrol dan komunikasi, bergantung pada ketersediaan energi listrik yang andal dan berkesinambungan. Ketidakstabilan pasokan listrik dapat mengganggu aktivitas operasional serta berpotensi menimbulkan kerugian teknis maupun ekonomis.

Proyek DKUT PK-19 yang berlokasi di kawasan Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE) Gresik merupakan salah satu proyek strategis nasional yang berfungsi sebagai pusat distribusi gas Bank Indonesia untuk wilayah timur Indonesia. Dengan karakteristik beban yang bersifat kritis dan beroperasi secara kontinu, proyek ini membutuhkan sistem kelistrikan yang memiliki tingkat keandalan tinggi.

Untuk menjamin kontinuitas pasokan energi listrik, PT Jaya Teknik Indonesia (JTI) selaku kontraktor instalasi kelistrikan menerapkan sistem pembangkit listrik cadangan berupa dua unit genset Mitsubishi yang dioperasikan secara paralel. Sistem ini dilengkapi dengan panel sinkronisasi otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC) yang berfungsi untuk menyamakan parameter tegangan, frekuensi, dan sudut fasa sebelum genset dihubungkan secara paralel[2-4]. Penerapan sistem sinkronisasi ini bertujuan untuk membagi beban secara seimbang antar genset serta menjaga stabilitas sistem kelistrikan.

Keandalan proses sinkronisasi genset sangat memengaruhi kualitas distribusi daya listrik, khususnya pada saat terjadi gangguan atau pemadaman dari pasokan listrik utama PLN. Ketidakesesuaian salah satu parameter sinkronisasi dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban, fluktuasi tegangan, penurunan efisiensi operasional, bahkan kerusakan peralatan listrik[5]. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kinerja sistem sinkronisasi dan distribusi daya genset menjadi aspek yang penting untuk dikaji.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis sistem sinkronisasi dan distribusi daya genset pada proyek DKUT PK-19 di kawasan JIPE Gresik. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini meliputi: Bagaimana mekanisme sinkronisasi antara dua unit genset sebelum dioperasikan secara paralel. Bagaimana sistem distribusi daya listrik dari genset menuju panel distribusi utama. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi kestabilan beban dan efisiensi operasional genset.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja sistem sinkronisasi dan distribusi daya genset pada proyek DKUT PK-19. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai referensi teknis dalam perencanaan dan pengoperasian sistem kelistrikan berbasis genset paralel pada proyek konstruksi dengan kebutuhan daya yang bersifat kritis

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan observasi lapangan untuk memperoleh gambaran kondisi aktual sistem sinkronisasi dan distribusi daya genset pada proyek DKUT PK-19 di kawasan Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE) Gresik. Data kuantitatif diperoleh melalui pengukuran parameter kelistrikan, sedangkan data deskriptif diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap proses operasional genset dan sistem pendukungnya.

Penelitian dilaksanakan selama kegiatan Kerja Praktik di PT Jaya Teknik Indonesia, dengan lokasi penelitian berada pada proyek DKUT PK-19 JIPE Gresik. Area penelitian meliputi ruang genset, panel sinkronisasi, dan panel distribusi utama.



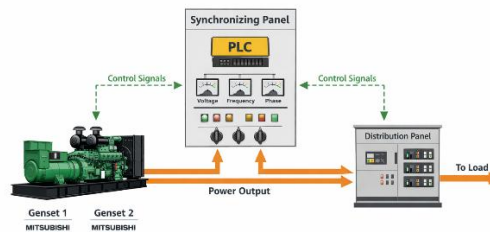
Gambar 1. Tata letak genset dan panel sinkronisasi pada proyek DKUT PK-19

Objek penelitian berupa sistem sinkronisasi dan distribusi daya genset yang terdiri atas dua unit genset Mitsubishi yang dioperasikan secara paralel. Spesifikasi teknis genset yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Spesifikasi teknis genset Mitsubishi

No	Parameter	Genset 1	Genset 2
1.	Kapasitas daya	500 kVA	500 kVA
2.	Tegangan	400 v	400 v
3.	Frekuensi	50 Hz	50 Hz
4.	Faktor daya	0,8	0,8
5.	Sistem kontrol	PLC	PLC

kedua genset memiliki spesifikasi teknis yang sama sehingga mendukung pengoperasian secara paralel. Sistem sinkronisasi genset menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) untuk menyamakan parameter tegangan, frekuensi, dan sudut fasa sebelum genset dihubungkan ke sistem distribusi.



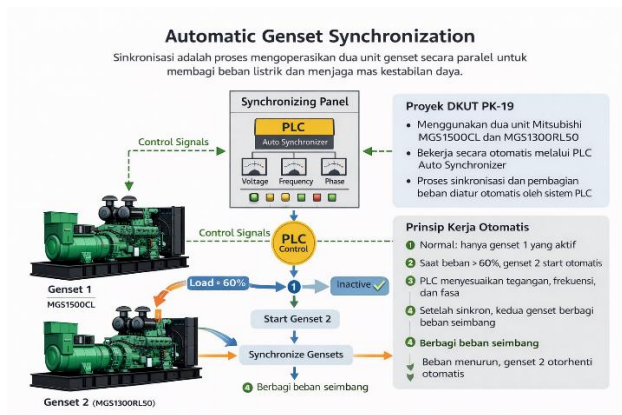
Gambar 2. Diagram sistem sinkronisasi genset paralel

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses pengoperasian genset, pengukuran parameter kelistrikan, serta studi dokumentasi. Parameter yang diukur meliputi tegangan, arus, dan frekuensi pada masing-masing genset saat beroperasi.



Gambar 3. Peralatan ukur parameter kelistrikan genset

Prosedur penelitian dilakukan secara bertahap, dimulai dari pemeriksaan kondisi awal genset, uji nyala tanpa beban, proses sinkronisasi, hingga pengoperasian genset secara paralel dan pendistribusian daya ke panel utama.



Gambar 4. Diagram Sistem Sinkronisasi Otomatis Genset Berbasis PLC

Data hasil pengukuran dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan membandingkan nilai parameter tegangan, arus, dan frekuensi terhadap standar operasional serta batas toleransi sinkronisasi genset. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem sinkronisasi dan kestabilan distribusi daya listrik selama pengoperasian genset berlangsung.

Proses sinkronisasi genset pada Proyek DKUT PK-19 dilakukan secara otomatis menggunakan PLC Auto Synchronizer. Diagram sistem sinkronisasi genset ditunjukkan pada Gambar 4, yang menggambarkan prinsip kerja pengoperasian dua unit genset secara paralel. Pada kondisi normal, hanya satu unit genset yang beroperasi. Ketika beban listrik melebihi 60%, sistem PLC akan mengaktifkan genset kedua dan menyesuaikan parameter tegangan, frekuensi, serta sudut fasa hingga tercapai kondisi sinkron. Setelah sinkron, kedua genset berbagi beban secara seimbang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem sinkronisasi genset dilakukan untuk memastikan bahwa dua unit generator yang dioperasikan secara paralel memiliki kesesuaian parameter listrik utama, yaitu tegangan, frekuensi, dan sudut fasa. Keseragaman ketiga parameter tersebut merupakan syarat utama agar proses paralel genset dapat berlangsung dengan aman dan stabil. Apabila terjadi perbedaan nilai pada salah satu parameter, maka dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban (unbalanced load), penurunan kualitas daya, hingga potensi kerusakan pada sistem kontrol maupun peralatan listrik yang terhubung.

Pada penelitian ini, sinkronisasi dilakukan antara dua unit genset Mitsubishi, yaitu Mitsubishi MGS1500CL dan Mitsubishi MGS1300RL50, dengan menggunakan panel sinkronisasi otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Sistem PLC berfungsi untuk memantau dan menyesuaikan nilai tegangan, frekuensi, serta sudut fasa secara otomatis sebelum kedua genset dihubungkan ke sistem distribusi daya.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sinkronisasi Genset

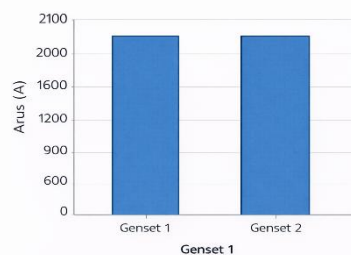
Parameter	Genset 1	Genset 2	Selisih(%)	Keterangan
Tegangan (V)	380	378	0,5	Stabil
Frekuensi (Hz)	50,0	49,9	0,2	Sinkron
Arus rata-rata (A)	1960	1900	3,0	Beban seimbang
Sudut fasa	≈ 0	≈ 0	0	In phase
Waktu sinkronisasi	8 detik	8 detik	-	Otomatis

Pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai tegangan kedua genset memiliki selisih yang sangat kecil, yaitu sebesar 0,5%, sehingga masih berada dalam kondisi stabil. Nilai frekuensi kedua genset juga menunjukkan kesesuaian yang baik dengan selisih hanya 0,2%, yang menandakan bahwa kedua genset telah berada pada kondisi sinkron. Arus rata-rata yang mengalir pada masing-masing genset menunjukkan selisih sebesar 3,0%, yang

mengindikasikan bahwa pembagian beban berlangsung secara relatif seimbang setelah proses paralel dilakukan. Selain itu, sudut fasa kedua genset berada pada kondisi in phase ($\approx 0^\circ$), sehingga tidak terjadi pergeseran fasa yang dapat mengganggu kestabilan sistem.

Sinkronisasi genset dinyatakan berhasil apabila nilai tegangan, frekuensi, dan sudut fasa berada dalam batas toleransi $\pm 5\%$. Batas toleransi ini sesuai dengan rekomendasi IEEE Std 1547-2018, yang menyatakan bahwa deviasi maksimum antar unit pembangkit sebaiknya tidak melebihi 5% untuk menjaga stabilitas dan keandalan sistem tenaga listrik.

Distribusi arus antar genset setelah proses sinkronisasi ditunjukkan pada Gambar 5, yang memperlihatkan perbandingan arus keluaran masing-masing genset. Pada gambar tersebut terlihat bahwa arus yang mengalir pada kedua genset cenderung seimbang, sehingga tidak terjadi dominasi beban pada salah satu unit. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem load sharing yang dikendalikan oleh PLC bekerja dengan baik dan mampu membagi beban secara proporsional.



Gambar 5. Perbandingan Arus Antar-Genset Setelah Sinkronisasi

Distribusi arus keluaran genset setelah proses sinkronisasi dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem load sharing. Perbandingan arus antar-genset yang ditunjukkan pada **Gambar 5** digunakan sebagai indikator utama keberhasilan sinkronisasi. Arus yang relatif seimbang antara kedua genset menandakan bahwa beban listrik terbagi secara merata, sehingga tidak terjadi kelebihan beban pada salah satu unit. Keseimbangan arus ini penting untuk menjaga efisiensi operasional genset serta mencegah peningkatan suhu kerja dan keausan komponen mesin akibat pembebanan yang tidak merata.

Sistem distribusi daya listrik pada proyek ini menggunakan konfigurasi tiga fasa empat kawat ($3\Phi-4W$) yang menyalurkan energi listrik dari Main Distribution Panel (MDP) ke beberapa panel utama.

Tabel 3. Data Distribusi Daya pada Panel Utama (MDP)

Panel tujuan	Tegangan (v)	Arus (A)	Daya (kW)	Faktor daya (pf)	Keterangan
MDP – Panel Mitra kerja	380	820	450	0,92	Area kantor proyek & administrasi
MDP – Panel pompa air	379	490	385	0,91	Sisrem rekulasi &reservoir
MDP – Panel powerhose	381	720	400	0,93	Ruang genset & kontrol
MDP – Panel security	382	705	390	0,94	Penerangan lapangan & pos jaga

Berdasarkan tabel tersebut, tegangan pada seluruh panel berada pada kisaran 379–382 V dengan arus dan daya yang bervariasi sesuai dengan karakteristik beban masing-masing panel. Panel mitra kerja menyuplai area

kantor dan administrasi proyek, panel pompa air digunakan untuk sistem sirkulasi dan reservoir, panel powerhouse melayani kebutuhan ruang genset dan kontrol, sedangkan panel security berfungsi untuk penerangan lapangan dan pos jaga.

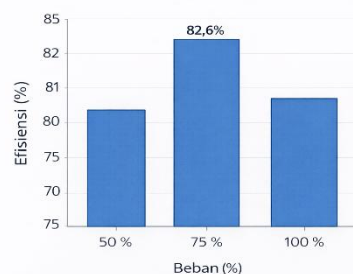
Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan pada seluruh panel distribusi berada dalam kondisi stabil dengan deviasi tidak melebihi $\pm 5\%$. Hal ini sesuai dengan SNI 04-0225-2000 yang mengatur batas toleransi deviasi tegangan maksimum pada sistem distribusi tenaga listrik industri. Kestabilan tegangan ini menunjukkan bahwa sistem sinkronisasi dan distribusi daya mampu menjaga kualitas daya listrik selama pengoperasian genset berlangsung.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Efisiensi Operasional Genset

Beban (%)	Daya keluaran (kW)	Konsumsi BBM (L/Jam)	Efisiensi (%)
50	700	180	81,2
75	1050	210	82,6
100	1400	265	81,0

Pada tabel 4 yang menunjukkan nilai efisiensi pada variasi beban 50%, 75%, dan 100%. Pada beban 50%, daya keluaran sebesar 700 kW dengan konsumsi bahan bakar 180 liter/jam menghasilkan efisiensi sebesar 81,2%. Pada beban 75%, daya keluaran meningkat menjadi 1050 kW dengan konsumsi bahan bakar 210 liter/jam dan efisiensi tertinggi sebesar 82,6%. Sementara itu, pada beban penuh 100%, daya keluaran mencapai 1400 kW dengan konsumsi bahan bakar 265 liter/jam dan efisiensi sebesar 81,0%.

Efisiensi tertinggi dicapai pada kondisi beban menengah, sedangkan pada beban rendah dan beban penuh terjadi penurunan efisiensi. Hal ini menunjukkan bahwa pengoperasian genset pada beban menengah memberikan kinerja yang paling optimal, baik dari sisi daya keluaran maupun konsumsi bahan bakar.



Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi operasional genset.

Grafik tersebut digunakan untuk memperjelas kecenderungan perubahan efisiensi terhadap tingkat pembebanan. Penerapan sistem sinkronisasi otomatis berbasis PLC memungkinkan pembagian beban yang lebih merata, sehingga genset dapat dioperasikan pada titik kerja yang optimal. Secara keseluruhan, sistem sinkronisasi otomatis terbukti mampu meningkatkan efisiensi bahan bakar sekitar 5–8% dibandingkan sistem sinkronisasi manual, sekaligus menjaga kestabilan distribusi daya listrik selama pengoperasian genset.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada sistem kelistrikan Proyek DKUT PK-19 JIPE Gresik, dapat disimpulkan bahwa sistem sinkronisasi genset Mitsubishi MGS1500CL dan MGS1300RL50 berbasis kontrol otomatis mampu bekerja secara stabil dan andal. Proses penyamaan tegangan, frekuensi, dan sudut fasa berlangsung cepat dengan waktu sinkronisasi rata-rata sekitar 8 detik, serta menghasilkan pembagian beban yang seimbang antar-genset sesuai batas toleransi IEEE Std 1547-2018.

Sistem distribusi daya tiga fasa empat kawat menunjukkan kestabilan tegangan dan faktor daya yang baik pada seluruh panel beban utama. Selain itu, efisiensi operasional genset mencapai kondisi optimal pada pembebanan menengah, yang menunjukkan bahwa penerapan sistem sinkronisasi otomatis berperan penting dalam meningkatkan efisiensi energi, mengurangi risiko ketidakseimbangan beban, serta meningkatkan keandalan pasokan listrik selama pengoperasian.

5. SARAN

Pemeliharaan preventif genset perlu dijadwalkan secara lebih ketat melalui pemeriksaan berkala terhadap kondisi alternator, sistem sinkronisasi, dan konsumsi bahan bakar guna menjaga efisiensi serta mencegah ketidakseimbangan beban antar-genset. Selain itu, pengembangan sistem pengaturan beban otomatis melalui pemanfaatan monitoring berbasis SCADA atau smart controller disarankan untuk meningkatkan pemantauan kinerja genset secara real-time, sehingga pembagian beban dapat disesuaikan secara dinamis dengan kebutuhan operasional di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bekiroğlu, E., & Bayrak, M. (2009). *Automatic Synchronization Unit for the Parallel Operation of Synchronous Generators*. *Journal of Electrical Engineering*, 60(3), 145–150.
- [2] Salim Siregar, A., & Gunawan, H. (2022). *Analisis Sistem Genset Diesel dan Efisiensi Operasional pada Industri Manufaktur*. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 14(2), 87–94.
- [3] Siahaan, R. (2023). *Pemeliharaan Preventif Genset Industri untuk Peningkatan Keandalan Operasi*. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 15(2), 55–63.
- [4] Tirthana, M. (2022). *Standar Tegangan dan Proteksi pada Sistem Tiga Fasa*. SPLN / SNI 04-0225-2000.
- [5] IEEE Std 1547-2018. *Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*. IEEE Standards Association, USA.
- [6] Sutanto, D. (2021). *Dasar Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [7] Pabla, A. S. (2017). *Electric Power Distribution*. New York: McGraw-Hill Education.