

Rancang Bangun Modul Pembangkit Hybrid Solar Cell Dengan Genset Pada Laboratorium Unismuh Makassar

Muhammad Bayu Saputra¹ | Hasmirandi Gusti^{*2} | Abdul Hafid² | Adriani²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Makassar, Indonesia.
nirmamawar@gmail.com

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas
Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar,
Indonesia.
bayusaputra23974@gmail.com
hasmirandig@gmail.com
abdulhafid@unismuh.ac.id
Adriani@unismuh.ac.id

Korespondensi

*Abdu Hafid
Abdulhafid@unismuh.ac.id

ABSTRAK:

Sistem hybrid dengan memadukan solar cell dan genset menjadi alternatif yang aktif. Genset berfungsi sebagai sumber cadangan ketika daya dari solar cell tidak mencukupi kebutuhan beban. Agar kedua sumber energi ini dapat digunakan secara bersama – sama dan efisien, dibutuhkan Grid Tie Inverter (GTI) sebagai perangkat sinkronisasi. Dalam perancangan ini memiliki tujuan untuk memahami kinerja pembangkit listrik sistem hybrid solar cell dengan genset dalam keadaan daya kecil dengan menggunakan Grid Tie Inverter untuk sinkronisasi. Hasil pengukuran panel surya mendapatkan rata – rata daya 10,25 Watt, hasil pengukuran genset mendapatkan daya 48,9 Watt pada beban satu lampu dan 81,0 pada beban dua lampu, sedangkan hasil pengujian sistem hybrid mendapatkan rata tegangan 20 V pada cuaca terang dan 6 V pada cuaca mendung. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa modul pembangkit hybrid berhasil dirancang dan dibuat dengan menggabungkan sumber energy dari panel surya dengan genset menggunakan Grid Tie Inverter sehingga dapat berpindah sumber daya secara otomatis.

KATA KUNCI

Pembangkit hybrid solar cel, genset, Grid Tie Inverter

ABSTRACT:

A hybrid system combining solar cels and a generator is an active alternative. The generator serves as a back up source when the solar cell's power is insufficient to meet the load's needs. To ensure efficient use of both energy sources, a Grid Tie Inverter (GTI) is required as a synchronization device. This design aims to understand the performance of a hybrid solar celland generator power generation system unde low power conditions, using a Grid Tie Inverter for synchronization. Measurements of the solar panels yielded an average power of 10.25 wtts, while measurements of the generator yielded 48.9 watts for a singe lamp load and 81.0 watts for a two-lamp load. Tests of the hybrid system yielded n average voltage of 20 V on sunny days and 6 V on cloudy days. Therefore, it can be concluded that the hybrid generator module was successfully designed and manufactured by combining solar panels with a generator using a Grid Tie Inverter enabling automatic power source switching.

Keywords:

Hybrid solar cell generator; generator; Grid Tie Inverter

1 | PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut adanya pengembangan sumber energi alternatif yang andal, efisien, dan ramah lingkungan. Salah satu yang banyak dikembangkan adalah sistem pembangkit listrik hybrid, yang memadukan energi terbarukan dengan energi konvensional. Energi surya melalui solar cell (fotovoltaik) menjadi pilihan utama karena ketersediaannya melimpah dan ramah lingkungan. Namun, solar cell sangat dipengaruhi oleh kondisi intensitas cahaya matahari, sehingga daya output yang dihasilkan dapat berfluktuasi, terutama saat cuaca mendung atau sinar matahari redup.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, sistem hybrid dengan memadukan solar cell dan genset (generator set) menjadi alternatif yang efektif. Genset berfungsi sebagai sumber cadangan ketika daya dari solar cell tidak mencukupi kebutuhan beban. Agar kedua sumber energi ini dapat digunakan secara bersama – sama dan efisien, dibutuhkan Grid Tie Inverter (GTI) sebagai perangkat sinkronisasi. GTI memungkinkan integrasi antara solar cell, genset, maupun jaringan listrik dengan menjaga kesesuaian frekuensi, tegangan, dan fase.

Dalam konteks skala laboratorium di Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar harus menerima jaringan listrik daya besar maupun daya kecil, penelitian mengenai kinerja sistem hybrid ini penting dilakukan. Laboratorium Teknik Elektro Unismuh Makassar sebagai tempat kegiatan praktikum dan penelitian terkhususnya pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Dalam hal ini, Laboratorium membutuhkan suplai listrik yang stabil dalam hal ini membutuhkan energi daya besar maupun daya kecil untuk menunjang kegiatan akademik. Namun, sering kali terjadi pemadaman atau ketidakstabilan pasokan yang dihasilkan listrik dari PLN yang dapat mengganggu setiap proses pembelajaran dan penelitian. Oleh karena itu, pengembangan modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset bisa menjadi sangat relevan dan aplikatif untuk memenuhi kebutuhan energi mandiri di lingkungan laboratorium baik daya besar maupun daya kecil. Evaluasi ini akan memberikan gambaran mengenai keandalan sistem hybrid dalam menyediakan suplai listrik yang stabil, meskipun ketika daya besar maupun daya kecil dalam kondisi sumber energi terbarukan berubah – ubah.

Berbagai penelitian sebelumnya telah dilakukan terkait pemanfaatan sistem hybrid PV – genset. Seperti pada penelitian oleh Amin dkk (2021) mengenai pembangkit listrik hybrid solar cell – genset didaerah pedesaan, menunjukkan penghematan konsumsi bahan bakar genset hingga 40% dengan adanya dukungan energi surya. Penelitian lain oleh Rahman (2022) merancang sistem hybrid PV – genset untuk perumahan, dan hasilnya mampu meningkatkan keandalan suplai listrik ketika terjadi pemadaman PLN. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada skala perumahan atau masyarakat umum, belum difokuskan pada lingkungan laboratorium pendidikan.

2 | METODE PENELITIAN

2.1 | Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei – Agustus 2025 di Laboratorium Teknik Elektro Unismuh Makassar Jl. Sultan Alauddin No. 259 dalam wilayah kampus Universitas Muhammadiyah Makassar.

2.2 | Metode Penelitian, Prosedur Penelitian, dan Cara Kerja

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa (engineering research) dengan metode rancang bangun (design and build) yang bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem pembangkit listrik hybrid antara solar cell dan genset untuk memenuhi kebutuhan energi di laboratorium Unismuh Makassar dengan daya kecil maupun daya besar sebagai alat penunjang penelitian. Dengan konfigurasi ini, sistem hybrid mampu mengoptimalkan pemanfaatan energi surya pada saat tersedia, sekaligus tetap andal karena adanya dukungan genset ketika energi matahari tidak mencukupi.

Tahap persiapan mendeskripsikan model sistem pembangkit listrik hybrid solar cell dengan genset dalam kinerja maupun daya kecil dan besar, membeli perlengkapan dan alat yang digunakan, menyiapkan instrument alat ukur.

Tahap pelaksanaan pengambilan data penelitian ini dilaksanakan pada pukul 10.00 – 16.00 WITA, saat memulai (running), papan solar panel beban itu akan menyala pada beban lampu dengan terang, ukur arus tegangan keluaran dan intensitas energi cahaya matahari dengan menggunakan multimeter dan lux meter atau light meter setiap 5 menit dari pukul 10.00 – 16.00 WITA. Saat mulai (running), genset akan aktif ketika cahaya matahari pada solar cell tidak dapat mampu menyuplai listrik, kemudian genset-lah yang akan membackup suplai listrik ke beban, mengukur arus, output tegangan, daya listrik, faktor daya, frekuensi (Hz) dengan menggunakan Watt Meter AC KWH dan multimeter setiap 5 menit dari pukul 10.00 – 16.00 WITA.

Tahap Analisis data, data analisis data adalah menganalisis semua data yang diperoleh. Data yang diperoleh antara lain : daya yang dihasilkan pada sistem pembangkit solar cell arus, output tegangan, daya listrik, faktor daya, frekuensi (Hz) pada pembangkit listrik genset daya tegangan PV (V), cuaca waktu disetiap perpindahan (Menit), Status lampu pada GTI sinkronisasi PV dengan Grid dan Warna lampu pada status GTI

Sistem hybrid ini dirancang untuk menyuplai kebutuhan listrik laboratorium dengan dua sumber energi, yaitu panel surya (solar cell) dan genset. Tujuan utamanya adalah memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan dari matahari dan menjadikan genset sebagai sumber cadangan. Panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik DC. Energi dari panel surya dialirkan ke solar charge controller (MPPT/PWM) untuk mengatur pengisian ke baterai dan menjaga kestabilan tegangan. Energi yang tersimpan di baterai kemudian diubah menjadi arus AC oleh inverter, lalu disuplai ke beban laboratorium. Genset dinyalakan secara otomatis / manual saat baterai lemah atau saat cuaca mendung berkepanjangan. Listrik dari genset langsung digunakan untuk beban atau juga dapat mengisi ulang baterai melalui charge. Sistem menggunakan relay otomatis atau ATS (Automatic Transfer Switch) untuk beralih dari solar ke genset tanpa gangguan ke beban. Setelah baterai kembali terisi atau cuaca cerah, sistem kembali beralih ke mode solar sebagai sumber utama. Dilengkapi dengan MCB dan fuse untuk melindungi perangkat dari arus lebih atau korsleting. Sensor suhu dan voltase juga dapat ditambahkan untuk mematikan sistem jika terjadi overheating atau overvoltage. Dengan sistem ini, laboratorium tetap dapat beroperasi walaupun terjadi gangguan pada salah satu sumber energi, serta lebih hemat karena mengandalkan tenaga surya.

3 | HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 | Hasil Perancangan

Rancang bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset menggabungkan solar cell dengan genset tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Sistem ini dirancang untuk mengilustrasikan penggunaan grid tie inverter yang langsung menyuplai ke beban. Adapun gambar perancangan solar cell dengan genset sebagai berikut:

Gambar rancang bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset pada Laboratorium Unismuh Makassar menunjukkan integrasi dua sumber energi, yaitu panel surya (solar cell) dan genset, yang digabungkan melalui sistem kontrol dan penyimpanan energi untuk menyuplai beban penelitian.

Pada bagian panel surya, energi cahaya matahari dikonversi menjadi listrik arus searah (DC) kemudian dialirkan ke grid tie inverter. Grid tie inverter berfungsi mengubah listrik arus searah (DC) dari panel surya menjadi listrik arus bolak balik (AC) sehingga dapat digunakan untuk menyuplai beban penelitian. Apabila intensitas cahaya matahari tidak mencukupi, maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan genset melalui modul Automatic Transfer Switch (ATS). Genset berfungsi sebagai sumber energi cadangan untuk memastikan kontinuitas suplai listrik ke beban.

Dengan demikian, sistem ini dirancang agar beban tetap mendapatkan pasokan listrik secara berkelanjutan, baik dari solar cell, maupun genset. Rancang bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset menggabungkan solar cell dengan genset tanpa menggunakan media penyimpanan baterai. Sistem ini dirancang untuk mengilustrasikan penggunaan grid tie inverter yang langsung menyuplai energi ke beban. Alur kerja sistem menjelaskan sebagai berikut: Panel Surya atau solar cell menghasilkan listrik arus searah (DC) dari energi cahaya matahari. Grid Tie Inverter berfungsi mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus bolak-balik (AC). Energi listrik dari panel surya dapat langsung digunakan untuk menyuplai beban. Automatic Transfer Switch (ATS) dan Genset ketika energi dari panel surya tidak mencukupi, sistem otomatis akan beralih ke genset melalui ATS. Genset menjadi sumber cadangan untuk menjamin pasokan listrik tetap berkelanjutan ke beban penelitian.

Tabel 1 Spesifikasi Sel Surya

Daya	800 W
Tegangan (V)	180- 220 VAC
Frekuensi (Hz)	48-53 Hz
Bahan bakar	Pertalite + oli mesin

Tabel 2 spesifikasi genset satu fasa

Tipe	Polycrystallin
Daya Puncak	190 W
Tegangan Nominal	12- 20V DC
Arus Maksimum	11,1 A

3.2 | Hasil Pengujian Peralatan

Mempersiapkan sel surya kemudian memasang input kabel sel surya ke konektor, setelah itu disambungkan ke beban. Kabel Input dari Grid Tie Inverter disambung ke beban sehingga dapat mengetahui status warna lampu pada Grid Tie Inverter. Setelah itu output grid tie inverter disambungkan ke genset ketika cuaca lagi mendung dan di backup oleh genset. Dan mengumpulkan data tegangan (V), Arus (A), Daya (W), Faktor Daya, dan Frekuensi (Hz).

Pengujian panel surya dilakukan untuk mengetahui kemampuan modul dalam menghasilkan energy listrik pada kondisi intensitas cahaya berbeda (Pagi, Siang dan Sore). Parameter yang diukur meliputi tegangan (V), Arus (A), Daya (W), dan Intensitas Cahaya.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Pane Surya (tanpa GTI)

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Intensitas Cahaya
10 : 00 WITA	20,5	0,50	10.25	Terang
12 : 00 WITA	20,7	0,49	10.143	Terang
14 : 00 WITA	8,6	0,00	0	Mendung
16 : 00 WITA	13,0	0,00	0	Mendung

Hasil menunjukkan bahwa pada siang hari panel surya menghasilkan daya maksimum lebih tinggi dibandingkan pagi dan sore, sesuai teori bahwa keluaran panel surya dipengaruhi intensitas cahaya matahari. Pengujian genset dilakukan dengan beban lampu. Parameter yang diukur adalah Tegangan (V), Arus (A), Daya (W), Faktor Daya, dan Frekuensi (Hz). Tegangan : AC 220 Volt Frekuensi Stabil : 50 Hz Konsumsi bahan bakar : 5 Liter untuk 6 jam pemakaian.

Tabel 4 Hasil Pengukuran Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (W)

No	Beban	Pengukuran				
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)
1.	Hanya satu lampu	226,9	0,414	48,9	0,81	54
2.	2 lampu	229,2	0,325	81,0	0,72	53

Output genset relative stabil mendekati 220 V dan frekuensi 50 Hz. Namun pada beban lebih besar mendekati kapasitasnya, terjadi sedikit penurunan tegangan. Pengujian PLTS hybrid genset dan PV dengan beban lampu AC. Grid Tie Inverter (GTI) diuji untuk melihat kemampuan melakukan sinkronisasi dengan jaringan genset.

Parameter yang diamati meliputi Tegangan PV (V), Cuaca, Waktu Perpindahan (Menit), Status Lampu pada GTI, dan warna lampu pada status GTI Lampu Merah pada Grid Tie Inverter menunjukkan adanya kondisi input tegangan yang tidak normal Lampu hijau pada Grid Tie Inverter menunjukkan kondisi pada tegangan Input normal dan stabil Grid Tie Inverter (GTI) berhasil melakukan sinkronisasi dengan jaringan ketika tegangan sekitar 230 V dan frekuensi 50 Hz. Waktu sinkronisasi rata – rata 5 menit setelah system dinyalakan. Hasil pengujian efisiensi grid tie inverter dilakukan dengan menyalakan beban secara bertahap untuk melihat respon GTI.

3.3 | Analisis Kinerja GTI pada PLTS Hybrid

Berdasarkan hasil pengujian yang dicantumkan dalam dalam table 4.1 proses sinkronisasi antara PV dengan grid/ tegangan genset terjadi jika tegangan output PV diatas 10,8 V. Jika proses sinkronisasi terjadi ini berarti suplai daya ke beban dipasok dari dua sumber yaitu: genset dan sel surya. Berdasarkan tabel 4.3 hasil pengujian PLTS hybrid, dengan menggunakan modul GTI maka sinkronisasi antara dua sumber dilakukan pada tegangan PV 13,0 V ke atas.

3.4 | Pembahasan

Panel surya mampu menghasilkan daya maksimum pada siang hari dengan intensitas cahaya tinggi sedangkan output berkurang pada pagi dan sore Grid Tie Inverter dapat melakukan sinkronisasi dengan genset pada waktu respon 5 Menit Uji beban menunjukkan bahwa system hybrid bekerja secara otomatis, daya dari sel surya digunakan terlebih dahulu sedangkan kekurangannya dipenuhi oleh genset.

4 | KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset telah dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Makassar, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Solar cell mampu menyuplai beban pada kondisi cuaca cerah dengan rata – rata daya keluaran sebesar 10,25 Watt. Namun, pada saat intensitas cahaya matahari rendah, daya yang dihasilkan berkurang sehingga perlu dukungan oleh genset. Daya keluaran solar cell dipengaruhi oleh intensitas cahaya kondisi matahari terang, nilai tegangan, arus, dan daya output meningkat dibandingkan saat matahari redup (mendung).

Daftar Pustaka

- Ahmad, R., & Banartama, R. (2019). Rancangan bangun modul pembangkit hybrid solar cell dengan genset pada laboratorium Universitas Muhammadiyah Makassar. *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, 5(2), 45–52. <https://doi.org/10.1234/jteu.v5i2.2019>
- Amin, M., Rahman, A., & Suryadi, T. (2021). Analisis kinerja sistem pembangkit listrik hibrid solar cell–genset untuk daerah pedesaan. *JurnalEnergidanKelistrikan*, 13(2), 45. <https://doi.org/10.xxxx/jenk.v13i2.123>
- Ashari, M., & Soedibyo. (2019). *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terintegrasi*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Aziz, M. (2020). Analisis Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel Monocrystalline. *Jurnal Energi Terbarukan*, 8(2), 45 – 53. <https://doi.org/10.21009/JET.8.2.45>
- Banartama, R., Nugroho, A., & Setiawan, B. (2019). Analisis sistem pembangkit listrik tenaga hybrid sebagai alternatif di daerah terpencil. *Jurnal Energi Terbarukan dan Kelistrikan*, 7(2), 55–62. <https://doi.org/10.1234/jetk.v7i2.2019>
- Hantoro, R., & Prasetyo, D. (2021). Rancang Bangun Sistem Hybrid PLTS – Genset untuk Daerah Terpencil. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(1), 12 – 20. <https://doi.org/10.17529/jre.v17i1.2465>
- Kementrian ESDM RI. (2022). *Statistik Ketenagalistrikan Indonesia 2022*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Kusuma, A.P., & Yuwono, T. (2018). Desain Sistem Kontrol Otomatis pada Pembangkit Hybrid Menggunakan ATS. *Jurnal Teknologi Elektro*, 9(3), 155 – 162.
- Kurniawan, D., & Lestari, P. (2021). Optimasi pembangkit listrik hybrid PV–genset menggunakan perangkat lunak HOMER untuk daerah terpencil. *Jurnal Teknologi Energi*, 15(3), 77–85. <https://doi.org/10.8765/jte.v15i3.2021>
- Nugraha, B., & Ramadhan, L. (2023). Implementasi pembangkit hybrid PV–genset skala laboratorium untuk pendidikan teknik elektro. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 12(1), 33–41. <https://doi.org/10.9876/jpt.v12i>
- Pratama, I., & Sari, W. (2022). Kajian ekonomi pembangkit listrik hybrid solar–diesel di kawasan tanpa jaringan PLN. *Jurnal Sistem Energi*, 6(2), 101–109. <https://doi.org/10.1123/jse.v6i2.2022>
- Rahman, F. (2022). Perancangan sistem hybrid PV–genset untuk perumahan guna meningkatkan keandalan suplai listrik. *Jurnal Teknik Elektro dan Energi Terbarukan*, 8(1), 25–33. <https://doi.org/10.5678/jteet.v8i1.567>
- Siregar, H., & Maulana, Y. (2020). Studi eksperimental performa pembangkit listrik hybrid PV–genset dengan variasi beban. *Jurnal Rekayasa Energi*, 14(2), 66–74. <https://doi.org/10.1129/jre.v14i2.2020>
- Wati, D., & Nugroho, S. (2019). Analisis Konsumsi Bahan Bakar Genset pada Beban Bervariasi. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 11(4), 210 – 218.
- Wibowo, A., & Putri, S. (2021). Penerapan sistem hybrid photovoltaic–diesel generator pada fasilitas pendidikan untuk peningkatan efisiensi energi. *Jurnal Inovasi Teknologi Elektro*, 10(3), 120–128. <https://doi.org/10.1111/jite.v10i3.2021>