

ANALISA KINERJA SISTEM HIBRID SISTEM KONEKSI FOTOFOLTAIK GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT ALTERNATIF PENGGANTI DAYA 1300VA

Suparlan¹, Wirawan.A¹, Z. Husin¹, A Sofijan¹ dan Dimas¹

¹Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang

Corresponding author: m.suparlan@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK: Cahaya matahari yang berlimpah di wilayah Sumatera Selatan khususnya merupakan karunia yang menginspirasi peneliti untuk menganalisa kinerja suatu pembangkit listrik tenaga surya/*photovoltaic* (PV) menggunakan sistem *Hybrid-Grid Connected* dengan Generator, dikarenakan masih banyaknya wilayah yang belum terjangkau listrik PLN, keterbatasan kapasitas daya serta letak geografis suatu desa yang sulit dijangkau oleh jaringan distribusi pembangkit listrik pln untuk menunjang program pemerintah Indonesia Terang. Sistem *Hybrid Grid Connected PV-Generator* merupakan gabungan antara PV dan Generator sebagai sumber listrik yang menghasilkan daya listrik. Dengan demikian secara berganti kedua sistem ini akan saling membackup ketika terjadi kekurangan daya listrik atau pemadaman. Dalam sistem ini sumber energi listrik PV dalam bentuk *direct current* (DC) melalui *solar charge control* (SCC) ditampung ke baterai atau langsung dikonversikan menggunakan *inverter* menjadi listrik *alternating current* (AC) yang langsung dapat digabungkan dengan energi listrik AC yang dihasilkan oleh generator melalui *utility control* panel ke beban listrik, hasil penelitian menunjukkan *Hybrid Grid Connected PV-Generator* menghasilkan daya output 1300 Watt membutuhkan 3 unit PV panel dan 1 generator.

Kata Kunci: *Alternating Current, Inverter, Photovoltaic, Solar Charge Control.*

ABSTRACT: Abundant sunlight in the South Sumatra region, in particular, is a gift that inspires researchers to analyze the performance of a solar/*photovoltaic* (PV) power plant using a *Hybrid-Grid Connected* system with a Generator because there are still many areas that have not been reached by PLN electricity, limited capacity The power and geographical location of a village that is difficult to reach by the PLN power plant distribution network to support the bright Indonesian government program. A *Hybrid Grid-Connected PV-Generator* system is a source of electricity generated by PV that can be combined with a power source from a generator. Thus, these two systems will back up each other when there is a power shortage or blackout. In this system, the source of PV electrical energy in the form of *direct current* (DC) through *solar charge control* (SCC) is accommodated into the battery or directly converted using an *inverter* into *alternating current* (AC) electricity which can be directly combined with AC electrical energy generated by the generator through the *utility control* panel to the electrical load. The results show that the *Hybrid Grid-Connected PV-Generator* to produce an output power of 1300 Watt requires three PV panels and one generator.

Keywords: *Alternating Current, Inverter, Photovoltaic, Solar Charge Control.*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki 2.519 desa terpencil yang belum teraliri listrik sama sekali, ketiadaan listrik menghambat kualitas hidup masyarakat, dan akan menghambat pertumbuhan ekonomi. Oleh karena itu, elektrifikasi desa-desa tersebut sangat penting. Pembangkit listrik dengan cara konvensional tidak cocok untuk desa-desa tersebut karena biaya pembangkitan dan distribusi energi akan sangat tinggi. Indonesia memiliki potensi energi surya yang tinggi. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pengembangan pembangkit listrik terdistribusi menggunakan sistem *hybrid off-grid power*, terdiri dari pembangkit PV dengan back-up generator. Jenis pembangkit listrik terdistribusi ini juga ramah lingkungan

karena kinerja yang dihasilkan sangat rendah. Hasil penelitian ini dapat dijadikan pedoman dalam mendukung Program Listrik Perdesaan (Program Indonesia Terang) dan Program Indonesia Terang (Program Listrik Perdesaan) yang bertujuan untuk melaksanakan elektrifikasi di desa-desa terpencil dan tertinggal di Indonesia. Sistem tenaga hibrida dan terdistribusi, terdiri dari beberapa sumber energi terbarukan, dapat digunakan di daerah terpencil karena karakteristik otonominya, namun tetap memasok daya secara kontinyu ke beban. Desa terpencil adalah salah satu kasus.

Pada penelitian terdahulu, *Study and Design of Hybrid Off-Grid PV-Generator Power System for Administration Load and Communal Load at Three Regions in Indonesia* (Putra et al., 2017). Aplikasi sistem

tenaga hybrid terdistribusi. Menggabungkan beberapa sumber energi adalah wajib untuk menjamin kelangsungan pasokan. Selain itu, dalam sistem terisolasi, baterai digunakan untuk menjamin kontinuitas pasokan energi, jika tidak ada pembangkitan listrik karena kondisi alam. Sistem tenaga hibrida PV dengan generator cadangan adalah salah satu kombinasi terbaik untuk digunakan di desa terpencil. (Putra et al., 2017).

Moria dkk melakukan penelitian terdahulu *Techno-Economic Feasibility of a Hybrid Solar Photovoltaic and Wind Power System for Yanbu*, Saudi Arabia. Fotovoltaik surya dan turbin angin digabungkan dengan generator diesel konvensional untuk mengurangi konsumsi bahan bakar (Moria, 2017).

Perluasan jaringan utilitas kurang praktis karena populasinya yang tersebar dan tidak merata, sehingga sistem tenaga buatan sendiri kemungkinan besar merupakan pilihan yang tepat. Kombinasi sumber energi terbarukan pada saat ini sedang diselidiki seperti angin, panel surya, dan generator diesel dengan baterai maupun tanpa isi ulang untuk produksi listrik dan dipasarkan dengan harga terjangkau serta menjadi solusi ramah lingkungan dalam jangka panjang (Shafiullah & Carter, 2016).

Sistem *off-grid* merupakan pembangkit yang terdiri dari SPV, baterai, *inverter*, dan beban AC yang beroperasi secara mandiri tidak terhubung dengan pembangkit lain. (Sofijan et al., 2020)

MODUL PV Surya

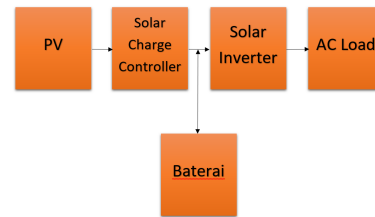
Ketika sel surya (PV) dihubungkan secara seri parallel menjadi unit yang lebih besar maka disebut modul PV. Sel-sel dilas diseri ke string beberapa sel surya. Modul standar menggunakan sekitar 36 sel surya dan memiliki peringkat puncak (WP) sekitar 60 watt. Untuk modul besar (150 WP), dua sel string dapat dihubungkan di belakang ke sambungan listrik kotak. Bahan film tipis seperti silikon amorf, CIS dan telluride kadmium dapat dibuat langsung menjadi modul. Sel bahan substrat, baik kaca, poliamida atau stainless steel, atau saling terhubung ke modul dengan laser. Sebuah PV modul terdiri dari sel-sel yang saling berhubungan yang dikemas antara penutup transparan dan tahan cuaca.



Gambar 1. Modul Photovoltaic (Ivan Katic, Denmark). (Modules & Applications, 2009)

Modul biasanya dibingkai dalam aluminium untuk pemasangan, meskipun bingkai mungkin tidak diperlukan

untuk membangun aplikasi. Modul PV adalah blok bangunan dasar dari setiap PV sistem tenaga, Biasa digunakan secara mandiri atau stand-alone seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Blok diagram *stand-alone system* PV (Khan et al., 2013)



Gambar 2. Blok diagram *stand-alone system* PV

Sel surya dilaminasi untuk melindunginya dari lingkungan eksternal. Di bagian depan biasanya digunakan kaca tempered dengan kandungan besi rendah. Kaca jenis ini relatif murah, kuat dan stabil. Selain itu memiliki transparansi tinggi, sifat mengklaim diri yang baik dan mencegah penetrasi air, uap air dan gas. Di sisi belakang, lembaran polimer tipis biasanya digunakan. Lembaran juga harus mencegah penetrasi uap dan gas yang tidak diinginkan. Untuk modul bi-wajah, yang dapat menghasilkan listrik dari depan dan belakang, atau ketika kekuatan ekstra atau semi transparansi diperlukan, kaca digunakan di bagian belakang, untuk memberikan daya rekat antara lawan modul yang berbeda; sel-sel terjepit di antara lembaran tipis etil vinil asetat. Enkapsulasi harus stabil pada suhu tinggi dan di bawah paparan UV.

Stabilitas enkapsulasi adalah salah satu kontributor utama untuk masa pakai modul yang diharapkan. Untuk meningkatkan kekuatan dan kestabilan modul, dapat dibingkai menggunakan aluminium. Beberapa produsen modul PV silikon kristal sekarang menjamin masa pakai 20 tahun untuk modul mereka. Ukuran modul yang umum adalah $0,5 \times 1,0$ m dan $0,33 \times 1,33$ m. Namun, modul dengan ukuran apa pun yang diinginkan dapat diproduksi. *Specific Fuel Consumption* (SFC) (Ambarev & Nikolov, 2019)

Specific Fuel Consumption adalah bahan bakar khusus yang digunakan daripada generator, berdasarkan jumlah yang digunakan, bahan bakar dibagi dengan daya keluaran motor yang bergerak. Dalam perkiraan anggaran, daya keluaran motor yang bergerak (daya kuda rem, daya kuda roda) diasumsikan sama dengan daya yang digunakan (daya beban), meskipun sebenarnya terdapat faktor efisiensi.

Pada sistem ini hanya dibutuhkan kilowatt, jika spesifikasi genset ditulis dalam kVA, maka dikonversikan ke kilowatt terlebih dahulu. Jika tidak dicantumkan spesifikasi pabrikan, maka diperoleh harga rata-rata sebagai berikut: Otto (gasoline) engine : 227 s/d 273 gr/hr, nilai rata-rata = 250 gr/hr

- Diesel engine : 178 s/d 209 gr/hr, nilai rata-rata 194 gr/hr.

Apabila sebuah genset menggunakan bahan bakar minyak dan mempunyai beban listrik 10kW serta beroperasi dalam waktu 24 jam, maka perhitungan yang

digunakan adalah, 250 gr perhari x 10 kW x 24 jam = 60000 gr/hari = 60 kg perhari.

Setelah itu, dibagi dengan massa jenis bahan bakar, menjadi: 60 kg/0.745 kg/l = 80.541 perhari.

Selanjutnya, kita tinggal mengalikannya dengan harga perliter bensin yang digunakan, dan didapat biaya untuk operasional generator.

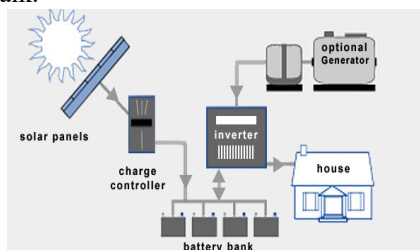
METODE KEGIATAN

Sistem PV-Generator hybrid grid-connected adalah sumber energi listrik yang dihasilkan oleh PV dengan generator. Kedua sistem ini akan saling mendukung jika terjadi pemadaman listrik. Pada sistem ini, generator dan PV diubah dan disimpan menjadi baterai sebagai sumber energi utama.

PV dan generator memiliki fitur yang saling melengkapi. Misalnya, pada PV, biaya modal relatif tinggi, tetapi biaya operasi dan pemeliharaan cenderung lebih rendah, namun jika biaya modal generator relatif rendah, maka biaya operasi pemeliharaan cenderung lebih tinggi. Apalagi generator mampu menghasilkan energi setiap saat, sedangkan ketersediaan energi di PV sangat bergantung pada intensitas sinar matahari.

Pengaturan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, 30% solar PV dan 70% generator mix dalam memproduksi listrik. Generator yang dilengkapi dengan PV Surya digunakan dalam memasok permintaan siang hari. Sedangkan dalam memenuhi kebutuhan listrik pada malam hari digunakan generator diesel.

Pembuatan *hybrid grid connected PV-Generator* dilakukan dengan mempelajari kelayakan teknis untuk menentukan faktor-faktor yang dapat berkontribusi terhadap masalah teknis seperti desain sistem *hybrid grid connected PV-Generator*, perpindahan bahan, penempatan komponen, dan sistem perakitan. Faktor-faktor ini juga termasuk lokasi tanah dan potensi Sumber Fotovoltaik.



Gambar 3. Desain *hybrid grid-connected PV-Generator*.

Dalam mengidentifikasi data sekunder, sebelumnya digunakan dalam perhitungan anggaran awal untuk kebutuhan daya/listrik. Adapun tujuan dan ruang lingkup pembuatan sistem pembangkit PV hybrid grid connected adalah:

1. Mengetahui secara rinci akan kebutuhan listrik di perumahan yang menjadi target sasaran, beserta

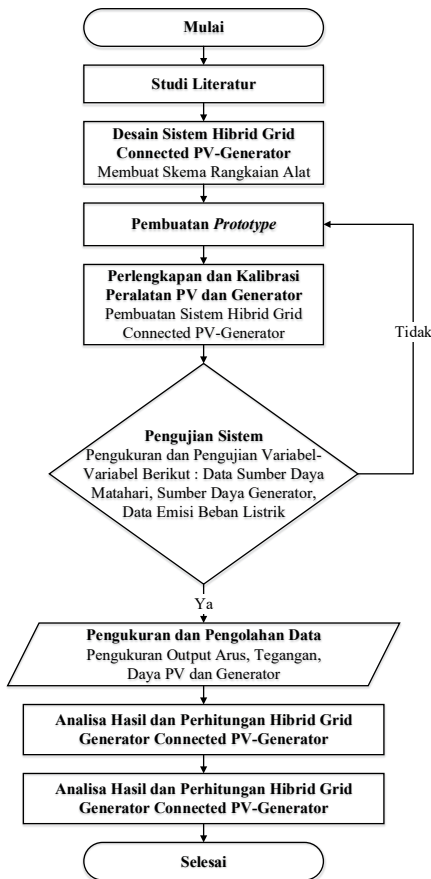
konsumsinya di sektor rumah tangga, fasilitas kesehatan masyarakat, serta ekonomi produktif. Informasi diperlukan sebagai dasar dalam menentukan jenis peralatan dan perencanaan desain sistem PV-Generator hybrid grid-connected yang akan digunakan sebagai kebutuhan.

2. Mengetahui profil beban berdasarkan perkiraan akumulasi kebutuhan listrik perumahan yang menjadi target. Beban ini memberikan gambaran waktu dan jumlah kapasitas listrik yang dibutuhkan per jam, sehingga menyederhanakan perencanaan desain sistem dan pola operasi sistem PV-Generator hybrid grid-connected.

Aplikasi sistem tenaga *hybrid PV-Generator* untuk pengembangan ketenagalistrikan masih terbatas. penerapan sistem *hybrid PV-Generator* perlu dilakukan dalam analisis desain dan implementasi. dari hasil tersebut, diperoleh rencana implementasi *hybrid PV-Generator* sebagai pengembangan sistem kelistrikan di Indonesia telah dilakukan survey literatur secara mendetail untuk mempelajari jaringan eksisting, komponen sistem yang telah digunakan untuk mengimplementasikan sistem *hybrid grid connected PV-Generator* (Wicaksana et al., 2017)

Metode penelitian ini mengikuti prosedur seperti diagram alir seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. dimulai dari studi literatur, desain sistem *Hybrid Grid Connected PV-Generator*, pembuatan prototype, perlengkapan dan kalibrasi peralatan PV dan generator, pengujian system, pengukuran dan pengolahan data dengan pengukuran output arus, tegangan, daya PV, dan Generator, analisa hasil dan perhitungan *Hybrid Grid Connected PV-Generator*, kesimpulan dan saran.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

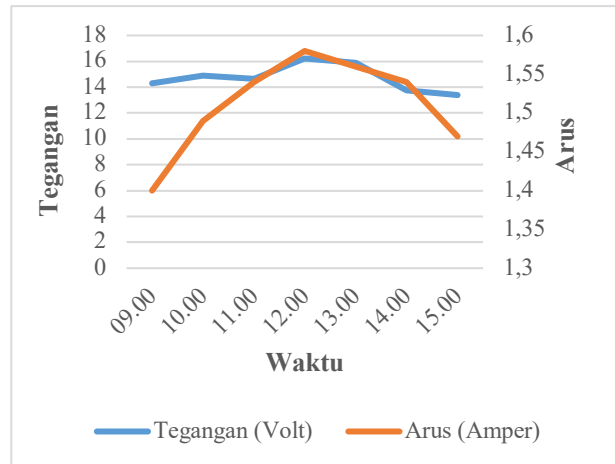
Dari data hasil penelitian sesuai dengan tabel 1 dan 2, didapat daya yang dihasilkan dari sinar matahari oleh panel surya pada waktu siang hari yaitu, photovoltaik 100 WP dalam 7 hari percobaan.

Pengukuran juga dilakukan pada generator sebagai Hybrid Photovoltaic seperti yang ditunjukkan pada tabel 3 dan 4, di buat grafik pengukuran Photovoltaic seperti gambar 5, dimana tegangan tertinggi 16,22 Volt pada jam 12.00 WIB didapatkan daya output tertinggi 25,07 Watt, sedangkan pada generator tegangan tertinggi 225 Volt pada jam 10.00 dan 14.00 WIB, didapatkan daya output tertinggi 144 Watt, dapat dilihat pada gambar grafik 6 yang menunjukkan tegangan dan arus generator yang dimulai jam 09.00 sampai 15.00 WIB.

Berikut adalah data hasil penelitian menggunakan Solar Photovoltaic.

Tabel 1. Hasil pengukuran Solar PV

Jam	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Temperatur (°C)	Daya (Watt)
09 : 00	14,31	1,4	48,1	20,03
10 : 00	14,87	1,49	50,9	22,16
11 : 00	14,64	1,54	57,1	22,55
12 : 00	16,22	1,54	59,9	24,98
13 : 00	15,87	1,58	58,2	25,07
14 : 00	13,76	1,34	52,6	18,44
15 : 00	13,39	1,42	49,2	19,01
Total				152,24
Vmaks				16,22
Imaks				1,58



Gambar 5. Grafik Tegangan dan Arus Terhadap Waktu

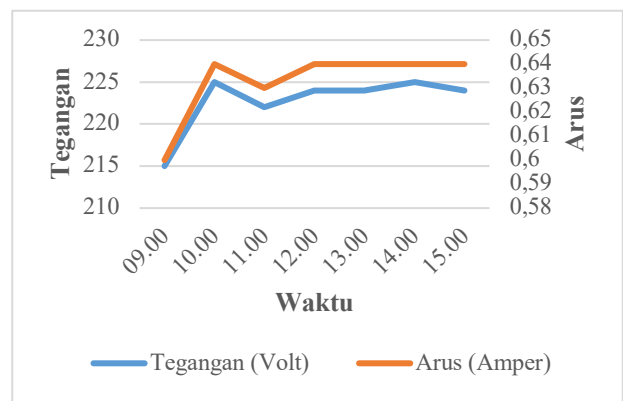
Berikut ini tabel total daya keluar yang dihasilkan oleh Photovoltaic 100 WP

Tabel 2. Total Daya Keluar Photovoltaic 100 WP dalam 7 hari percobaan.

Hari	Daya Total Perhari
1	156.431
2	158.192
3	150.692
4	146.994
5	152.242
6	147.431
7	154.180
Jumlah Daya Total	1066.153
Rata-rata Daya perhari	152.3001

Tabel 3. Data pengukuran generator

Waktu	Tegangan	Arus	Daya
09.00	215	0.6	129
10.00	225	0.64	144
11.00	222	0.63	139.86
12.00	224	0.64	143.36
13.00	224	0.64	143.36
14.00	225	0.64	144
15.00	224	0.64	143.36
Vmaks			225
Imaks			0.64
Total			986.94



ANALISA KINERJA SISTEM HIBRID GRID CONNECTED PV-GENERATOR SEBAGAI PEMBANGKIT ALTERNATIF PENGGANTI DAYA 1300VA

Tabel 4. Daya total yang dikeluarkan generator selama 7 hari percobaan

Hari	Daya Total Perhari
1	980,761
2	986,942
3	973,943
4	945,482
5	974,571
6	924,633
7	927,534
Jumlah Daya Total	6713,851
Rata-rata Daya perhari	959,121

Dari hasil eksperimental dapat dilihat total daya output PV hanya 152,30 watt dan pada generator 986,94 watt sehingga total daya output hybrid mencapai 1138,24 watt per 6 jam perhari sehingga dibutuhkan 3 unit PV untuk memenuhi 1300 watt.

KESIMPULAN

Analisa kinerja *Hybrid Grid Connected PV-Generator* menghasilkan total daya 1300 W dibutuhkan 3 unit PV panel 100 Wp ditambah dengan 1 unit generator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Rektor Unsri, Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas pendanaan kegiatan penelitian skema penelitian Sains, Teknologi, dan Seni, atas terlaksananya kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

Ambarev, K., & Nikolov, V. (2019). *An experimental study of the fuel consumption and opacity of the exhaust gas at work of diesel generator*. September 2018, 15–17.

Khan, K. A., Paul, S., Zobayer, A., & ... (2013). A Study on solar photovoltaic conversion. *International Journal of ...*, 2020(March 2013), 1–12. https://www.researchgate.net/profile/Kamrul_Khan2/publication/308886609_A_Study_on_Solar_PhotoVoltaic_Conversion/links/57f4eb7908ae91deaa5c5a31/A-Study-on-Solar-Photovoltaic-Conversion.pdf

Modules, P., & Applications, T. (2009). *Fundamentals of Photovoltaic Modules and their Applications*. *Fundamentals of Photovoltaic Modules and Their Applications*. <https://doi.org/10.1039/9781849730204>

Moria, H. (2017). Techno-Economic Feasibility of a Hybrid Solar Photovoltaic Wind System for Yanbu, Saudi Arabia. *The 2017 World Congress*.

Putra, A. W., Kamandika, E., Rosyadi, S., Purwadi, A., & Haroen, Y. (2017). Study and design of hybrid off-grid PV-generator power system for administration load and communal load at three regions in Indonesia. *3rd IEEE Conference on Power*

Engineering and Renewable Energy, ICPERE 2016, 57–62. <https://doi.org/10.1109/ICPERE.2016.7904850>

Shafiullah, G. M., & Carter, C. E. (2016). Feasibility study of photovoltaic (PV)-diesel hybrid power systems for remote networks. *Proceedings of the 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia, ISGT ASIA 2015*. <https://doi.org/10.1109/ISGT-Asia.2015.7387123>

Sofijan, A., Nawawi, Z., Suprpto, B. Y., Siphahutar, R., & Bizzy, I. (2020). Performance Evaluation Solar Charge Controller on Solar Power System Home-Based SPV Amorphous 80 Watt-peak. *Journal of Physics: Conference Series*, 1500(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1500/1/012004>

Wicaksana, H., Muslim, M. M., Hutapea, S. F., Purwadi, A., & Haroen, Y. (2017). Design, implementation, and techno-economic analysis of hybrid PV-Diesel for Off-grid system in Sebira Island. *3rd IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy, ICPERE 2016*, 39–44. <https://doi.org/10.1109/ICPERE.2016.7904848>

