

PERANCANGAN INTERKONEKSI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA MINI DENGAN RELAI TERPROGRAM

Galih Caesalingga Prakasiwi^{*)}, Mochammad Facta dan Trias Andromeda

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail : galihcaesa@gmail.com

Abstrak

Energi merupakan salah satu masalah utama pada banyak negara, dan permasalahan tersebut mengikat tiap tahunnya. Penggunaan bahan bakar fosil juga merupakan salah satu permasalahan dalam penggunaan dan perencanaan energi, karena penggunaan bahan bakar fosil dapat menimbulkan polusi, dan juga energi fosil terbatas jumlahnya. Teknologi panel surya dapat menjadi salah satu solusi dalam pengaplikasian energi baru dan terbarukan. Pada zaman sekarang, teknologi panel surya berkembang dengan pesat, sehingga dapat dikombinasikan dengan pembangkit jenis lain. Kombinasi antara panel surya dengan genset disebut dengan pembangkit listrik hibrida mini. Dalam penelitian ini, purwarupa pembangkit listrik hibrida mini mengkombinasikan panel surya dengan generator satu fasa. Relai terprogram difungsikan sebagai kontrol utama dalam mengaktifkan koneksi dari dua pembangkit dengan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa interkoneksi dari tiap sumber energi berhasil menyuplai beban dengan kapasitas beban hingga 400 Watt.

Kata kunci: energi, panel surya, hibrida

Abstract

Energy is one of the main problems in many countries its increasing every year. The use of fuel from fossils is also one of problems in energy usage and planning, because there will be more pollutants and also fossils energy is limited. Solar panel technology is one of the solutions in the application of new and renewable energy. At present, the development of solar panel technology is growing rapidly, so it gives opportunity to be combined with other power generation type. The combination of photovoltaic and generator engine set is known as minihybrid power plant. In this work, the prototype of minihybrid power plant was proposed to be carried out by putting photovoltaic in paralel work with single phase generator. A programmable relay was designed as a main controller to start the connection of those two source and the load. The experimental results show that the interconnection of each energy source has successfully supplied the load has up to 400 watt.

Keywords: energy, solar panel, hybrid

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu permasalahan utama pada suatu negara. Di Indonesia, Distribusi energi pada wilayah terpencil merupakan suatu masalah yang harus ditangani seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia [1]. Peningkatan jumlah penduduk tersebut juga menandakan banyaknya jumlah konsumsi energi listrik [2]. Banyaknya jumlah konsumsi energi listrik, mengakibatkan suplai daya listrik negara menurun. Untuk menjaga suplai daya listrik negara, Indonesia masih bergantung pada bahan bakar fosil. [3]

Hal ini akan berdampak juga terhadap lingkungan sekitarnya, dikarenakan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan polusi. Salah satu cara menanggulangi polusi tersebut adalah menggunakan teknologi panel surya. Indonesia memiliki potensi pemakaian pembangkit listrik

dengan basis tenaga surya. Hal ini dikarenakan indonesia memiliki iradiasi rata-rata sebesar 4,5 kWh/m²/hari. [4].

Pada zaman sekarang, Perkembangan teknologi panel surya saat ini meningkat pesat. Saat ini, penggunaan panel surya dapat dikombinasikan dengan pembangkit listrik lainnya, atau bisa disebut sebagai sistem hibrida. [5]. Sistem hibrida bertujuan untuk mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit supaya dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien [6]

Namun sistem hibrida yang banyak digunakan pada saat ini, merupakan sistem hibrida dengan kombinasi generator 3 fasa dan panel surya [7]. Pada penelitian ini terdapat perbedaan, karena sistem hibrida yang dirancang menggunakan kombinasi generator sinkron 1 fasa dengan panel surya.

Pada sistem hibrida ini, panel surya tidak membutuhkan baterai, karena sudah ada penyokong daya utamanya. Selain itu penggunaan baterai pada panel surya juga memiliki beberapa kelemahan, yaitu seperti dapat mengalami degradasi daya [8]

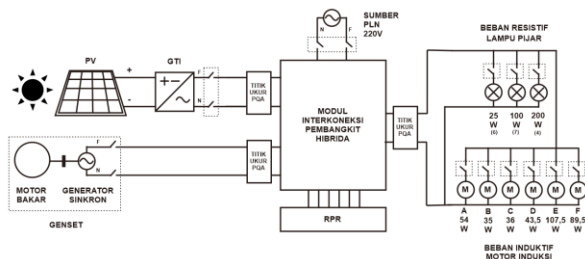
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan sistem pembangkit listrik hibrida secara sederhana supaya dapat diterapkan secara mudah.

2. Metode

2.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dibuat pada penelitian ini berdasarkan berdasarkan konfigurasi umum sistem hibrida, dimana terdapat grid DC untuk menghubungkan panel surya dengan sumber DC, dan grid AC yang menghubungkan generator kepada beban AC [9].

Berdasarkan konfigurasi tersebut, dibuatlah rancangan sistem hibrida yang akan digunakan dalam penelitian ini. Rancangan tersebut dapat ditinjau pada Gambar 1.

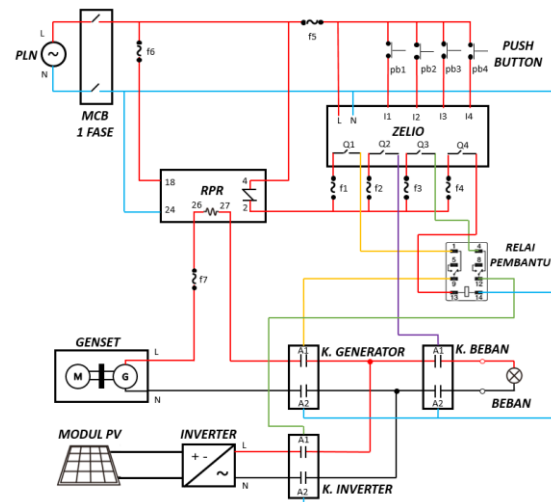


Gambar 1. Perancangan Sistem

Sistem hibrida dalam penelitian ini meliputi 3 rangkaian utama, yaitu rangkaian pembangkit, rangkaian interkoneksi, dan rangkaian beban uji. Rangkaian pembangkit merupakan sumber listrik utama dalam sistem hibrida ini. Kemudian, rangkaian interkoneksi merupakan sistem pengontrolan utama pada sistem, yang berfungsi untuk mengatur performa dari sistem. Rangkaian beban uji merupakan rangkaian pengujian untuk mengetahui kinerja pembangkitan listrik.

2.2. Wiring Diagram

Wiring Diagram sistem pada perancangan ini dibuat berdasarkan perancangan sistem yang telah dirancang sebelumnya. Perancangan wiring diagram pada sistem pembangkit hibrida dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Wiring Diagram

Pada wiring diagram, dapat ditentukan komponen yang dibutuhkan sistem supaya dapat beroperasi. Komponen utama dari wiring diagram tersebut terdiri dari genset, modul PV, inverter, Reverse Power Relay (RPR), dan zelio.

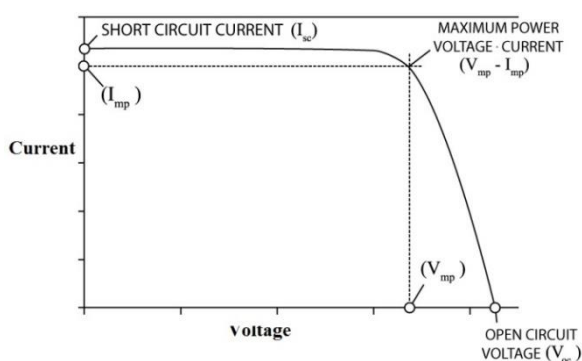
2.3. Generator Set

Genset adalah satu kesatuan peralatan pembangkitan listrik yang terdiri dari motor penggerak sebagai penggerak mula dan generator sinkron 1 fasa sebagai penghasil daya listrik. Genset merupakan peralatan listrik yang vital pada sistem. Hal ini dikarenakan, selain sebagai salah satu pembangkit listrik pada sistem, genset juga berfungsi sebagai parameter unjuk kerja pada sistem hibrid.

2.4. Modul Photovoltaic

Photovoltaic atau PV adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari sebagai energi pembangkitan listriknya. Daya yang dihasilkan PV bergantung pada banyaknya iradiansi matahari [10]. Selain itu, jenis tegangan yang dihasilkan berjenis DC [11]. Sifat elektrik dari sel PV dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik listrik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan PV, yang kemudian data arus dan tegangan tersebut dapat diubah menjadi kurva I-V. Kurva I-V menggambarkan sifat dari sel surya secara lengkap [12].

Kurva I-V pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Karakteristik PV

2.5. Inverter

Inverter adalah perangkat pengubah jenis tegangan listrik, dimana tegangan DC diubah menjadi tegangan AC. Fungsi GTI dalam sistem pembangkit hibrida ini adalah sebagai pengubah jenis tegangan keluaran yang dihasilkan dari PV. Di dalam Inverter yang digunakan pada perancangan sistem ini sudah terdapat MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). MPPT adalah komponen yang berfungsi untuk mencari titik daya keluaran tertinggi yang dapat dikeluarkan oleh PV [13].

2.6. Relai Terprogram

Zelio adalah salah satu jenis relai yang dapat di program fungsi dan kegunaannya, sehingga termasuk komponen yang fleksibel karena dapat diaplikasikan pada sistem apapun sesuai keinginan. Dalam perancangan sistem hibrida ini, zelio berfungsi sebagai komponen pengontrol utama dari rangkaian sistem pembangkit mikrohibrida yang mengatur urutan pengaktifan dari sistem mikrohibrida ini.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan pada penelitian ini merupakan hasil performa konfigurasi sistem apakah berjalan atau tidak. Konfigurasi sistem dalam perancangan ini dibagi menjadi 3. Mode 1 merupakan konfigurasi generator tanpa beban. Mode 2 merupakan konfigurasi generator dengan beban. Mode 3 adalah konfigurasi hibrida.

3.1. Mode 1

Mode 1 merupakan kondisi dimana generator aktif namun tidak menyuplai daya ke beban, atau dengan kata lain generator menyuplai beban nol. Karena menyuplai beban nol, maka tidak terdapat arus pada titik pengukuran di generator. Hasil pengukuran untuk mode 1 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Mode 1

Beban Terpasang (W)	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Frekuensi Terukur (Hz)
200	0	219,8	53,5
400	0	220,1	54,3

Pada Tabel.1 terlihat bahwa dengan kondisi beban terpasang yang berbeda, yaitu beban terpasang sebesar 400 W, hasil yang didapat sama, yaitu arus yang terukur sebesar 0 A, tegangan terukur sebesar 220.1 V dan frekuensi terukur sebesar 54,3 Hz. Data pengujian tersebut membuktikan bahwa mode 1 berjalan sesuai perencanaan dimana hanya kontaktor generator saja yang aktif sehingga daya tidak sampai ke beban terpasang.

3.2. Mode 2

Mode 2 merupakan kondisi dimana generator aktif dan menyuplai daya ke beban, Karena menyuplai beban, maka terdapat arus dan tegangan pada titik pengukuran di beban. Hasil pengukuran untuk mode 2 dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran Mode 2

Beban Terpasang (W)	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Frekuensi Terukur (Hz)
200	0,89	219	54,6
400	1,75	218,6	54,7

Pada Tabel 2 terlihat bahwa dengan kondisi beban terpasang yang berbeda, yaitu beban terpasang sebesar 400 W, hasil yang didapat berbeda, yaitu arus yang terukur sebesar 1,75 A, tegangan terukur sebesar 218.6 V dan frekuensi terukur sebesar 54,7 Hz. Data pengujian tersebut membuktikan bahwa mode 2 berjalan sesuai perencanaan dimana hanya kontaktor generator dan kontaktor beban yang aktif sehingga daya sampai ke beban terpasang, dibuktikan dengan adanya arus dan tegangan pada titik beban.

3.3. Mode 3

Mode 3 merupakan kondisi dimana generator aktif dan PV aktif, kemudian terjadi sinkronisasi dan menyuplai daya ke beban, Karena terjadi sinkronisasi hibrida, maka data tegangan dan frekuensi pada titik generator dan PV memiliki nilai yang sama. Hasil pengukuran untuk mode 3 dapat dilihat pada tabel 3. dan tabel 4.

Tabel 3. Pengukuran Mode 3 pada Titik Generator

Beban (W)	Titik Generator		
	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Frekuensi Terukur (Hz)
200	0,76	219,8	53,5
400	1,5,1	220,1	54,3

Kemudian untuk mendapatkan data pada titik PV, dilakukan pengukuran arus, tegangan dan frekuensi pada titik PV. Data pengukuran pada titik PV dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran Mode 3 pada Titik PV

Beban Terpasang (W)	Titik PV		
	Arus Terukur (A)	Tegangan Terukur (V)	Frekuensi Terukur (Hz)
200	0,3	220,8	53,5
400	0,33	219,4	54,3

Pada Tabel 3. Dan tabel 4. terlihat bahwa dengan kondisi beban terpasang yang berbeda, yaitu beban terpasang sebesar 400 W, hasil yang didapat sama, yaitu tegangan dan frekuensi nilainya sama antar generator dan PV serta terdapat arus yang terukur. Hal ini sesuai dengan teori sinkronisasi daya, dimana syarat untuk daya menjadi sinkron adalah berada di fasa yang sama serta memiliki tegangan dan frekuensi yang sama [14].

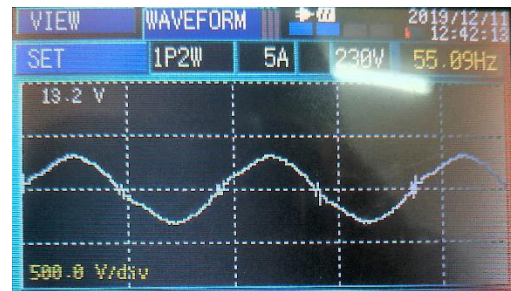
Selain nilai arus yang terukur, terdapat juga bukti berupa gelombang aliran arus yang terbaca pada osiloskop. Gelombang aliran arus pada saat sinkronisasi bisa ditinjau pada Gambar 4.



Gambar 4. Wiring Diagram

Gelombang arus berwarna kuning berasal dari generator, dan gelombang arus berwarna merah merupakan daya dari PV. Kondisi tersebut terjadi saat aliran daya dari PV mulai memberi kontribusi daya ke sistem dan beban, bersamaan dengan generator yang telah terlebih dahulu menyuplai daya ke beban.

Kemudian, gelombang sinus tegangan pada keadaan sebelum sinkronisasi dan setelah sinkronisasi juga terdapat perbedaan. Gelombang sinus tegangan saat sesudah sinkronisasi dapat ditinjau pada Gambar 5.



Gambar 5. Gelombang Sinus Tegangan Setelah Sinkronisasi

Terdapat perbedaan dengan gelombang sinus sebelum sinkronisasi, dimana pada gelombang sinus setelah sinkronisasi terdapat *noise* yang menandakan bahwa tegangan sistem sedang menyesuaikan dengan tegangan dari dua pembangkit.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah, perancangan sistem hibrida dapat berjalan pada 3 mode konfigurasi, yaitu pada kondisi generator tanpa beban, generator dengan beban, serta pada kondisi hibrida. Saran untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya adalah dengan menambah modul PV sehingga daya yang dihasilkan semakin variatif.

Referensi

- [1]. Statistik Indonesia 2019, Jakarta, Indonesia : Badan Pusat Statistik, 2019.
- [2]. Statistik Ketenagalistrikan 2018, Jakarta, Indonesia : Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, 2019.
- [3]. Statistik EBTKE 2016, Jakarta, Indonesia: Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, 2017.
- [4]. Statistik Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi 2016, Indonesia : Direktorat Jendral Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi, 2017
- [5]. Nazir R, Kurniasih N, Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhydro-Photovoltaic Array Menggunakan Homer (Studi kasus: Kampung Bayang Jariah, Kabupaten Pesisir Selatan), Universitas Andalas, 2015.
- [6]. Fitriana, *Sustainable Energy Systems and Management (SESAM) MSc. Thesis*, Flensburg, 2003.
- [7]. Kosmadakis I, Elmasides C, *Towards Performance enhancement of Hybrid Power Supply Systems Based on Renewable Energy Sources*, University of Thrace, 2018.
- [8]. Ramadhani, Bagus, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts, DJ EBTKE KESDM, 2018.
- [9]. Jiang B, Iqbal M, *Dynamic Modelling and Simulation of an Isolated Hybrid Power System in a Rural Area of China*, University of Newfoundland, 2018.

- [10]. Putra, Boby Guntur Adi & Madyono, Gunawan, Analisis Intensitas Cahaya pada Area Produksi terhadap Keselamatan dan Kenyamanan Kerja sesuai dengan Standar Pencahayaan (Studi Kasus di PT. Lendis Cipta Media Jaya), Jurnal OPSI Vol 10, 2017.
- [11]. J. T. Bialasiewicz, "Renewable Energy Systems With Photovoltaic Power Generators: Operation and Modeling," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 7, pp. 2752-2758, 2008.
- [12]. Thompson W, Anderson R, *Electrical and Photovoltaic Characteristic of Indium-tin oxide/silicon Heterojunctions*, Syracuse University, 2002
- [13]. A. P. Haris, "Perancangan Maximum Power Point Tracking Panel Surya menggunakan Konverter Buck-Boost dengan Algoritma Perturb and Observe," Laporan Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2017..
- [14]. S. Z. Hassan, H. Li, T. Kamal, S. Mumtaz and L. Khan, "Fuel Cell/Electrolyzer/Ultra-capacitor hybrid power system: Focus on integration, power control and grid synchronization," 2016 13th International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technology (IBCAST), Islamabad, 2016.