

PERANCANGAN *HYBRID* DAN *SYNCHRONIZER POWER SUPPLY* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DAN *GRID PLN*

DESIGN OF HYBRID AND SYNCHRONIZER POWER SUPPLY FOR SOLAR POWER PLANT AND THE GRID OF PLN

Doddy Harja Saputra dan Jumail Soba

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik – Kementerian Perindustrian
Jl. Sangkuriang No.14, Bandung, Telp. (022) 2504088, Fax (022) 2502027
Email : jumailsoba_stelk@yahoo.com

Diterima : 10 Agustus 2017 Direvisi : 4 September 2017 Disetujui : 25 September 2017

ABSTRAK

Daya listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) bersifat fluktuatif bergantung kepada radiasi sinar matahari yang mengenai modul surya. Sistem sinkronisasi diperlukan ketika daya listrik yang dihasilkan PLTS tidak mampu mensuplai beban, sehingga *grid* PLN akan ikut mensuplai daya ke beban (*hybrid*). Pada penelitian ini dirancang dan dibuat perangkat *hybrid* dan *synchroizer power supply* untuk PLTS dan *grid* PLN dengan sinkronisasi yang dilakukan pada domain tegangan DC. Pengaturan level tegangan DC pada sisi PLTS dan *grid* PLN membuat PLTS menjadi sumber utama untuk mensuplai ke beban sedangkan listrik dari *grid* PLN akan dipakai ketika energi listrik yang dihasilkan PLTS tidak mencukupi. Uji coba dilakukan untuk mengamati kinerja sistem sinkronisasi yang dirancang pada pukul 08:00 sampai dengan pukul 16:00 dengan pengambilan data konsumsi energi dilakukan setiap 1 jam. Berdasarkan hasil uji coba dapat ditunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan sinkronisasi antara listrik dari PLTS dan *grid* PLN untuk mensuplai beban.

Kata kunci: *Hybrid power supplies, synchronizer power supplies, pembangkit listrik tenaga surya, grid PLN*

ABSTRACT

The electrical power generated by the solar power plants (PLTS) was fluctuating depending on the radiation of sunlight on the solar modules. The synchronization system was required when the electricity generated by the PLTS is unable to supply the load, so the grid of PLN will supply power to the load (hybrid). In this study hybrid and synchronizer power supply for PLTS and PLN grid were designed and made, while synchronization was performed on DC voltage domain. Setting the DC voltage level on the PLTS side and the PLN grid made PLTS became the main source to supply to the load while the electricity from the PLN grid will be used when the electrical energy generated by the PLTS was not sufficient. Trials were done to observe the performance of designed synchronization system by taking the data of energy consumption for every 1 hour within 08:00 to 16:00. Based on the trials results it can be shown that this system can produce synchronization between electricity from PLTS and grid of PLN to supply loads.

Keywords: *Hybrid power supplies, synchronizer power supplies, solar power plants, grid of PLN*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik makin hari makin meningkat, sedangkan bahan bakar berbasis fosil sebagai sumber utama pembangkit listrik makin menipis. Kondisi ini menyebabkan listrik yang dibangkitkan oleh bahan bakar fosil menjadi makin mahal. Selain mahal, bahan bakar

fosil juga tidak ramah lingkungan karena menghasilkan emisi karbon yang menyebabkan gas rumah kaca (GRK) sebagai penyebab naiknya suhu di bumi [1]. Pemerintah Indonesia dengan kemampuan sendiri menargetkan penurunan GRK menjadi 26% pada tahun 2020 atau 41% bila mendapat bantuan dari negara maju [2]. Untuk mengurangi penggunaan bahan

bakar fosil penyebab GRK maka diperlukan sumber energi alternatif baru terbarukan dan ramah lingkungan [3]. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan efek *photovoltaic*, yaitu teknologi yang membangkitkan tegangan DC dari semikonduktor bila permukaannya dikenai oleh foton [5].

PLTS tidak dapat mengganti bahan bakar fosil karena daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS sangat tergantung pada intensitas cahaya matahari yang mengenai sel surya. Ketika intensitas cahaya matahari tinggi maka PLTS akan optimal untuk membangkitkan listrik, sedangkan pada saat intensitas cahaya matahari rendah maka daya listrik yang dibangkitkan akan turun dan saat gelap PLTS tidak dapat membangkitkan energi listrik. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem sinkronisasi agar PLTS dapat digunakan bersama dengan *grid* PLN (*hybrid*).

Pembangkit listrik *hybrid* adalah sistem pembangkit yang menggunakan dua atau lebih sumber energi yang berbeda [8]. Pembangkit listrik *hybrid* dapat terhubung maupun tidak terhubung ke *grid*. Pembangkit listrik yang terhubung ke *grid* lebih handal karena ketika listrik dari PLTS terputus maka beban akan disuplai oleh *grid* [9]. Pada penelitian ini, sistem sinkronisasi mengatur kondisi pada saat intensitas cahaya matahari tinggi, suplai daya listrik untuk beban semuanya diambil oleh PLTS. Pada kondisi intensitas cahaya matahari rendah, maka daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS akan turun sehingga sebagian beban daya akan disuplai dari *grid* PLN. Sedangkan pada malam hari ketika PLTS tidak dapat menghasilkan energi listrik, maka beban daya semuanya akan disuplai dari *grid* PLN. Pada sistem ini penggunaan energi listrik yang berasal dari *grid* PLN akan dapat berkurang.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk dapat mensinkronkan antara energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS dan *grid* PLN, akan tetapi penelitian tersebut masih menggunakan baterai dalam desainnya [4,7]. Penelitian lain melakukan sinkronisasi pada domain tegangan AC, namun sistem ini lebih

kompleks karena memerlukan sinkronisasi fasa tegangan AC [6,10]. Pada penelitian ini dilakukan sinkronisasi tegangan pada domain tegangan DC tanpa menggunakan baterai. Kelebihan sistem pada penelitian ini adalah sistem lebih sederhana sehingga lebih mudah untuk diimplementasikan dan merupakan teknik baru yang belum dipakai sebelumnya dalam sinkronisasi antara PLTS dan *grid* PLN.

BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini dilakukan perancangan kemudian pembuatan sebuah sistem sinkronisasi dan selanjutnya dilakukan uji coba dengan mengaplikasikan sistem ini pada PLTS dan *grid* PLN. Lokasi pemasangan sel surya adalah di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Bandung. Sel surya dipasang di atas *duct* beton dengan posisi 10° ke arah utara kota Bandung. Panel sel surya 5 unit masing-masing 200 W dipasang berbanjar ke samping diatas konstruksi baja dengan jarak antara panel surya ke peralatan kontrol dan beban adalah 12 meter.

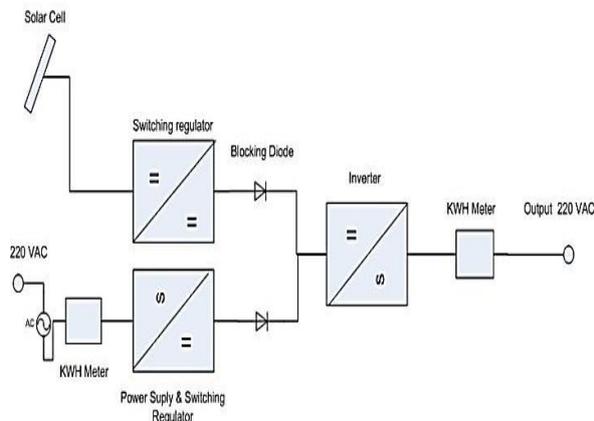
Pada sistem ini, tegangan DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi sumber listrik utama sedangkan energi listrik dari *grid* PLN menjadi sumber listrik cadangan. Energi listrik dari *grid* PLN hanya dipakai ketika daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS lebih rendah daripada daya listrik yang dibutuhkan oleh beban atau ketika PLTS tidak menghasilkan energi listrik pada malam hari.

Beban 2 unit lampu pijar masing-masing 100 W sehingga beban total adalah 200 W dihubungkan ke sistem. Pengukuran dilakukan dari pukul 8:00 sampai 16:00 dengan pengambilan data konsumsi energi pada sistem dilakukan untuk setiap 1 jam. Pengambilan data konsumsi energi menggunakan *Power Meter* pada sisi PLN, PLTS dan beban. Pengambilan data intensitas radiasi matahari dilakukan dengan menggunakan alat *Solar Power Meter*, dan pengambilan data dilakukan setiap detik sehingga diperoleh jumlah energi dari matahari pada lokasi dalam 1 jam. Pengukuran dilakukan dua kali pada dua hari yang berbeda untuk melihat keandalan dari sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Hybrid dan Synchronizer Power Supply

Prinsip kerja dari sistem *hybrid* dan sinkronisasi diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Hybrid dan Synchronizer Power Supply

Tegangan jala-jala 220 V masuk ke dalam kWh meter untuk diukur pemakaian daya yang diambil dari *grid* PLN. Tegangan 220 V kemudian diturunkan dan distabilkan oleh *power supply* dan *switching regulator* menjadi tegangan DC stabil pada 24 Volt. *Switching regulator* pada sisi PLTS digunakan untuk mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh sel surya menjadi tegangan yang dapat diatur pada nilai sekitar 24 V sesuai dengan kondisi intensitas cahaya matahari.

Pada saat intensitas cahaya matahari tinggi, *switching regulator* pada sisi PLTS membangkitkan tegangan DC yang lebih tinggi daripada tegangan 24 V. Pada kondisi ini sebagian besar suplai listrik ke beban diambil dari PLTS. Pada saat intensitas cahaya matahari rendah, regulator pada sisi PLTS membangkitkan tegangan DC yang lebih rendah daripada tegangan 24 V sehingga sebagian besar suplai listrik ke beban diambil dari *grid* PLN. Pada saat malam hari, *switching regulator* pada sisi PLTS tidak membangkitkan tegangan sehingga suplai listrik ke beban semuanya diambil dari *grid* PLN. *Blocking diode* digunakan pada sisi PLTS maupun pada *grid* PLN untuk memblokir tegangan dari sisi lain ketika satu sisi tidak digunakan atau *off*. Tegangan DC dari sisi PLTS dan *grid* PLN digabungkan pada domain tegangan DC sebelum inverter. Inverter mengkonversi tegangan DC gabungan menjadi tegangan AC 220 V untuk disuplai ke beban.

Pada sistem ini, tegangan DC yang dihasilkan oleh PLTS menjadi sumber listrik utama sedangkan energi listrik dari *grid* PLN menjadi sumber listrik cadangan. Energi listrik dari *grid* PLN hanya dipakai ketika daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS lebih rendah daripada daya listrik yang dibutuhkan oleh beban atau ketika PLTS tidak menghasilkan energi listrik pada malam hari.

Hasil Uji Coba

Hasil uji coba sistem sinkronisasi tercantum pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengukuran konsumsi energi dari PLTS dan *Grid* PLN dengan beban listrik lampu Pijar 200 W (Pengamatan 1)

Jam Pengukuran	Radiasi Matahari (Wh/m ²)	PLTS (kWh)	<i>Grid</i> PLN (kWh)	Beban Listrik (kWh)
8:00-09:00	242	162	173	182,0
9:00-10:00	354	229	100	182,6
10:00-11:00	305	177	143	181,5
11:00-12:00	303	215	111	181,4
12:00-13:00	516	256	87	181,2
13:00-14:00	134	118	225	182,1
14:00-15:00	242	200	108	181,9
15:00-16:00	197	118	231	181,5
16:00-17:00	72	43	348	180,9
17:00-18:00	13	8	440	178,8

Tabel 2. Pengukuran konsumsi energi dari PLTS dan *Grid* PLN dengan beban listrik lampu Pijar 200 W (Pengamatan 2)

Jam Pengukuran	Radiasi Matahari (Wh/m ²)	PLTS (kWh)	<i>Grid</i> PLN (kWh)	Beban Listrik (kWh)
8:00-09:00	242	183	181	181,7
9:00-10:00	569	309	97	181,1
10:00-11:00	598	261	72	181,1
11:00-12:00	667	283	83	181,3
12:00-13:00	986	296	82	181,9
13:00-14:00	843	276	88	181,9
14:00-15:00	698	234	112	181,9
15:00-16:00	231	82	297	182,2
16:00-17:00	126	70	358	180,1
17:00-18:00	23	7	417	178,7

Pada Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa perubahan intensitas sinar matahari yang mengenai panel surya menyebabkan perubahan energi listrik yang diberikan oleh PLTS. Intensitas sinar matahari berbanding lurus dengan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS. Hasil pengukuran pada pengamatan pertama, saat kondisi intensitas radiasi matahari tinggi (pukul 09:00 – 13:00 dan 14:00 – 15:00), energi listrik yang dibangkitkan dari PLTS optimal. Pada kondisi tersebut, sebagian besar daya yang disuplai ke beban berasal dari PLTS. Pada intensitas radiasi matahari rendah (pukul 08:00 – 09:00, 13:00 – 14:00 dan 15:00 – 18:00), energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS turun. Penurunan intensitas radiasi matahari pada pukul 13:00 – 14:00 disebabkan oleh kondisi mendung pada saat pengukuran sehingga radiasi matahari menuju *solar panel* terhalang oleh awan. Hasil pengukuran pada pengamatan kedua, intensitas radiasi matahari lebih tinggi karena pada saat tersebut kondisi lebih cerah. Pada pukul 08:00 – 13:00, energi listrik sebagian besar disuplai dari PLTS. Sedangkan pada sore hari 15:00 – 18:00 ketika intensitas matahari turun, energi listrik sebagian besar disuplai dari *grid* PLN.

Pada kondisi energi listrik yang dibangkitkan PLTS turun, maka sistem ini secara otomatis akan menaikkan pemakaian energi listrik dari *grid* PLN. Kenaikan pemakaian daya dari *grid* PLN membuat suplai daya listrik ke beban tetap terpenuhi. Fluktuasi energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS tidak menyebabkan fluktuasi daya listrik yang disuplai ke beban. Sistem pada penelitian ini melakukan sinkronisasi sehingga kekurangan daya dari PLTS dikompensasi dengan mengambil dari *grid* PLN. Sedangkan ketika energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS optimal, maka energi listrik dari *grid* PLN yang disuplai ke beban mendekati 0 W. Daya yang tercatat pada kWh meter pada sisi PLN adalah daya yang dikonsumsi oleh sistem yang disuplai dari *grid* PLN.

Perhitungan Tekno Ekonomi

Biaya Produksi perangkat :

- Sel surya 1000 Watt : Rp 14.500.000,-
 - Perangkat *hybrid* : Rp 3.212.500,-
 - Perkiraan biaya pemeliharaan selama 20 tahun : Rp 2.121.500,-
- Sehingga totalnya adalah Rp 19.834.000,-, untuk perkiraan usia pakai 20 tahun.

Perhitungan daya masuk dapat dihitung dengan asumsi rata-rata daya yang dihasilkan oleh PLTS adalah 0,4 kW setiap hari selama rata-rata 8 jam. Sehingga energi rata-rata yang dihasilkan perhari (efektif) adalah 3,2 kWh. Dengan asumsi harga listrik PLN per kWh adalah Rp. 1.352,-, maka setiap bulan PLTS dapat mensubstitusi listrik PLN sebanyak Rp. 129.792,-. Dengan demikian biaya produksi akan impas pada 153 bulan atau 12 tahun 9 bulan.

KESIMPULAN

Dari hasil desain pengukuran dapat ditunjukkan bahwa desain *hybrid* dan *synchronizer* untuk sumber energi listrik PLTS dan *grid* PLN dapat melakukan sinkronisasi dari kedua sumber untuk disuplai ke beban. Penurunan daya dari PLTS akibat turunnya intensitas radiasi matahari yang mengenai panel surya dikompensasi dengan menaikkan konsumsi listrik dari *grid* PLN. Pengaturan tegangan DC pada sisi PLTS dan sisi *grid* PLN memungkinkan pengaturan besaran energi listrik yang disuplai dari *grid* PLN. Desain ini dapat dimanfaatkan untuk mendorong percepatan pemanfaatan sumber energi surya dalam rangka penurunan gas rumah kaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Bahan dan Barang Teknik atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pak Karmin Rahimahullah atas bantuannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budi, R. F. S., and Suparman, "Perhitungan Faktor Emisi Co2 PLTU Batubara dan PLTN", *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 15 (1), 1–8, 2013.
- [2] Daulay, Suryani, "Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Proyeksi Emisi CO₂ untuk Jangka Panjang", *Prosiding Seminar dan Peluncuran Buku Outlook Energi Indonesia 2012*, 88-92, 2012.

- [3] Arimbawa, P. A. R., Kumara, I. N. S., and Hartati, R. S., "Studi Pemanfaatan Catu Daya Hibrida PLTS 3,7 kWP dan PLN Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Desa Pemecutan Kaja Denpasar Bali", *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 15 (2), 33–38, 2016.
- [4] Hamzah, A., and Hendri., "Desain Pengembangan Hybrid Bidirectional Inverter 1500 Watt dengan Menggabungkan Energi Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Energi Utilitas untuk Aplikasi Rumah Tangga", *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 3 (2), 1-11, 2016.
- [5] Hegedus, S., and Luque, A., "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, West Sussex": John Wiley & Sons Ltd, 2005.
- [6] Kananda, K., and Nazir, R., "Konsep Pengaturan Aliran Daya Untuk PLTS Tersambung Ke Sistem Grid Pada Rumah Tinggal", *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 2 (2), 65–71, 2013.
- [7] Khan, M. W., Saleem, M., Ahmad, A., and Ayaz, A., "Synchronization of Photovoltaic system with a Grid", *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, 7(4), 01–05, 2013.
- [8] Mansyur, I. J., "Studi Komparatif 2 Model Pembangkit Listrik Sistem Hibrid PLTS Dan PLN / Genset", *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik UNHAS*, 6, 2012.
- [9] Sunil, P., Prajapti, N., Patel, T., "Grid Connected Solar and Wind Hybrid System", *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 2 (12), 300-307, 2013.
- [10] Santoso, H. B., and Budiyanto, "Microgrid Development Using a Grid Tie Inverter", *MAKARA Journal of Technology Series*, 17 (3), 121–127, 2013.

