

PERANCANGAN SISTEM HIBRID SOLAR CELL - BATERAI – PLN MENGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS (DESIGN OF HYBRID SYSTEM SOLAR CELL - BATTERY - PLN USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS)

Puloeng Raharjo, Bambang Sujanarko, Triwahju Hardianto
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
E-mail: bbsujanarko@yahoo.com

Abstrak

Kebutuhan energi di dunia terus meningkat sedangkan sumber energi fosil yang digunakan terus menipis, sehingga dibutuhkan suatu energi alternatif untuk memasok kebutuhan energi. Skripsi ini merancang sistem hibrid antara solar cell, baterai, PLN untuk mensuplai beban DC 12V. Sistem ini menggunakan solar cell sebesar 100wp dan mengalami keadaan puncak pada pukul 13.00 dengan menghasilkan tegangan 20,03V, arus 4,52A dan daya sebesar 90,52W. Tegangan keluaran dari solar cell akan diturunkan dan dinaikkan terlebih dahulu dengan DC-DC converter setelah itu dihubungkan ke rangkaian pembangkit PWM menggunakan IC LM 324 untuk mengatur duty cycle sebagai trigger mosfet dari buck boost converter. Penyearah digunakan untuk mengubah tegangan AC 220V menjadi tegangan DC 12V. Keadaan baterai 100% ketika tegangan mencapai 12,7V dan dilakukan pengisian ketika keadaan baterai 30%-40% dengan tegangan sebesar 11,8V. Semua sistem dikontrol dengan PLC menggunakan bahasa ladder diagram, input yang digunakan adalah sensor tegangan untuk mengetahui tegangan solar cell dan tegangan baterai. Solar cell digunakan mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dari 13V. Baterai dapat mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dai 11,8v. Pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem telah berjalan sesuai perencanaan.

Kata kunci: sistem hibrid, solar cell, baterai, pln, programmable logic controllers

Abstract

The demand of energy in the world always increas, but the availability of the fossil energy is extremely decreased. So an alternative energy is needed to supply the energy demand. This research proposes a design of a hybrid system that integrated solar cell – battery – PLN to supply load in the 12 V. This system uses a 100 Wp solar cell. This system has peak performance at 13.00 which produces voltage 20,03 V, current 4,52A and power 90,52W. The voltage output of the solar cell will be regulated by a DC-DC converter and then the output of DC-DC converter will be connected to the PWM generator circuit that using IC LM 324 to sets the duty cycle as the mosfet trigger of buck boost converter circuit. It is expected that the output of the circuit is in the constant value. The battery is fully charged when the voltage achieves 12.7 V, and the battery is charging when it's 30-40% of full charge, which reach voltage about 11.8 V. PLC use the ladder diagram to implement switch the hybrid systems, the voltage sensor is used as the input to measure the solar cell and battery voltage. The solar cell use to supply load when the voltage output is bigger than 13 V. Battery will be supply when the output is less than 11.8 V. The test shows that the system could work like expected value.

Keyword : hybrid system, solar cell, battery, pln, programmable logic controllers

PENDAHULUAN

Kehidupan manusia modern semakin tergantung kepada energi, sehingga kesejahteraannya sangat ditentukan oleh jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkannya baik secara langsung maupun tidak langsung. Di samping itu, energi juga merupakan unsur penunjang yang amat penting dalam proses pertumbuhan ekonomi dan ikut menentukan keberhasilan pembangunan di sektor lain.

Namun kebutuhan energi di Indonesia khususnya dan di dunia pada umumnya terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan penambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri. Jika

diasumsikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik adalah sebesar 7% per tahun selama kurun waktu 30 tahun, maka konsumsi listrik akan meningkat dengan tajam, contohnya pada sektor rumah tangga, konsumsi akan meningkat dari 21,52 Gwh di tahun 2000 menjadi sekitar 444,53 Gwh pada tahun 2030 [1].

Kebutuhan energi di dunia hingga detik ini cenderung dipenuhi dengan bahan bakar fosil. Diperkirakan pemakaian energi dunia hingga tahun 2025 akan masih didominasi bahan bakar fosil yakni minyak, gas alam dan batubara. Kecenderungan seperti ini pun juga terjadi di Indonesia [2].

Kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas ribuan pulau dan kepulauan, tersebar dan tidak meratanya pusat-pusat beban listrik, rendahnya tingkat permintaan listrik di beberapa wilayah, tingginya biaya marginal pembangunan sistem suplai energi listrik (Ramani K.V, 1992) serta terbatasnya kemampuan finansial, merupakan faktor-faktor penghambat penyediaan energi listrik dalam skala nasional. Selain itu, makin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil, khususnya minyak bumi, yang sampai saat ini masih merupakan tulang punggung dan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia.

Dapat kita ketahui bahwa PLN sebagai sumber utama energi listrik di Indonesia tidak selamanya kontinu dalam menyalurkan sumber listrik, Suatu saat pasti terjadi pemadaman total yang dapat disebabkan oleh gangguan dan pemeliharaan pada sistem pembangkit, atau gangguan pada sistem transmisi dan sistem distribusi, sedangkan suplai energi listrik sangat diperlukan terus menerus. Berdasarkan hal tersebut, maka dibutuhkan sumber energi lain selain PLN [3].

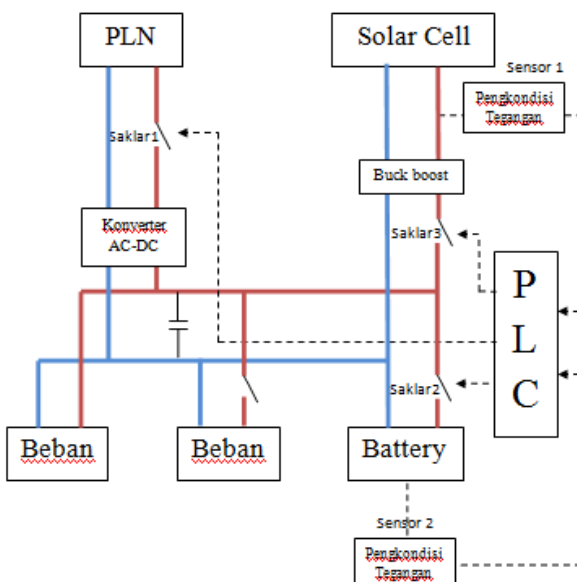
Pemanfaatan energi matahari merupakan satu diantara sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk memasok kebutuhan energi sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Selain tersedia secara gratis pemanfaatan energi matahari ini sebagai salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap energi batubara, minyak bumi dan gas alam yang masih digunakan untuk sumber energi PLN yang pada kenyataannya sulit untuk diperbaharui.

Pemanfaatan tenaga surya ini tentunya akan lebih efektif jika dalam pengaplikasiannya disertai dengan sitem kontrol yang efektif pula. Namun dalam pengaplikasiannya PLTS tidak dapat digunakan selama sehari penuh karena sumber energi matahari hanya tersedia pada siang hari maka tetap dibutuhkan sumber dari PLN agar dapat mensuplai energi listrik secara terus menerus. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem *switch* otomatis yang dapat mengatur sumber yang digunakan dengan kondisi tertentu [4].

METODE PENELITIAN

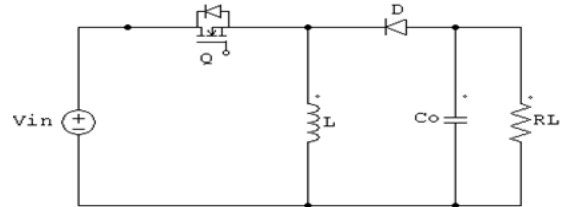
Metode penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu perencanaan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Diagram blok perangkat keras seperti pada gambar



1. *Solar panel* digunakan sebagai sumber energi listrik cadangan dengan menyerap cahaya matahari. Sebelum tegangan keluaran dari solar cell masuk ke dalam accu dan mensuplai beban terlebih dulu diatur didalam buck boost converter dan rangkaian battery charger.

Gambar 1. Blok diagram sistem hibrid



Gambar 2. Rangkaian buck boost konverter

Buck boost konverter digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dari solar cell. Susunan kerja untuk buck bostt diperlihatkan pada gambar 2 Ketika transistor on maka tegangan masuk ke induktor. Arus pada induktor akan naik secara linear Apabila saklar mosfet ditutup selama waktu t_1 , arus induktor menjadi naik dan energi disimpan pada induktor L dan C. Apabila saklar dibuka selama waktu t_2 , energi yang tersimpan pada induktor akan dipindahkan ke beban melalui dioda D1 dan arus induktor menjadi jatuh.

Sistem dirancang untuk mensuplai beban bertegangan DC oleh karena itu dibutuhkan penyearah tegangan untuk mengubah tegangan AC yang dihasilkan PLN menjadi tegangan DC. *Battery Charger* adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi battery dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis ke level yang aman tepatnya yang telah ditentukan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indicator menyala menandakan battery telah terisi penuh.

Sistem hibrid akan dikontrol oleh PLC menggunakan bahasa ladder diagram berdasarkan sensor tegangan dari solar cell dan juga sensor tegangan baterai.

Tabel 1. Data pengujian solar cell

Pengujian Solar Cell

Waktu	Vsc (V)	Isc (A)	Psc (W)	Kondisi
07.00	16.32	2.34	38.18	Berawan
08.00	16.53	2.80	46.28	Cerah
09.00	18.31	3.54	64.81	Cerah
10.00	18.97	4.12	72.18	Cerah
11.00	19.59	4.43	86.78	Cerah
12.00	19.34	4.35	84.12	Cerah
13.00	20.03	4.52	90.52	Cerah
14.00	19.37	4.32	83.67	Cerah
15.00	17.10	2.86	48.90	Berawan
16.00	15.30	2.12	32.43	Berawan
17.00	15.23	1.7	35.68	Berawan

Tabel 2. Data pengujian pengisian baterai

Waktu (jam)	Vac (V)	Vdc (V)	Idc (A)	Vbatt (V)
0	185,4	14,8	4,695	11,25
1	185,8	13,63	4,480	11,55
2	187	14,55	4,271	11,74
3	187,3	14,48	4,026	12,0
4	186,7	14,52	3,678	12,27
5	178,2	14,45	3,456	12,39
6	178,9	14,43	3,242	12,49
7	178,4	14,41	3,173	12,40
8	177,7	14,39	2,714	12,40
9	178	14,32	2,555	12,61

HASIL PENELITIAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja alat dan program yang telah dibuat. Pengujian dilakukan per blok untuk mengetahui masing-masing dari unit dalam sistem. Kemudian dilakukan pengujian secara keseluruhan yang lengkap sehingga diketahui kinerja dari perancangan yang telah dibuat

Pengujian yang dilakukan pertama adalah pengujian terhadap solar cell, bertujuan untuk mengetahui besaran nilai keluaran dari solar cell yang berupa tegangan, arus dan daya maksimum pada saat diberi berbagai kondisi, yaitu kondisi cerah, berawan, dan mendung. Data dari pengujian solar cell ditunjukkan pada Tabel 1.

Setelah itu pengujian terhadap proses pengisian baterai yang ditampilkan pada Tabel 2, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama proses charging baterai serta tingkat kestabilan tegangan. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai jenis MF (*maintenance free*) 12 volt. Pengujian menggunakan tegangan masukan AC 220 V dan tegangan panel surya DC 13 V. Dari sumber PLN tegangan AC 220 V disearahkan menjadi tegangan DC 13 V.

Tabel 3. Pengujian sensor tegangan solar cell

BERK	Tegangan solar cell	Sensor 1
	> 13v	1
	≤ 13v	0

Tabel 4. Pengujian sensor tegangan baterai

Tegangan Baterai	Sensor 2
> 11.8v	1
≤ 11.8v	0

Tabel 5. Logika sistem yang digunakan

Kondisi	Sensor 1	Sensor 2	Saklar 1	Saklar 2	Saklar 3
1	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	0
3	1	0	0	1	1
4	1	1	0	0	1

Pemrograman ladder diagram untuk sistem hibrid Solar Cell – Battery - PLN dilakukan dengan menggunakan *software Zelio Soft 2*. Adapun input yang digunakan adalah tegangan dari solar cell dan juga tegangan dari baterai untuk mengetahui kapasitas baterai.

Pengujian sensor tegangan selar cell ditunjukkan pada Tabel 3 dan pengujian sensor tegangan baterai ditunjukkan pada Tabel 4.

Sistem hibrid ini menggunakan 2 input yaitu input tegangan solar cell dan tegangan baterai untuk mengatur 3 saklar. Saklar yang pertama untuk mengatur pensaklaran PLN, saklar yang kedua untuk mengatur pensaklaran baterai, saklar yang ketiga untuk mengatur pensaklaran *solar cell*, Sesuai logika yang dejelaskan disusun tabel kebenaran sistem hibrid yang ditunjukkan pada Tabel 5

PEMBAHASAN

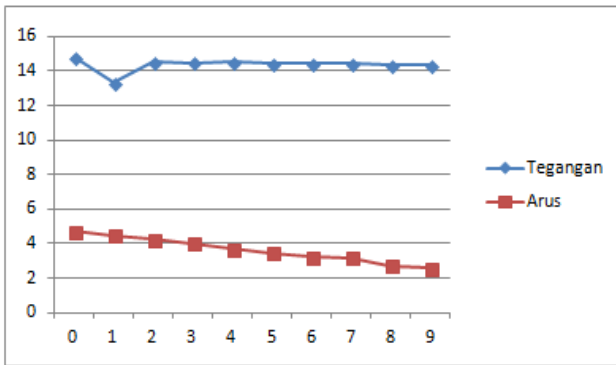
Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa nilai tegangan awal solar cell 16,32V dengan tegangan puncak sebesar 20,03 V kemudian turun menjadi 15,23 V dengan nilai penurunan berkisa antara 1 – 2 V. Sedangkan daya awal sebesar 6,59 W meningkat seiring dengan semakin tingginya tegangan sehingga mencapai daya puncak sebesar 94,42 kemudian daya menurun secara tajam karena perubahan intensitas matahari yang disebabkan oleh cuaca berawan hingga mendung. Dari hasil pengamatan didapatkan nilai terbesar arus dan tegangan adalah 4,52 A dan 20,03 V dengan daya maksimal adalah 90,52 W, dan diketahui bahwa daya maksimal didapatkan pada saat sinar matahari mencapai intensitas maksimum yaitu pada saat pukul 13.00 Pada saat pengukuran diatas pukul 14.00 cuaca berubah menjadi berawan hingga mendung. Sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya juga menurun.

Untuk proses pengisian baterai yang ditampilkan pada gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai arus pengisian pada baterai akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya nilai tegangan pada baterai. Penurunan arus ini juga menyebabkan penurunan tegangan keluaran dari

rangkaian *battery charger*. Dari table dapat dilihat bahwa penurunan arus diikuti juga oleh kenaikan tegangan baterai. Tegangan baterai dapat dikatakan telah mencapai nilai tegangan maksimal (baterai penuh) dalam waktu 10 jam. Diketahui bahwa pada saat awal proses pengisian aki, arus yang masuk mencapai 4,695 A. Pada satu jam berikutnya arus turun menjadi 4,480 A. Dapat disimpulkan bahwa kenaikan tegangan baterai berbanding terbalik dengan arus pengisian baterai. Selanjutnya dapat diperhatikan pada gambar 3.

Pada pengujian sensor tegangan solar cell yang ditampilkan pada gambar 5 dapat diketahui apabila tegangan solar cell lebih dari 13v maka sensor pada kondisi On sedangkan jika tegangan solar cell kurang dari 13v maka sensor pada kondisi Off

Pada sensor tegangan baterai kita harus menentukan kapan sistem melakukan proses charging pada baterai. untuk menjaga kondisi baterai agar tidak cepat rusak maka diperlukan proses charging di saat kondisi baterai mencapai antara 30% hingga 40%. Pada gambar 9 dapat ditentukan bahwa baterai mengalami kondisi sekitar 30%- 40% pada saat tegangan 11.8 volt.



Gambar 3. Grafik nilai tegangan dan arus terhadap waktu

Tabel 6. Kondisi pengisian baterai 12v

Kondisi Baterai	Tegangan Baterai
100%	12.73
90%	12.62
80%	12.5
70%	12.37
60%	12.24
50%	12.1
40%	11.86
30%	11.71
20%	11.66
10%	11.51

Pada pengujian sensor tegangan baterai yang ditampilkan pada Tabel 4 dapat diketahui apabila tegangan baterai lebih dari 11.8v maka sensor pada kondisi On sedangkan jika tegangan baterai kurang dari atau sama dengan 11.8v maka sensor pada kondisi Off

Dari 2 sensor yang digunakan akan *mengontrol* 3 sumber untuk mensuplai beban, yaitu *Solar Cell*, Baterai dan PLN. Kontrol sistem hibrid bekerja berdasarkan Tabel kebenaran sistem pada Tabel 5, jika sensor 1 pada kondisi Off dan sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh PLN, dan PLN akan *mencharging* baterai, jika sensor 1 pada kondisi OFF dan sensor 2 ON maka beban akan disuplai oleh baterai .jika sensor 1 pada kondisi On dan Sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh *Solar Cell* dan melakukan proses charging, dan jika kedua sensor pada kondisi On maka Beban akan disuplai oleh *Solar Cell* dan tidak melakukan proses charging. Dari data pada Tabel 7 dapat disimpulkan jika sistem hibrid yang dihasilkan telah sesuai dengan rancangan.

Tabel 7. pengujian pensaklaran sistem hibrid

Kondisi	Sensor 1	Sensor 2	Rancangan			Hasil Pengujian		
			Saklar 1	Saklar 2	Saklar 3	Saklar 1	Saklar 2	Saklar 3
1	0	0	1	1	0	1	1	0
2	0	1	0	1	0	0	1	0
3	1	0	0	1	1	0	1	1
4	1	1	0	0	1	0	0	1

KESIMPULAN

Sistem hibrid terdiri atas solar cell, baterai, dan PLN, Solar cell yang digunakan sebesar 100wp dan mengalami keadaan puncak pada pukul 13.00 dengan menghasilkan tegangan 20.03V, arus 4,52A dan daya sebesar 90,52W. DC-DC konverter digunakan untuk menurunkan dan menaikkan tegangan solar sell berdasarkan besar duty cycle yang dihasilkan oleh pwm generator. Penyearah Tegangan mempunyai fungsi untuk mengubah tegangan AC 220V menjadi tegangan DC 12V.Keadaan baterai 100% ketika tegangan mencapai 12,7V dan perlu dilakukan pengisian ketika keadaan baterai 30%-40% dengan tegangan sebesar 11,8V. Pengontrolan sistem hibrid menggunakan PLC berdasarkan tegangan solar cell dan tegangan baterai. Solar cell digunakan mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dari 13V. Baterai dapat mensuplai beban jika tegangan output lebih besar dai 11.8v

Sistem hibrid bekerja berdasarkan sensor tegangan solar sell dan sensor tegangan baterai. jika sensor 1 pada kondisi Off dan sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh PLN, dan PLN akan *mencharging* baterai, jika sensor 1 pada kondisi OFF dan sensor 2 ON maka beban akan disuplai oleh baterai .jika sensor 1 pada kondisi On dan Sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh *Solar Cell* dan melakukan proses charging, dan jika kedua sensor pada kondisi On maka Beban akan disuplai oleh *Solar Cell* dan tidak melakukan proses charging.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indo energi, "Energi Terbarukan Indonesia", diunduh di <http://energiterbarukanindonesia.com>, pada tanggal 13 Oktober 2012
- [2] Bien, Liem Ek, "Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan", JETri, ISSN 1412-0327/2008, 2008
- [3] Arifin, Zainal, "Portable Solar Charger", PENS ITS, Surabaya, 2009
- [4] Guo, Liping, "Design Projects in a Programmable Logic Controller (PLC) Course in Electrical Engineering Technology", *The Technology Interface Journal*, ISSN 1523-9926, 2009.