

# **SISTEM KONTROL *HYBRID* PEMBANGKIT *SOLAR CELL* DAN PLN BERBASIS ARDUINO DUEMILANOVE ATMEGA328P**

**Onki Nur Indrianto**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Jember

## **ABSTRAK**

Sumber energi alternatif terbarukan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini, salah satunya menggunakan energi matahari. *Solar cell* merupakan pembangkit yang berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Selain menggunakan pembangkit *solar cell*, dalam alat ini menggunakan tegangan dari PLN. Sesuai undang undang Peraturan Menteri ESDM No.1 tahun 2017 Tentang operasi paralel Bab II pasal 2 ayat 5 menyebutkan bahwa pelanggan melaksanakan ketentuan daya kontrak penyambungan paling rendah 20% dari kapasitas pembangkit dengan menggunakan tenaga listrik dari PLN. Pada penelitian ini akan dibuat sistem kontrol *hybrid* pembangkit *solar cell* dan PLN berbasis arduino duemilanove atmega328p. Daya yang dihasilkan oleh *solar cell* dan PLN akan disimpan pada *battery*, selanjutnya akan dikontrol proses sistem *charger* nya, selain itu untuk mempermudah proses monitoring kerja alat dari *solar cell* dan PLN sampai proses *charger*. Pada alat sistem *hybrid Solar cell* dan PLN ini, penggunaan tenaga listrik dari PLN melebihi 20%, yaitu 65.5%, 63.3%, 61.3% dan 59.9%, sehingga dapat dikatakan bahwa alat ini sudah mematuhi Peraturan Menteri ESDM. *Solar Cell* dengan kapasitas 50 Wp pada keadaan puncak mampu menghasilkan tegangan DC sebesar 20.03V, arus sebesar 4.52A dan daya sebesar 90.52W, sedangkan sumber tegangan dari PLN sebesar 12.00V, arus sebesar 0.2A dan daya sebesar 2.4W. Semakin lama proses *charger* maka tegangan yang masuk pada *battery* semakin kecil, hal ini karena kondisi *battery* yang mulai penuh. Sistem *charger* dapat bekerja menggunakan dua sumber yaitu dari *solar cell* dan PLN, dan juga dapat bekerja menggunakan satu sumber.

**Kata Kunci** : *Solar Cell*, PLN, *Changer*, Arduino, *Battery*

## **HYBRID CONTROL SYSTEM OF SOLAR CELL AND PLN BASED ON ARDUINO DUEMILANOVE ATMEGA328P**

**Onki Nur Indrianto**

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,  
University of Muhammadiyah Jember*

### **ABSTRACT**

*Renewable alternative energy sources are needed to meet current electricity needs, one of which uses solar energy. Solar cell is a generator that functions to convert sunlight into electrical energy. In addition to using solar cell plants, in this tool using the voltage from the PLN. The Regulation of Cabinet Minister about Energy and Mineral Resourt No.1 of 2017 Concerning the parallel operation Chapter II article 2, paragraph 5 states that the customer implements the contract power contract provision at a minimum of 20% of the generating capacity by using electricity from PLN. In this research will be made control system of hybrid solar cell generator and PLN based arduino duemilanove atmega328p. The power generated by solar cell and PLN will be stored in battery, then it will be controlled process of its charger system, in addition to facilitate the process of monitoring the working of tools from solar cell and PLN until the charger process. In the system of hybrid Solar cell and PLN, the use of power from PLN exceeds 20%, that is 65.5%, 63.3%, 61.3% and 59.9%, so it can be said that this tool has been complied The Regulation of Cabinet Minister about Energy and Mineral Resourt. Solar Cell with 50 Wp capacity at peak condition able to produce DC voltage to 20.03V, current to 4.52A and power to 90.52W, while the voltage source of PLN is 12.00V, the current is 0.2A and the power is 2.4W. The longer the charger process then the voltage entering the battery is getting smaller, this is because the battery condition is full start. The charger system can work using two sources from solar cell and PLN, and also work using a single source.*

**Keywords :** *Solar Cell, PLN, Changer, Arduino, Battery*

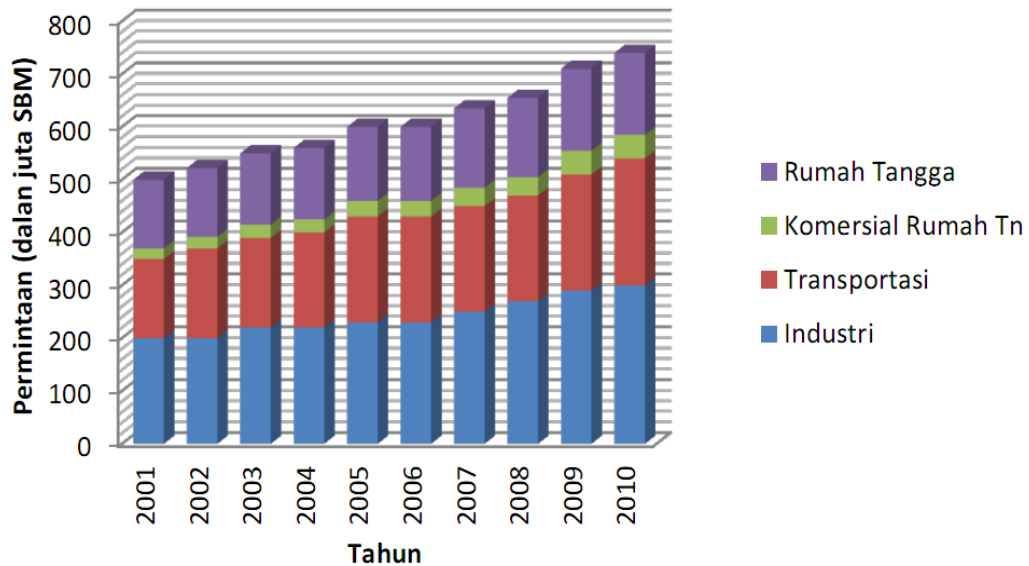
## 1. Pendahuluan

Di era globalisasi ini sumber energi listrik sangat diperlukan, mengingat banyaknya peralatan saat ini yang sangat memerlukan sumber energi listrik, sebagai konsumsi rumah tangga, gedung - gedung sekolah, kantor maupun sebagai penerangan jalan. Di samping itu, energi juga merupakan unsur penunjang yang amat penting dalam proses pertumbuhan ekonomi dan ikut menentukan keberhasilan pembangunan di sektor lain.

Sumber energi alternatif terbarukan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari. *Solar cell* berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *Solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. *Solar cell (Photovoltaic)* adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung.

Arus listrik dari panel surya kemudian diarahkan menuju *controller* dan dipergunakan untuk mengisi baterai sebagai tenaga cadangan ketika energi matahari kurang mencukupi. Selain itu *controller* juga berfungsi agar tegangan yang dihasilkan menjadi stabil pada tegangan kerja yang diharuskan. Energi listrik yang dihasilkan dapat secara langsung digunakan untuk peralatan listrik yang membutuhkan arus searah atau DC (Hamdi, 2014).

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 (EECCHI, 2012).



*Solar cell* mulai populer akhir-akhir ini. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi matahari sangat berlimpah dan bisa didapatkan secara gratis. Disamping energi surya memiliki keunggulan, tidak dipungkiri bahwa energi surya di beberapa tempat seperti Indonesia memiliki kelemahan seperti letak geografis menyebabkan karakteristik penerimaan cahaya matahari dan angin menjadi berbeda-beda (Pakpahan, 2000). Semakin jauh letak tempat dari garis ekuator maka *fluktuasi* lama penyinaran akan semakin besar (Lakitan, 1994).

Untuk mengatasi hal itu diperlukan desain peletakan modul pembangkit listrik tenaga surya yang sesuai dengan kondisi geografis di Indonesia. Selain itu diperlukan perancangan sistem kontrol baterai agar daya yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan lebih efisien (Ragheb, 2009).

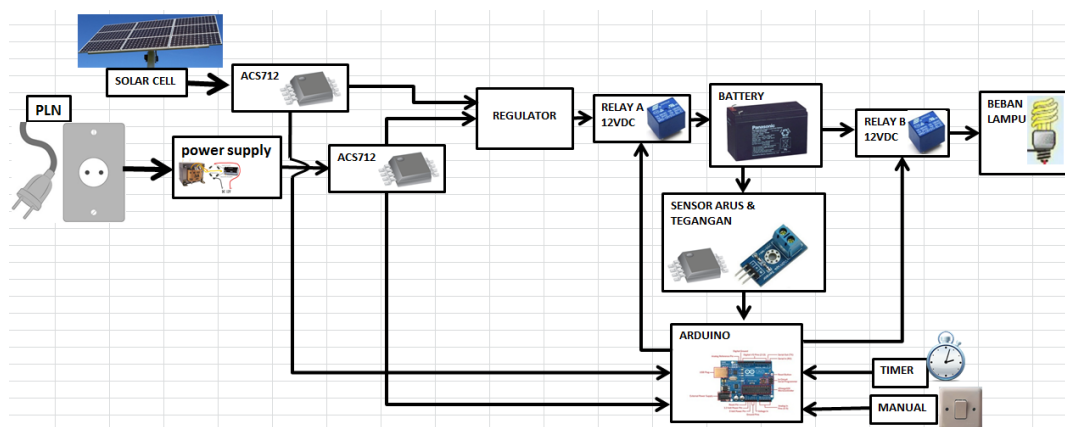
Berdasarkan peraturan menteri energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia tentang operasi paralel pembangkit tenaga listrik dengan jaringan tenaga listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero), maka dalam alat ini akan menggunakan sumber tenaga listrik dari PT PLN (Persero) paling rendah 20%. Hal tersebut sudah diatur dalam undang undang permen ESDM No.1 tahun 2017 Tentang operasi paralel Bab II pasal 2 ayat 5 yang berbunyi Pelanggan sebagaimana dimaksud dilaksanakan dengan ketentuan daya kontrak

penyambungan paling rendah 20% (dua puluh persen) dari kapasitas pembangkit yang akan dilakukan Operasi Paralel.

Sehubungan dengan hal diatas, penulis menggagas tentang produksi listrik yang memanfaatkan sinar matahari. Penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya merupakan ide yang tepat untuk di terapkan. Dimana daya yang dihasilkan oleh *solar cell* akan disimpan pada *battery*, dan akan dikontrol proses sistem charger nya. Pemilihan ide ini karena untuk mencegah kerusakan *battery* yang disebabkan proses charger yang kurang terkontrol, selain itu untuk mempermudah proses monitoring kerja alat dari *solar cell* sampai proses charger. Hal ini dapat digunakan oleh masyarakat sebagai penghasil energi listrik yang nantinya energi listrik tersebut akan digunakan untuk kebutuhan penerangan. Kegiatan ini dilakukan untuk memberikan inovasi baru yang lebih hemat dalam hal pemakaian energi listrik.

## 2. Metode Penelitian

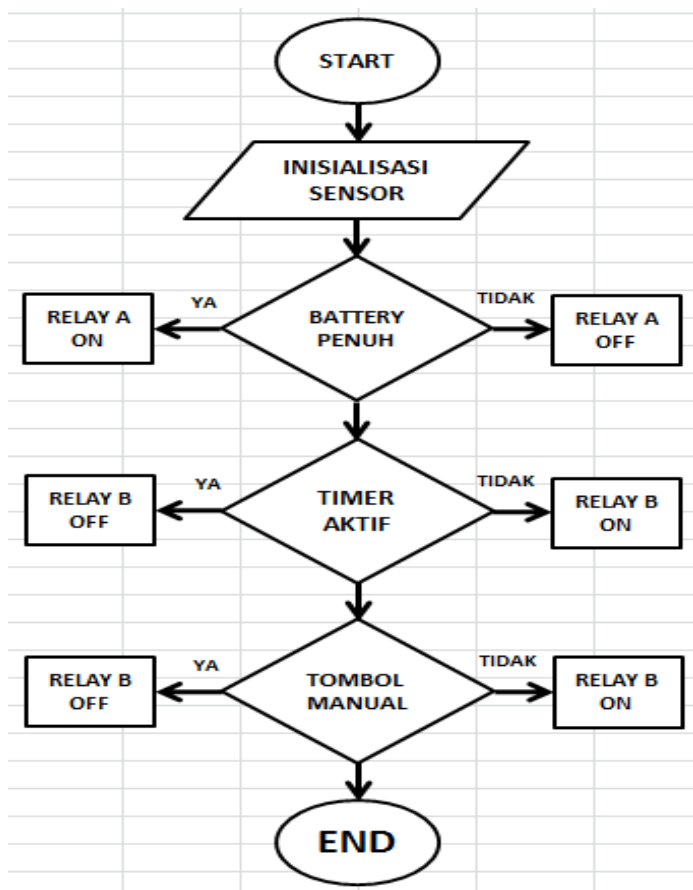
Perancangan sistem kontrol *hybrid* pembangkit *solar cell* dan PLN berbasis Arduino Duemilanove ATmega328P ini akan dibuat seperti blok diagram pada gambar dibawah ini.



**Gambar 3.1** Sistem Kerja Alat

Tugas akhir ini menggunakan dua supply tegangan, yaitu dari solar cell dan dari PLN, dua sumber tersebut dirangkai secara parallel atau *hybrid*. Cara kerja dari blok diagram ini yaitu pertama panel surya mengubah energi panas

matahari menjadi energi listrik, untuk sumber tegangan yang kedua menggunakan energi listrik dari PLN, *output* tegangan dari kedua sumber tegangan tersebut, akan masuk pada regulator, fungsi dari regulator ini, akan menstabilkan tegangan yang akan masuk pada *battery*. Sedangkan *output* arus dari sumber tegangan, akan dideteksi besarnya oleh sensor arus, yang kemudian data dari sensor akan diproses pada mikrokontroller dan akan ditampilkan pada LCD. Selanjutnya *output* tegangan dari regulator akan melakukan proses *charger* pada *battery*. Tegangan dan arus tersimpan pada *battery* akan di deteksi oleh sensor arus dan sensor tegangan. Ketika *battery* dalam keadaan penuh, maka mikrokontroller akan memerintahkan relay untuk ON dan memutus aliran listrik dari sumber tegangan yang mengalir ke *battery*. Selain itu, mikrokontroller akan memprogram proses nyala lampu secara otomatis dan manual. Lampu akan menyala secara otomatis, ketika *timer* disetting pada jam-jam tertentu. Sedangkan untuk manual, lampu akan menyala ketika saklar lampu ON



Gambar di atas merupakan gambar proses kerja dari sistem alat, mula-mula alat inialisasi sensor tegangan dan sensor arus, kemudian sensor tegangan dan sensor arus mengukur tegangan pada *battery*, saat *battery* penuh, maka relay A akan OFF, dan ketika *battery* tidak penuh, maka relay A akan ON. Setelah itu sistem akan masuk pada program *timer* dan manual ON/OFF. Saat *timer* aktif, maka relay B akan ON dan apabila *timer* tidak aktif, maka relay B akan off, sedangkan untuk sistem manual, ketika *push button* manual ON aktif, maka relay B akan ON dan ketika *push button* manual tidak aktif, maka relay B akan OFF

### 3. Hasil dan Pembahasan

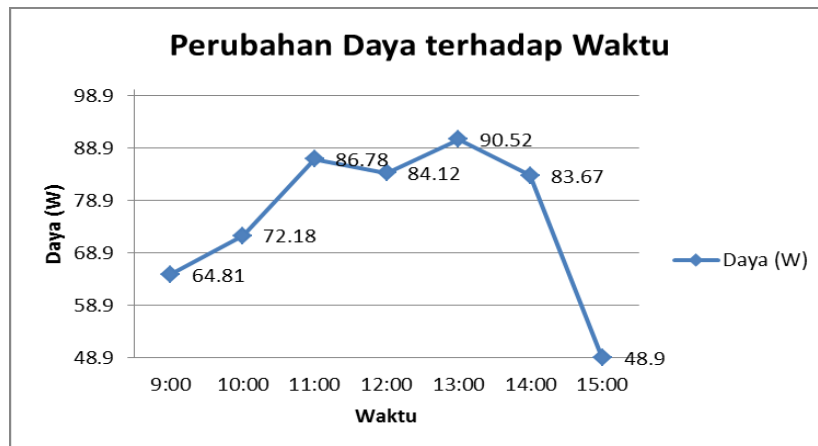
Pengujian dilakukan per blok untuk mengetahui masing-masing dari unit dalam sistem. Kemudian dilakukan pengujian secara keseluruhan yang lengkap sehingga diketahui kinerja dari skripsi yang telah dibuat.

#### Pengujian *Solar Cell* 50 Wp

Pengujian *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.

**Tabel** Pengujian *Solar Cell* 50 Wp

No.	Waktu	Vsc (V)	Isc (A)	Psc (W)	Kondisi
1	09:00	18.31	3.54	64.81	Berawan
2	10:00	18.97	4.12	72.18	Cerah
3	11:00	19.59	4.43	86.78	Cerah
4	12:00	19.34	4.35	84.12	Cerah
5	13:00	20.03	4.52	90.52	Cerah
6	14:00	19.37	4.32	83.67	Cerah
7	15:00	17.10	2.86	48.90	Berawan



**Gambar** Grafik perubahan daya terhadap waktu

Berdasarkan tabel Pengujian *Solar Cell* 50 Wp diketahui nilai tegangan awal 18.31V dengan tegangan puncak sebesar 20.03V kemudian turun menjadi 17.10V dengan nilai penurunan berkisar antara 1 – 2V, sedangkan daya awal sebesar 64.81W meningkat seiring dengan semakin tingginya tegangan sehingga mencapai daya puncak sebesar 90.52W kemudian daya menurun secara tajam karena perubahan intensitas cahaya matahari yang disebabkan oleh cuaca berawan yaitu menjadi 48.90W.

Dari hasil pengamatan didapatkan nilai terbesar arus dan tegangan adalah 4.52A dan 20.03V dengan daya maksimal adalah 90.52W. Dari grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.1 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, sehingga intensitas cahaya yang diterima oleh panel surya juga menurun.

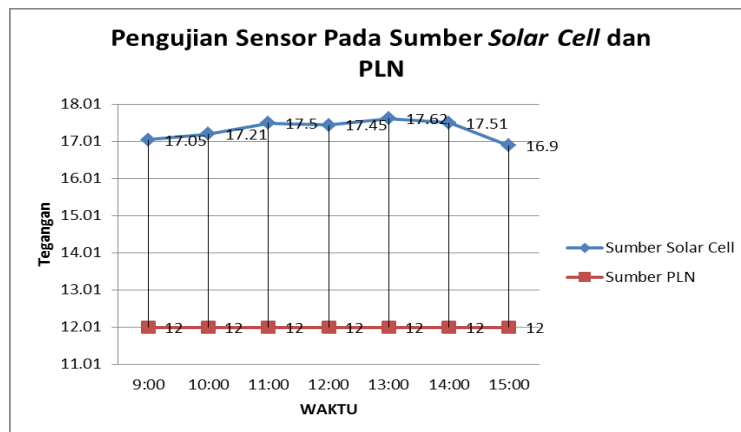
### **Pengujian Sensor Pada Output Pembangkit**

Pada pengujian ini sensor diprogram untuk mendeteksi besar arus yang mengalir dari sumber sampai ke *battery*. Arus yang akan masuk pada *battery* akan dideteksi oleh sensor, hal ini bertujuan untuk mengetahui sumber tegangan bekerja dengan baik. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell* dapat berubah-ubah sesuai intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell*



**Tabel Pengujian Sensor**

No	Waktu	Sumber <i>Solar Cell</i>			Sumber PLN		
		Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)
1	09:00	17.05	0.8	13.64	12.00	0.8	9.6
2	10:00	17.21	0.9	15.48	12.00	0.8	9.6
3	11:00	17.50	0.9	15.75	12.00	0.8	9.6
4	12:00	17.45	0.9	15.70	12.00	0.8	9.6
5	13:00	17.62	0.9	15.85	12.00	0.8	9.6
6	14:00	17.51	0.9	15.75	12.00	0.8	9.6
7	15:00	16.90	0.8	13.52	12.00	0.8	9.6



**Gambar** Grafik Uji Sensor pada Sumber *Solar Cell* dan PLN

Berdasarkan tabel Pengujian Sensor diketahui bahwa perubahan arus dan tegangan keluaran dari *solar cell* sangat kecil dan bisa dikatakan tidak ada perubahan, hal tersebut karena pada saat titik puncak intensitas cahaya matahari paling tinggi yaitu pukul 13:00, arus yang keluar dari sumber sama dengan arus yang keluar pada pukul 10:00; 11:00; 12:00; dan 14:00, namun pada saat cuaca berawan, besar arus yang keluaran dari *solar cell* mulai menurun yaitu dari 0.9A menjadi 0.8A, sedangkan untuk keluaran arus dari sumber PLN besarnya tetap stabil yaitu 0.8A untuk tegangan dari *solar cell* memiliki titik puncak yaitu pukul 13:00 dengan besar tegangan 17.62V dan untuk tegangan dari PLN distabilkan sebesar 12V.

### Pengujian Sensor Arus dan Tegangan Pada *Output Battery*

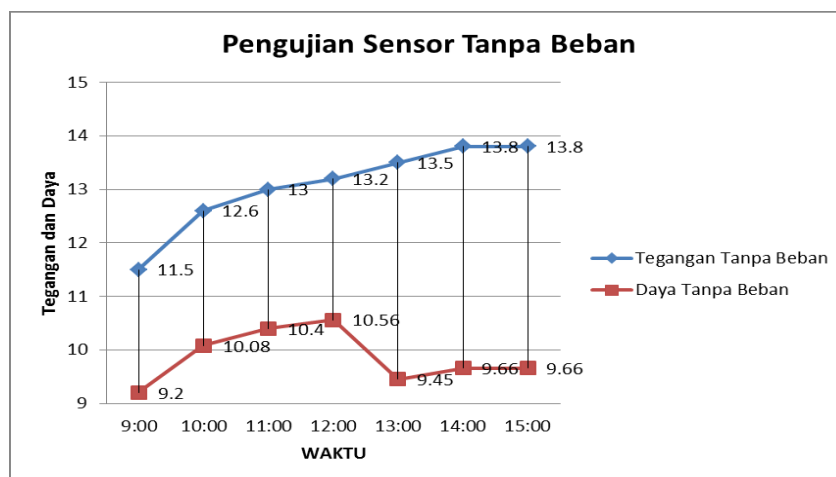
Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sensor arus dan sensor tegangan bekerja secara benar atau tidak. Sensor arus diprogram untuk mendeteksi berapa besar arus dan tegangan yang mengalir dari *battery* ke beban.

**Tabel Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan Tanpa Beban**

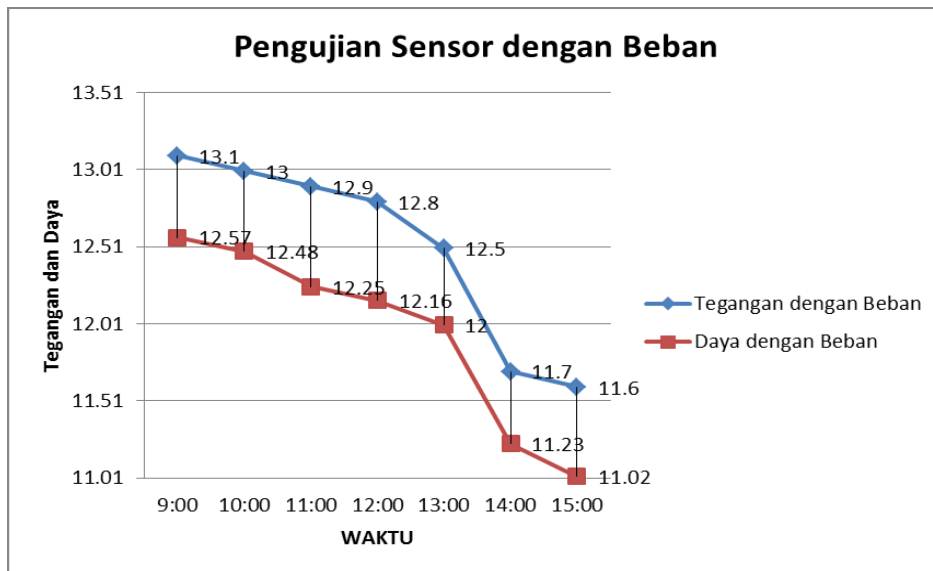
No	Time	Sensor Tegangan (V)	Daya (P)
1	09:00	11.5	9.2
2	10:00	12.6	10.08
3	11:00	13.0	10.4
4	12:00	13.2	10.56
5	13:00	13.5	9.45
6	14:00	13.8	9.66
7	15:00	13.8	9.66

**Tabel Pengujian Sensor Arus dan Tegangan Dengan Beban Lampu 12W**

No	Time	Sensor Tegangan (V)	Daya (P)
1	18:00	13.1	12.57
2	19:00	13.0	12.48
3	20:00	12.9	12.25
4	21:00	12.8	12.16
5	22:00	12.5	12.00
6	23:00	11.7	11.23
7	00:00	11.6	11.02



**Gambar 4.3** Grafik Uji Sensor Arus dan Sensor Tegangan Tanpa Beban



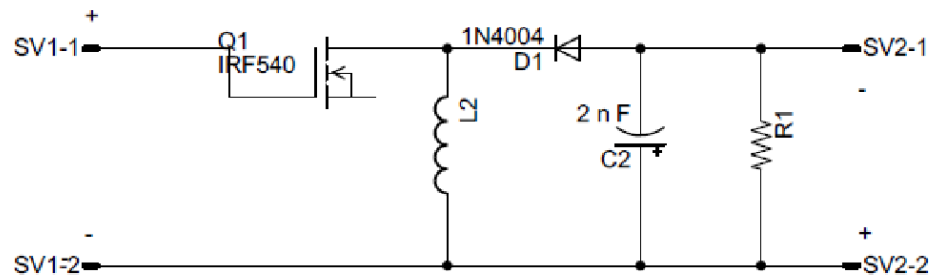
**Gambar 4.4** Grafik Uji Sensor Arus dan Tegangan Dengan Beban Lampu 12W

Dari data pada tabel Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan Tanpa Beban di atas bahwa nilai tegangan pengisian pada *battery* akan semakin naik seiring dengan meningkatnya nilai tegangan pada *battery* yaitu saat tegangan 11.5V naik sampai 13.8V, sebaliknya untuk arus akan menurun yaitu dari 0.8A turun sampai 0.7A, penurunan arus ini juga menyebabkan penurunan tegangan keluaran dari rangkaian regulator *buck boost*, penurunan ini dikarenakan kondisi *battery* sudah hampir penuh.

Sedangkan untuk pengujian sensor dengan menggunakan beban lampu 12W dapat dilihat datanya pada tabel Pengujian Sensor Arus dan Tegangan Dengan Beban Lampu 12W. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui arus yang dikeluarkan oleh *battery* tetap stabil yaitu 0.96A, namun semakin lama beban menyala, tegangan akan semakin menurun. Ketika awal beban dinyalakan yaitu pukul 18:00 tegangannya yaitu 13.1V sampai pukul 00:00 tegangannya turun hingga 11.6V.

### **Pengujian Rangkaian Regulator *Buck Boost Converter***

Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar tegangan keluaran dari regulator disetiap waktunya. Regulator pada alat ini menggunakan rangkaian *buck boost converter*. Berikut merupakan gambar rangkaian skema *buck boost converter*.



**Gambar** Skema Rangkaian *Buck Boost Converter*

**Tabel** Pengujian Regulator *Buck Boost Converter*

No.	Waktu	Tegangan Solar Cell (V)	Tegangan PLN (V)	Tegangan <i>Output Buck Boost</i> (V) Dengan Beban <i>Battery</i>	Tegangan <i>Output Buck Boost</i> (V) Tanpa Beban <i>Battery</i>
1	09:00	17.05	12.00	13.32	15.1
2	10:00	17.21	12.00	13.24	15.3
3	11:00	17.50	12.00	13.15	15.1
4	12:00	17.45	12.00	13.07	15.2
5	13:00	17.62	12.00	13.05	15.3
6	14:00	17.51	12.00	13.05	15.2
7	15:00	16.90	12.00	13.04	15.1

Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan relatif stabil yaitu 13V, namun terjadi sedikit penurunan yang semula tegangan keluarannya 13.32V menjadi 13.04V, hal ini karena tegangan yang dari *solar cell* juga menurun. Tegangan keluaran *buck boost* dengan beban dan tanpa beban besarnya berbeda yaitu saat tanpa beban besar tegangannya 15.1V, 15.3V, 15.1V, 15.2V, 15.3V, 15.2V, 15.1V, sedangkan saat dengan beban besar tegangannya menjadi 13.32V, 13.24V, 13.15V, 13.07V, 13.05V, 13.05V, 13.04V. Penurunan tegangan tersebut karena tegangan keluaran *buck boost* dihubungkan dengan rangkaian, maka sebagian tegangannya digunakan untuk mensuplai rangkaian.

## Pengujian Relay

Perancangan alat ini menggunakan dua buah relay. Untuk relay pertama berfungsi untuk memutus aliran tegangan dan arus dari sumber tegangan ke *battery*, sedangkan untuk relay ke dua berfungsi untuk memutus aliran arus dan tegangan dari *battery* ke beban. Pengujian yang dilakukan ini untuk mengetahui kedua relay dapat bekerja dengan benar. Pada pengujian Relay 1 *control charger* berhasil melindungi *battery* dari *overcharging* dan *overdischarging* dengan *set point* tegangan maksimal 13.8V dan tegangan minimal 11.6V. Apabila tegangan melebihi 13.8V maka relay akan ON dan memutus aliran tegangan yang masuk ke *battery*.

**Tabel Pengujian Relay**

No	Relay	Saat Battery Penuh	Saat Battery Tidak Penuh
1	Relay 1	Aktif	Tidak aktif
No	Relay	Saat Push Manual On	Saat Push Manual Off
1	Relay 2	Aktif	Tidak aktif

## Perhitungan Penggunaan Listrik PLN Sesuai Permen ESDM

Mengingat undang undang permen ESDM No.1 tahun 2017 Tentang operasi paralel Bab II pasal 2 ayat 5. Tentang operasi paralel, yang berbunyi: “Pelanggan sebagaimana dimaksud dilaksanakan dengan ketentuan daya kontrak penyambungan paling rendah 20% (dua puluh persen) dari kapasitas pembangkit yang akan dilakukan Operasi Paralel.” Berikut merupakan tabel penggunaan listrik PLN.

**Tabel Presentasi Penggunaan listrik PLN**

No	Tegangan Solar Cell ( V )	Tegangan PLN ( V )	% penggunaan listrik PLN $= ( V \text{ PLN } * 100 ) / V \text{ Solar Cell }$
1	18.31	12.00	65.5%
2	18.97	12.00	63.3%
3	19.59	12.00	61.3%
4	19.34	12.00	62.0%
5	20.03	12.00	59.9%
6	19.37	12.00	61.9%
7	17.10	12.00	70.1%

Rumus hitung persentasi penggunaan tegangan PLN sebagai berikut :

$$\% \text{ penggunaan listrik PLN} = ( V \text{ PLN} * 100 ) / V \text{ Solar Cell}$$

Dari data tersebut dapat diketahui penggunaan tegangan PLN sebesar 65.6%, 63.3%, 61.3%, 62%, 59.9%, 61.9% dan 70.1%, sehingga alat ini sudah sesuai dengan undang-undang permen ESDM No.1 tahun 2017 tentang operasi paralel Bab II pasal 2 ayat 5, karena daya kontrak penyambungan paling rendah 20% dari kapasitas pembangkit sudah kita terapkan.

#### 4. Kesimpulan

1. Sistem *hybrid* terdiri dari dua sumber yaitu sumber tegangan PLN dan sumber tegangan *solar cell*, serta terdiri atas rangkaian sensor arus, sensor tegangan, regulator, *battery*, arduino. *Solar Cell* yang digunakan sebesar 50 Wp dan mengalami tegangan puncak pada pukul 13.00 sebesar 20.03V, arus sebesar 4.52A dan daya sebesar 90.52W. Tegangan PLN yang digunakan sebesar 12V dan arus sebesar 0.8A. Regulator digunakan untuk menstabilkan tegangan dari sumber PLN dan *solar cell* yang akan *changer battery*, ketika *battery* penuh yaitu 13.8V, maka relay akan aktif dan memutus aliran proses *changer*, sedangkan untuk menyalakan lampu menggunakan dua sistem yaitu manual dan otomatis.
2. Sistem *hybrid* bekerja berdasarkan dua sumber tegangan dari PLN dan *solar cell*. Besar tegangan keluaran dari kedua sumber berbeda karena pengaruh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell*. Perbedaan tersebut yang mempengaruhi presentasi penggunaan tegangan PLN. Berdasarkan permen ESDM no.1 tahun 2017, sistem *hybrid* ini sudah sesuai dengan peraturan karena penggunaan tegangan PLN sebesar 65.5%, 63.3%, 61.3%, 62.0%, 59.9%, 61.9%, 70.1% dari ketentuan daya kontrak penyambungan paling rendah 20% dari kapasitas pembangkit yaitu 18.31V, 18.97V, 19.59V, 19.34V, 20.03V, 19.37V, 17.10V.

#### Saran

1. Menggunakan *battery* dengan kapasitas yang lebih besar.
2. Untuk mengurangi kerusakan relay pada rangkaian *charger*, disarankan untuk menggunakan komponen *switching*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arifin, Zainal. 2009. *Portable Solar Charger*. Surabaya: Skripsi. PENS ITS
- [2]. Budiharto, Widodo. 2008. *Panduan Praktikum Mikrokontroler AVR*. Yogyakarta: Elexmedia Komputindo.
- [3]. Hamdi, S. 2014. *Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi*. Berita Dirgantara Vol. 15. No. 1. Juni 2014: 7-16
- [4]. <http://energisurya.files.wordpress.com/2007/solar-cell.jpg>
- [5]. Iswanto. Ady. 2008. *Project of Thief Sensor Device Using Modulated Infrared Ray*. Staff Divisi Riset. ITB
- [6]. Lakitan, B. 1994. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Rajawali Grafindo.
- [7]. Pakpahan, Sahat. 2000. *Sistem Wind-Diesel untuk Pembangkit Listrik di Lokasi Dengan Kecepatan Angin Menengah Di Indonesia*. LAPAN
- [8]. Raharjo, Puloeng. 2013. *Perancangan Sistem Hybrid Solar Cell-baterai-PLN menggunakan Programmable Logic Controllers*. Universitas Jember
- [9]. Rosidi, Mohammad Imron. 2016. *Perancangan Monitoring Beban pada Sistem Solar Cell Berbasis Mikrokontroler SMS Gateway*. Universitas Jember
- [10]. Rusmadi, Dedi, 2007. *Belajar Rangkaian Elektronika Tanpa Guru*. Bandung. Del Fajar Utama