

INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP DAYA KELUARAN PANEL SEL SURYA

Hasyim Asy'ari¹, Jatmiko², Angga³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: asy_98ari@yahoo.com

Abstrak

Menipis cadangan bahan bakar minyak dan batubara sebagai energy primer pembangkit listrik yang dimiliki oleh perusahaan listrik Negara serta besarnya subsidi pemerintah untuk energy listrik mendorong wacana peraturan terkait naiknya tarif dasar listrik pada tahun 2013. Penggunaan energy terbarukan merupakan alternative untuk mengurangi permintaan energy ke PLN dan pengoptimalan potensi alam. Sel surya merupakan teknologi yang mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran pada sebuah panel sel surya. Metode penelitian ini adalah pengukuran intensitas matahari secara real dan pengukuran daya keluaran panel sel surya tersebut, adapun bahan yang digunakan adalah lumen meter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari, multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, battery charge regulator dengan kapasitas 10 A, Panel sel surya dengan kapasitas 100 Wp, dan battery 7 Ah. Pengujian dilakukan selama 6 hari, setiap hari pengujian dimulai dari jam 07.00 – 18.00. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi antara jam 11.00 – 13.00 dengan nilai intensitas cahaya matahari sebesar 99.900 lux – 115.800 lux, sedangkan daya keluaran sel surya tertinggi sebesar 15,53 watt dengan intensitas cahaya matahari terukur 115.800 lux

Kata kunci: *Sel surya; intensitas cahaya matahari; daya keluaran; Energi Terbarukan*

Pendahuluan

Data konsumsi energy listrik setiap tahun selalu mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan energy listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata mencapai 6,5% per tahun hingga tahun 2020 (Moch. Muchlis, 2003). Konsumsi energy listrik Indonesia yang terus meningkat akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak mencukupi kapasitas kebutuhan yang dibutuhkan. Kebijakan-kebijakan yang diambil PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai BUMN (Badan Usaha Milik Negara) penyedia energi listrik semakin menunjukkan bahwa PLN sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan listrik nasional. Apabila permasalahan penyediaan listrik tidak segera diatasi maka sistem perekonomian bangsa Indonesia akan terganggu, mengingat energi listrik merupakan komponen utama dalam menjalankan peralatan industri dan sebagian peralatan rumah tangga.

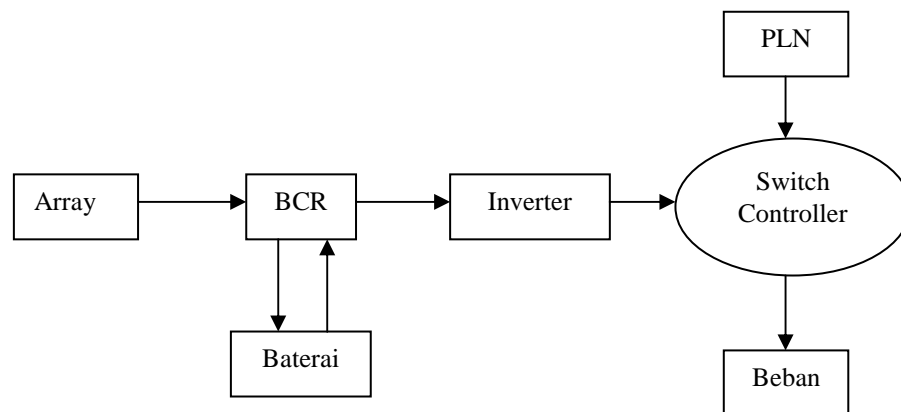
Berbagai upaya untuk mengatasi masalah tersebut telah dilakukan oleh pemerintah dan para peneliti. Salah satu upaya tersebut adalah dengan mencari energi alternatif dan energy yang sifatnya terbarukan. Penelitian ini, sumber energi terbarukan adalah pemanfaatan cahaya matahari. Pemilihan sumber energi terbarukan ini sangat beralasan mengingat suplai energi surya dari sinar matahari yang di terima oleh permukaan bumi mencapai mencapai 3×10^{24} joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Di Indonesia melimpahnya cahaya matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial.

Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (*photovoltaic cells*) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, dan lainnya. Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m² / hari. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Agar pemanfaatan energi listrik dapat digunakan secara maksimal maka perlu adanya sistem hybrid dengan jala-jala listrik PLN.

Saat tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5% hingga 15% tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh piranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut (Awang Riyadi, 2008).

Sistem hybrid dengan prinsip kerja satu arah, yaitu beban hanya dipasok oleh salah satu pembangkit, ketika beban disuplai dengan energy yang dihasilkan oleh sel surya maka secara otomatis sambungan ke PLN dilepaskan dari beban atau beban tidak boleh disuplai oleh PLN, dan sebaliknya apabila listrik PLN sedang memberikan suplai listrik ke beban (hal ini dilakukan pada saat sel surya sudah tidak mampu memikul beban yang ditandai oleh tegangan keluaran accumulator 10,8 Volt), maka PLTS dilepaskan dari beban. Ketika pembangkit sel surya mampu mensuplai beban (kondisi tegangan keluaran accumulator mencapai 13,2 Volt) maka secara otomatis beban akan disuplai oleh sel surya dan PLN akan disconnect, hal itu dilakukan oleh switch pengatur secara otomatis (Jatmiko, 2011). Diagram sistem hybrid satu arah ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem hybrid satu arah

Sebuah Sel surya dalam menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi Foton) tidak tergantung pada besaran luas bidang Silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0.5 volt maksimum 600 mV pada 2A, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = "1 \text{ Sun}"$ akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya. Faktor dari pengoperasian Sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada :

a. Ambient air temperature

Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur Sel surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 10°C . (Sumber: Solar Electricity, Lorenzo Eduardo.)

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada *current* (I) sedikit pada tegangan.

c. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi larik sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik sel surya

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan sel surya.

e. Orientasi panel atau larik sel surya

Orientasi dari rangkaian sel surya (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan sel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) dari panel/deretan sel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai guideline: untuk lokasi yang terletak di belahan Utara latitude, maka panel/deretan sel surya sebaiknya diorientasikan ke Selatan,

orientasi ke Timur Barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel/deretan sel surya, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

f. Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari (*tilt angle*)

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang sel surya, maka ekstra luasan bidang panel sel surya dibutuhkan (bidang panel sel surya

Sel surya pada Equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan "*tilt angle*" yang optimum.

Arus dan Tegangan

Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton, dan neutron dalam berbagai gabungan. Elektron adalah muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang terluar suatu atom disebut elektron valensi. Apabila energi eksternal seperti energi kalor, cahaya, atau listrik diberikan pada materi, elektron valensinya akan memperoleh energi dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan telah cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi terluar tadi akan meninggalkan atomnya dan statusnya pun berubah menjadi elektron bebas. Gerakan elektron-elektron bebas inilah yang akan menjadi arus listrik dalam konduktor logam. Gerak atau aliran elektron disebut arus (I), dengan satuan *ampere*.

Sebagian atom kehilangan elektron dan sebagian atom lainnya memperoleh elektron. Keadaan ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain. Apabila perpindahan ini terjadi, distribusi muatan positif dan negatif dalam setiap objek tidak sama lagi. Objek dengan jumlah elektron yang berlebih akan memiliki polaritas listrik negatif (-). Objek yang kekurangan elektron akan memiliki polaritas listrik positif (+). Besaran muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron dibandingkan dengan jumlah proton dalam suatu objek. Simbol untuk besaran muatan elektron ialah Q dan satuannya adalah *coulomb*. Besarnya muatan $1 \text{ C} = 6,25 \times 10^{18}$ elektron.

Kemampuan muatan listrik untuk mengerahkan suatu gaya dimungkinkan oleh keberadaan medan elektrostatik yang mengelilingi objek yang bermuatan tersebut. Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk melakukan kerja akibat tarikan atau tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatiknya. Kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial. Apabila satu muatan berbeda dari muatan lainnya, di antara kedua muatan ini pasti terdapat beda potensial. Satuan dasar beda potensial adalah *volt* (V). karena satuan inilah beda potensial V sering disebut sebagai *voltage* atau tegangan.

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 1, sedangkan nilai rerata daya yang dihasilkan selama titik pengujian ditunjukkan pada persamaan 2.

$$P = VI \quad (1)$$

dengan:

P = Daya keluaran (Watt)

V = Tegangan keluaran (Volt)

I = Arus (Ampere)

$$P_{\text{rerata}} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \quad (2)$$

dengan:

P_{rerata} = Daya rata-rata (Watt)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P_n = Daya pada titik pengujian ke n

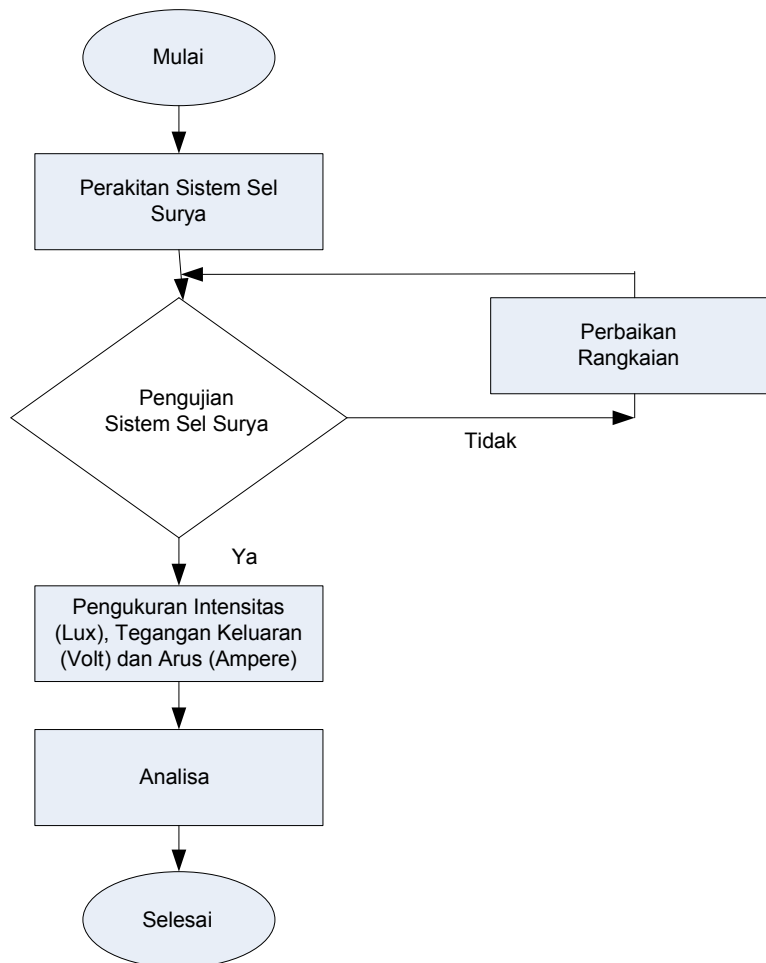
Bahan dan Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Panel sel surya dengan kapasitas 100 Wattpeak (Wp) digunakan untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energy listrik
- Voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan keluaran dari sel surya
- Amperemeter digunakan untuk mengukur besarnya arus
- Luxmeter digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari yang sampai pada permukaan sel surya
- Kontroller 10 A mek Shiyoku
- Accumulator 12 V, 7 Ah

Penelitian ini diawali dengan pengukuran intensitas cahaya matahari pada area permukaan sel surya, pada saat pengukuran intensitas cahaya matahari tersebut juga dilakukan pengukuran tegangan keluaran dan arus listrik. Data hasil pengukuran memberikan gambaran adanya korelasi intensitas cahaya matahari terhadap daya keluaran yang

dihasilkan oleh sel surya tersebut serta informasi tentang kemampuan tertinggi yang mampu dihasilkan oleh sel surya tersebut. Secara detail diagram alir penelitian tersebut ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini merupakan suatu langkah untuk mengetahui hubungan intensitas cahaya matahari yang mampu dikonversi oleh sel surya menjadi energy listrik serta kapan energy tertinggi yang dihasilkan oleh sel surya. Hasil pengujian secara detail ditunjukkan pada tabel 1, 2, 3, 4, 5 dan tabel 6.

Tabel 1. Hasil pengujian pada hari pertama (Senin, 10 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	51500	18,5 V	0,27 A
08:00 - 09:00	62300	18,9 V	0,32 A
09:00 - 10:00	76700	18,5 V	0,40 A
10:00 - 11:00	94000	18,5 V	0,50 A
11:00 - 12:00	107800	18,2 V	0,59 A
12:00 - 13:00	115800	18,94 V	0,71 A
13:00 - 14:00	99400	18,46 V	0,53 A
14:00 - 15:00	74900	16,62 V	0,45 A
15:00 - 16:00	56000	16,80 V	0,33 A
16:00 - 17:00	29300	13,50 V	0,21 A
17:00 – 18:00	23000	17,95 V	0,12 A

Tabel 2. Hasil Pengujian Hari Kedua (Selasa, 11 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	83700	18,70 V	0,44 A
08:00 - 09:00	76100	18,63 V	0,40 A
09:00 - 10:00	82100	18,32 V	0,44 A
10:00 - 11:00	104800	18,71 V	0,56 A
11:00 - 12:00	110000	18,22 V	0,60 A
12:00 - 13:00	109600	18,16 V	0,60 A
13:00 - 14:00	78800	18,12 V	0,43 A
14:00 - 15:00	69900	18,09 V	0,38 A
15:00 - 16:00	21200	17,83 V	0,11 A
16:00 - 17:00	14700	17,54 V	0,83 A
17:00 - 18:00	8300	18,13 V	0,45 A

Tabel 3. Hasil Pengujian pada Hari Ketiga (Rabu, 12 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	76100	18,63 V	0,40 A
08:00 - 09:00	82000	18,80 V	0,43 A
09:00 - 10:00	83600	18,70 V	0,44 A
10:00 - 11:00	95200	18,53 V	0,50 A
11:00 - 12:00	108000	13,70 V	0,70 A
12:00 - 13:00	99900	13,53 V	0,70 A
13:00 - 14:00	87600	18,81 V	0,46 A
14:00 - 15:00	68700	18,30 V	0,37 A
15:00 - 16:00	48600	18,22 V	0,26 A
16:00 - 17:00	29300	18,34 V	0,15 A
17:00 - 18:00	31000	18,95 V	0,16 A

Tabel 4. Hasil Pengujian pada Hari Keempat (Kamis, 13 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	44200	16,32 V	0,25 A
08:00 - 09:00	56000	16,80 V	0,33 A
09:00 - 10:00	76100	18,63 V	0,40 A
10:00 - 11:00	102500	17,45 V	0,64 A
11:00 - 12:00	108000	13,70 V	0,80 A
12:00 - 13:00	99900	13,53 V	0,70 A
13:00 - 14:00	64900	18,63 V	0,36 A
14:00 - 15:00	67800	18,30 V	0,38 A
15:00 - 16:00	44100	16,32 V	0,22 A
16:00 - 17:00	37000	18,64 V	0,20 A
17:00 - 18:00	23600	18,29 V	0,18 A

Tabel 5. Hasil Pengujian pada Hari Kelima (Jum'at, 14 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	77600	18,71 V	0,41 A
08:00 - 09:00	84900	18,80 V	0,45 A
09:00 - 10:00	85200	18,86 V	0,45 A
10:00 - 11:00	95200	18,53 V	0,51 A
11:00 - 12:00	50100	18,73 V	0,26 A
12:00 - 13:00	44500	18,23 V	0,24 A
13:00 - 14:00	34500	18,04 V	0,19 A
14:00 - 15:00	69900	18,09 V	0,38 A
15:00 - 16:00	48600	18,22 V	0,26 A
16:00 - 17:00	31000	18,18 V	0,17 A
17:00 - 18:00	14700	17,54 V	0,08 A

Tabel 6. Hasil Pengujian pada Hari Keenam (Sabtu, 15 September 2012)

Waktu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Sel surya
07:00 - 08:00	50100	18,73 V	0,26 A
08:00 - 09:00	44500	18,23 V	0,24 A
09:00 - 10:00	85900	18,90 V	0,45 A
10:00 - 11:00	95200	18,53 V	0,51 A
11:00 - 12:00	50400	18,83 V	0,26 A
12:00 - 13:00	45600	18,31 V	0,24 A
13:00 - 14:00	69900	18,09 V	0,38 A
14:00 - 15:00	40600	17,42 V	0,23 A
15:00 - 16:00	37000	18,64 V	0,19 A
16:00 - 17:00	17000	18,18 V	0,09 A
17:00 - 18:00	14100	18,06 V	0,07 A

Data pengujian menunjukkan bahwa intensitas tertinggi selama pengujian (hari pertama sampai hari keenam) yaitu 115.800 Lux terjadi pada saat hari pertama waktu antara jam 12.00 – 13.00. Pada saat itu sel surya mampu menghasilkan tegangan 18,94 Volt dan Arus 0,71 Ampere, sehingga menurut persamaan 1 daya keluarannya adalah

$$\begin{aligned}
 P &= VI \\
 &= (18,96) (0,71) \\
 &= 13,4474 \text{ Watt.}
 \end{aligned}$$

Daya rata-rata pada hari pertama selama titik pengujian dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rerata}} &= \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n} \\
 P_{\text{rerata}} &= \frac{4,995 + 6,048 + 7,4 + 9,25 + 10,738 + 13,4474 + 9,7838 + 7,479 + 5,544 + 2,835 + 2,154}{11} \\
 P_{\text{rerata}} &= \frac{79,6742}{11} \\
 P_{\text{rerata}} &= 7,2431 \text{ watt.}
 \end{aligned}$$

Daya rerata pada hari kedua sampai dengan keenam bisa dihitung dengan metode yang sama.

Kesimpulan

Beberapa kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Selama pengujian berlangsung antara hari pertama sampai dengan hari keenam, intensitas cahaya matahari tertinggi terjadi pada hari pertama pengujian, pengambilan sampel pada jam antara 12.00 – 13.00 yaitu sebesar 115.800 Lux.
2. Daya listrik total yang dihasilkan pada hari pertama adalah 79,6742 watt dari 11 pengambilan data (11 titik), dan daya rerata pada hari pertama adalah 7,2431 watt.

Daftar Pustaka

- E.Lorenzo, "Solar Electricity", <http://books.google.co.id/books?id=1Yc53xZyxZQC&printsec=frontcover&dq=Solar+Electricity>.
- Jatmiko, Hasyim. A, Mahir. P, (2011), "Pemanfaatan Sel Surya dan LED untuk Perumahan" Semantik 2011. UDINUS Semarang.
- M. Muslich, (2003), "Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003-2020".
- Riyadi. A, (2008), "Clearinghouse Energi Terbarukan dan Konservasi Energi".