

PERENCANAAN SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM DAN TAMAN DI AREAL KAMPUS USU DENGAN MENGUNAKAN TEKNOLOGI TENAGA SURYA (APLIKASI DI AREAL PENDOPO DAN LAPANGAN PARKIR)

Donny T B Sihombing, Ir. Surya Tarmizi Kasim Msi

Konsentrasi Teknik Energi, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: donny83@gmail.com

ABSTRAK

Penerangan umum tenaga surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi matahari. Lampu penerangan jalan (PJU) tenaga matahari berbasis LED jenis hi-power yang sangat terang, hemat energi dan tahan lama menggunakan panel surya / solar cell sebagai sumber yang berfungsi menerima cahaya (sinar) matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *photovoltaic*. Tulisan ini membahas tentang perancangan lampu penerangan tenaga surya yang akan diaplikasikan di seluruh areal kampus USU. Untuk perencanaannya memerlukan komponen panel surya yang diantaranya adalah modul surya, baterai *charger*, baterai, *controller*, dan lampu LED. Penggunaan PJU tenaga surya sangat lebih efisien bila dibandingkan dengan PJU yang bersumber dari PLN. Penerangan Jalan Umum dengan menggunakan tenaga surya (solar cell) dapat mengurangi konsumsi akan tenaga listrik dari PLN. Hasil yang diperoleh dari perancangan ini adalah perbandingan daya yang dikeluarkan PLN untuk penerangan umum adalah sebesar 76,66%, sedangkan dengan panel surya yang menggunakan baterai accu 12 Ah adalah sebesar 23,3%.

Kata Kunci : Solar Cell, Modul Surya, Baterai Charger, Controller, Lampu LED, Lampu Penerangan Jalan Umum

1. Pendahuluan

Penerangan umum dengan menggunakan tenaga surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi matahari.

Lampu Jalan Tenaga Surya (PJU Tenaga Surya) dapat diaplikasikan di berbagai tempat, antara lain : jalan umum, lampu taman, area kampus, lingkungan perumahan, area SPBU, area pabrik, lampu penerangan daerah wisata, lampu dermaga, lampu area parkir, lampu jalan raya terpencil, lampu jalan pedesaan, lampu lapangan olah raga, daerah pegunungan, daerah pantai, halte bus, dll.

Secara keseluruhan sistem ini dirancang untuk penyediaan cahaya penerangan umum dengan sumber energi terbarukan, bebas biaya perawatan dan berumur ekonomis lama. Dengan sistem pemasangan yang cepat dan mudah, PJU LED Tenaga Surya dapat menjadi solusi yang cepat dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum.

2. Solar Cell

Penerangan Jalan Tenaga Surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas dari alam yaitu energi matahari.

Lampu Jalan Tenaga Surya (PJU Tenaga Surya) menggunakan Modul/Panel Surya dengan lifetime hingga 25 tahun yang berfungsi menerima cahaya (sinar) matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *photovoltaic*. Lampu ini secara otomatis dapat mulai menyala pada sore hari dan padam pada pagi hari dengan perawatan yang mudah dan efisien selama bertahun-tahun. Lampu Jalan Tenaga Surya menggunakan Lampu LED jenis hi-power yang sangat terang, hemat energi dan tahan lama.

Fotovoltaik adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung [1]. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaik. Lampu penerangan jalan umum tenaga surya dapat dilihat seperti pada Gambar 1 (foto diambil di daerah Jl. Juanda, Medan).



Gambar 1. LPJU Tenaga Surya

Keunggulan Lampu Penerangan Jalan Tenaga Surya :

- a. Terang dan tahan lama
- b. Hemat energi
- c. Ramah lingkungan
- d. Bebas polusi
- e. Cepat dan mudah dalam pemasangan

- f. Hemat biaya perawatan
- g. Life time yang lama (lampu LED hingga 11 tahun & solar panel hingga 25 tahun)
- h. Cocok dipasang di segala lokasi
- i. Tersedia dengan daya mulai dari lampu dengan daya 15w (950Lm) -168w (14.558 Lm)

Lampu Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJU-TS) membutuhkan beberapa komponen perangkat pendukung, yaitu :

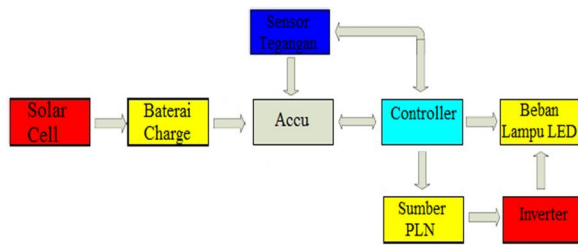
- a. Modul Solar Cell Mono/Polycrystalline : Alat ini merubah dari cahaya matahari menjadi energi listrik DC dengan satuan WP (WattPeak).
- b. Battery dan charger : Berfungsi sebagai alat menyimpan energi listrik.
- c. Controller : Alat ini berfungsi untuk mengatur arus dari solar module ke battery dan battery ke beban.
- d. Beban : Sebagai objek beban berupa DC atau AC. Kalau Beban DC biasanya tanpa coventer atau converter tergantung tegangan sama atau tidak dengan battery. Kalau beban AC harus menggunakan inverter untuk merubah arus DC ke AC.
- e. Solar bracket
- f. Kabel listrik 2 core untuk *wiring*

Secara sederhana solar cell terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (p-n junction semiconductor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran electron, aliran electron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Bagian utama perubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah *absorber* (penyerap) [3], meskipun demikian, masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari solar cell. Oleh karena itu *absorber* disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin solar radiation yang berasal dari cahaya matahari.

3. Teknik dan Perencanaan Sistem Penerangan

Pada perencanaan dan pembuatan perangkat keras baterai charge dan lampu LED sebagai sumber lampu untuk kebutuhan

beban Penerangan Jalan Umum (PJU) megacu pada blok diagram yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Block Diagram Sistem penerangan dengan Solar Cell

4. Instalasi Solar Cell

Solar cells panel terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah solar cells panel (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya. Sel silikon di dalam solar cells panel yang disinari matahari/ surya, membuat photon bergerak menuju electron dan menghasilkan arus dan tegangan listrik. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3.5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0.4-0.5V. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum). Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam baterai kering. Tergantung dari kebutuhannya, didapatkan perhitungan berapa jumlah solar cells panel dan baterai yang dibutuhkan.

Daya yang dihasilkan oleh panel surya maksimum diukur dengan besaran *Wattpeak* (Wp), yang konversinya terhadap *Watthour* (Wh) tergantung intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan panel [4]. Selanjutnya daya yang dikeluarkan oleh panel surya adalah daya panel dikalikan lama penyinaran.

Misalnya sebuah panel surya berkapasitas 50 Wp disinari matahari dengan intensitas maksimum selama 8 jam maka daya yang dihasilkan adalah 50 kali 8 Wh atau 400 Wh.

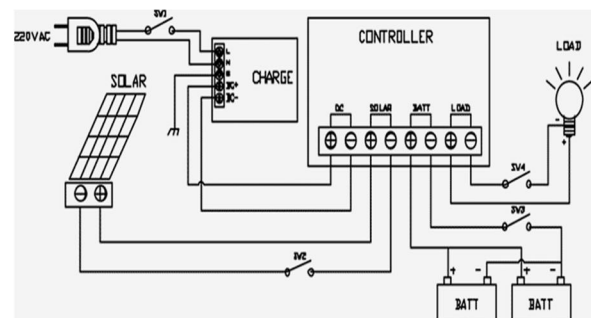
Daya sebanyak ini dapat digunakan untuk menyalakan 4 buah lampu 25 Watt selama 4 jam atau sebuah televisi hitam putih 40 Watt selama 10 jam.

Di Indonesia, daya (Wh) yang dihasilkan perhari biasanya sekitar 3-5 kali daya panel maksimum (Wp), 3 kali untuk cuaca mendung, dan 5 kali untuk kondisi panas terik [5]. Misalnya untuk sebuah panel surya berdaya maksimum 50 Wp, daya yang dihasilkan pada cuaca mendung perhari adalah 3 kali 50 Wp atau 150 Wp, dan pada cuaca cerah adalah 5 kali 50 Wp atau 250 Wp.

Peralatan Lampu listrik tenaga surya :

- Lampu LED 30 watt (6 – 10 jam nyala)
- Solar Module : 100 wp (24V DC)
- Controler : 24 VDC (termasuk setting untuk sensor matahari)
- Box Panel outdoor : Sebagai tempat battery dan controller
- Battery VRLA AGM : 2 unit battery 35 AH – 45 AH
- Tiang Penyangga Solar module + Kabel 10 meter

Rangkaian instalasi penerangan dengan menggunakan solar cell dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Instalasi Solar Cell

5. Perencanaan Perhitungan Daya Solar Cell

Dalam perencanaannya digunakan solar yang akan dianalisa pada hal ini adalah solar cell dengan daya 50 WP, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Solar Cell 50 Wp

Spesifikasi :

- Max. Power : 50 W
- Voltage P_{max} : 121 V
- Current P_{max} : 2,9 A
- Warranted Min. P_{max} : 45 W
- Short circuit current : 2.9 A
- Open circuit Voltage : 21,8 V

Perencanaan Perhitungan Daya Solar Cell :

a. Total Beban

- Lampu LED 10 W x 4 = 40 Watt
- 1 Mikrokontroller 5 V = 2 Watt
- 1 relay 12V = 5 Watt
- RTC (Real Time Clock) = 2 Watt
- Total daya keseluruhan = $\pm$ 50 Watt

b. Dengan perkiraan daya sebesar 50 Watt maka dibutuhkan Battery dengan perkiraan arus sebagai berikut :

$$I = \frac{P \text{ daya yang direncanakan}}{V \text{ aki}} \quad (1)$$

$$I = \frac{50}{12}$$

$$I = 4.2 \text{ A}$$

Aki yang digunakan pada sitem ini adalah :

$$\begin{aligned} \text{Aki} &= \text{Jam penggunaan} \times \text{arus aki} \\ &= 12 \times 4.2 = 50,4 \text{ Ah.} \end{aligned}$$

Pada perencanaan sistem memakai cadangan aki sebesar 60 Ah.

Diperoleh :

$$\text{Daya aki : lama pengecasan} = 50,4 : 9 \text{ jam} = 5,6$$

Jadi solar cell yang diperlukan = 5.6×14.5 (tegangan charge) = 81.2 Wp (kita lebihkan menjadi 100 Wp dengan begitu kita dapat menggunakan 2 solar cell 50 Wp)

6. Perhitungan Daya Total Lampu Penerangan Terpasang di Areal Kampus USU

Total daya PLN yang digunakan untuk lampu penerangan jalan umum di areal kampus USU:

P total lampu : 159.750 Watt

Jumlah total lampu : 639 bohlam

Jumlah lampu menyala : 233 bohlam

Jumlah lampu mati : 406 bohlam

Waktu beroperasi : 12 jam

- menyala : pukul 18.00 WIB

- padam : pukul 06.00 WIB

Perhitungan tarif listrik untuk penerangan umum di kampus USU (harga tarif : Rp. 290,-/KWh) :

159,75 KW x 12 jam : 1917 KWh

1917 KWh x Rp. 290 : Rp. 555.930,-

Tarif listrik penerangan umum per bulan :

Rp. 555.930,- x 30 hari : Rp. 16.677.900,-

7. Pengujian Solar Cell 50 Wp

Pada sistem Penerangan Jalan Umum menggunakan sel surya (menggunakan lampu LED), prinsip kerjanya secara keseluruhan adalah pada saat energi matahari dipancarkan ke permukaan bumi, maka solar cell akan bekerja menangkap energi matahari yang dipancarkan tersebut. Komponen (solar cell) ini mengkonversikan energi cahaya matahari tersebut menjadi energi listrik. Dan energi listrik tersebut akan disimpan dalam aki, proses ini disebut dengan pengisian. Aki akan melakukan pengisian selama adanya energi matahari terpancar yaitu kira-kira 12 jam, mulai dari jam 6 pagi sampai dengan jam 6 sore (18.00 WIB). Pada sore hari ada dua keadaan yaitu yang pertama pada saat energi cahaya matahari sudah habis atau kondisi sudah gelap sensor pada control akan mendeteksi “keadaan gelap”, maka lampu akan menyala. Sedangkan pada kondisi kedua pada saat tepat jam 6 sore atau jam 18.00 WIB, maka lampu akan menyala.

Dengan menyalakan lampu maka aki secara otomatis tidak melakukan pengecasan lagi, accu akan mensuplai lampu untuk bias menyala selama 12 jam yaitu sampai dengan jam 5.59 WIB tetapi pada alat yang dirancang cadangan supply tegangan untuk lampu dari PLN menggunakan AC-DC converter. Pada saat itu proses akan kembali pada keadaan semula yaitu pada saat jam 6.00 WIB accu akan melakukan pengisian kembali. Disini mikro ATmega 16 berfungsi sebagai on dan off lampu, yaitu pada saat aki melakukan pengecasan sampai dengan aki akan mensuplai lampu agar lampu menyala.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan solar cell = 50 Wp dengan menggunakan alat ukur voltmeter. Adapun tegangan solar cell yang diperoleh sebesar 17 Volt sampai 22 Volt DC dari pengamatan pukul 8 pagi sampai 16 sore seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Solar Cell 50 Wp

No	Jam (WIB)	Tegangan Output (Volt)
1	8.00	20
2	8.30	21
3	9.00	19
4	9.30	20
5	10.00	20
6	10.30	21
7	11.00	21
8	11.30	21
9	12.00	21
10	12.30	22
11	13.00	22
12	13.30	22
13	14.00	20
14	14.30	18
15	15.00	18
16	15.30	18
17	16.00	17.5

8. Pengujian Baterai Charger

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. Pengatur tegangan pada rangkaian battery charger ini berupa Regulator LM350. Tabel 2 menunjukkan data pengujian baterai charge.

Tabel 2. Pengujian Baterai Charge Dengan Solar Cell 50 Wp

No	Jam	Solar Cell (Volt)	Battery Charger (volt)	Battery (volt)	Arus (A)
1	8.00	18	14.5	10	0,75
2	8.15	19	14.5	11	0,5
3	8.30	19	14.5	11,5	1,25
4	9.30	19	14.5	12	1,23
5	9.45	19	14.5	12	1,14
6	10.30	19.5	14.5	12	1,33
7	11.00	19.5	14.5	12	0,75
8	11.30	19.5	14.5	12	0,69
9	13.30	19.5	14.5	12,22	0,61
10	14.30	19	14.5	12,4	0,43
11	15.00	18	14.5	13,4	0,50

9. Pengujian Lampu LED

Pengukuran lampu LED (4 lampu dengan daya 40 watt) dengan reflector aluminium, dengan menggunakan tegangan sebesar 12 volt akan menghasilkan arus sebesar 2,5 A dengan jarak ukur 1 m dan 1,5 m akan menghasilkan lux sebesar 600 dan 200, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran Lampu Led (4 Lampu Dengan Daya 40 Watt) Dengan Reflector Aluminium

Tegangan (Volt)	Arus (A)	Jarak	Lux
12	2,5	1	600
12	2,5	1,5	200

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \times 2,5$$

$$P = 30 \text{ Watt}$$

Maka efisiensi penggunaan :

$$\begin{aligned} P \text{ efisiensi} &= P \text{ percobaan} / P \text{ lampu} \times 100\% \\ &= \frac{30}{40} \times 100\% \\ &= 75\% \end{aligned}$$

10. Perhitungan Penggunaan Energi PLN

Perhitungan dilakukan dengan mengambil data dari percobaan baterai 12 Ah dengan nilai $E = 140 \text{ Wh}$ dan daya $P = 50 \text{ W}$.

Diketahui :

$$E_{\text{accu}} = 140 \text{ Wh} = 0,140 \text{ KWh}$$

$$\text{Daya total beban} = 50 \text{ W}$$

$$E = P \times t$$

$$t = 140/50 = 2,8 \text{ jam}$$

Accu mensuplai energi ke beban selama 2,8 jam

Total waktu pemakaian beban dalam satu hari 12 jam, jadi PLN akan mensuplai energi ke beban selama :

$$12 \text{ jam} - 2,8 \text{ jam} = 9,2 \text{ jam}$$

$$E_{\text{PLN}} = P \times t = 50 \times 9,2 = 460 \text{ wh} = 0,46 \text{ kWh}$$

$$\text{Jika PLN} = 1 \text{ KWh} = \text{Rp. 290,-}$$

Maka yang harus dibayar tiap bulan :

$$0,46 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 13,8 \text{ KWh}$$

$$13,8 \text{ KWh} \times \text{Rp. 290,-} = \text{Rp. 4.002,-}$$

Jadi pembayaran sebesar : Rp. 4.002,- / bulan

Presentase pemakaian daya energi dari PLN dan daya keluaran baterai accu per 12 jam :

- Energi yang dikeluarkan baterai accu (12 Ah):

$$\frac{2,8}{12} \times 100\% = 23,3\%$$

- Energi yang dikeluarkan PLN:

$$\frac{9,2}{12} \times 100\% = 76,6\%$$

11. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa perangkat yang telah dilakukan pada pembuatan sistem diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin besar radiasi matahari yang mengenai sel surya, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh sel surya tersebut. Sel surya akan selalu memproduksi energi listrik bila disinari oleh matahari. Oleh karenanya sel surya tidak akan pernah

habis atau rusak dalam membangkitkan listrik. Biasanya kerusakan terjadi disebabkan karena sel surya tersebut pecah atau karena faktor lain, sehingga bila sel surya dilindungi dengan baik, maka usianya bisa mencapai dua puluh ahun.

- Penerangan Jalan Umum dengan menggunakan tenaga surya (solar cell) dapat mengurangi konsumsi akan tenaga listrik dari PLN. Setiap hari dalam 12 jam, daya yang dikeluarkan PLN untuk penerangan umum adalah sebesar 76,66% sedangkan dengan menggunakan baterai accu 12 Ah adalah sebesar 23,3%.

12. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua dan istri penulis serta keluarga besar penulis yang selalu memberi dukungan serta pengorbanan yang luar biasa bagi penulis, selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan juga kepada Bapak Ir. Surya Tarmizi Kasim, M.Si selaku dosen pembimbing, juga kepada Ibu Ir. Winda Syafiar, Bapak Ir. Eddy Warman, dan Bapak Ir. Rachman Hasibuan, MT selaku dosen penguji penulis yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan paper ini, serta semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu.

13. Daftar Pustaka

- [1] Jansen, Ted J. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Prof. Wiranto Arismunandar, Penerjemah. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- [2] Hu, Chenming dan White, Richard M. 1983. *Solar Cells*. University of California, Berkeley.
- [3] Sol, Wieder. *An Introduction to Solar Energy for Scientists and Engineers*. USA.
- [4] Buresch, Matthew. *Photovoltaic Energy Systems*. USA: McGraw-Hill Book Company.
- [5] www.energiterbarukanindonesia.com.