

DESAIN DAN APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUPLAI DAYA PENERANGAN DAN FOTOSINTESIS

Teguh Yuwono^{1*}, Agus Darwanto², Ratna Dwi Rahayu³
^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (STTR)
¹E-mail : ridalutfiah@gmail.com

Abstrak

Penggunaan sumber energi terbarukan merupakan solusi untuk menjawab tantangan krisis energi, salah satunya pemanfaatan energi matahari. Sumber energi matahari juga dapat digunakan untuk mengatasi krisis energi yang ramah lingkungan, mengurangi pemanasan global dan menciptakan kemandirian energi. Untuk mengupayakan penghematan energi listrik di Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe (STTR), diperlukan penerapan teknologi sumber energi listrik mandiri efektif, efisien yang ramah lingkungan. Berangkat dari kondisi tersebut perlu dilakukan ujicoba penerapan unit sederhana Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan kapasitas 40 Watt (W) sebagai sumber energi listrik terbarukan untuk suplai daya penerangan dan fotosintesis tanaman di lingkungan kampus STTR Cepu. PLTS yang digunakan jenis panel surya monokrital dengan kapasitas pembangkitan 40 Wp, dilengkapi SCC 10A, Baterai 7Ah, dan mini Inverter 3 Watt, Lampu penerangan LED 5 Watt (AC) dan Lampu LED Grow (DC), unit box panel listrik PLTS. Kemudian dengan cara pengambilan data pengukuran melalui display digital pada panel, dapat diketahui jumlah daya yang mampu dihasilkan oleh panel surya, sebesar 200Wh/hari, sedangkan kebutuhan beban listrik per hari sebesar 73 kWh sehingga diperlukan desain dan aplikasi sistem PLTS sebagai suplai daya untuk penerangan dan fotosintesis. Dengan kapasitas baterai 12V 7ah dalam penelitian ini menghasilkan lama waktu pemakaian kebutuhan listrik untuk beban penerangan dan fotosintesis sebesar 1,4 jam, yaitu mulai dari jam 17.45 wib. sampai dengan jam 19.05 wib. Selain hasil perhitungan penelitian ini juga menghasilkan prototipe desain dan instalasi Unit PLTS 40 Wp sebagai suplai daya listrik untuk lampu penerangan dan fotosintesis.

Kata kunci : PLTS, STTR Cepu, Penerangan, Fotosintesis.

ABSTRACT

The use of renewable energy sources is a solution to answer the challenges of the energy crisis, one of which is the use of solar energy. Solar energy sources can also be used to overcome the energy crisis that is environmentally friendly, reduce global warming and create energy independence. To strive for saving electrical energy at the Ronggolawe School of Technology (STTR), it is necessary to apply an effective, efficient, environmentally friendly independent electrical energy source technology. Departing from these conditions, it is necessary to carry out a trial of the application of a simple unit of Solar Power Plant (PLTS) with a capacity of 40 Watt (W) as a source of renewable electrical energy for lighting power supply and plant photosynthesis in the Cepu STTR campus environment. PLTS used is a monocrystal solar panel type with a generation capacity of 40 Wp, equipped with SCC 10A, 7Ah battery, and a 3 Watt mini Inverter, 5 Watt LED lighting (AC) and LED Grow Lights (DC), a PLTS electric panel box unit. Then by taking the measurement data through the digital display on the panel, it can be seen that the amount of power that the solar panels can produce, is 200Wh / day, while the need for electricity load per day is 73 kWh so that the design and application of the PLTS system is needed as a power supply for lighting and photosynthesis. With a battery capacity of 12V 7ah in this study, the time it takes to use electricity for lighting and photosynthesis loads is 1.4 hours, starting from 17.45 WIB. until 19.05 WIB. Apart from the results of the calculations, this research also produced a prototype design and installation of the 40 Wp PLTS Unit as a power supply for lighting and photosynthesis.

Keywords: PLTS, STTR Cepu, Lighting, Photosynthesis.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan listrik untuk penerangan di lingkungan kampus STTR Cepu masih mengandalkan PLN dengan biaya energi setiap titik beban penerangan. Penggunaan listrik yang berasal dari PLN dengan daya sebesar 40 kVA, pihak pengelola STTR Cepu perlu mengeluarkan biaya sebesar Rp.3.000.000/ bulan. Biaya per-kWh merupakan bagian dari penggunaan beban-beban penerangan di lingkungan STTR Cepu. Kebutuhan energi listrik akan terus meningkat seiring dengan jumlah biaya kenaikan Tarif Daya Listrik (TDL) yang berlaku secara nasional, karena energi yang dipakai adalah energi PLN yang berasal dari energi fosil. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sumber energi terbarukan dalam skala kecil yang hemat energi dan ramah lingkungan sebagai dasar rekomendasi peluang investasi sumber energi listrik mandiri kedepan maupun sebagai modul pembelajaran bagi mahasiswa STTR Cepu.

Salah satu cara untuk menerapkan sumber energi listrik mandiri adalah salah satunya upaya perencanaan dan aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berskala kecil terlebih dahulu guna memastikan fungsi dan manfaatnya terhadap peluang investasi. Energi listrik searah dapat diperoleh langsung dari sinar matahari menggunakan perangkat Panel Surya (PS) berbentuk sel. Sel-sel pada PS mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek *photovoltaic*. Sel PS merupakan dioda tipe p- n luas yang dirakit dalam suatu modul. Instalasi pada PV, tidak memiliki bagian yang bergerak dan bergetar sehingga tidak menghasilkan suara, serta instalasi PV tidak membutuhkan menara pendingin.[1] Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi daya keluaran sel surya, yaitu radiasi matahari, temperatur sel surya, orientasi panel surya, sudut kemiringan panel surya, dan pengaruh bayangan [2]. Radiasi matahari dan suhu pada panel surya memiliki peranan penting terhadap daya keluaran yang dihasilkan sel surya. Untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan, maka sel surya harus ditempatkan pada lokasi yang mendapatkan radiasi matahari maksimal dan temperatur normal ruangan.

Studi serupa yang dilakukan oleh Andre Barry Prawira dan tim tentang optimasi penggunaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro dengan mengoptimalkan lahan parkir untuk aplikasi sebuah sistem PLTS sebagai energi tambahan dengan menggunakan perangkat lunak Homer.[3]

Tujuan

Adapun tujuan utama dari penelitian ini ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang aplikasi sistem PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis.
2. Mengetahui besar konsumsi energi listrik yang dihasilkan untuk beban penerangan dan fotosintesis.
3. Mengetahui kinerja hasil Unit PLTS 40 Wp.

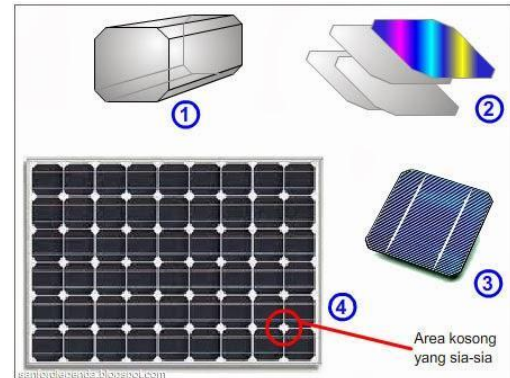
2. DASAR TEORI

Sel Surya

Sel Surya adalah perangkat yang merubah energi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses efek *photovoltaic* yang disebut juga dengan *Photovoltaic Cell* yang disingkat dengan PV. Sebuah sel surya dapat menghasilkan tegangan listrik kurang lebih 0,6 Volt (V) tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk menghasilkan tegangan listrik lebih besar sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri atau juga disebut dengan Panel Surya atau Modul Surya [Muamar,2012].

Jenis sel surya pada modul surya yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan panel surya jenis Monocrystalline yang terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis dan akan menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu

sama lain dan berkinerja tinggi dengan nilai efisiensi sekitar 15% sampai dengan 20% dibanding menggunakan sel surya jenis lain.



Gambar 2.1 Solar Cell jenis MonoCrystalline
[https://images.app.goo.gl/4RdUcBtggcKYbFnK8]

Modul Solar Charge Controller

Modul SCC merupakan modul Solar Charge Controller atau juga dikenal sebagai battery charge regulator (BCR) adalah komponen elektronik daya Unit PLTS untuk mengatur pengisian baterai dengan menggunakan modul fotovoltaik menjadi lebih optimal. Ada beberapa kondisi yang dapat dilakukan oleh Modul SCC pada sistem Panel Surya antara lain :

- a) Mengendalikan tegangan panel surya
Tanpa fungsi kontrol pengendali antara panel surya dan baterai, panel akan melakukan pengisian baterai melebihi daya yang dapat ditampung baterai, sehingga dapat merusak sel yang terdapat di dalam baterai.
- b) Mengawasi tegangan baterai
SCC dapat mendeteksi saat tegangan baterai anda terlalu rendah. Bila tegangan baterai turun di bawah tingkat tegangan tertentu, SCC akan memutus beban dari baterai agar daya baterai tidak habis.
- c) Menghentikan arus terbalik saat malam hari
Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan arus, karena tidak terdapat lagi sumber energi, yaitu matahari. Alih-alih arus berhenti mengalir, arus yang terdapat dalam baterai dapat mengalir terbalik ke panel surya, dan hal ini dapat merusak sistem panel surya. Modul SCC dengan kapasitas arus maksimal arus masuk dan keluar beban adalah 10 Ampere.

Baterai VRLA Panasonic 12v 7,2 Ah

Media penyimpanan energi listrik dari Panel Surya dalam penelitian ini menggunakan Baterai VRLA Panasonic. Salah satu tipe aki atau baterai yang sangat di anjurkan untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya, yaitu tipe VRLA kepanjangan dari Valve Regulated Lead Acid yang sering juga disebut SLA (Sealed Lead Acid). Baterai VRLA Panasonic sangat cocok untuk sistem pembangkit listrik tenaga surya, karena baterai tipe ini bersifat tertutup sehingga penguapan / evaporasi yang dikeluarkan sangat kecil. Proses penguapan / evaporasi pada baterai diatur salah satu komponen pada baterai yang bernama Valve / Katup.

Golongan Baterai VRLA berdasarkan teknologi GEL Cairan electrolyte berbentuk gel yang bersifat solid dan kaku. Pada Depth of Discharge (DoD) 30% baterai cycle life mencapai 2000 cycle.

Golongan baterai VRLA berdasarkan penggunaan memakai tipe Cycle Use. yaitu Baterai ini bekerja mengeluarkan arus (discharging) kemudian dilanjutkan proses charging, dilanjutkan proses discharging dan charging kembali, dan seterusnya. Proses satu kali charging – satu kali discharging disebut satu siklus. Contoh pengaplikasiannya ada pada baterai-baterai peralatan elektronika, kendaraan bertenaga baterai.

Beban Penerangan LED dan Pencahaya LEDGROW

Beban penerangan dan pencahaya taman dalam penelitian ini menggunakan lampu LED jenis LEDWhite dan LEDGrow untuk menerangi dan pencahaya fotosintesis tanaman Taman STTR Cepu di malam hari. Untuk lampu penerangan LEDWhite yang membutuhkan tegangan 5 Volt (V) *direct current* (dc) dengan arus 1 ampere dan lampu pencahaya LED yang membutuhkan tegangan 5 Vdc dengan arus 0,54 ampere. Jenis lampu LEDWhite dan LEDGrow ditunjukkan pada gambar 2.4.

KIT CONVERTER 6V-24V TO 5V 3A

Modul step down yang digunakan pada penelitian ini berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 6-24V ke tegangan 5V. Dengan Ripple module ini yang kecil juga stabil dan baik untuk untuk charger baterai ataupun power supply rangkaian agar misalnya dari motor ataupun mobil. Arus yang dihasilkan charger ini mencapai 3A.

KIT Inverter 3 vdc to 170 vac

Kit inverter 3 vdc to 170 vac adalah rangkaian kelistrikan yang dapat merubah arus dari DC to AC, sehingga kita dapat menyalakan lampu 220 Volt dengan menggunakan daya baterai 3.7 Volt, yang dapat digunakan ketika listrik PLN padam, memancing pada malam hari, acara camping, dan lain sebagainya.

Dual Display Voltmeter + Amperemeter Digital

Dual Display Amperemeter + Voltmeter Digital 0-100V 0-10A. Dual Ammeter Volt Meter pengukur tegangan dan arus 0.28in LED dengan frame dapat sekaligus menampilkan dua pengukuran yaitu arus 0-10A dan tegangan 0-100V, tulisan besar, terang dan jelas dilengkapi dengan frame. Digunakan untuk berbagai keperluan pengukuran arus dan tegangan, baik di mobil, motor, retrofit, power supply, praktikum, ujicoba elektronika, dan kebutuhan elektronika yang lain.

PANEL METER DUAL DISPLAY LED BAR INDIKATOR BATTERY

Dual Display Meter yang digunakan untuk mengukur LEVEL dan TEGANGAN Baterai 12v secara bersamaan dalam 1 alat (2in1). Fungsi dual display atas adalah Level Progress Bar yang menunjukkan daya yang tersimpan dalam baterai dan display bawah Voltmeter DC yang menunjukkan tegangan baterai.

Panel box WIND 20 x 30 x 12

Box panel listrik memiliki peranan dan fungsi yang sangat penting karena untuk menjaga keamanan pada saat terjadinya gangguan dalam aliran listrik, selain itu box panel berguna untuk melindungi panel listrik dari kerusakan baik itu yang disengaja ataupun tidak disengaja.

Kabel NYAF

Kabel NYAF adalah kabel jenis fleksibel dengan penghantar tembaga serabut berisolasi PVC. Kabel NYAF ini dipakai untuk instalasi panel yang membutuhkan fleksibilitas tinggi. Seperti instalasi tempat yang memiliki belokan-belokan tajam. Kabel NYAF dapat digunakan di area kering.

Arus Listrik

Arus listrik merupakan banyaknya muatan yang melewati luas penampang tertentu per satuan waktu, seperti yang tertulis dalam persamaan 2.1.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

i : Arus listrik dalam ampere (A)
q : Muatan listrik dalam coulomb (c)
t : Waktu dalam detik (s)

Tegangan Listrik

Tegangan listrik atau disebut juga dengan beda potensial adalah tenaga yang diperlukan oleh satu satuan muatan listrik untuk berpindah dari suatu titik ke titik yang lain karena pengaruh gaya listrik. Dengan kata lain yaitu tenaga per satuan muatan, dan dapat ditulis seperti pada persamaan 2.2.

$$v = \frac{dw}{dq} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

v : Tegangan listrik dalam volt (V)
w : Tenaga listrik dalam joule (J)
t : Waktu dalam detik (s)

Daya Listrik

Daya listrik adalah besarnya tenaga listrik setiap satuan waktu, seperti ditulis dalam persamaan 2.3.

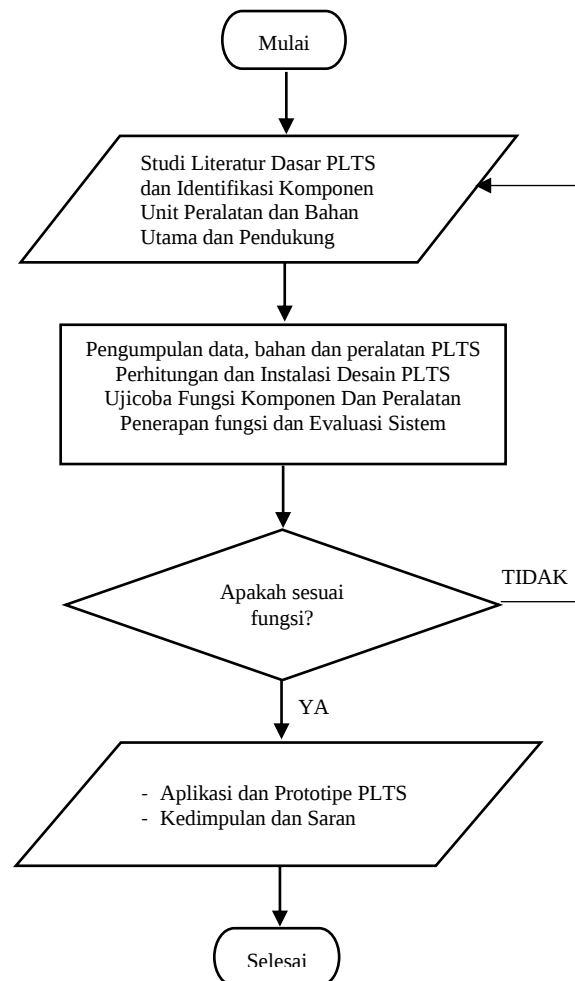
$$p = \frac{dw}{dt} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

p : Daya listrik dalam Watt (W)
w : Tenaga listrik dalam joule (J)
t : Waktu dalam detik (s)

3. METODE

a. Metode Perancangan dan Aplikasi

Tahapan penelitian dengan judul “Desain Dan Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Suplai Daya Penerangan Dan Fotosintesis” ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa pada tahap awal terlebih dahulu dilakukan studi literatur mengenai dasar teori tentang PLTS, seperti jenis panel surya, prinsip kerja, komponen dan peralatan utama dan pendukung, pemilihan spesifikasi komponen, kebutuhan beban dan lain-lain. Pengumpulan data diperoleh dari berbagai sumber jurnal terkait penelitian sebelumnya, spesifikasi dan data sheet komponen sebagai data utama dan data yang tersedia di google map NASA sebagai data pendukung yang lain.

Setelah memahami tentang teori dasar desain dan perancangan PLTS, tahapan selanjutnya adalah identifikasi dan pengumpulan komponen unit peralatan dan bahan baik unit utama, maupun unit pendukung lain serta data pendukung terkait dengan persiapan perancangan instalasi dan fungsi masing-masing bagian dari sistem PLTS.

Setelah diperoleh data utama dan data pendukung, maka tahap berikutnya yaitu perancangan unit PLTS dan instalasi listrik. Tahap ini untuk mengetahui kondisi riil rancangan desain dan aplikasi di lapangan seperti spesifikasi peralatan, fungsi semua peralatan, dan faktor lain yang dapat berdampak terhadap PLTS yang akan di terapkan. Spesifikasi peralatan diperoleh dari data sheet, diskripsi peralatan dan bahan serta sumber data internet.

Setelah seluruh prerancangan dan instalasi PLTS selesai, tahapan selanjutnya adalah pengujian fungsi dari masing-masing peralatan apakah sudah sesuai fungsinya masing-masing. Apabila dalam tahap ujicoba hasil perancangan dan instalasi sudah sesuai dengan desain awal dan berfungsi dengan baik, maka PLTS sudah siap untuk diaplikasikan sesuai hasil perhitungan kebutuhannya. Jika tidak sesuai dalam tahapan ujicoba, maka proses harus kembali ke tahap awal hingga ujicoba berhasil sesuai dengan rencana desain awal.

Tahap akhir dari penelitian ini merupakan hasil dari desain dan aplikasi PLTS berupa nilai konsumsi daya listrik yang dihasilkan setiap hari dan kemampuan suplai daya listrik dari PLTS 40 Wp terhadap kebutuhan konsumsi beban listrik untuk penerangan dan fotosintesis untuk tanaman.

b. Lokasi Perancangan PLTS

Lokasi penelitian perancangan PLTS dilakukan di STTR Cepu dan diaplikasikan untuk penerangan dan fotosintesis tanaman dengan data intensitas radiasi matahari dari website NASA seperti tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Data intensitas radiasi Matahari di kota Cepu, tahun 2020

Besarnya nilai intensitas radiasi matahari, akan berpengaruh terhadap besarnya tingkat efisiensi daya keluaran yang akan dihasilkan oleh PLTS. Dari data pada tabel 1 terlihat pada tahun 2020, radiasi matahari tertinggi di kota Cepu yaitu pada bulan Juni dengan intensitas radiasi matahari sebesar 5,61 Kwh/m²/hari, sedangkan iridiasi terendah sebesar 1,28 Kwh/m²/hari.

Selanjutnya faktor temperatur juga dapat mempengaruhi operasi dan konsumsi daya maksimum panel surya. Kenaikan temperatur pada panel surya dapat menurunkan efisiensi panel surya sesuai koefisien temperatur dari panel surya. Sehingga temperatur harus diperhatikan dalam memperhitungkan kapasitas daya (Wp) PLTS yang dibangkitkan.

Tabel 2. Data temperatur rata-rata di kota Cepu, Jawa Tengah tahun 2020

Bulan	Temperatur Rata-rata (°C)
Januari	-9,6

Februari	-7,8
Maret	-2,3
April	5,6
Mei	13,4
Juni	18,9
Juli	20,5
Agustus	19,5
September	15,1
Oktober	8,3
November	2,1
Desember	-4,5
Rata-Rata	6,7

Dari data pada tabel 1 terlihat pada tahun 2020, temperatur tertinggi di kota Cepu yaitu pada bulan Juli dengan nilai temperatur sebesar 20,5 °C.

Semua data yang ada menunjukkan bahwa potensi pemanfaatan energi matahari sebagai PLTS di kota Cepu, khususnya di STTR Cepu mempunyai potensi yang cukup dan layak untuk mendirikan PLTS.

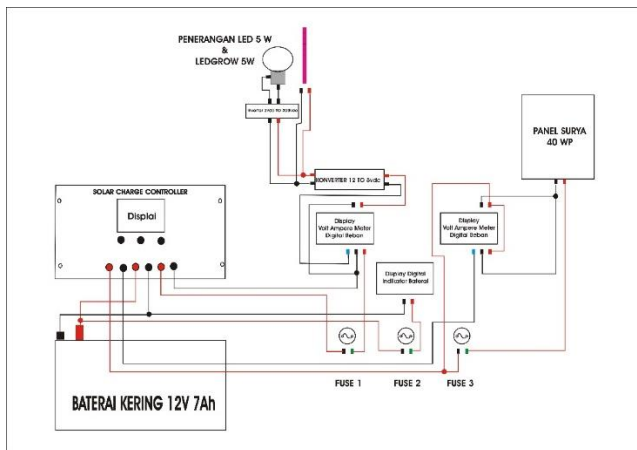
c. Sistem PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis

Penerapan PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis menggunakan sistem *Off-Grid Battery storage*. *Off-Grid Battery storage* merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya menggunakan energi matahari diubah menjadi energi listrik dan disimpan dalam baterai dalam bentuk muatan listrik sebagai sumber utama penyuplai beban listrik.

Bulan	Intensitas Radiasi Matahari (Kwh/m ² /hari)
Januari	1,58
Februari	2,53
Maret	3,62
April	4,46
Mei	5,10
Juni	5,61
Juli	5,52
Agustus	4,91
September	3,77
Oktober	2,38
November	1,45
Desember	1,28
Rata-Rata	3,52

d. Desain dan Instalasi Komponen PLTS 40 Wp

Perencanaan awal dan instalasi PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis ditunjukkan pada skema gambar 3.2. berikut ini:



Gambar 3.2 Skema Blok Diagram Desain Rangkaian dan Instalasi PLTS 40 Wp

Gambar 3.2 menunjukkan sebuah skema blok diagram perencanaan rangkaian dan instalasi PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis yang terdiri dari beberapa unit komponen dan bahan utama dan pendukung.

Jenis panel surya yang digunakan dalam perencanaan PLTS 40 Wp dalam penelitian ini menggunakan dua buah panel surya merk INSCOM model KMM-2720 dengan tipe sel *Monocrystalline silicon*. Spesifikasi panel surya ditunjukkan pada gambar 3.3. Tabel 3.

Parameter	Value
Model	KMM-2720
Maximum Power	40W
Maximum Power Voltage	Vmp 18.45V
Maximum Power Current	Imp 2.18A
Open Circuit Voltage	Voc 22.14V
Short Circuit Current	Isc 1.17A
Nominal Operating Cell Temp	NOCT 48±2°C
Maximum system voltage	715VDC
Maximum series fuse	15A
For field connections, use minimum No.12AWG copper Wires insulated for a minimum 90°C	
Weight	2.3 kg
Dimension	520*360*17 mm
Standard Test Condition	AM=1.5, IRPADIANCE=1000W/m², TEMP=25°C

Gambar 3.3 Spesifikasi dan Panel Surya Merk INSCOM KMM-2720

Tabel 3. Data Spesifikasi Panel Surya KMM-2720

Untuk menghitung kebutuhan kapasitas modul dibutuhkan parameter total pemakaian energi listrik setiap hari. Kapasitas modul surya dalam penelitian ini sudah ditentukan sebesar 40 Wp, sedangkan kebutuhan beban penerangan dan fotosintesis sebesar 8 Watt dengan waktu 12 jam, sehingga pemakaian energi listrik setiap hari untuk penerangan dan fotosintesis:

$$\begin{aligned} \text{Energi Listrik} &= V \times I \times t \\ &= 8 \times 1 \times 12 \text{ hour} \\ &= 96 \text{ watt.hour (watt.jam)} \end{aligned}$$

Jumlah total energi listrik 96 Watt jam perlu ditambahkan 20 persen yaitu listrik yang digunakan oleh perangkat selain panel

surya seperti mini inverter sebagai perangkat konversi arus dc menjadi ac, *Solar Charge control* (SCC) sebagai regulator arus yang berfungsi menutup arus ke baterai jika tegangan sudah berlebih di baterai dan menghentikan pengambilan arus dari baterai jika kapasitas baterai hampir kosong. Sehingga jika ditambahkan 20 persen dari total kebutuhan pemakaian daya menjadi:

$$\begin{aligned} P &= 96 + (96 \times 20\%) \\ &= 115,2 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari total daya 115,2 watt.hour kemudian dibagi dengan tegangan umum yang dimiliki oleh baterai yaitu 12 Volt, maka dibutuhkan kuat arus sebesar:

$$\begin{aligned} I &= P / V \\ &= 115,2 \text{ watt.hour} / 12 \text{ Volt} \\ &= 9,6 \text{ ampere.jam (ah)} \end{aligned}$$

Dengan mendapatkan nilai kebutuhan beban sebesar 115,2 watt setiap hari, penggunaan 2 buah panel 20 Wp yang dirangkai paralel atau sebesar 40 Wp, maka dalam sehari kedua panel dapat menghasilkan suplai sebesar:

$$\begin{aligned} P &= 40\text{Wp} \times 5 \text{ hour (jam)} \\ &= 200 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dalam sehari kedua panel listrik 40 Wp, menghasilkan daya listrik sebesar 200 watt. Sedangkan 5 hour (jam) adalah efektifitas rata-rata waktu sinar matahari bersinar di negara tropis termasuk Indonesia.

Kapasitas baterai yang ideal untuk kebutuhan total pemakaian beban sebesar 115,2 watt.hour diperlukan baterai dengan kapasitas 12V 9,6 ah atau kapasitas baterai yang ada dipasaran adalah 12V 4ah, sehingga diperlukan 3 buah baterai dengan kapasitas 12V 12ah. Namun dalam penelitian ini dipakai kapasitas baterai 12V 7ah, sehingga dapat dihitung kembali :

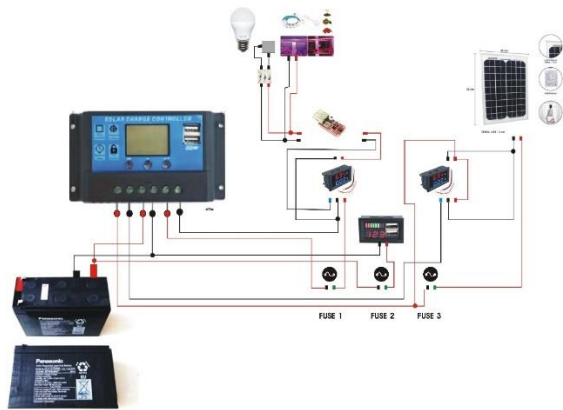
$$\begin{aligned} t &= P / V \times I \\ &= 115,2 \text{ watt} / 12\text{V} \times 7 \text{ ah} \\ &= 115,2 \text{ watt} / 84 \text{ watt.hour} \\ &= 1,4 \text{ hour (jam)} \end{aligned}$$

Dengan kapasitas baterai 12V 7ah dalam penelitian ini menghasilkan lama waktu pemakaian kebutuhan listrik untuk beban penerangan dan fotosintesis sebesar 1,4 jam, yaitu mulai dari jam 17.45 wib. sampai dengan jam 19.05 wib.

Dari hasil perancangan dan ujicoba semua komponen dan peralatan diperoleh hasil desain dan instalasi terintegrasi menjadi sistem PLTS 40 Wp sebagai suplai daya listrik untuk penerangan dan fotosintesis tanaman, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 berikut ini:

Jenis Spesifikasi Teknis	Nilai
Daya Maksimum (Pmax)	20 Wp
Tegangan Maksimum (Vmp)	18,45V
Arus Maksimum (Imp)	1,08A
Tegangan Rangkaian Terbuka (Voc)	22,14 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	1,17 A

Setting Modul SCC	Nilai
Batas maksimal pengisian tegangan Baterai kering jenis b1 (cut off)	14,4 Volt
Tegangan pengisian kembali	13 Volt
Muatan Penuh tegangan baterai	13,7 Volt
Tegangan kerja minimum	10,7 Volt
Pemilihan fungsi kerja ON di waktu senja dan OFF di waktu fajar	0H



Gambar 3.4 Hasil Desain Rangkaian dan Instalasi Unit PLTS 40 Wp untuk sistem penerangan dan fotosintesis

Cara kerja dari desain rangkaian dan instalasi unit PLTS 40 Wp untuk sistem penerangan dan fotosintesis pada gambar 3.3 sesuai dengan fungsinya masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

1. Baterai kering yang merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai media penyimpanan muatan listrik *direct current* (dc) harus terhubung terlebih dahulu pada terminal positif (+) warna merah ke salah satu terminal pada sekering proteksi dan terminal satunya ke terminal positif (+) ke SCC yang sekaligus dirangkai paralel dengan kabel (+) dispali indikator level baterai, sedangkan kabel negatif (-) warna hitam pada modul SCC terhubung ke terminal (-) baterai yang juga dirangkai paralel pada terminal (-) indikator level baterai digital. Dari hasil rangkaian dan instalasi antara modul SCC, sekering proteksi, baterai dan dispali indikator berfungsi baik yaitu baterai dapat menyimpan muatan listrik dari yang terlihat dari tampilan pada fungsi dispali indikator level baterai.

2. Terminal positif (+) warna merah Modul Pael Surya dirangkai dengan salah satu terminal pada sekering proteksi dan terminal satunya dirangkai dengan kedua kabel warna merah (+) pada voltamper dc digital dan diparalel dengan kabel warna merah yang dirangkai menuju terminal positif (+) SCC sesuai dengan terminal (+) untuk panel surya.

Sedangkan kabel hitam (-) panel surya dirangkai terhubung dengan kedua kabel warna hitam (-) dari voltampere dc digital dan kabel warna biru dari voltampere meter dc digital terhubung menuju ke terminal negatif warna hitam (-) pada

SCC. Dari rangkaian dan instalasi, modul SCC, sekering proteksi dan modul panel surya bekerja dan berfungsi dengan baik yang terlihat dari tampilan display voltampere meter.

3. Terminal (+) SCC untuk instalasi ke beban terhubung dengan salah satu terminal pada sekering proteksi dan satu lagi terminal dirangkai menuju kedua terminal (+) dispai voltampere yang diparalel dengan input terminal (+) ke konverter 12 vdc to 5 vdc, kemudian terminal (-) SCC juga dirangkai dengan kedua kabel (-) warna hitam pada dispai voltampere meter, sedangkan kabel biru pada dispai voltamper dirangkai dengan terminal negatif (-) dari konverter yang akan merubah tegangan 12vdc menjadi 5 vdc untuk beban penerangan dan fotosintesis.

Terminal output (+) dan (-) dengan tegangan 5 vdc dari konverter terhubung ke terminal beban lampu fotosintesis dan ke terminal (+) dan (-) pada inverter untuk lampu penerangan LED ac. Dari hasil rangkaian dan instalasi antara modul SCC, sekering proteksi, dispai voltampere meter, kit konverter, kit inverter, beban penerangan dan beban lampu LEDgrow berfungsi dan berkerja dengan baik sesuai dengan kebutuhan beban.

4. Setting modul SCC pada penelitian ini dilakukan dengan menekan fungsi masing-masing tombol pada modul yaitu dengan cara tekan dan tahan saat memindahkan menu kemudian tekan dan memilih untuk memilih nilai yang diinginkan, yang ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Data Spesifikasi Panel Surya KMM-2720

4. HASIL

Setelah dilakukan perakitan dan instalasi komponen dan bahan, hasilnya berupa unit panel PLTS 40 Wp yang terlihat pada gambar 4.1, beserta aplikasi dalam bentuk prototipe fungsi dan manfaatnya. Unit sesuai dengan perencanaan awal dalam skema blok diagram perencanaan PLTS 40 sebagai suplai energi listrik penerangan dan fotosintesis dengan menguji fungsi pada semua komponen bekerja dengan baik.





Gambar 3.5

Uji Fungsi Unit panel kontrol PLTS 40 Wp untuk sistem penerangan dan fotosintesis

Hasil Pengamatan Nilai Besaran Listrik

Berdasarkan pengamatan dilakukan untuk mengetahui kinerja dari PLTS 40 Wp sebagai fungsi penerangan dan fotosintesis dengan memperhatikan besaran listrik melalui display di panel. Dari hasil pengamatan diperoleh beberapa data antara lain:

1. Besaran arus listrik yang dibutuhkan beban lampu penerangan dan lampu fotosintesis dengan kebutuhan daya 8 Watt sebesar 0,52 ampere seperti yang ditunjukkan dalam tampilan digital voltamperemeter pada gambar 4.1. Tegangan pada tampilan digital sebesar 12,4 Volt merupakan nilai besaran dari suplai dc aki ke konverter dan inverter menuju beban lampu penerangan dan lampu fotosintesis.



Gambar 3.6 Voltamper beban listrik penerangan dan fotosintesis

2. Indikator baterai menunjukkan level hijau dalam keadaan terisi penuh sebesar 12,6 Volt. Tegangan baterai memberikan suplai arus ke konverter dari tegangan 12 vdc menjadi 5 vdc untuk beban lampu fotosintesis. Tegangan 5 vdc output konverter selanjutnya dihubungkan dengan inverter yang merubah tegangan 5 vdc menjadi 170 vac untuk penerangan. Lama waktu pemakaian untuk beban penerangan dan fotosintesis berlangsung selama 1,4 jam.

3. Besaran Konsumsi energi listrik yang dibangkitkan oleh panel surya KMM-2720 kapasitas 40 Wp dengan nilai tegangan rata-rata 19,2 volt seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.3.



Gambar 3.7 Voltamper beban listrik penerangan dan fotosintesis

Hasil perhitungan dan spesifikasi konsumsi dan kebutuhan Listrik

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan nilai besaran listrik yang tampil pada voltampere meter menjadi dasar perhitungan dan informasi teknik pada desain dan aplikasi PLTS 40 Wp yang ditunjukkan pada tabel 4. Beberapa hasil yang dapat diperoleh diantaranya:

Tabel 4. Spesifikasi Hasil Desain dan Spesifikasi PLTS 40 Wp untuk penerangan dan fotosintesis

DAFTAR PUSTAKA

- [1] King, Boyson, & Kratochvil, *Analysis of Factors Influencing The Annual Energy Production of Photovoltaic Systems*, IEEE 2002
- [2] Kementrian ESDM. "Energi Baru, Terbarukan

Spesifikasi Hasil Desain dan Spesifikasi Teknik PLTS 40 Wp	Nilai
Rata-rata Intensitas Radiasi Matahari di wilayah Cepu tahun 2020	3,52 Kwh/m2/hari
Rata-rata temperatur di wilayah Cepu tahun 2020	6,7 °C
Konsumsi rata-rata daya listrik per-hari: 20 v x 2 a x 5 jam	200 Watt
Konsumsi rata-rata arus listrik per-hari	2 ampere
Beban pemakaian daya listrik per-hari	8 watt
Lama waktu pemakaian beban listrik per-hari untuk kapasitas baterai 12v 7ah	1,4 jam
Pengisian baterai: 7 ah / 2,16 a	3,2 jam
Pengosongan baterai: (7 ah x 12v / 8 watt) / 40%	4,2 jam
Lux cahaya matahari	lux
Lux LEDGROW fotosintesis	lux
dan Konservasi Energi". JURNAL ENERGI Media	

Komunikasi Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Edisi 2, 2016.

[3] Prawira, Andre Barry. “Optimasi Penggunaan Sumber Energi Listrik di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro Dengan Menggunakan Perangkat Lunak HOMER”. Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2018.

[4] Bagaskoro, Bimo. “Perancangan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off-grid menggunakan Perangkat Lunak Homer di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara”. Skripsi, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2018.

[5] Surjono,H.D, 2011. *Elektronik: Teori dan Penerapan*.Cetakan Kedua. Cerdas Ulet Kreatif. Jember Jawa Timur