

# BUKU PETUNJUK PENGOPERASIAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)



Oleh  
Jamaaluddin



Diterbitkan oleh  
**UMSIDA PRESS**

Jl. Mojopahit 666 B Sidoarjo

ISBN: 978-623-6292-10-5

Copyright©2021

**Authors**

All rights reserved



**BUKU PETUNJUK PENGOPERASIAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS)**

**Penulis :**

**Jamaaluddin**

**ISBN :**

978-623-6292-10-5

**Editor :**

Septi Budi Sartika, M.Pd

M. Tanzil Multazam , S.H., M.Kn.

**Copy Editor :**

Fika Megawati, S.Pd., M.Pd.

**Design Sampul dan Tata Letak :**

Mochamad Nashrullah, S.Pd

**Penerbit :**

UMSIDA Press

**Redaksi :**

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Jl. Mojopahit No 666B, Sidoarjo, Jawa Timur

**Cetakan pertama, Juli 2021**

© Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dengan suatu  
apapun  
tanpa ijin tertulis dari penerbit.

**PETUNJUK PENGOPERASIAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
(PLTS)**



**UMSIDA Press**  
Sidoarjo

Oleh

Jamaaluddin

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
2021**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
KATA PENGANTAR.....	
DAFTAR ISI.....	
DAFTAR TABEL .....	
DAFTAR GAMBAR .....	
Bagian 1 : Mengapa Perlu PLTS?.....	1
Bagian 2 : Apa Itu PLTS?.....	3
2.1. Photovoltaic Cell (PV).....	3
2.2. Panel Sel Surya.....	5
2.3. Teknik Pemasangan Panel Surya.....	6
2.4. Gerakan Harian Matahari.....	7
2.5. Pengaruh Gerakan Matahari terhadap Energi Surya....	8
Bagian 3 : Design Alat.....	10
3.1. Design Alat.....	10
3.2. Design Instalasi.....	15
3.3. Design Box Panel.....	16
3.4. Pengetesan Sistem.....	19
Bagian 4 : Pengoperasian Sistem.....	22
4.1. Pengoperasian Awal .....	22
4.2. Pengoperasian Normal.....	23
4.3. Perawatan .....	23

4.4. Trouble Shooting.....	23
Bagian 5 : Penutup .....	26

DAFTAR PUSTAKA

## **KATA PENGANTAR**

*Bismillaahrrahmaanirrohiim*

*Assalamu 'alaikum, wr, wb*

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah penulis telah menyelesaikan buku petunjuk pengoperasian PLTS (**Pembangkit Listrik Tenaga Surya**) ini. Buku ini dibuat dengan harapan memberikan kemudahan bagi siapa saja khususnya customer gambaran mengenai bagaimana mengoperasionalkan PLTS.

Buku ini akan menyampaikan beberapa teori tentang PLTS dan dilanjutkan dengan komponen yang ada pada PLTS bagaimana pengoperasionalannya dan cara melakukan perawatannya.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dan catatan pada buku ini. Oleh karenanya kami berharap ada masukan positif untuk buku ini. Demikian semoga manfaat dan selaamat membaca. Terima kasih.

*Walhamdulillaahirobbil 'alamiin*

*Wassalamu 'alaikum, wr, wb*

Penulis



## **Bagian 1**

### **Mengapa Perlu PLTS?**

Dalam kehidupan manusia energi merupakan salah satu kebutuhan yang utama. Kebutuhan energi ini dapat dijadikan indikator kemakmuran suatu negara. Saat ini manusia masih mengandalkan fosil untuk memenuhi kebutuhannya. Sehingga semakin lama semakin menipis, pertumbuhan rata – rata kebutuhan energi diperkirakan sebesar 4,7 % per tahun selama tahun 2011 – 2030[1][1].

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu pengembangan dari penggunaan energi terbarukan yang sangat berpotensi untuk diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi radiasi matahari rata – rata  $4,8 kWh/m^2/hari$ [1]. Disamping menghasilkan energi listrik dari konversi energi cahaya matahari, maka sel surya memiliki kelebihan yang lain, yaitu kehandalan yang tinggi, tidak ada pencemaran lingkungan (tidak menimbulkan emisi), dan tidak menimbulkan kebisingan, meskipun dari sisi efisiensi pembangunan dan pengoperasiannya masih perlu penelitian lebih lanjut, juga pada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo agar supaya PLTS ini dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif, disamping pemanfaatan listrik PLN.

Unjuk kerja dari *photovoltaic cell (PV)* sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Kondisi

iklim (misal awan dan kabut) juga mempunyai efek yang signifikan terhadap jumlah energi matahari yang diterima sel sehingga akan mempengaruhi pula unjuk kerjanya seperti dibuktikan [2][3].

Walaupun pemanfaatan Tenaga surya masih kurang, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan untuk perumahan dan sering disebut dengan *Solar Home system (SHS)*[5] yang mana sumber energi surya ini dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pompa air, televisi, alat komunikasi dan pendingin di beberapa rumah dan kantor pelayanan masyarakat yang berkaitan dengan kesehatan ataupun pelayanan yang lain.

## **Bagian 2**

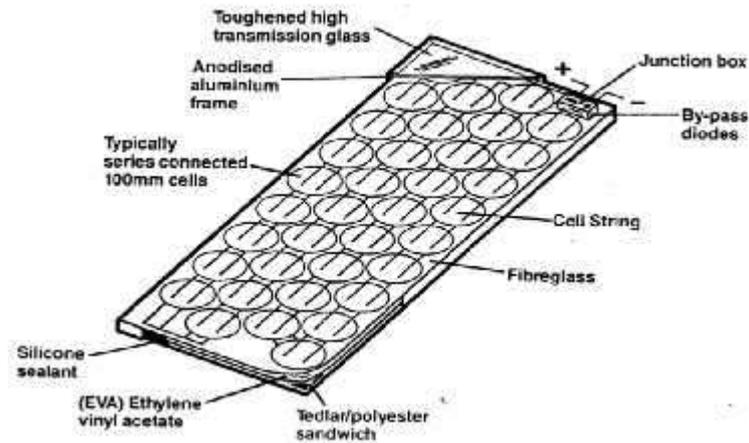
### **Apa Itu PLTS?**

PLTS adalah suatu pembangkit yang mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Proses ini terjadi pada sel surya. Konversi ini dilakukan pada panel surya yang terdiri dari sel sel *PV*. Sel – sel ini merupakan lapisan lapisan tipis dari *silikon (Si)* murni atau bahan semi konduktor lainnya. Sehingga apabila bahan tersebut memperoleh energi *foton* akan mengeksitasi elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas dan pada akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah [6].

Untuk memperoleh besar tegangan dan daya yang sesuai dengan kebutuhan, sel *PV* tersebut harus dikombinasikan secara seri atau paralel sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan keinginan.

#### **2.1. Photovoltaic Cell (PV)**

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic*. *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. berikut ini.



Gambar. 2.1. Struktur Konstruksi Modul PV

*PV cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan [7].

## **2.2. Panel Sel Surya**

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel sel surya terdiri dari *photovoltaic*, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

Dengan menambah luasan panel sel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya yang diubah menjadi tegangan. Pada umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil tertentu pula. Contohnya ukuran  $a$  cm x  $b$  cm menghasilkan listrik *DC (Direct Current)* sebesar  $x$  *Watt per hour*[5].

### **A. Polikristal (*Poly-crystalline*)**

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung[5].

### **B. Monokristal (*Mono-crystalline*)**

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari

kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan[5].

### 2.3. Teknik Pemasangan Panel Surya

Umumnya panel surya dipasang secara tetap (*fixed*) padaudukannya. Untuk negara-negara 4 musim teknik yang diadopsi umumnya adalah dengan menghadapkan panel tersebut kearah selatan (bagi negara-negara di belahan bumi utara) atau ke arah utara (bagi negara- negara di belahan bumi selatan)[8]. Panel surya diposisikan tegak lurus terhadap arah datangnya matahari tepat di siang hari seperti yang bisa dilihat pada Gambar 2.2. berikut.



Gambar. 2.2. Teknik Pemasangan Panel Surya di Negara-negara Belahan Utara. (Sumber : [9][5])

Keadaan sedikit berbeda untuk negara-negara tropis (letak geografisnya berada dekat garis khatulistiwa). Untuk negara-negara ini, cara pemasangan yang dilakukan

cenderung lebih datar seperti yang terlihat pada Gambar. 2.3. dibawah ini.

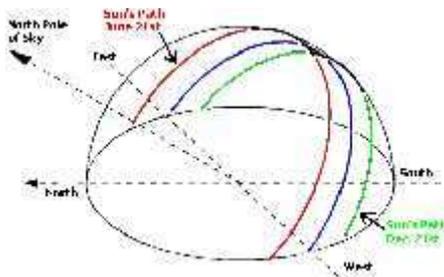


Gambar. 2.3. Teknik Pemasangan Panel Surya Pada Negara-negara Tropis.[10][5]

Teknik pemasangan panel surya seperti ini akan menyebabkan cahaya matahari pagi hari dan sore hari tidak berada pada posisi yang tepat terhadap arah datangnya sinar matahari. Sehingga mengakibatkan jumlah energi listrik yang dibangkitkan menjadi lebih kecil daripada seharusnya.[11]

#### **2.4. Gerakan Harian Matahari**

Jika dilihat dari bumi, matahari bergerak dari arah timur ke barat setiap hari. Lintasan matahari bergeser dari 23,50 LU (pada tanggal 21 Desember) ke 23,50 (pada tanggal 21 Juni) membentuk siklus yang berkelanjutan sepanjang tahun seperti yang terlihat pada Gambar. 2.4. berikut ini [5].



Gambar. 2.4. Lintasan Tahunan Matahari [10][5].

## 2.5. Pengaruh Gerakan Matahari terhadap Energi Surya

*Photovoltaic cell* selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas. Seperti barang dari gelas lainnya, maka optical input dari *photovoltaic cell* juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas.

Sebuah rumus (1) yang populer digunakan untuk menjelaskan fenomena ini adalah rumusan dari *ASHRAE* yaitu :

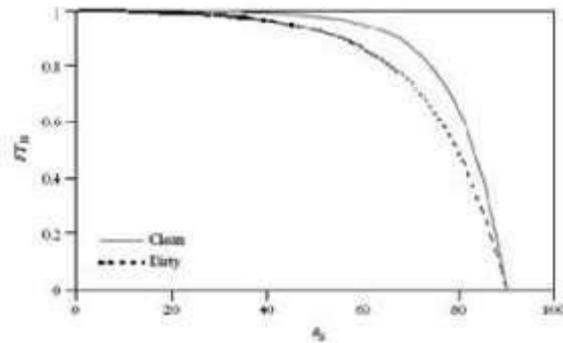
$$FT_B (\theta_s) = \left( 1 - b_0 \left( \frac{1}{\cos \theta_s} - 1 \right) \right) \dots \dots \dots (2.1.)$$

$FT_B (\theta_s)$  = Relative transmittance.

$b_0$  = Parameter empiris

sehingga dapat diplot grafik yang menghubungkan sudut

datang dan nilai *relative transmittance* seperti Gambar. 2.5. berikut ini :[5]



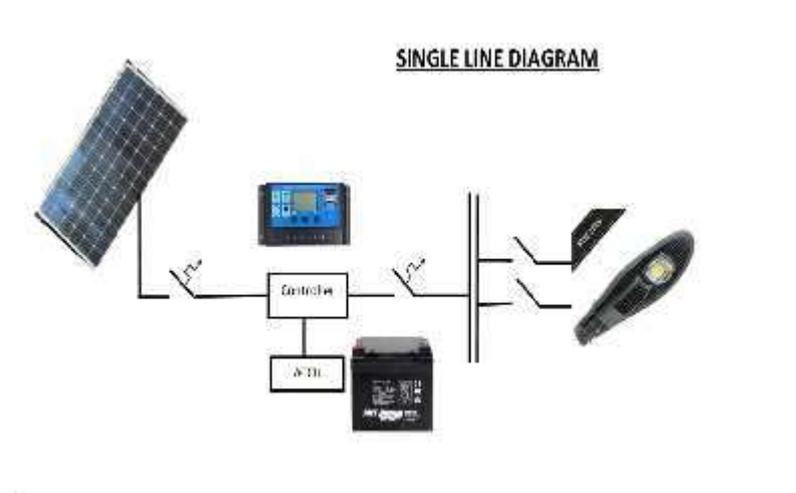
Gambar. 2.5. Grafik Hubungan Sudut Datang ( $\theta_s$ ) dan Nilai *RelativeTransmittance* (FTB)[9][5].

Dari Gambar. 2.5. diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut datang matahari terhadap *PV*, maka akan semakin kecil pula nilai *relative transmittance*-nya. Juga dari *plotting* tersebut dapat disimpulkan bahwa perbedaan sudut sampai  $200^\circ$  tidak banyak berpengaruh terhadap nilai *relative transmittance*-nya[9].

## Bagian 3 Design Alat

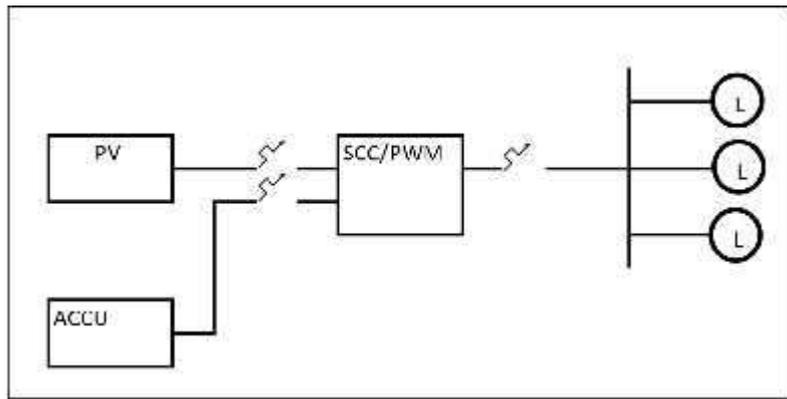
### 3.1 Design Alat

Sebelum alat dipasang dilokasi, maka semua komponen dan perangkat yang akan dipasang harus dirakit dan diuji coba terlebih dahulu. Adapun gambar total sistem yang akan dipergunakan dalam melaksanakan Abdimas ini adalah sebagaimana termaktub pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Single Line Diagram Lampu Penerangan Jalan dengan Menggunakan PLTS

Sebelum alat dipasang dilokasi, maka semua komponen dan perangkat yang akan dipasang harus dirakit dan diuji coba terlebih dahulu. Adapun gambar total sistem yang akan dipergunakan dalam pelaksanaan Abdimas ini adalah sebagaimana termaktub pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Gambar Rangkaian Total Perangkat Abdimas.

Pada rangkaian sebagaimana termaktub pada gambar 3.2., maka sistem dimulai dari Photovoltaic (PV) yang menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi gelombang listrik dengan tegangan berkisar antara 12-14 Volt. Tegangan listrik tersebut mempunyai sistem Arus searah (Direct Current/ DC). Output dari PV ini masuk ke dalam Kontroler yang dikenal dengan Solar Charge Controller (SCC). Pada SCC ini arus listrik yang keluar dari PV diatur, berapa persen masuk

ke ACCU dan berapa persen masuk ke Beban. Berikut fungsinya adalah mengatur besaran tegangan dan arus output yang akan masuk ke dalam ACCU. Jika matahari terik, maka tegangan akan naik dan arus akan naik, maka SCC akan memotong tegangannya sehingga ACCU mendapatkan suplay tegangan yang tidak besar. Sehingga tidak berbahaya untuk ACCU sendiri.

Pada Gambar 3.3. terlihat gambar Baterey atau ACCU yang dipergunakan untuk menyimpan tenaga Listrik, karena saat siang hari pemakaian bebannya terbatas, dan pada malam hari banyak beban yang beroperasi, maka tenaga listrik saat siang hari disimpan pada baterey / ACCU terlebih dahulu. Sistem ACCU yang terpasang mempunyai kapasitas 14 AH. Artinya dia mempunyai kapasitas Bisa menyuplai beban 14 A dalam waktu 1 jam. Jika bebanya hanya 7 A, maka bisa menyuplai selama 2 jam. Jika beban adalah sebesar 3,5 A, maka sistem bisa menyuplai selama 4 jam. Sedangkan sistem beban terpasang sebesar 9 A, dan dia akan bekerja mulai pukul 17.00 sd pukul 22.00 wib (selama 5 jam), maka kapasitas 14 AH akan cukup untuk menyuplai beban tersebut.



Gambar 3.3. Baterey (ACCU)

Sesudah masuk ke dalam SCC, maka outpun nya dibagi menjadi dua arah, yaitu masuk ke dalam ACCU dan yang satunya lagi ke arah Beban. SCC dapat dilihat sebagaimana pada gambar 3.4. SCC dapat dilihat sebagaimana pada Pada sistem ini SCC yang dipergunakan sebesar 30 A, dikarenakan secara perhitungan arus yang akan melewatinya tidak lebih dari 30A. Lihat Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Solar Charge Controller

Gambar Photovoltaic dapat dilihat sebagaimana pada gambar 3.5. Pada gambar tersebut nampak warna material PV nya berwarna hitam. Ini menunjukkan bahwa PV tersebut menggunakan tipe yang Mono Crystalite (MC). Tipe MC ini mempunyai kehandalan jika dibandingkan dengan tipe Poly Cristalite (PC). Kehandala dimaksud dalam hal penangkapan energi surya yang jatuh ke permukaan PV akan lebih banyak diterima jika menggunakan sistem PC.

PV sistem yang dipergunakan pada Abdimas ini adalah dengan kapasitas 100 wP. Atau jika tegangan yang merupakan

output PV adalah 12 V, maka kemampuan arusnya adalah sebesar 5 A.



Gambar 3.5. PV Mono Cristalite

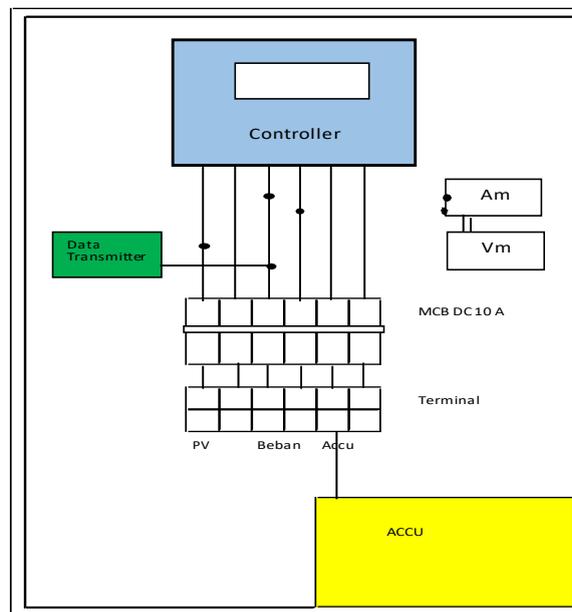
### **3.2. Design Instalasi**

Perangkat PLTS ini dipergunakan untuk menyuplai beban yang ada pada jalan desa Adapun pemasangan titik lampu saklar dan box panel adalah sebagaimana pada Gambar

3.6. Beban lampu yang dipasang adalah lampu dengan sistem DC sebesar 20 W sebanyak 3 lampu jalan.

### 3.3. Design Box Panel

Agar supaya perangkat PLTS dan kontroler nya aman dan rapi, maka dibuatlah Box Panel untuk tempat semua komponen sistem. Adapun gambar Box panel sebagaimana ada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Box Panel sistem PLTS

Adapun beberapa perangkat yang dipasang adalah panel box sistem kontrol PLTS sebagaimana pada gambar 3.7.;



Gambar 3.7. Box Panel Kontrol Tampak Dalam

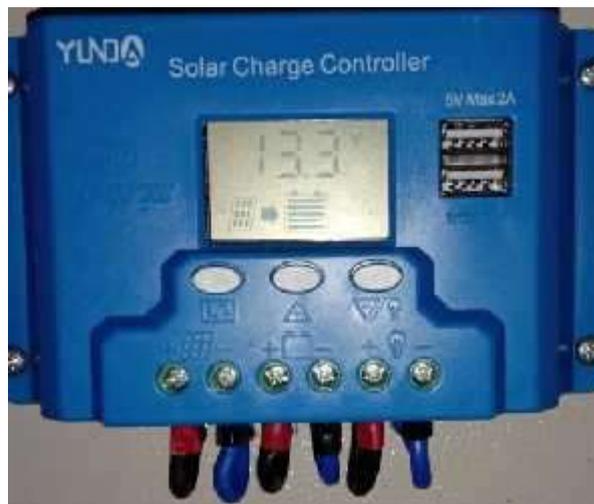


Gambar 3.8. Box Panel Kontrol Tampak Luar

Pada gambar 3.8. nampak bagian dalam box panel, disana tampak beberapa MCB, terminal dan treminal untuk pengoperasian sistem.

### 3.4. Pengetesan Sistem

Sebelum sistem diberangkatkan ke lokasi, maka dilakukan uji coba dahulu, per sistem, sistem output PV, sistem SCC, sistem pengisian baterey, sistem transmisi data dan sistem pembenanan dan alhamdulillah semua bisa dilakukan dengan baik. Adapun data hasil percobaan sistem dapat dilihat pada gambar 5.22 sampai dengan 5.24.



Gambar 3.9. Tegangan Pengisian ACCU dari PV = 13,3 Volt

Pada gambar 3.9 menunjukkan bahwa SCC memiliki fasilitas untuk mengetahui tegangan PV. Pada SCC tersebut menunjukkan bahwa tegangan PV adalah sebesar 13,3 V.



Gambar 3.10. Tegangan ACCU = 13,7 Volt

Pada gambar 3.10 menunjukkan bahwa SCC memiliki fasilitas mengetahui tegangan Accu. Pada SCC tersebut menunjukkan bahwa tegangan Accu adalah sebesar 13,7 V.



Gambar 3.11. Tegangan output SCC ke Arah Beban= 12,6 Volt

Gambar 3.11 menunjukkan SCC memiliki fasilitas untuk mengetahui tegangan kearah beban. Tegangan ke arah beban yang ditunjukkan oleh SCC tersebut adalah sebesar 12,6 V.

## **Bagian 4**

### **Pengoperasian Sistem**

#### **4.1. Pengoperasian Awal**

Pada saat semua sistem sudah terinstalasi dengan baik, maka yang dilakukan adalah:

1. Memasukkan MCB yang kearah Accu.
2. Memasukkan MCB yang kearah PV.
3. Melakukan pengukuran tegangan input dari PV yang masuk ke SCC. Pengukuran dilakukan real dari output PV dan dibandingkan dengan yang ditunjukkan oleh SCC.
4. Melakukan pengukuran tegangan Accu. Pengukuran ini dilakukan secara real pada kabel accu dan dicocokkan dengan tegangan accu yang muncul pada SCC.
5. Sesudahnya dilakukan penyetingan SCC sesuai dengan petunjuk pada bagian ke 3 buku ini.
6. Sesudahnya MCB ke arah beban dinyalakan.
7. Untuk sistem SCC lama beroperasi mensuplay beban dilakukan 5 jam terhitung dari matahari tenggelam.
8. Pada saat awal MCB PV dan MCB ACCU di onkan, tetapi MCB yang kearah beban di off kan dulu. Haal ini dilakukan selama 2 hari, agar supaya PV dapat mengisi penuh Accu. Baru setelah 2 hari silahkan di on kan MCB yang ke arah beban.

#### **4.2. Pengoperasian Normal**

1. Diperlukan pengamatan ke 7 item diatas secara berkala, di siang hari saat pengisian accu dan malam hari saat pelepasan tegangan yang mengarah pada beban.
2. Pada saat malam hari dengan beban dinyalakan semua, maka dilakukan pengamatan berapa lama beban dapat menyala dan berapa tegangan accu terakhir jika belum sampai 5 jam sudah off.

#### **4.3. Perawatan**

1. Lakukan pembersihan secara berkala permukaan PV. Dengan menggunakan kain lap kering. Hati hati jangan sampai permukaan PV pecah.
2. Lakukan pembersihan pada panel PV, baik luar maupun dalam. Ketika membersihkan bagian dalam panel, maka harus dilakukan dengan hati hati. Dikhawatirkan ada kabel terlepas atau peralatan yang tersentuh sehingga terjadi short circuit atau trip.

#### **4.4. Trouble Shooting**

##### **A. PV Tidak Dapat Masuk Ke SCC.**

- 1) Cek kabel output PV apakah keluar tegangan dengan sempurna?
- 2) Cek Konektor antara kabel PV dan yang mengarah ke SCC.
- 3) Cek tegangan masuk di terminal arah PV.

- 4) Cek MCB pada panel yang arah ke PV.

**B. Accu Tidak Dapat Diisi.**

- 1) Cek kabel output Accu apakah keluar tegangan dengan sempurna?
- 2) Cek Konektor antara kabel Accu dan yang mengarah ke SCC.
- 3) Cek tegangan masuk di terminal arah Accu.
- 4) Cek MCB pada panel yang arah ke Accu.

**C. Beban Tidak Dapat Disuplai Tegangannya.**

- 1) Cek kabel output SCC apakah keluar tegangan dengan sempurna?
- 2) Cek MCB pada panel yang arah ke Beban.
- 3) Cek tegangan masuk di terminal arah Beban.
- 4) Cek Konektor antara kabel Beban dan yang mengarah ke Beban.

**D. SCC Tidak Menyala.**

- 1) Cek koneksi antara SCC dan Accu apakah ada tegangan?
- 2) Cek terminal antara Accu dan SCC.
- 3) Cek MCB ke arah Accu.

**PERHATIAN KONEKSI PERTAMA KALI SCC HARUS  
DENGAN ACCU DAHULU BARU DENGAN PV**

## **Bagian 5**

### **Penutup**

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, maka kami mengakhiri tulisan pada buku Petunjuk pengoperasian Pembangkit listrik Tenaga Surya ini. Kami yakin masih banyak kekurangan pada buku ini, oleh karenanya kami mohon masukan dan saran yang membangun.

Mudah mudahan buku ini bermanfaat bagi masyarakat, mahasiswa, dosen dan para praktisi PLTS untuk diaplikasikan pada proses perencanaan, pemasangan dan pengetesan PLTS.

Walhamdulillahirobbil Alamiin

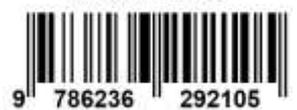
## DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Outlook Energi Indonesia 2013*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Indonesia. 2013.
- [2] Pucar, M. D., Despica, A. R., (2002). “*The Enhancement of Energy Gain of Solar Collectors and Photovoltaic Panels by The Reflection of Solar Beams*”. Amsterdam, Journal of Energi, Volume 27, Issue 3, pp. 205-223.
- [3] Youness, S., Claywell, R., and Muneer, T., (2005). “*Quality Control of Solar Radiation Data: Present Status and Proposed New Approaches*”, Amsterdam, Journal of Energi, Volume 30, Issue 9, pp. 1533-1549.
- [4] Irawan Rahardjo, Ira Fitriana, “*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia*”, Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara skala kecil, PLTN, dan energi terbarukan.
- [5] M. Rif’an, Sholeh HP, Mahfudz Shidiq; Rudy Yuwono; Hadi Suyono dan Fitriana S. “*Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya*”, Jurnal EECCIS Vol. 6, No. 1, Juni 2012

- [6] Buresh, M., (1983). “*Photovoltaic Energy System Design and Installation*”. United States of America. McGraw Hill Book Company.
- [7] Chenni, R. , Makhlouf, M., Kerbache, T., and Bouzid, A., (2007). A *Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells*. Amsterdam. *Journal of Energy*, Volume 32, Issue 9, pp. 1724-1730.
- [8] Takle, E. S., and Shaw, R. H. (2007) “*Complimentary Nature of Wind and Solar Energy at a Continental Mid-Latitude Station*”. New York. *International Journal of Energy Research*, Volume 3, Issues 2, pp. 103-112.
- [9] Luque, A., and Hegedus, S., (2003). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. New York, John Wiley & Sons, Ltd. [14] Nahar, N. M., Thanvi,
- [10] [http:// Solar Tracker - Solar.htm](http://Solar Tracker - Solar.htm)
- [11] Cheng, C. L., Chan, C.Y., and Chen, C.L., (2007), *An empirical approach to estimating monthly radiation on south-facing tilted planes for building application*, Amsterdam, *Journal of Energi*, Volume 31, Issue 14, pp. 2940-2957.

[12]Tijuana Institute of Technology and Baja California Autonomous University, Tijuana Campus, Mexico, “ *Interval Type-2 Fuzzy Logic Toolbox with MATLAB* ”, 2008.

ISBN 978-623-6292-10-5



9 786236 292105