

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 2000 Watt Menggunakan Panel Surya Polikristalin Dengan Efisiensi 18%

M Fadhil Azaki¹, Armila², Yulisman³,

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Jln. By Pass Aur Kuning No.1 Bukittinggi, Indonesia 082384929103

e-mail: faadhhiil16@gmail.com¹ kimmylala74@gmail.com² fte.umsb12@gmail.com³

Abstract

The State of Indonesia is a country that crosses the equator so that throughout the year it gets sunlight from morning to evening, regions in Indonesia can produce solar energy of 4.5 to 5.1 kWh/m². This shows that the potential to generate solar energy in Indonesia is very large, while the use of solar panels in Indonesia is still very small. Solar power plants are power plants that convert sunlight into electrical energy often also called solar cells, or solar photovoltaics, or solar energy. This design is intended to study the design system of solar power plants using polycrystalline solar panels with a capacity of 2000 watts. In this design, a circuit design is made and then assembly and testing are carried out. The result of this test the current generated by the solar panels gradually at a total load of 45.90 watts was obtained with a total of 3.8A. The average voltage obtained is 24.3V. The highest average efficiency of solar panels is obtained at 13.00 with an efficiency of 15.40% and the lowest is obtained at 10.00 with an efficiency of 12.63%. Weather conditions and time differences make the light intensity received by the panel produce varying values, output power, and temperature are different due to weather and time conditions.

Keywords: solar power plant, solar panel, polycrystalline

Abstrak

Negara Indonesia adalah negara yang dilintasi garis khatulistiwa sehingga sepanjang tahun mendapat sinar matahari dari pagi hingga sore hari, wilayah di Indonesia bisa menghasilkan energi matahari 4,5 sampai 5,1 kWh/m². Hal ini menunjukkan bahwa potensi untuk menghasilkan energi tenaga surya di Indonesia sangat besar, sementara penggunaan panel surya di Indonesia masih sangat sedikit. PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik sering juga disebut *solar cell*, atau *solar photovoltaik*, atau *solar energy*. Perancangan ini dimaksudkan untuk mempelajari sistem rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel surya polikristalin dengan kapasitas 2000 watt. Pada perancangan ini dibuat desain rangkaian lalu dilakukan perakitan dan pengujian. Hasil dari pengujian ini arus yang dihasilkan oleh panel surya secara bertahap pada beban total 45,90 watt didapatkan dengan total 3,8A. Rata – rata tegangan yang didapatkan 24,3V. Efisiensi rata – rata panel surya paling tinggi didapatkan pada jam 13.00 dengan efisiensi 15,40% dan paling rendah didapatkan pada jam 10.00 dengan efisiensi 12,63%. Keadaan cuaca dan perbedaan waktu membuat intensitas cahaya yang diterima panel menghasilkan nilai yang bervariasi, daya keluaran, dan temperaturnya berbeda dikarenakan keadaan cuaca dan waktu.

Kata Kunci: pembangkit listrik tenaga surya, panel surya, polikristalin

1. Pendahuluan

Negara Indonesia adalah negara yang dilintasi garis khatulistiwa sehingga sepanjang tahun mendapat sinar matahari dari pagi hingga sore hari, wilayah di Indonesia bisa menghasilkan energi matahari 4,5 sampai 5,1 kWh/m². Ketua umum Asosiasi Industri Perlampuan Listrik Indonesia (Aperlindo) John Manoppo menyatakan bahwa potensi energi surya di Indonesia sebesar 4,8 kWh/m². Hal ini menunjukkan bahwa potensi untuk menghasilkan energi tenaga surya di Indonesia sangat besar, sementara penggunaan panel surya di Indonesia masih sangat sedikit. Pengembangan energi terbarukan ini semakin diminati karena dianggap lebih ramah lingkungan ditambah lagi menipisnya bahan bakar fosil menjadi perhatian bagi konservasi lingkungan. Harga per kWh yang ditetapkan oleh PLN terus mengalami kenaikan secara bertahap. Pengeluaran biaya akibat pemakaian listrik juga bertambah tinggi, dan kebutuhan listrik terus meningkat menjadikan listrik salah satu kebutuhan pokok, dengan adanya pengembangan pembangkit listrik tenaga surya diharapkan bisa menjadi salah satu solusi terhadap pengeluaran yang cukup besar untuk biaya pemakaian listrik. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu energi terbarukan, disebut energi terbarukan karena energi yang dihasilkan matahari tak terbatas dan tidak akan pernah habis. PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah sinar matahari menjadi energi listrik sering juga disebut *solar cell*, atau *solar photovoltaik*, atau *solar energy*. Sinar matahari ini sudah banyak digunakan untuk pemasok energi listrik satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas. Tanpa adanya bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar, sehingga sistem sel surya ini ramah lingkungan. Instalasi pembangkit listrik tenaga surya juga semakin banyak digunakan karena masih ada daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN sehingga pembangkit listrik tenaga surya menjadi solusi untuk daerah – daerah yang sulit terjangkau oleh PLN.

Perancangan ini dimaksudkan untuk mempelajari sistem rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel surya polikristalin dengan kapasitas 2000 watt.

Mengetahui cara untuk membuat perancangan pembangkit listrik tenaga surya sistem *hybrid* dengan kapasitas 2000 watt. Adapun manfaat dari perancangan ini sebagai berikut:

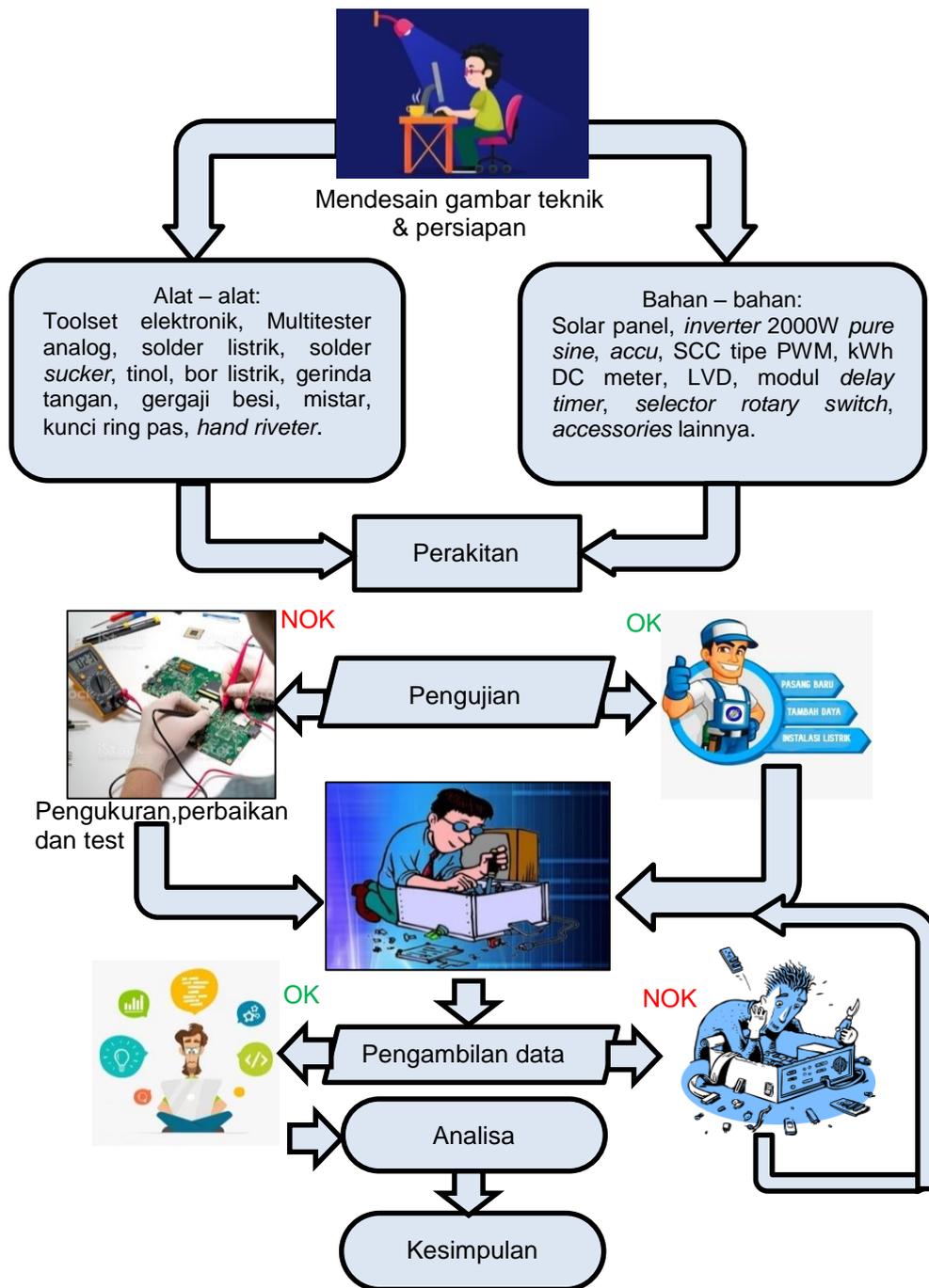
- a. Mengetahui sistem PLTS.
- b. Sebagai daya cadangan untuk rumah.

PLTS memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik DC (*Direct Current*), yang bisa diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) saat diperlukan. Meskipun sedang mendung, selama masih ada sinar matahari, maka PLTS dapat menghasilkan listrik^[1]. Pada dasarnya PLTS mencatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan *hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS – Genset, PLTS – Angin).

PLTS dengan sistem *hybrid* adalah sistem PLTS yang terhubung pada jaringan PLN dan memiliki sistem penyimpanan daya berupa baterai yang ditujukan untuk mengurangi ketergantungan pada jaringan PLN. Cadangan daya yang tersimpan dalam baterai akan digunakan saat matahari tidak bisa menyinari panel surya atau saat jaringan PLN mengalami gangguan atau bahkan mati. Sinar matahari yang dimanfaatkan oleh PLTS ini akan memproduksi listrik DC yang dapat dikonversi menjadi listrik AC apabila dibutuhkan. Dan PLTS ini akan tetap menghasilkan listrik meskipun cuaca mendung selama masih terdapat cahaya (Tjok Gd. Visnu Semara Putra, 2015).

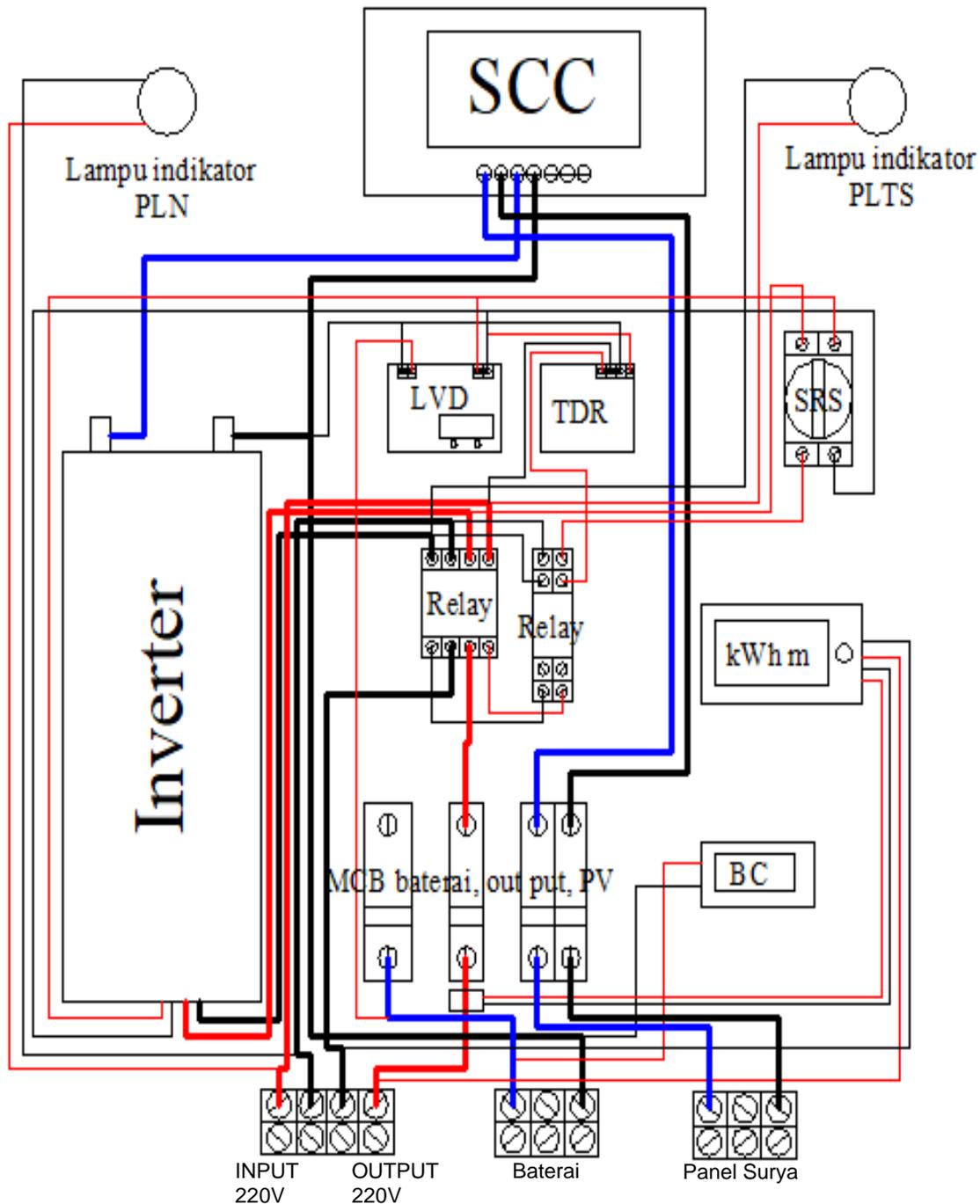
2. Metodologi

Diagram alir dari Tugas Akhir berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 2000 Watt Menggunakan panel Surya Polikristalin dengan Efisiensi 18%” dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir

Berdasarkan gambar 3.1 dapat dilihat bahwa pada tahap awal untuk perancangan ini adalah melakukan pendesainan dan persiapan, berikut ini desain pengawatan rangkaian yang akan dirangkai:



Gambar 3. 1 Desain pengawatan alat PLTS

Pada perancangan pembangkit listrik tenaga surya 2000 watt sebagai sumber energi listrik dengan sistem *hybrid* dirancang untuk menghasilkan sumber energi cadangan bagi peralatan rumah tangga. Alat – alat yang digunakan untuk melakukan perancangan ini diantaranya, *toolset* elektronik, Multitester analog, solder listrik, solder *sucker*, tinol, bor listrik, gerinda tangan, gergaji besi, mistar, kunci ring pas, *hand riveter*.

Bahan yang digunakan pada perancangan ini diantaranya, panel surya polikristalin, *inverter* 2000W *pure sine*, *accu*, SCC tipe PWM, kWh DC meter, LVD, modul *delay timer*, *Relay* tipe MKs2P koil AC dan LY2N – J, *selector rotary switch*, *accessories* lainnya.

Perakitan dilakukan dengan memasang semua komponen – komponen yang telah ditentukan untuk menghasilkan PLTS 2000W dengan sistem *hybrid* sesuai seperti desain yang sudah dirancang pada gambar 3.1 dan disusun sedemikian rupa agar komponen – komponen tersusun secara sistematis dan lebih rapi.

3. Hasil dan Pembahasan

Standar tegangan dan arus pengecasan *accu* adalah 10 – 15% dari kapasitasnya. *Accu* yang digunakan adalah *accu* 24VDC kapasitas 70A. Untuk besar arus yang akan digunakan adalah:

$$\text{Arus 10\%: } \frac{10}{100} \times 70A = 7A \quad (3.1)$$

$$\text{Arus 15\%: } \frac{15}{100} \times 70A = 10,5A \quad (3.2)$$

Rentang penggunaan arus yang baik untuk pengecasan yaitu dari 7 – 10,5A. Untuk tegangan pengecasan *accu* 24V adalah:

$$\text{Tegangan 10\%: } \frac{10}{100} \times 24V = 2,4V \quad (3.3)$$

$$\text{Tegangan 15\%: } \frac{15}{100} \times 24V = 3,6V \quad (3.4)$$

Maka tegangan pengecasan *accu* agar kondisi *accu* tidak berlebih daya pengecasan dan tidak kekurangan daya pengecasan antara 26,4 – 27,6V. Berikut data pengisian:

Tabel 3. 1 Data pengisian dan tegangan *accu*

Tegangan <i>accu</i> (V)	Pengisian <i>accu</i> (%)	$\frac{\%}{100} \times 24V$	Tegangan pengisian (V)
24	10,0	2,40	26,40
24	10,5	2,52	26,52
24	11,0	2,64	26,64
24	11,5	2,76	26,76
24	12,0	2,88	26,88
24	12,5	3,00	27,00
24	13,0	3,12	27,12
24	13,5	3,24	27,24
24	14,0	3,36	27,36
24	14,5	3,48	27,48
24	15,0	3,60	27,60

Maka tegangan pengecasan *accu* agar kondisi *accu* tidak berlebih daya pengecasan dan tidak kekurangan daya pengecasan antara 26,4 – 27,6V. Berikut data pengisian *accu* sesuai tegangan standarnya 10 – 15%. Untuk pengisian *accu* digunakan tegangan 13% dari kapasitas *accu* itu sendiri.

Tabel 3. 2 Data pengisian tanpa beban

Waku	Kapasitas Aki	Tegangan Pegecasan	Terisi	Tegangan PV
11.00 - 11.15	10%	24,7V	25%	198V
11.15 - 11.30	25%	24,7V	50%	200V
11.30 - 11.45	50%	24,7V	65%	200V
11.45 - 12.00	65%	24,7V	80%	206V
12.00 - 12.15	80%	24,7V	90%	206V
12.15 - 12.30	90%	24,7V	100%	206V

Pengujian ini dilakukan tidak diberi beban untuk menghitung waktu berapa lama pengecasan yang dibutuhkan untuk mengisi *accu*.

Tabel 3. 3 Data pengujian dengan beban 5W

Waktu	% Aki	Tegangan Pegecasan	Tegangan PV	Cuaca
10.00	100%	24,2V	193V	Mendung
10.30	73%	24,0V	190V	Mendung
11.00	57%	24,0V	190V	Mendung
11.30	46%	24,8V	196V	Berawan
12.00	30%	24,5V	193V	Berawan
12.30	14%	24,1V	190V	Berawan
13.00	8%	24,0V	190V	Berawan

Pengujian dengan beban 5W dapat dilihat pada tabel 3.3 terjadi pengurangan persentase kemampuan *accu* \pm 25% setiap 30 menit, pada saat persentase *accu* di 10% PLN sudah *membackup* beban.

Tabel 3. 4 Data pengujian dengan beban 15W

Waktu	% Aki	Tegangan Pegecasan	Tegangan PV	Cuaca
13.00	100%	24,0V	197V	Berawan
13.30	63%	23,9V	190V	Mendung
14.00	46%	24,0V	192V	Mendung
14.30	14%	24,0V	186V	Mendung
15.00	0%	23,6V	186V	Mendung

Pengujian dengan beban 15W dapat dilihat pada tabel 3.4 terjadi pengurangan persentase kemampuan *accu* \pm 40% setiap 30 menit, pada saat *accu* mencapai 10%, PLN sudah langsung *membackup* beban sehingga listrik yang mengalir ke beban tidak terputus.

Tabel 3. 5 Data pengujian dengan beban 45W

Waktu	% Aki	Tegangan Pegecasan	Tegangan PV	Cuaca
12.00	100%	24,2V	207V	Cerah
12.30	57%	24,0V	196V	Berawan
13.00	25%	23,8V	195V	Berawan
13.15	0%	23,9V	195V	Berawan

Pengujian dengan beban 45W dapat dilihat pada tabel 3.5 terjadi pengurangan persentase kemampuan *accu* \pm 40% setiap 30 menit, dan *accu* mengalami *drop* atau mengalami pengosongan tegangan *accu* secara spontan dan langsung di *backup* oleh PLN.

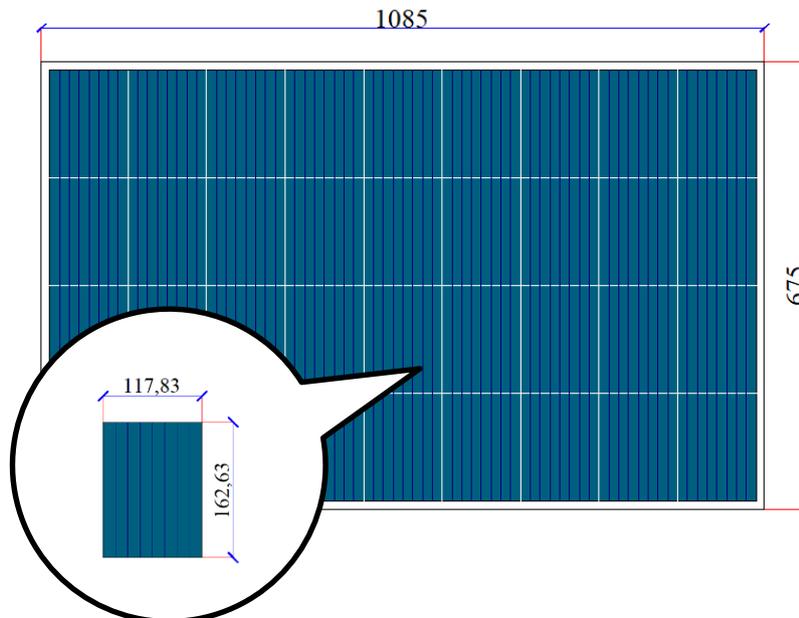
Tabel 3. 6 Data pengujian dengan beban 90 W

Waktu	% Aki	Tegangan Pengecasan	Tegangan PV	Cuaca
14.00	90%	24,5V	200V	Berawan
14.30	0%	19,7V	198V	Mendung

Pengujian dengan beban 90W dapat dilihat pada tabel 3.6 terjadi pengurangan persentase kemampuan *accu* 100%, *accu* mengalami *drop* dikarenakan tegangan pengecasan berkurang karena cuaca yang berubah mendung dan PLN langsung *membackup* disaat berkurangnya tegangan pengecasan *accu*.

3.1 Data

Untuk penghitungan efisiensi panel surya dimensi sel surya harus diketahui terlebih dahulu, berikut ini dimensinya.



Gambar 4. 1 Dimensi panel surya 120Wp

Rumus menghitung jumlah *Cell*: **VOC** (Tegangan rangkaian terbuka) dibagi (:) **0,6** (standar tegangan silikon)

- VOC = 21: 0,6 = 35 (120 Wp yang digunakan 36 *cell*)

Cara menghitung efisiensinya:

Panjang : **1085 mm**

Lebar : **675 mm**

Ubah ke meter (m) jadi:

Panjang: **1,085 m**

Lebar : **0,675 m**

1,085 x 0,675 = 0,732375 m

Tegangan operasi optimal (**Vmp**) dikalikan (**x**) dengan arus operasi optimal (**Imp**) agar tahu apa benar 120 Wp ini memiliki daya 120 Watt:

Vmp 120 Wp : **17,8**

Imp 120 Wp : **6,86**

$17,8 \times 6,86 = 122,108$ WattPeak (Wp)

Rumus Efisiensi Panel = Luas dibagi (:) **Watt** dikalikan (**x**) **100** utk dijadikan persen (%).

$122,108 : 0,732375 = 166,728$ dikalikan (**x**) 100 = 16,67%

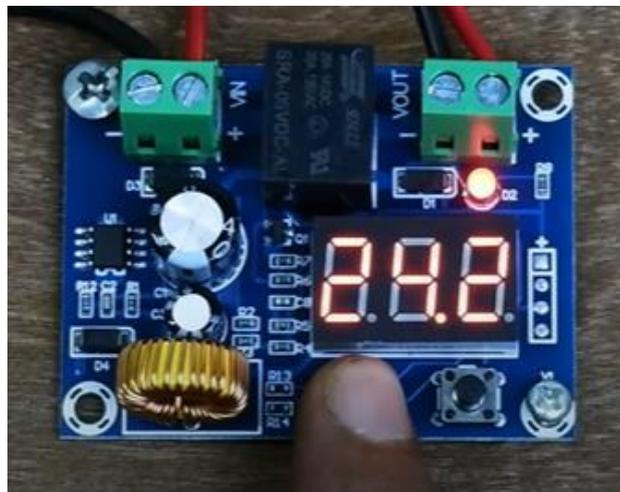
3.2 Data Tegangan Pengisian

Tabel 4. 1 Hubungan tegangan panel surya dengan sistem pengisian

% Aki	Tegangan			Waktu	Terisi	Cuaca
	SCC	Pengecasan	PV			
10%	24,5 V	24,7 V	198 V	11.00 - 11.15	25%	Berawan
25%	24,4 V	24,6 V	196 V	11.15 - 11.30	50%	Berawan
50%	24,3 V	24,8 V	200 V	11.30 - 11.45	65%	Cerah
65%	24,3 V	24,5 V	191 V	11.45 - 12.00	80%	Mendung
80%	24,3 V	24,6 V	193 V	12.00 - 12.15	90%	Mendung
90%	24,2 V	24,5 V	193 V	12.15 - 12.30	100%	Mendung

3.3 Data Tegangan Minimal LVD

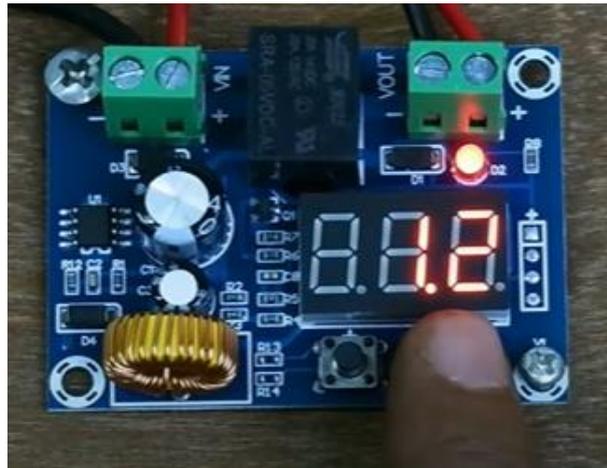
LVD minimum diatur pada 24,2V DC yang artinya saat tegangan *input* kecil dari 24,2V maka LVD memberikan *trigger* ke *relay* untuk memindahkan sistem pengecasan ke PLN.



Gambar 4. 2 Tegangan minimum LVD

3.4 Data Tegangan Histerisis LVD

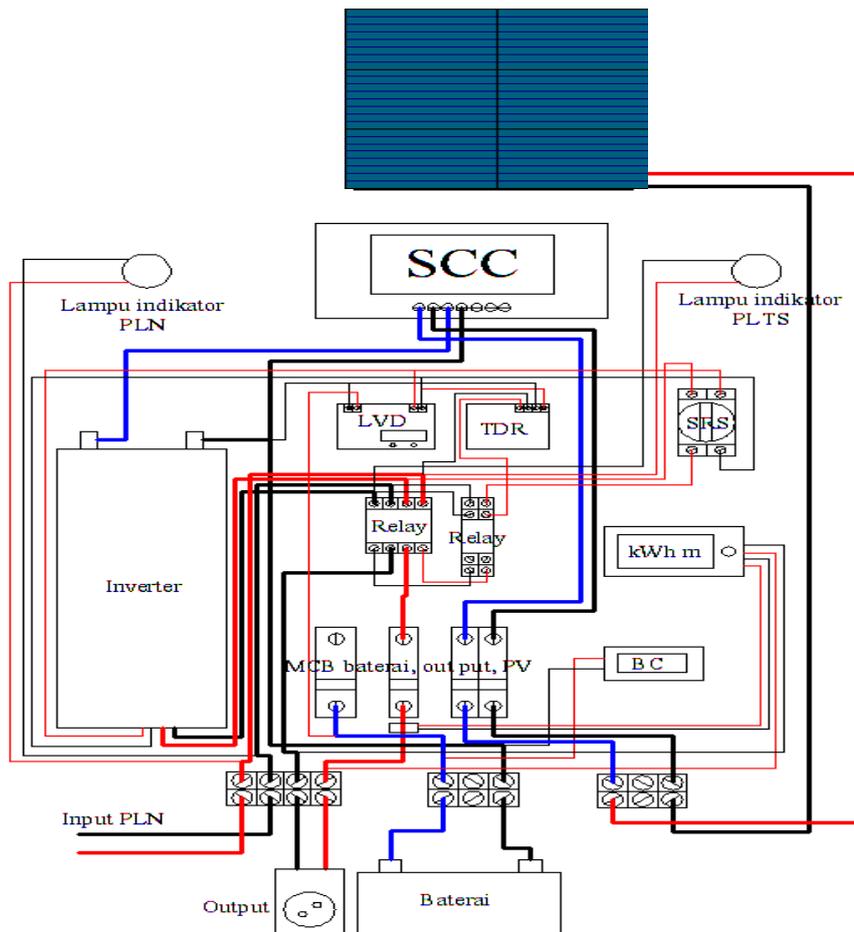
Tegangan histerisis diatur pada 1,2V, dimana sistem pengecasan di pindahkan ke panel surya saat tegangannya mencapai $\geq 25,4V$.



Gambar 4. 3 Tegangan histeris LVD

3.5 Analisa

Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga surya 2000 watt secara teknis dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 4 Wiring diagram PLTS 2000 Watt

Pada gambar diatas menjelaskan bahwa panel surya mengkonversi sinar matahari atau radiasi matahari menjadi energi listrik dengan kapasitas maksimal 200W pada saat *Voltage at Pmax* (VMP) 17,5V, *Current at Pmax* (IMP) 5,71A, energi yang dikonversikan tadi masuk ke *Solar Charge Controller* (SCC) dan *Low Voltage Disconnect Protection* (LVD).

SCC berguna sebagai pengatur tegangan dan arus untuk pengisian *accu*, agar tidak terjadi kelebihan pengisian *accu* atau *over charging* yang bisa mengakibatkan kerusakan pada *accu* maupun panel surya, pada saat ini LVD akan bekerja dimana LVD mempunyai prinsip kerja sebagai *control change over system charging* ketika tegangan atau arus panel surya *drop* atau tidak disinari matahari pada saat ini terjadi LVD memberikan sinyal pada *relay* untuk pengubahan arus kelistrikan ke PLN jika *accu* lemah atau mencapai batas minimal penggunaan yang sudah diatur di angka <27,12V, dan pengisian akan dilakukan oleh PLTS pada saat PLTS menerima sinar matahari dan menghasilkan tegangan $\geq 25,4V$. Karena PLTS sangat bergantung pada sinar matahari jadi pada saat cuaca buruk atau pada malam hari listrik dipindahkan ke PLN secara otomatis.

Pada saat cuaca buruk dan matahari tidak bisa mengoptimalkan kerja panel surya dan listrik PLN juga mati, maka listrik yang tersimpan pada *accu* akan digunakan untuk listrik cadangan, pada saat seperti ini ketahanan *accu* tergantung pada beban yang digunakan, kapasitas *accu*, efisiensi unit, *state of charge* (SOC) dan *state of health* (SOH) *accu*.

Tegangan dari *accu* yang masuk ke inverter melalui MCB DC sebagai pengaman dari korsleting pada *inverter*. Kabel positif dari *output* terhubung ke kWh sebagai acuan pengukur arus, tegangan dan energi yang digunakan *inverter*, melalui penurunan tegangan, yang terbaca oleh kWh DC meter.

4. Kesimpulan

1. Hasil analisa arus yang dihasilkan oleh panel surya secara bertahap pada beban total 45,90 watt didapatkan dengan total 3,8A pada saat pengisian tidak dihubungkan.
2. Rata – rata tegangan yang dihasilkan panel surya pada hari pengujian didapatkan 24,3V.
3. Efisiensi rata – rata panel surya paling tinggi didapatkan pada jam 13.00 dengan efisiensi 15,40% dan paling rendah didapatkan pada jam 10.00 dengan efisiensi 12,63%.
4. Keadaan cuaca dan perbedaan waktu membuat intensitas cahaya yang diterima panel menghasilkan nilai yang bervariasi, daya keluaran, dan temperaturnya berbeda dikarenakan keadaan cuaca dan waktu.

Daftar Pustaka

- [1] Wibowo, B. (2019). Pedoman Prototipe Energi Terbarukan Tenaga Surya Di Puskesmas.
- [2] Alifyanti, D. F., & Tambunan, J. M. Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 1000 Watt. Jurnal Kajian Teknik Elektro , 1 (1).
- [3] Solar Cell Panel termuat di <https://www.sanspower.com/jenis-jenis-panel-surya-yang-bagus.html>.
- [4] Nelson, J. (2003). The Physics Of Solar Cells.
- [5] Eugene.C ; Hanapi,Gunawan. Drs.Ir.(1993). Mesin dan Rangkaian Listrik. Edisi Keenam. ITB. Bandung
- [6] Listiyarini, R. 2018. Dasar Listrik dan Elektronika. Yogyakarta: Deepublish Publisher
- [7] Ponto, H. 2018. Dasar Teknik Listrik. Yogyakarta : Deepublish Publisher.