

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh hampir seluruh negara didunia. Hal ini mengingat energi merupakan salah satu faktor utama bagi terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara. Permasalahan energi menjadi semakin kompleks ketika kebutuhan yang meningkat akan energi seluruh negara di dunia untuk menopang pertumbuhan ekonominya justru membuat persediaan cadangan energi konvensional menjadi semakin sedikit. Kebutuhan yang meningkat terhadap energi juga pada kenyataannya bertabrakan dengan kebutuhan umat manusia untuk menciptakan lingkungan yang bersih dan bebas dari polusi. Berbagai pertimbangan ini menuntut perlunya dikembangkan sumber energi alternatif yang dapat menjawab tantangan di atas tersebut. Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya yang sangat besar. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan. Sel surya adalah salah satu teknologi utama dalam mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Namun, efisiensi daya produksi sel surya dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah lamanya penyinaran matahari. Oleh karena itu, penting untuk memahami bagaimana efisiensi daya dari panel sel surya dipengaruhi lamanya penyinaran matahari, khususnya pada sistem tenaga surya dengan kapasitas 10 Kwp.

Kajian tentang efisiensi daya panel sel surya dan hubungannya dengan lama penyinaran matahari merupakan bidang penelitian penting di bidang energi terbarukan. Sel surya, juga dikenal sebagai sel fotovoltaik (PV) adalah perangkat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Efisiensi sel-sel ini bergantung pada beberapa faktor, termasuk intensitas dan durasi sinar matahari yang mereka terima.

Durasi penyinaran matahari, atau lamanya cahaya matahari menyinari panel surya, merupakan variabel penting dalam menentukan keluaran daya panel. Seiring dengan berkurangnya durasi sinar matahari, output daya panel juga akan berkurang. hubungan ini penting

untuk mengoptimalkan desain dan penempatan panel surya untuk memaksimalkan keluaran daya dan efisiensinya.

Memahami hubungan antara durasi penyinaran matahari dan efisiensi daya panel surya sangat penting untuk meningkatkan adopsi energi matahari sebagai sumber listrik yang andal dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh lamanya waktu penyinaran matahari terhadap efisiensi daya panel solar cell pada PLTS 10 KWp?
2. Berapakah efisiensi daya panel solar cell pada PLTS 10 KWp pada waktu penyinaran matahari yang berbeda?
3. Bagaimanakah cara melakukan analisis efisiensi daya panel solar cell pada PLTS 10 KWp?
4. Apa saja faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi daya panel solar cell pada PLTS 10 KWp?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh lamanya penyinaran matahari terhadap efisiensi daya panel solar cell pada PLTS 10 Kwp
2. Untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi daya panel solar cell pada system PLTS 10 KWp

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi tentang efisiensi panel solar cell : hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi tentang seberapa efektif panel solar cell bekerja saat terpapar oleh sinar matahari dan seberapa besar pengaruh lamanya penyinaran matahari terhadap efisiensinya.

2. Mengoptimalkan penggunaan panel solar cell : hasil dari penelitian ini akan membantu mengoptimalkan penggunaan panel solar cell dan memastikan bahwa panel tersebut bekerja dengan efisien dan optimal sepanjang waktu.
3. Menjadi bahan referensi bagi pengembang panel solar cell : hasil dari penelitian ini dapat menjadi bahan referensi bagi pengembang panel solar cell yang lebih efisien dan dapat bekerja dengan optimal dalam jangka waktu yang lebih lama.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Hanya membahas tentang analisis efisiensi daya, tidak membahas pembuatan PLTS dan Panel solar cell.
2. Tidak membahas tentang sensor, baterai dan inverter.

1.6. Metodologi Pemecah Masalah

Metodologi penulisan yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan pengamatan dan pengukuran lamanya penyinaran matahari pada PLTS 10 Kwp
2. Melakukan pengukuran efisiensi daya panel solar cell
3. Menganalisis data dan membuat perbandingan antara lamanya penyinaran matahari dan efisiensi daya panel solar cell.

1.7 Sistematika Penulisan

Bab I : Pendahuluan

- 1.1 Latar Belakang
- 1.2 Perumusan Masalah
- 1.3 Tujuan Penelitian
- 1.4 Manfaat Penelitian
- 1.5 Batasan Masalah
- 1.6 Metodologi Pemecah Masalah
- 1.7 Sistematika Penulisan

Bab II : Landasan Teori

- 2.1 Tinjauan Pustaka

2.2 Landasan Teori

2.3 Energi Matahari

Bab III : Metodologi Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu

3.2 Studi Literatur

3.3 Alat dan Bahan

3.4 Prosedur Penelitian

3.5 Pengambilan Data

3.6 Rangkaian Pengambilan Data PLTS

3.7 Rangkaian Panel Surya Seri-Paralel pada PLTS 10 KWp

3.8 Flowchart

Bab IV : Hasil dan Pembahasan

1.3 Hasil Penelitian

1.4 Pembahasan Hasil

Bab V : Kesimpulan dan Saran

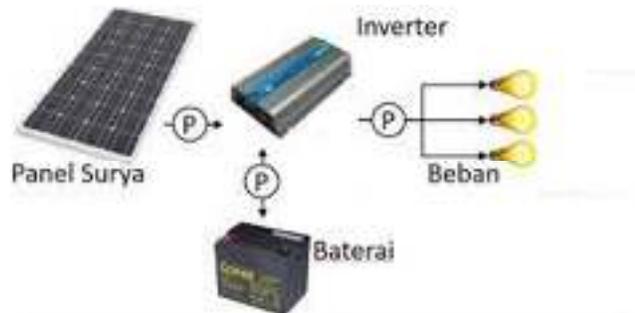
5.1 Kesimpulan

5.2 Saran

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada pembahasan bab 2 (dua) ini akan membahas tentang komponen – komponen berupa Panel Solar Cell, Baterai dan Inverter. Dimana Panel Solar Cell adalah pusat penyerapan sinar matahari, baterai sebagai tempat penyimpanan daya dan inverter sebagai pengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC).



Gambar 2.1 Blok Diagram PLTS Off Grid

Sumber : Sapto, 2009

Berikut adalah penjelasan dari beberapa komponen di bawah ini:

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Panel Solar Cell

1. Pengertian Panel Solar Cell (Panel Surya)

Panel Surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Pemusatan energi surya menggunakan sistem lensa atau cermin dikombinasikan dengan sistem pelacak untuk memfokuskan energi matahari ke satu titik untuk menggerakkan mesin kalor. Sel surya atau sel fotovoltaik adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Dibuat pertama kali pada tahun 1883 oleh Charles Fritts. [2]



Gambar 2.2 Panel Surya

2. Jenis – jenis Panel Surya

Jenis – jenis Panel Surya, yaitu:

a. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. 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. [6]



Gambar 2.3 Panel Surya Monokristal

Sumber : SolarICA, 2018

b. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah. [6]

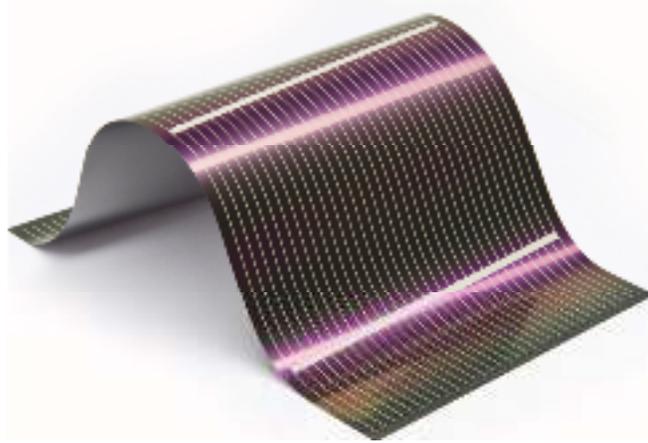


Gambar 2.4 Panel Surya Polikristal

Sumber : SolarICA, 2018

c. Thin Film Photovoltaic

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polykristal. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara. [6]



Gambar 2.5 *Thin Film Photovoltaic*

Sumber : Roy, 2021

Berdasarkan materialnya, panel surya ini digolongkan menjadi 3, yaitu:

➤ Amorphous Silicon (a-Si)

Panel surya dengan bahan *Amorphous Silicon* ini awalnya banyak diterapkan pada perangkat kalkulator dan jam tangan. Namun seiring dengan perkembangan zaman, penerapannya menjadi semakin luas. Dengan teknik pembuatannya yang disebut "*stacking*(susun lapis)", dimana beberapa lapis *Amorphous Silicon* ditumpuk membentuk panel surya dan akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

➤ Cadmium Telluride (CdTe)

Panel surya jenis ini mengandung bahan *Cadmium Telluride* yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari panel surya *Amorphous Silicon*, yaitu 9% - 11%.

➤ Copper Indium Gallium Selenide (*CIGS*)

CIGS memiliki efisiensi tinggi paling dibandingkan dengan kedua jenis panel surya *thin film* yang lain, yaitu 10% - 12%. Selain itu panel surya jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada sel surya CdTe. Teknologi pembuatan panel surya *thin film* ini masih baru, masih banyak kemungkinan peningkatan dimasa mendatang. Harga produksi yang murah serta bentuknya yang tipis, ringan dan fleksibel sehingga dapat dilekatkan pada berbagai bentuk permukaan.[6]

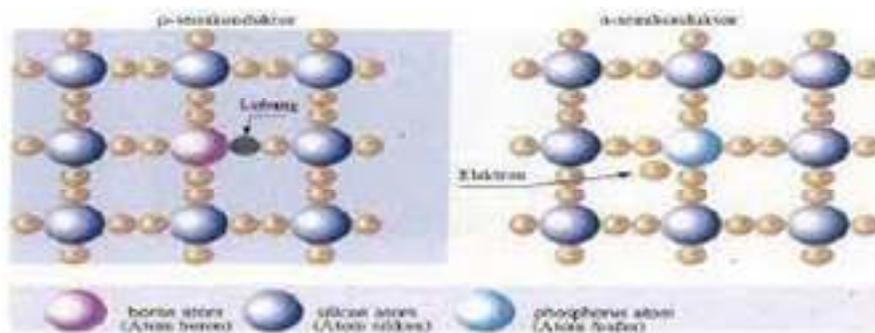
3. Prinsip Kerja Panel Surya

Panel surya terbuat dari bahan semi konduktor yang tersusun dari lapisan tipe n dan tipe p. Lapisan tipe p dan lapisan tipe n yang bertemu akan menciptakan P – N junction. Prinsip kerja panel surya dapat dijelaskan sebagai berikut:

Semikonduktor

Elektron pada pita terluar dari sebuah atom menentukan bagaimana sebuah atom akan beraksi atau bergabung dengan atom tetangga, pita terluar disebut pita valensi. Beberapa electron pita valensi dapat melompat ke pita yang lebih tinggi dan jauh berpisah dari inti. Elektron tersebut bertanggung jawab untuk konduksi panas dan listrik, dan pita terjauh ini disebut pita konduksi. Perbedaan energy dari sebuah elektron pada pita valensi dan subkulit terdalam pita konduksi disebut celah pita (band gap).

Silikon memiliki empat elektron pada pita valensi. Atom silikon murni membentuk struktur yang stabil dan masing-masing atom berbagi dua elektron dengan setiap atom disekitarnya. Jika fosfor yang memiliki lima elektron valensi (satu lebih banyak dari Si), digunakan sebagai campuran dalam silikon maka material yang dibentuk akan memiliki kelebihan elektron meskipun netral. Bahan yang didoping seperti ini disebut silikon tipe n. Jika silikon didoping (dicampur) dengan boron, yang memiliki tiga elektron valensi (satu lebih sedikit dari Si), maka ada lubang positif (hilang elektron) dalam strukturnya, meskipun material yang didoping adalah netral. Materi tersebut disebut silikon tipe p. Dengan demikian, semikonduktor tipe n dan p memudahkan elektron dan lubang untuk bergerak di semikonduktor. Gambar 2.6 menunjukkan konduksi ekstrinsik atom silikon.

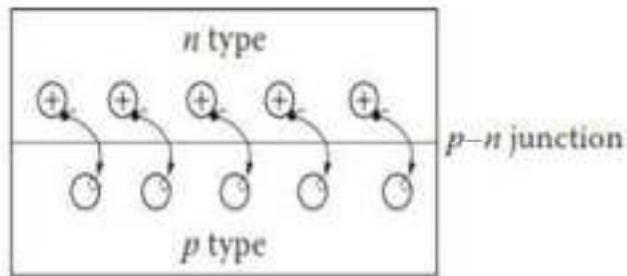


Gambar 2.6 kondisi ekstrinsik didalam silikon dengan doping n dan p

Sumber : Junaedi, 2021

P – N Junction

Bahan tipe n memiliki beberapa atom pengotor dengan elektron lebih banyak dari atom semikonduktor lainnya. Jika elektron berlebih dilepas, atom pengotor dan lebih sesuai secara merata pada struktur yang dibentuk oleh atom semikonduktor. Oleh karena itu, atom-atom ini memiliki lubang yang bisa menampung elektron berlebih meskipun atom bermuatan netral. Jika penambahan elektron dilakukan untuk mengisi lubang, atom pengotor akan lebih sesuai secara merata pada struktur yang dibentuk oleh atom semikonduktor utama namun atom tersebut akan bermuatan negatif. Hubungan lapisan p dan lapisan n ditunjukkan oleh gambar 2.7

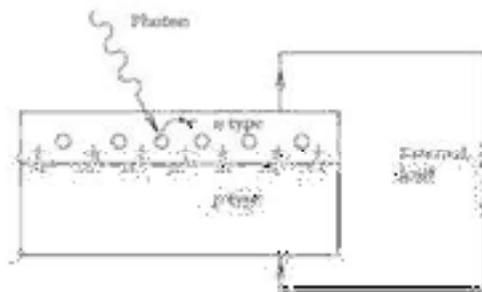


Gambar 2.7 P – N Junction

Sumber : Junaedi, 2021

Dari gambar 2.7 dapat dilihat ketika kedua bahan bergabung, elektron berlebih melompat dari lapisan n untuk mengisi lubang di lapisan p. Oleh karena itu di dekat sambungan materi memiliki muatan positif pada sisi n dan muatan negatif pada sisi p. Muatan negatif di sisi p membatasi pergerakan elektron tambahan dari sisi n ke sisi p, sementara pergerakan elektron tambahan dari sisi p ke sisi n menjadi lebih mudah karena muatan positif pada sambungan ada pada sisi n. Pembatasan ini membuat p-n junction berperilaku seperti dioda.

Efek photovoltaic ketika foton dari cahaya diserap oleh elektron valensi sebuah atom, energi elektron meningkat sesuai dengan jumlah energi dari foton. Perpindahan elektron dikarenakan foton ditunjukkan oleh gambar 2.8.



Gambar 2.8 Perpindahan Elektron pada P-N Junction

Sumber: Junaedi, 2021

Jika energi foton tersebut sama dengan atau lebih besar dari celah pita semikonduktor, elektron akan melompat ke pita konduksi. Namun jika energi foton lebih kecil dari celah pita, elektron tidak akan memiliki energi yang cukup untuk melompat ke pita konduksi. Akibatnya kelebihan energi dari elektron diubah menjadi energi kinetik oleh elektron, yang mengakibatkan suhu meningkat. Foton hanya dapat membebaskan satu elektron meskipun energi foton jauh lebih tinggi dari celah pita. Inti dari pemanfaatan efek photovoltaik untuk pembangkitan listrik adalah untuk menyalurkan elektron bebas melalui resistansi eksternal sebelum elektron bergabung kembali ke lubang.[9]

4. Faktor – faktor yang mempengaruhi Kinerja Panel Surya

Kinerja dari suatu panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Berikut ini adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari panel surya.

a. Temperatur Lingkungan

Temperatur lingkungan sangatlah berpengaruh pada tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperaturnya tetap normal(yaitu pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal akan menurunkan nilai tegangan. Setiap kenaikan temperatur panel surya 10°Celsius dari 25°C akan mengurangi sekitar 0,4 % dari total tegangan yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat pada kenaikan temperatur panel per 100 °C.

b. Intensitas Cahaya Matahari

Arus yang dihasilkan panel surya sangatlah bergantung pada intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaannya. Semakin besar intensitas cahaya matahari, maka semakin besar arus yang dihasilkan.

c. Kondisi Angin

Semakin besar angin yang bertiup disekitar panel maka akan membantu menurunkan suhu permukaan panel surya, sehingga tegangan keluaran dapat terjaga.

d. Keadaan Cuaca

Keadaan cuaca seperti berawan, mendung, berkabut, hingga tingkat kelembapan dan kondisi lainnya akan mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. [7]

5. Perhitungan P_{in} , P_{out} , dan Efisiensi pada Panel surya [8]

a. Besar energi surya yang datang (P_{in})

Besar energi surya yang datang dapat dilakukan dengan perhitungan intensitas cahaya matahari yang masuk (P_{in}) yaitu:

$$P_{in} = I \times A_{panel} \quad (2.1)^8$$

Dimana :

P_{in} = Energi/daya masuk ke panel surya

A_{panel} = Luas permukaan panel

I = Intensitas radiasi matahari

b. Besar energi yang dihasilkan panel surya (P_{out})

Besar energi yang dihasilkan dari panel surya (P_{out}) dapat diukur dengan voltase dan arus keluaran panel surya, sehingga energi yang dihasilkan merupakan daya keluaran dari panel surya, dapat dicari dengan rumus :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \quad (2.2)^8$$

Dimana :

P_{out} = Energi/daya keluaran ke panel surya

V_{oc} = Rata rata daya

I_{sc} = Kuat arus

c. Besar efisiensi panel surya

Besar efisiensi yang terjadi pada panel surya yaitu perbandingan antara daya yang dapat dibangkitkan oleh panel surya dengan energi input yang dapat diperoleh dari sinar matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi pada pengambilan data. Perhitungan efisiensi adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.3)^8$$

Dimana :

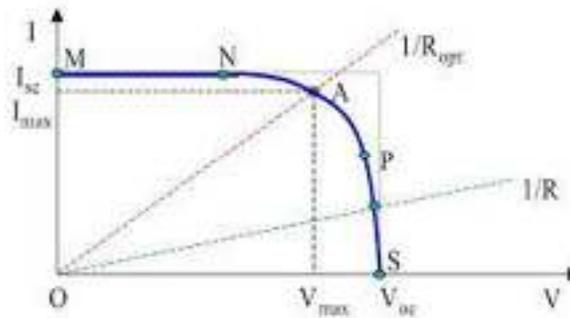
P = Daya

P_{in} = Energi/daya masuk ke panel surya

P_{out} = Energi/daya keluaran ke panel surya

6. Karakteristik Panel Surya

Panel surya adalah sebuah alat non-linear, sehingga untuk memahami karakteristiknya digunakan suatu grafik. Sifat elektrik dari panel surya dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda - beda. Karakteristik panel surya terdiri dari kurva arus-tegangan dan kurva daya-tegangan[2]



Gambar 2.9 Kurva Arus Tegangan Panel Surya

Sumber : Cristoni, 2021

Gambar diatas menunjukkan ketika sel dihubungkan dengan beban (R). Beban memberi hambatan sebagai garis linear dengan garis $I/V = 1/R$. Hal tersebut menunjukkan daya yang didapat bergantung pada nilai resistansi. Jika R kecil maka sel beroperasi pada daerah kurva MN, dimana beroperasi sebagai sumber arus yang konstan atau arus *short circuit* (I_{sc}). Pada sisi lain jika R besar, sel beroperasi ada daerah PS, dimana sel beroperasi sebagai sumber tegangan yang konstan atau tegangan *open circuit* (V_{oc}). Jika dihubungkan dengan hambatan optimal R_{out} berarti sel surya menghasilkan daya maksimal dengan tegangan maksimum (V_{max}) dan arus maksimum (I_{max}). [6]

2.2.2. Baterai

Baterai pembangkit listrik tenaga matahari pada umumnya hanya aktif pada saat siang hari (pada saat sinar matahari ada). Sehingga untuk keperluan malam hari solar cell tidak dapat digunakan. Untuk mengatasi hal tersebut, maka energi yang dihasilkan solar cell pada siang hari disimpan sebagai energi cadangan pada saat matahari tidak tampak. Untuk menyimpan energi tersebut dipakai suatu baterai sebagai penyimpanan muatan energi. Baterai digunakan untuk sistem pembangkit tenaga listrik matahari mempunyai fungsi yang ganda.



Gambar 2.10 Baterai Lithium 24 volt

Di suatu sisi baterai berfungsi sebagai penyimpanan energi, sedang disisi lain baterai harus dapat berfungsi sebagai satu daya dengan tegangan yang konstan untuk menyuplai beban. Menurut penggunaan baterai dapat diklasifikasikan menjadi:

- a. Baterai Primer Baterai primer hanya digunakan dalam pemakaian sekali saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.
- b. Baterai Sekunder Baterai sekunder adalah baterai yang dapat digunakan kembali dan kembali dimuati.

Pada waktu pengisian baterai elektroda dan elektrolit mengalami perubahan kimia, setelah baterai dipakai, elektroda dan elektrolit dapat dimuati kembali, kondisi semula setelah kekuatannya melemah yaitu dengan melewati arus dengan arah yang berlawanan dengan pada saat baterai digunakan. Pada saat dimuati energi listrik diubah dalam energi kimia. Jadi, dapat kita ketahui bahwa fungsi baterai pada rancangan pembangkit tenaga surya ini adalah untuk menyimpan energi yang dihasilkan solar cell pada siang hari, tujuannya adalah untuk menyimpan energi listrik cadangan ketika cuaca mendung atau hujan serta pada malam hari. Dengan demikian dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan. Baterai yang digunakan adalah jenis asam timbal (baterai basah) yang dapat diisi ulang cairan kimia dan energi listrik[5].

2.2.2.1 Metode Pengisian Baterai

1. Cycle Charging

Pengisian baterai dengan metode ini yaitu dengan cara pengisian kembali baterai setelah pengosongan sebagian atau normal. Untuk pengisian ini biasanya diperlukan waktu 5 hingga 10 jam tergantung dari arus pengisiannya. Jika misalnya pengosongan baterai sebesar 90%, maka

baterai harus diisi kembali hingga kembali penuh. Arus yang dibutuhkan untuk metode pengisian ini dengan arus tetap, antara 20-25A setiap 100Ah dari kapasitas baterai. Besar arus pengisian ini secara perlahan sampai akhir pengisian yaitu sampai 80-85%. Jika pengisian telah selesai, maka pengisian dihentikan dengan cara manual atau otomatis.

2. *Boost and Quick Charging*

Pengisian dengan metode *Boost and Quick Charging* dilakukan dengan pengisian dengan waktu yang singkat. Arus yang disuplai ke baterai tidak boleh melebihi kapasitas Ah pada spesifikasinya. Untuk menjaga dari keadaan *over charging*, biasanya alat yang digunakan dalam metode ini akan langsung memberhentikan pengisian pada saat baterai mencapai suhu tinggi, dan alat yang digunakan yaitu menggunakan pengisi baterai otomatis.

3. *Floating Charging*

Pengisian baterai dengan metode ini yaitu dengan cara baterai secara terus menerus tersambung dengan alat pengisiannya dan beban. *Charger* yang dipakai menjaga tegangan konstan dalam mensuplai baterai yang tersambung ke beban. Jika baterai diisi, otomatis arus yang besar dialirkan untuk mengisi kembali baterai tersebut harus cukup untuk mengembalikannya kepada keadaan normal. Oleh karena itu, perlu diperhatikan tegangan keluaran dari *charger* harus mempunyai tegangan keluaran minimal yang cukup untuk pengisian.

Pengoperasian baterai secara terapung (*floating*) umumnya digunakan di gardu induk dan pusat-pusat pembangkit listrik, dimana baterai dan alat pengisiannya dipasang secara paralel dengan busbar umum dari suplai tegangan DC.

4. *Equalizing Charging*

Dalam sel-sel suatu baterai yang beroperasi dengan pengisian terapung (*floating charging*) akan selalu terjadi sedikit perbedaan kondisi kimia yang tidak dapat dihindarkan antara satu sel dengan sel lainnya.

Equalising charge dilakukan dengan cara menaikkan tegangan baterai sesuai dengan yang ditentukan dalam buku petunjuk masing-masing pabrik. Pengisian dengan metode ini berlangsung sampai semua sel berhenti mengeluarkan gas dan pembacaan tegangan serta berat jenis elektrolitnya menunjukkan bahwa baterai telah terisi penuh sesuai dengan spesifikasi nominal pabriknya.

5. *Trickle Charging*

Trickle Charging merupakan metode pengisian baterai dengan arus konstan. Besarnya arus konstan dipilih untuk mendapatkan arus rata-rata yang dibutuhkan untuk mengisi baterai sampai penuh dan ditambah waktu kompensasi beberapa saat dalam pengisiannya benar benar penuh.

Umumnya *Trickle Charging* digunakan pada baterai yang tidak terlalu sering terjadi pengosongan seperti pada mesin stasioner yang besar dan *starting turbin*. Setelah terjadi pengosongan, maka diperlukan pengisian dengan arus tinggi untuk mengembalikan kapasitas baterai.

6. *Stage of Charge*

Stage of charge menyatakan perbandingan antara sisa muatan yang masih dapat digunakan dengan muatan pada kapasitas penuh. *Stage of charge* biasanya dinyatakan dalam persen, misalnya 100% untuk kapasitas penuh, 50% bila setengahpenuh, dan 0% saat keadaan habis[7].

2.2.3. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk mengkonversi sumber tegangan input DC menjadi tegangan output AC (tegangan bolak-balik). Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan input dari Power Inverter dapat berupa baterai, dan *Solar Cell* (Sel Surya). Inverter tersebut akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang dimana memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Penggunaan inverter pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini adalah untuk perangkat yang membutuhkan sumber tenaga AC. Fungsi inverter yaitu merubah daya masukan searah (DC) menjadi daya keluaran bolak-balik (AC) yang simentris dengan magnitude serta frekuensi yang diinginkan.

Dalam inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Apabila ditinjau dari proses konversi, inverter dibedakan menjadi dalam tiga jenis yaitu inverter seri parallel dan jembatan. Inverter jembatan dapat dibedakan menjadi inverter setengah jembatan (*half-bridge*) dan jembatan (*bridge*). Dalam tugas akhir ini dapat difokuskan pada pembahasan inverter jembatan baik untuk inverter satu fasa maupun tiga fasa. Yang dapat dihasilkan oleh bentuk-bentuk gelombang dalam Power Inverter antaranya adalah sine wave

inverter yaitu yang inverter memiliki tegangan keluaran dengan bentuk gelombang sinus murni. Jenis inverter ini dapat memberikan *supply* tegangan ke beban (induktor) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik. Baik untuk keperluan serta memenuhi kebutuhan akan sumber daya listrik AC, baik untuk industri dan rumah tangga. Pada jenis ini tegangan luarannya berbentuk sinusoida murni seperti yang dihasilkan oleh tegangan jala-jala PLN. Sedangkan pada square wave inverter yaitu inverter yang keluarannya berbentuk gelombang kotak. Jenis inverter ini tidak dapat digunakan untuk mencatu tegangan ke beban induktif atau motor listrik. Sine wave modified yaitu dimana inverter dengan tegangan keluaran berbentuk gelombang kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Inverter yang jenis ini memiliki efisiensi daya yang rendah apabila digunakan untuk mencatu beban inductor atau motor listrik[8]. Berikut ini gambar inverter.



Gambar 2.11 inverter

2.3. Energi Matahari

Matahari merupakan materi yang tersusun dari gas yang sangat panas dengan diameter $1,39 \times 10^9$ m, dan jarak $1,5 \times 10^8$ km dari bumi. Matahari pada dasarnya adalah sebuah reaktor fusi kontinyu dengan gas penyusunnya tetap dipertahankan oleh gaya gravitasi. Energi yang dipancarkan oleh matahari berasal dari reaksi fusi. Energi diproduksi pada bagian dalam matahari dan terkirim ke permukaan dan kemudian teradiasi ke luar angkasa.

Matahari merupakan sumber utama bagi kehidupan di bumi, sumber energi yang dihasilkan oleh matahari berupa energi panas dan energi cahaya yang dipergunakan makhluk hidup untuk memenuhi hidupnya. Bumi menerima 175×10^5 Watt radiasi surya pada atmosfer terluar.

Kurang lebih 30 % dari total radiasi terefleksi kembali ke ruang angkasa, dimana 70 % sisanya terserap oleh awan, lautan, dan juga daratan.

2.3.1 Radiasi yang Dipancarkan Matahari

Jarak eksentrisitas orbit bumi sedemikian rupa sehingga jarak antara matahari dan bumi bervariasi sebesar 1,7 %. Dari hasil pengukuran astronomi didapat jarak rata-rata bumi matahari adalah $1,495 \times 10^{11}$ m dengan sudut kecenderungan matahari 32° . Konstanta matahari (G_{sc}) adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari – bumi di luar atmosfer. World Radiation Center (WRC) menetapkan nilai konstanta matahari (G_{sc}) sebesar 1367 W/m^2 dengan ketidakpastian sebesar 1%.

2.3.2 Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Bumi

Radiasi matahari yang melewati atmosfer, sebagian diserap dan sebagian menyebar. Radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

- Radiasi langsung (*direct radiation* atau *beam radiation*)

Radiasi langsung adalah radiasi yang diterima dari matahari dalam suatu garis lurus, tanpa penyebaran oleh atmosfer. Sinarinya sejajar satu sama lain. Oleh karena itu radiasi langsung dapat menciptakan bayangan dan dapat dikonsentrasikan oleh cermin.

- Radiasi tersebar (*diffuse radiation*)

Radiasi menyebar terdiri dari cahaya yang tersebar oleh atmosfer (udara, awan, aerosol). Difusi adalah fenomena yang menyebarkan cahaya matahari menuju ke segala arah. Di langit, sinar matahari di sebar oleh molekul udara, butiran uap air (awan) dan debu. Tingkat penyebaran sinar sangat bergantung pada kondisi cuaca.

- Radiasi pemantulan

Radiasi pemantulan adalah radiasi yang dipantulkan oleh tanah yang bergantung pada keadaan lingkungan sekitar. Contohnya yaitu salju, yang memantulkan radiasi dengan jumlah yang besar. Sedangkan aspal nyaris tidak memantulkan radiasi.

Radiasi total matahari pada permukaan bumi adalah jumlah dari radiasi langsung, radiasi tersebar, dan radiasi pantulan.

Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi intensitas radiasi matahari pada bumi, yaitu:

- Pengurangan intensitas karena refleksi oleh atmosfer bumi

- Pengurangan intensitas karena penyerapan zat-zat di atmosfer
- Pengurangan intensitas karena Reyleigh scattering
- Pengurangan intensitas karena Mie scattering.

Sedangkan radiasi yang jatuh pada permukaan material akan mengalami refleksi, absorbs dan transmisi. Refleksi adalah pemantulan dari sebagian radiasi tergantung pada harga indeks bias dan sudut datang radiasi. Refleksi spektakuler terjadi pemantulan sinar pada sebuah cermin datar dimana sudut datang sama dengan sudut pantul. Sedangkan refleksi difusi terjadi berupa pantulan ke segala arah. Transmisi menjelaskan besar nilai radiasi yang dapat diteruskan oleh suatu lapisan permukaan. Kemampuan penyerapan dari suatu permukaan merupakan hal yang penting pada pemanfaatan radiasi surya. Absorbsivitas menjelaskan besar niali radiasi yang dapat diserap. Misalnya pada bagian absorber pada sebuah kolektor radiasi surya. Refleksi, transmisi dan absorbs adalah hal yang penting dalam proses pemanfaatan radiasi surya, karena menyangkut efektivitas pemanfaatan pada sebuah pengumpul radiasi surya.[9]

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di halaman Universitas HKBP Nommensen Medan Jl. Sutomo No. 4A, Medan Timur pada Mei 2023. Lokasi tersebut dipilih karena yang diteliti berada tempat di lapangan Universitas tersebut.

3.2. Studi Literatur

Langkah utama yang dilakukan berupa studi literature yang berguna mengetahui hasil penelitian yang didapat dari penelitian terdahulu yang bertujuan sebagai referensi atau bahan acuan dalam penelitian pembangkit listrik tenaga surya yang akan dikerjakan.

3.3. Alat dan Bahan

Untuk melaksanakan penelitian ini dibutuhkan peralatan sebagai berikut:

1. Panel Surya

Panel surya yang digunakan adalah panel surya *mono cristalline* yang berkapasitas 430 W. Berikut spesifikasi panel surya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Data Modul Solar Cell

LR4-72HPH-430M	
Rated Maximum Power (Pmax)	430 W
Tolerance	0 ± 5 W
Voltage at Pmax (Vmp)	40.6 V
Current at Pmax (Imp)	10.60 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	49.2 V
Short-Circuit Current (Isc)	11.19 A
Maximum System Voltage	1500 V
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Size	2115 mm x 1052 mm
Operating Temperature	$-40^{\circ}\text{C} \pm 85^{\circ}\text{C}$
Application Class	Class A



Gambar 3.1 Panel surya

2. Baterai

Baterai yang digunakan ada 2 jenis yaitu Baterai MP Power Plus 12 v 200 Ah dan Baterai MTC 12 V 200Ah. Berikut spesifikasi dari kedua baterai, yaitu:

Tabel 3.2 Spesifikasi baterai MP Power Plus

MP Power Plus 12 v 200 Ah	
Model	JXH 200-12G
Size	543 x 253 x 269 mm
Type	VRLA GEL and Rechargeable Battery
Weight	60.5 kg

Tabel 3.3 Spesifikasi baterai MTC

MTC 12 V 200 Ah	
Model	OT200-12 (GEL)
Size	532x249x272 mm
N.W	60.2 kgs
G.W	61.kgs



Gambar 3.2 Baterai MP Power Plus

3. Inverter

Inverter yang digunakan adalah inverter hybrid 5,5 kW



Gambar 3.3 Solar Inverter Charger

Tabel 3.4. Spesifikasi Solar Inverter Charger

Sfsifikasi	Keterangan
Model	MPS-H 5 5K
Color	Gray and Orange
Operating Temperature Range	0 ~ 55°C

Inverter Mode:	
- Rated Power	55000 VA/5500W
- DC Input	48 VDC, 127 A
- AC Output	230 VAC, 50/60 Hz, 23.9 A, 1Φ
AC Charger Mode :	
- AC Input	230 VAC, 50/60 Hz, 38.5 A, 1Φ
- DC Output	54VDC, Max 80A, Default 30A
- AC Output	230 VAC, 50/60 Hz, 23.9 A, 1Φ
Solar Charrger Mode:	
- Rated Power	6000 W
- Max Charger	110 A
- Nominal operating voltage	240 VDC
- Max. Solar Voltage (Voc)	500 VDC
- MPPT Voltage range	120 ~ 450 VDC

4. Clampmeter

Clamp meter adalah alat ukur tegangan/ kuat arus dimana dua rahang penjepit atau clamp tanpa harus kontak langsung dengan terminal listrik.



Gambar 3.4 Clamp Meter

5. Luxmeter

Untuk mengukur intensitas radiasi cahaya matahari disekitar tempat dilakukannya percobaan digunakan luxmeter dengan tipe AS803.



Gambar 3.5 Lux meter

3.4. Prosedur Penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

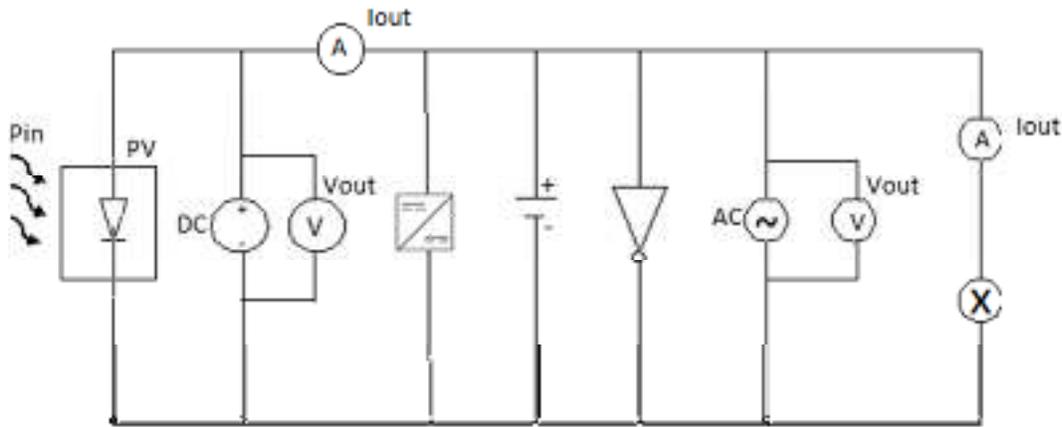
1. Pengukuran dilakukan mulai pukul 09.00 WIB dimana pengukuran dilakukan setiap 1 jam sekali mulai jam 09.00 WIB sampai 16.00 WIB. Pengukuran ini dilakukan selama 1 minggu
2. Mengukur intensitas radiasi matahari
3. Mengukur tegangan
4. Mengukur arus
5. Menulis data hasil pengukuran sesuai selang waktu yang telah ditentukan

3.5. Pengambilan Data

Pengambilan data akan dilaksanakan setelah mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan, merangkai alat sesuai dengan rangkaian percobaan dan akan dilaksanakan berdasarkan langkah-langkah percobaan. Setelah percobaan dirangkai dan berfungsi dengan baik dan benar maka data yang dibutuhkan dapat diambil dari skala yang muncul pada alat ukur.

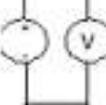
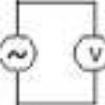
3.6. Rangkaian Pengambilan Data PLTS

Dibawah ini merupakan gambar rangkaian percobaan yang dapat dilihat pada gambar 3.6



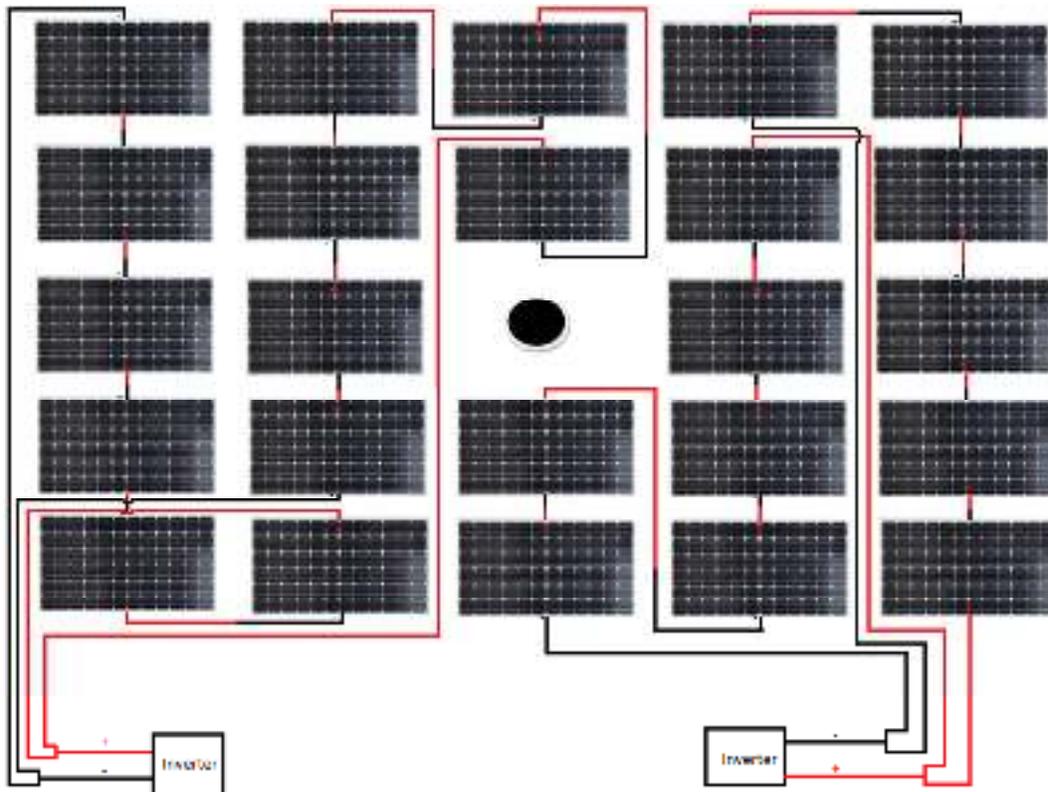
Gambar 3.6 Rangkaian Penelitian PLTS

Keterangan Gambar:

- | | | | |
|---|---------------------------------|---|---------------|
|  | = Panel Surya |  | = Lampu/Beban |
|  | = Tegangan Keluaran Panel Surya |  | = Arus Beban |
|  | = SCC (Solar Charger Control) | | |
|  | = Baterai | | |
|  | = Inverter | | |
|  | = Tegangan Keluaran Inverter | | |

3.7. Rangkaian Panel Surya Seri-Paralel pada PLTS 10 KWp

Pada PLTS 10 KWp terdapat 24 buah panel surya yang dirangkai secara seri-paralel seperti gambar dibawah ini. Spesifikasinya daya 1 panel 430 watt dengan tegangan 40,6 v dan arus 10,6 A. Pada 24 buah panel surya ini memiliki 2 inverter dimana 12 buah panel surya disambungkan ke 1 inverter dan 12 buah panel surya disambungkan ke inverter yang 1 lagi. Pada 12 buah panel surya dengan pemasangannya 6 dirangkai seri dan outputnya di paralelkan. Begitu juga pada 12 buah panel surya lagi, dimana pemasangannya 6 dirangkai seri dan outputnya di paralelkan.



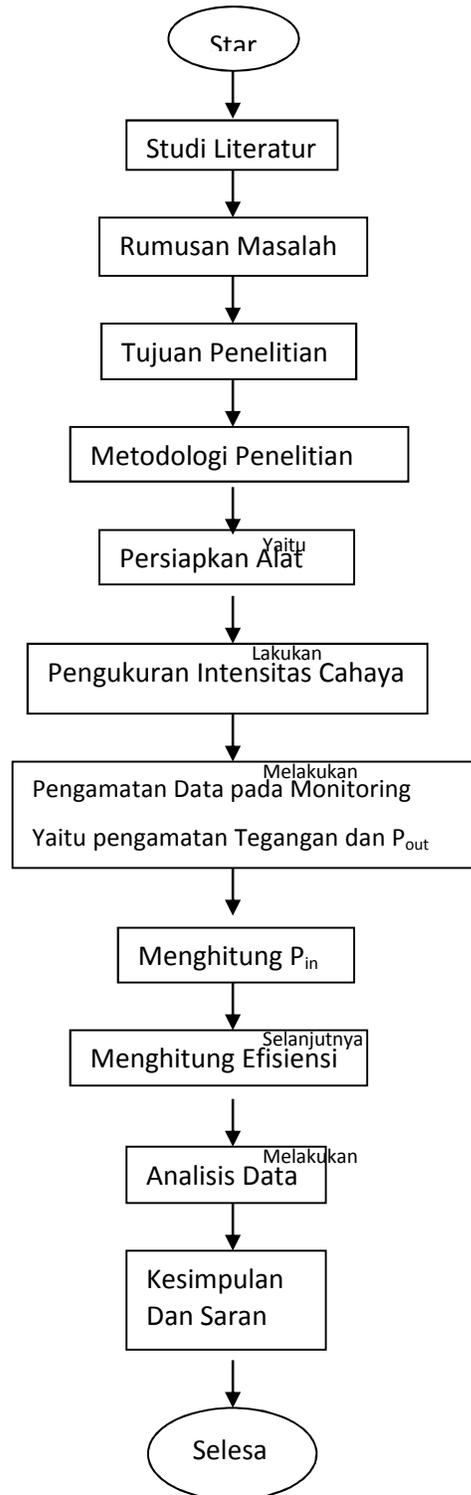
Gambar 3.7 Rangkaian seri-paralel panel surya PLTS 10 KWp

3.8. Flowchart



Gambar 3.8 Flowchat

3.9. Flowchart Analisis



Gambar 3.9 Flowchart Analisis

