

UJI EKSPERIMEN KINERJA PANEL SURYA JENIS
MONOCRYSTALLINE 100 Wp DENGAN SUDUT 30° DITAMBAH
KACA REFLEKTOR
TUGAS AKHIR

Oleh:

WILLIAM ROBERT P. PAKPAHAN

19320022

Dijadikan Untuk Memenuhi Peryaratan Menempuh Gelar Sarjana Saka (S-1)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas HKBP Nommensen Medan



Diperjujukkan,

Pembimbing I


Dr. Perdiman Siagian, ST, MT
NIDN : 0020096805

Pembimbing II


Dr. Richard A.M. Napitupulu, ST, MT
NIDN : 0126087301

Penguji I


Ir. Suriady Sihombing, MT
NIDN : 0130016401

Penguji II


Wilton Sabastian Nababan, ST, MT
NIDN : 0116099104

Fakultas Teknik

Medan


Ir. Yully Riris Rotua Soragi, ST, MT, IPT
NIDN : 0103017501

Program Studi Teknik Mesin
Kota


Ir. Suriady Sihombing, MT
NIDN : 0130016401

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

[Sumber energiterbarukan](#), yaitu energi matahari, yang tersedia sepanjang tahun. Secara geografis, peluang ketersediaan energi surya cukup signifikan, yaitu pada kisaran energi 4,8-6,0 kWh/m². Pada tahun 2050, diperkirakan jumlah listrik yang diproduksi di seluruh dunia dari sumber energi terbarukan akan mencapai hampir 45 triliun kWh/m². Pada tahun 2020, 20% dari total konsumsi energi di Eropa diperkirakan akan berasal dari sumber energi terbarukan. Pada tahun 2040, kapasitas terpasang negara-negara Kerjasama Ekonomi Asia Pasifik (APEC) akan mencapai 6235 GW, dengan 35% di antaranya berasal dari sumber energi terbarukan[1].

Ketersediaan energi surya yang besar perlu dimaksimalkan dalam kehidupan sehari-hari, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga surya[2]. Pemanfaatan energi surya untuk berbagai aktivitas dalam kehidupan sehari-hari memiliki beberapa keuntungan, antara lain energinya tersedia secara melimpah, mudah dalam perawatan, tidak berisik, dapat bekerja secara otomatis, dan dapat diaplikasikan secara on dan off grid[3]. Selain memiliki kelebihan, pemanfaatan energi surya memiliki kendala yaitu terbatasnya waktu dalam penyerapan cahaya matahari pada saat matahari terbit dan terbenam serta intensitas cahaya atau radiasi matahari yang tidak menentu. Karena keterbatasan tersebut, maka diperlukan suatu inovasi untuk melacak pergerakan cahaya matahari[4].

Sebagai negara yang berada di daerah khatulistiwa, Indonesia memiliki potensi untuk solar tracker, sebuah sistem fotovoltaik yang terdiri dari struktur penyangga yang dilengkapi dengan motor[5]. Sistem ini dirancang untuk secara otomatis mengarahkan panel surya sepanjang hari agar selalu menghadap matahari dan menangkap sinar matahari secara maksimal[6]. Oleh karena itu, terdapat beberapa klasifikasi penjejak matahari, yaitu klasifikasi penjejak matahari berdasarkan sistem kendali yang digunakan, penggerak yang digunakan, strategi penjejukan yang digunakan, atau berdasarkan derajat kebebasan pergerakan yang ditunjukkan oleh sistem. Penjejak matahari berdasarkan sistem kontrol dibagi menjadi dua, yaitu sistem penjejak pergerakan matahari terbuka dan sistem penjejak pergerakan matahari tertutup[7]. Sistem penjejak matahari tipe terbuka adalah dimana sinyal kontrol yang diberikan ke motor hanya berdasarkan data input saat ini dan algoritma sistem saja. Sistem ini tidak memiliki fitur untuk mengamati dan mengevaluasi data keluaran sehubungan dengan keluaran yang diinginkan[8].

Sedangkan sistem pelacakan matahari berdasarkan kontrol tertutup berarti sistem pelacakan pergerakan matahari yang menyediakan [kontrol umpan balik](#) untuk mendeteksi kesalahan dan memberikan sinyal penggerak yang diperlukan oleh motor.

Berdasarkan sistem penggerak yang digunakan, sistem pelacakan matahari diklasifikasikan ke dalam sistem pelacakan matahari pasif dan sistem pelacakan matahari aktif. Sistem penjejak pasif adalah sistem yang menggunakan ekspansi termal dari bahan gas atau cairan bertitik didih rendah yang dikompresi dan didorong ke satu sisi atau sisi lainnya sebagai metode untuk melacak pergerakan sinar matahari, sedangkan sistem penjejak aktif adalah sistem yang melacak pergerakan sinar matahari dengan memanfaatkan teknologi [mikroprosesor](#), motor, dan sensor cahaya untuk meningkatkan jumlah energi matahari yang diserap[9]. Selain itu, sistem pelacakan matahari juga dibedakan berdasarkan kebebasan pergerakannya. Yang pertama adalah sistem penjejak sumbu tunggal dengan satu derajat kebebasan pada satu sumbu rotasi, dan yang kedua adalah sumbu ganda dengan [duaderajatkebebasan](#) sebagai sumbu rotasiReferences[10]

Pada saat ini dunia mengalami perkembangan teknologi yang sangat pesat. Hal itu mengakibatkan kebutuhan akan energi listrik semakin besar [11]. Untuk dapat memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat, perlu adanya pengembangan sumber daya energi. Pada umumnya energi listrik yang kita gunakan saat ini berasal dari bahan bakar fosil yang mana persediaannya semakin berkurang. Oleh sebab itu diperlukan energi alternatif yang tidak hanya efisien namun juga ramah lingkungan, salah satunya adalah pemanfaatan sumber daya energi matahari.

Energi matahari merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan serta tersedia secara bebas dan melimpah di alam. Terlebih lagi Indonesia yang dilalui oleh garis khatulistiwa menjadikan Indonesia memiliki potensi energi matahari yang cukup tinggi. Berdasarkan data dari Dewan Energi Nasional, potensi energi matahari di Indonesia mencapai $4,8 \text{ KWh}/m^2/\text{hari}$ [12].

Dari seluruh wilayah Indonesia, intensitas radiasi matahari yang diterima bervariasi jumlahnya. Lamung, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Papua, Bali, NTB dan NTT mempunyai intensitas radiasi matahari sekitar $5 \text{ KWh}/m^2$. Untuk wilayah Jawa Barat, khususnya di Bogor dan Bandung, intensitas radiasinya sekitar $2 \text{ KWh}/m^2$ dan untuk wilayah-wilayah Indonesia lainnya (secara rata-rata) adalah $4 \text{ KWh}/m^2$. Namun rata-rata

wilayah tersebut belum seluruhnya memanfaatkan energi matahari [13].Pemanfaatan sumber daya matahari yang dapat dikonversi menjadi energy listrik dapat menggunakan sel surya.

Sel surya memanfaatkan cahaya matahari (yang dianggap sebagai partikel-partikel yang disebut foton).Foton inilah yang memegang peranan penting dalam teknologi sel surya untuk dikonversikan menjadi energi listrik.Hanya saja, cahaya dari matahari yang sampai ke permukaan bumi tidaklah konstan sepanjang hari.Sehingga, perlu adanya pengoptimalan penerimaan cahaya matahari terhadap panel surya dengan penambahan kaca reflector agar daya yang dihasilkan sel surya (solar cell) dapat meningkat.

1.2. Rumusan Masalah

Untuk dapat meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya, perlu dilakukan penambahan kaca reflector yang bertujuan untuk memantulkan kembali cahaya matahari yang tidak terserap secara keseluruhan ke panel surya. Sehingga dalam Tugas Akhir ini dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui kinerja panel surya 100 Wp jenis Monocrystalline dengan sudut 30° ditambah kaca reflector di lingkungan kampus Nommensen Medan.
2. Untuk mendapatkan pengaruh penggunaan *solar tracker system statis* menggunakan panel surya 100 Wp dalam memaksimalkan *output daya*.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Menggunakan panel surya jenis Monocrystalline
2. Panel surya berada pada posisi statis dengan sudut 30° pada jam 08:00-12:20 WIB panel mengarah ke timur dan pada jam 12:20-17:00 WIB panel mengarah ke barat
3. Kaca reflector dibuat tegak lurus dengan panel dengan sudut kemiringan antara panel dan kaca reflector sebesar 90°
4. Pengujian alat dilaksanakan pukul 08.00 sampai pukul 17.00 WIB selama 7 hari.
5. Lokasi pelaksanaan penelitian yaitu di Universitas HKBP Nommensen Medan.
6. Pengambilan dan analisa data meliputi intensitas cahaya matahari, tegangan, kuat arus, daya masuk, daya keluaran, kecepatan angin, temperatur dan efisiensi.

1.4. Tujuan Penelitian

Untuk dapat menjawab pertanyaan yang terdapat pada rumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja panel surya 100 Wp jenis Monocrystalline dengan sudut 30° ditambah kaca reflector di lingkungan kampus Nommensen Medan.
2. Untuk mengetahui efektifitas panel surya 100 Wp jenis Monocrystalline dengan sudut 30° ditambah kaca reflector dalam menghasilkan output daya.

1.5. Kegunaan Penelitian

Kegunaan yang diperoleh dari penelitian pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai sarana pembelajaran dalam memanfaatkan sumber daya energi matahari bagi masyarakat.
2. Memahami komponen-komponen dan cara kerja dari panel surya dalam menghasilkan listrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Surya

Energi surya merupakan energi yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik untuk dimanfaatkan oleh manusia dalam memenuhi kebutuhan energi yang sangat diperlukan pada masa-masa sekarang ini. Apalagi kita sadari bahwa Negara Indonesia terletak pada daerah khatulistiwa yang kaya akan pancaran energi matahari, sehingga kita dapat memanfaatkan kondisi tersebut untuk membangkitkan energi listrik salah satunya melalui solar cell [14].



Gambar 2.1 Energi Surya

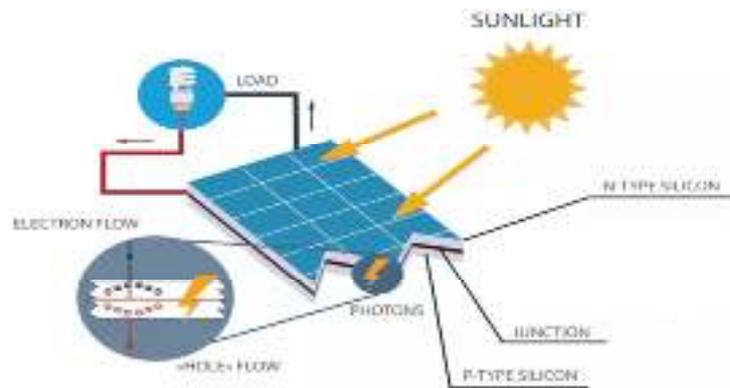
2.2. Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya atau *Solar Cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic. Yang dimaksud dengan efek photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya [15].

2.2.1. Prinsip Kerja Sel Surya

Prinsip kerja sel surya silikon dengan menggunakan konsep semikonduktor sambungan p-n. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor tipe-n dan tipe-p yang membentuk sambungan p-n,

dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n (elektron) dan tipe-p (hole). Ketika sambungan disinari, foton yang mempunyai energi sama atau lebih besar dari lebar pita energi material tersebut akan menyebabkan ter-eksitasinya elektron dari pita valensi menuju pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga menghasilkan pasangan elektron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal sel surya, maka elektron dari tipe-n akan kembali ke tipe-p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.



Gambar 2.2 Prinsip kerja Sel Surya

2.3. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang digunakan untuk merubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya dibuat dari material semikonduktor terutama silicon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silicon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Cara kerja dari photovoltaic cell sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Panel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai[16].



Gambar 2.3 Panel Surya

2.3.1. Jenis Panel Surya

Panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya penyusunnya. Terdapat perbedaan jenis-jenis panel surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Secara umum ada 3 jenis panel surya yang banyak digunakan di masyarakat yaitu:

1. Monocrystalline

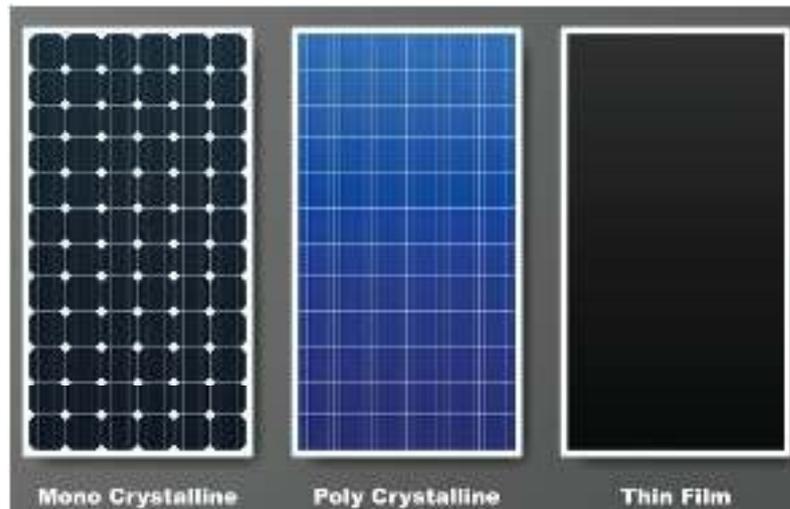
Monocrystalline adalah sel surya yang berbentuk kepingan tipis yang terbuat dari Kristal berbentuk batang berbahan silikon murni. Monocrystalline merupakan jenis sel surya yang memiliki efisiensi energi yang tinggi karena bentuk sel yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja yang tinggi. Efisiensi energi dari monocrystalline sekitar 15-20%[17].

2. Polycrystalline

Polycrystalline adalah salah satu jenis sel surya yang berbentuk persegi yang terbuat dari beberapa Kristal silikon berbentuk batang yang disatukan melalui proses peleburan. Bahan pembuatan dari polycrystalline tidak menggunakan silikon murni. Kemurnian silikon pada polycrystalline lebih rendah dibandingkan dengan monocrystalline. Bentuk sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain sehingga efisiensi energi yang dihasilkan hanya sekitar 13-16%[18].

3. Thin Film

Panel surya thin film adalah solar panel yang terbuat dari lapisan bahan semikonduktor tipis yang terpasang pada substrat fleksibel. Panel surya ini seringkali juga disebut panel surya fleksibel. Teknologi ini banyak digunakan dalam aplikasi portable dan aplikasi yang memerlukan bentuk yang tidak biasa[19].



Gambar 2.4 Panel surya monocrystalline, polycrystalline dan thin film

2.3.2. Daya pada panel surya

Intensitas cahaya menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan panel surya. Jika luas permukaan panel surya dengan intensitas tertentu maka daya input panel surya adalah [20]:

$$p_{in} = I \cdot A_{Panel} \dots\dots\dots (Literatur 21, Hal 36)$$

Dimana:

p_{in} : daya masuk ke panel surya (*Watt*)

I : Intensitas cahaya matahari (W/m^2)

A_{Panel} : Luas Permukaan panel (m^2)

Besarnya daya output panel surya (P_{Out}) yaitu perkalian tegangan dengan kuat arus keluaran panel surya, sehingga energi yang dihasilkan merupakan daya keluaran dari panel surya.

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots (Literatur 21, Hal 35)$$

Dimana :

P_{out} : daya keluaran dari panel surya (*Watt*)

V : Tegangan (*Volt*)

I : Kuat arus (*Ampere*)

2.3.3. Efisiensi Panel Surya

Perbandingan performansi antara satu modul surya dengan modul surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari dalam bentuk foton yang diserap panel surya menentukan efisiensinya. Efisiensi modul surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya masukan. Daya masukan dihitung sebagai irradiance yang diterima oleh permukaan panel surya. Nilai efisiensi keluaran maksimal didefinisikan sebagai prosentase keluaran daya optimal terhadap energi cahaya yang digunakan[22].

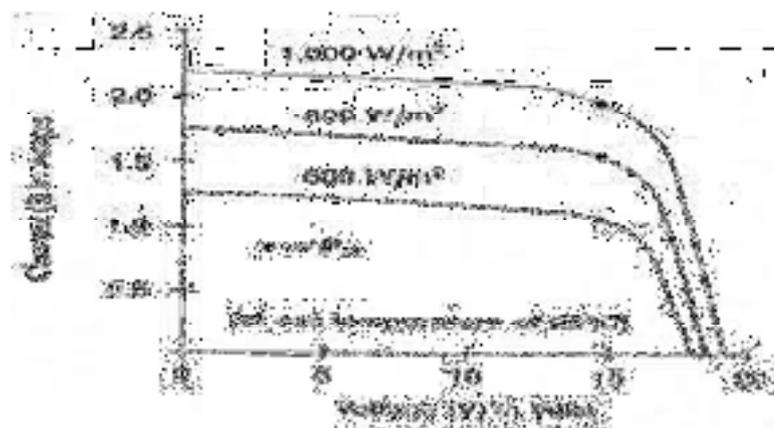
$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{besar daya keluaran } (p_{out})}{\text{besar daya masuk } (p_{in})} 100\% \dots \dots \dots (\text{Literatur 21, Hal 35})$$

2.3.4. Pengaruh kinerja panel surya

Kinerja panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain sebagai berikut:

1. Intensitas cahaya matahari

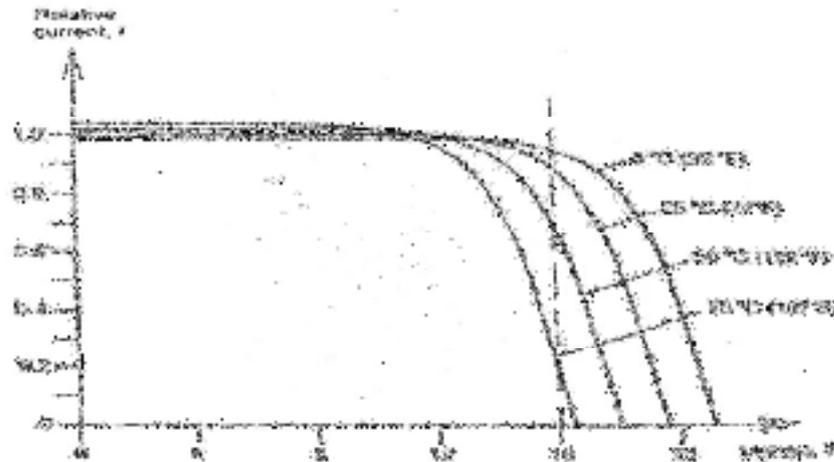
Semakin besar intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya maka akan semakin tinggi arus yang dihasilkan solar panel. Dengan demikian daya yang dihasilkan akan semakin besar.



Gambar 2.5 kurva pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap arus dan tegangan

2. Temperatur solar panel

Tingkat suhu mempengaruhi kinerja solar cell. Semakin tinggi suhu solar panel maka akan menurunkan efisiensi kerja solar cell. Kenaikan 1°C akan mengurangi efisiensi sekitar 0.4 %.



Gambar 2.6 Kurva pengaruh suhu terhadap tegangan dan arus panel surya

3. Bayangan (shading)

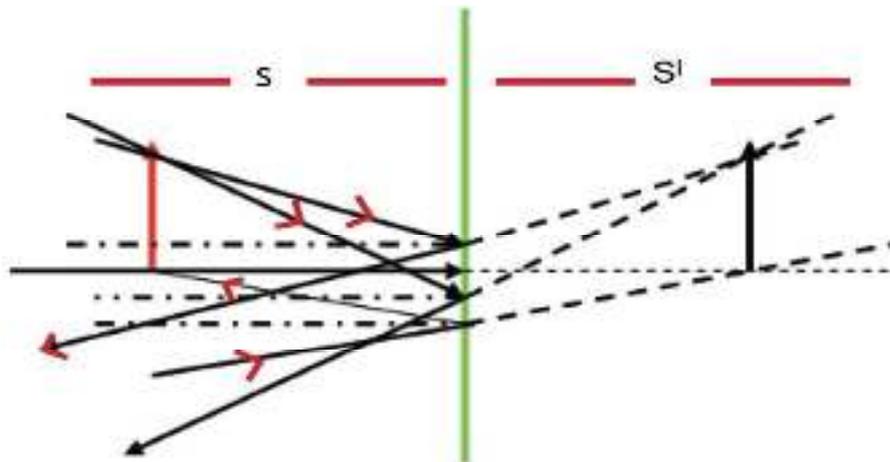
Shading adalah kondisi salah satu atau lebih sel silicon dari panel surya tertutup dari cahaya matahari. Bayangan (shading) ini mengakibatkan daya yang dihasilkan panel surya menjadi berkurang.

2.4. Cermin Datar

Pembentukan bayangan oleh cermin merupakan gejala yang dihasilkan oleh karena adanya pemantulan cahaya oleh cermin yang sudah tentu memenuhi hukum pemantulan, yaitu:

- Sudut datang sama dengan sudut pantul
- Sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada satu bidang datar.

Sebuah benda titik S yang berada di depan cermin datar memancarkan atau dilalui oleh sinar dayang yang menuju ke cermin datar, akibat adanya pemantulan cahaya oleh cermin datar maka terbentuk bayangan S' di belakang cermin datar.



Gambar 2.7 Pembentukan bayangan cermin datar

2.5. Data Logger

Data logger merupakan sistem yang berfungsi untuk merekam data ke dalam media penyimpanan data. Data logger memiliki kapasitas penyimpanan yang cukup besar sehingga data yang terekam dapat ditampilkan dalam grafik dengan durasi yang cukup lama. Sistem data logger ini dibangun dari modul arduino sebagai pengendalinya dan menggunakan SD Card sebagai media penyimpanannya. Dengan media ini kita dapat menyimpan data yang sangat besar, layaknya sebuah hardisk yang diisi file teks/ txt file. Kapasitas SD Card dalam data logger ini dapat menyimpan data selama 738 hari yang menyimpan data permenit melalui pembacaan data suatu sensor, mikrokontroler digunakan untuk pengendalian sistem kerja dari rangkaian[23].

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

Metode penelitian yang menjadi dasar dalam penulisan ini adalah melalui experiment yang berarti bahwa data-data yang diperoleh di lapangan baik (berupa pengamatan langsung di lapangan atau lisan) dokumen maupun dalam bentuk lainnya yang berhubungan dengan judul penelitian, dianalisis kemudian diinterpretasikan guna mendapatkan penyelesaian dari permasalahan yang di angkat dalam penelitian ini.

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan selama 7 hari berlangsung pada bulan desember 2023, penelitian dimulai pukul 08.00-17.00 WIB. Lokasi pelaksanaan penelitian di Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Anemometer

Alat yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan temperatur selama penelitian

2. Laptop

Alat yang digunakan untuk menginput data selama penelitian

3. Inclinometer

Alat yang digunakan untuk mengukur sudut kemiringan panel surya

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Panel Surya

Panel surya yang digunakan pada penelitian adalah panel surya 100 Wp berjenis monocrystalline.

2. Reflektor

Reflektor adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektromagnetis. Pada penelitian ini, reflector yang digunakan yaitu cermin datar.

3. Kabel

Kabel adalah suatu alat yang digunakan untuk mentransmisikan atau menyalurkan energi listrik dari tempat satu ke tempat yang lain.

4. Lampu

Lampu adalah piranti yang memproduksi cahaya sehingga dapat berfungsi sebagai penerangan.

3.3. Studi Pustaka

Sumber data pada penelitian ini adalah laporan-laporan, jurnal-jurnal dan lain-lain yang berhubungan dengan permasalahan yang ada serta berguna bagi peneliti.

3.4. Persiapan alat dan bahan

Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian ke lokasi penelitian.

3.5. Pengujian

Pengujian ini menggunakan panel surya 100 Wp jenis monocrystalline dengan sudut kemiringan 30° ditambah kaca reflector.

3.6. Pengambilan data

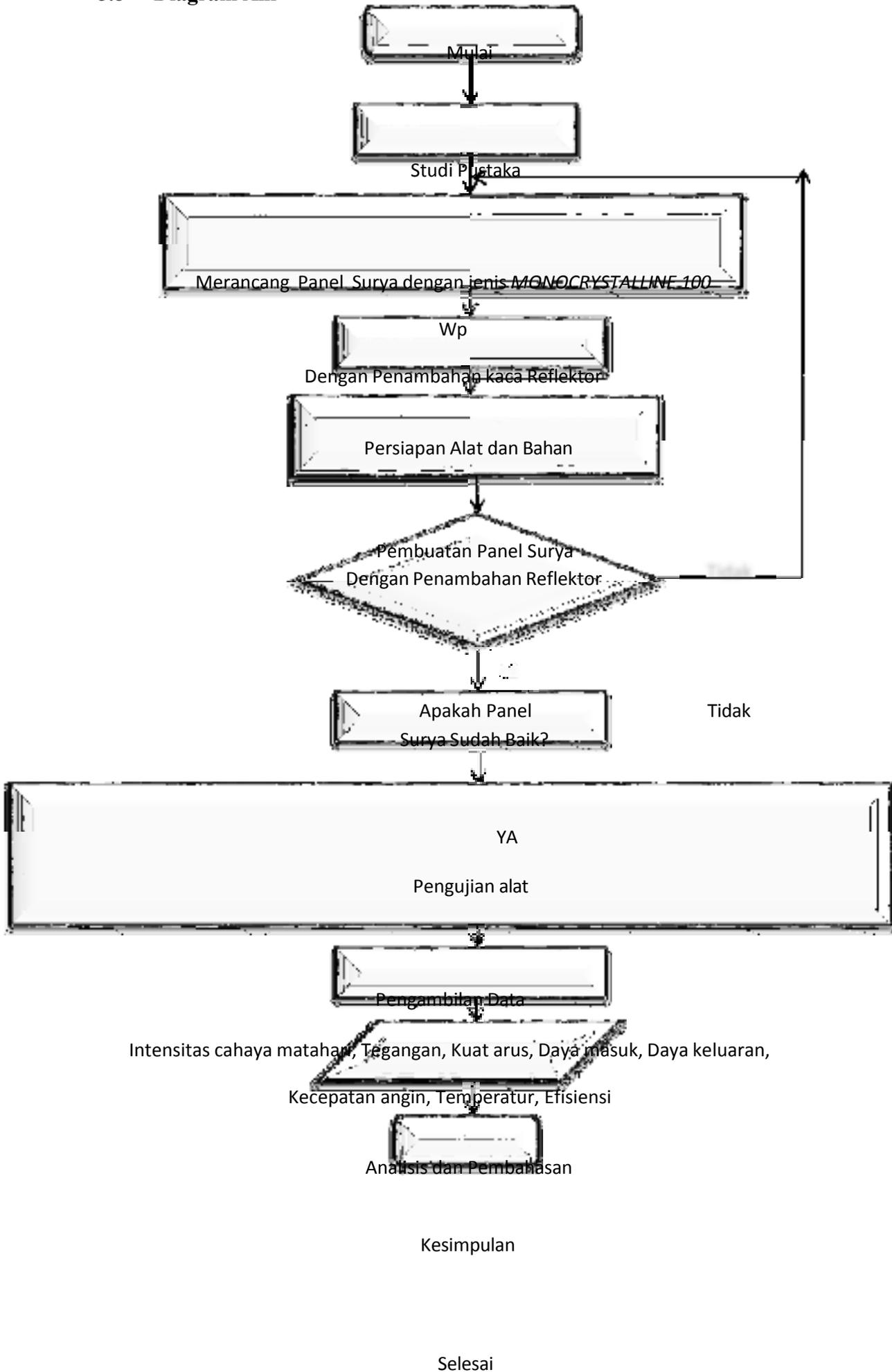
Data diperoleh dengan pengukuran secara langsung.

3.7. Analisis data

Proses analisis data yang diperoleh, dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mencatat semua data yang diperlukan dalam penelitian
2. Membuat tabel penelitian
3. Memasukkan data pada tabel
4. Menganalisa hasil penelitian
5. Memberikan hipotesa

3.8 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dipergunakan adalah:

- Penentuan lokasi pengujian di atas gedung yang sinar matahari tidak terhalang oleh bayangan gedung lainnya ataupun pepohonan
- Pemasanganudukan reflector, sehingga bisa dengan mudah dipasang dan dilepas, serta disetel sudut kemiringan reflektornya
- Pemasangan reflector
- Pengukuran intensitas matahari, tegangan dan kuat arus, setiap 5 menit sekali mulai pukul 08.00-17.00 WIB