

PENGESAHAN

STUDI RISET KEMAMPUAN DAYA PLTS DENGAN PERBANDINGAN ANTARA ARAH TETAP PANEL SURYA UTARA-SELATAN DAN TIMUR-BARAT

TUGAS AKHIR

Oleh :

NATANAEL SUARANA SIBURIAN
NPM : 20330047

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 27 Agustus 2024
Periode Semester GENAP T.A 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,


Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T.
NIDN : 0121026402

Pembimbing II,


Ir. Lestina Siagian, M.si
NIDN : 0120125901

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Ir. Lestina Siagian, M.Si
NIDN : 0120125901

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T.
NIDN : 0121026402

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi dalam pemanfaatan energi terbarukan sedang mengalami perkembangan pesat saat ini. Salah satu bentuk energi terbarukan yang semakin populer adalah energi matahari. Teknologi ini menggunakan sel *Photovoltaic* yang mengubah energi cahaya matahari langsung menjadi listrik DC melalui panel surya. Panel surya terdiri dari sel-sel surya yang dirancang untuk menyerap energi foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selain itu, energi panas dari sinar matahari juga diserap, meningkatkan suhu sel-sel surya.

PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dapat beroperasi secara efektif di semua wilayah yang menerima sinar matahari tanpa mencemari lingkungan, karena tidak menghasilkan polusi. Cara kerja sel surya didasarkan pada teori bahwa cahaya dapat berperilaku sebagai partikel yang disebut foton, selain sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu.

Pada aplikasi PLTS atap rumah, perlu diperhatikan kemiringan dan arah dari atap rumah tersebut, dimana kenyataannya banyak rumah dengan sudut kemiringan atap rumahnya 20° - 40° . Dengan hanya menempelkan panel surya di atap rumah tanpa mengganggu konstruksi bangunan yang ada, maka perlu dikaji dampak dari perubahan arah dan sudut kemiringan dari panel surya itu. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami pengaruh arah dan sudut kemiringan yang dimaksud, terutama dalam konteks geografis yang berbeda. Penelitian ini dilakukan di Universitas HKBP Nomensen Medan yang berada di jln. Sutomo No. 4A, Perintis, Kec Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara pada koordinat $3^{\circ}30'$ - $3^{\circ}43'$ LU & $98^{\circ}35'$ - $98^{\circ}44'$ BT.

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah di uraikan maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Studi Riset Kemampuan Daya PLTS Dengan Perbandingan Antara Arah Tetap Panel Surya Utara- Selatan & Timur-Barat”** dilakukan sebagai tugas akhir.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah penelitian ini adalah meriset berapakah selisih daya output dari perubahan arah dan sudut kemiringan panel surya antara arah tetap panel surya utara-selatan & timur-barat sehingga diperoleh efisiensi photovoltaic dari pengaruh perubahan arah dan sudut kemiringan yang dimaksud.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh data selisih daya output dan efisiensi dari perubahan arah dan sudut kemiringan panel surya yang mempengaruhi efisiensi photovoltaic

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan rekomendasi praktis untuk pengaturan orientasi arah dan sudut kemiringan panel surya guna meningkatkan efisiensi PLTS.
2. Menyumbangkan pengetahuan baru dalam pengoptimalan PLTS untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanfaatan energi surya.
3. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang pembangkit listrik tenaga surya.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Membahas empat arah yaitu, utara-selatan & timur-barat.
2. Menggunakan dua buah panel surya jenis monocrystalline dengan daya 50 WP.
3. Membahas perubahan sudut yaitu, 0° , 20° , dan 40° .
4. Tidak membahas perubahan suhu, kelembapan udara, kecepatan angin dan ketinggian lokasi penelitian.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, yang melibatkan penelitian langsung, analisis data, serta penarikan kesimpulan dengan menggunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus, dan kepastian data numerik. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup pengukuran irradiance

cahaya matahari, arus, dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang dihasilkan oleh panel surya dari arah dan sudut kemiringan panel surya.

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan pendekatan penelitian yang melibatkan pencarian referensi yang didasarkan pada teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang sedang diteliti. Referensi ini dapat ditemukan dalam buku, jurnal, artikel, laporan penelitian, dan situs-situs online di internet. Hasil dari studi literatur adalah koleksi referensi yang relevan dengan rumusan masalah yang sedang dibahas.

2 Perancangan Sistem

Menggunakan 2 panel surya dengan kapasitas 50 WP, disusun dengan sejajar dan berhadapan dengan masing-masing arah yang berbeda yaitu, utara-selatan & timur-barat.

3 Pengujian dan Analisa

Pengujian dan analisa dilakukan untuk memperoleh data dari arah dan sudut kemiringan panel surya dengan mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik.

1.7 Sistematika Penulisan

Agar memudahkan dalam pemahaman isi dari tugas akhir ini, maka diuraikan penulisannya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penguraian secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisi tentang teori penunjang untuk bahan penelitian yang diperoleh dari sumber referensi untuk menyusun kerangka teori dan konseptual.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini memuat metodologi dari penelitian yang digunakan berupa tempat dan waktu penelitian. Instrumen penelitian, metode pengumpulan data, jenis data, tahapan penelitian dan diagram alir penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat hasil penelitian dan pembahasan dari hasil simulasi yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahahasan permasalahan dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar literatur yang digunakan untuk memenuhi kelengkapan penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Telah banyak dilakukan penelitian mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh *sel surya* dimanfaatkan untuk keperluan rumah tangga. Metode penelitian yang digunakan dalam pemanfaatan *sel surya* bersama PLN sebagai sumber energi listrik rumah tangga adalah melakukan pengukuran kapasitas energi yang dapat dipasok oleh *sel surya*

Beberapa penelitian terdahulu mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya PLTS antara lain :

Menurut Rifky dkk (2021) dalam jurnal yang berjudul “PENGARUH ARAH SEL SURYA BERDASAR MATA ANGIN TERHADAP KINERJANYA” Pemanfaatan energi matahari untuk mengubah energi cahaya menjadi listrik melalui sistem sel surya dan aplikasinya dalam bangunan sangat relevan. Panel surya yang ditempatkan di atap, dinding/kaca, atau fasade bangunan untuk memaksimalkan penerimaan sinar matahari . Salah satu faktor yang signifikan dalam menentukan kinerja sel surya adalah orientasi panel terhadap mata angin. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan panel surya yang diarahkan ke arah timur, utara, dan barat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya keluaran tertinggi dari panel surya di atap yang menghadap ke utara, yaitu sebesar 25,49 W. Efisiensi tertinggi dari panel surya di atap terjadi pada orientasi barat, mencapai 13.91%. Perbedaan kinerja antara panel surya di atap dan di dinding lebih signifikan ketika menghadap ke utara. Akumulasi energi listrik yang disimpan dalam baterai dari panel surya yang ditempatkan di atap dengan orientasi utara mencapai 5,35 kWh.

Menurut M. Arham dkk (2022) dalam jurnal yang berjudul “PENGARUH KEMIRINGAN DAN ARAH HADAPAN PEMASANGAN PHOTOVOLTAIC PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DI UNIVERSITAS TADULAKO TERHADAP DAYA OUTPUT” Pencerahan jalan umum yang menggunakan energi matahari sebagai sumber energi listriknya masih belum optimal karena variasi dalam sudut kemiringan panel surya. Metode yang digunakan untuk

mengevaluasi pengaruh kemiringan panel fotovoltaik terhadap daya keluaran adalah dengan mengukur tegangan dan arus hubung singkat dari berbagai arah dan sudut kemiringan. Pengaruh kemiringan dan orientasi panel fotovoltaik terlihat dengan tegangan tertinggi mencapai 18,82 V saat menghadap ke barat dengan sudut kemiringan 5°. Arus hubung singkat mencapai nilai tertinggi sebesar 3,82 A saat panel dihadapkan ke barat dengan kemiringan 5°. Daya keluaran tertinggi yang tercatat adalah 47,97 W saat panel dihadapkan ke barat dengan kemiringan 5°.

Menurut Mustofa Kamil Rahman (2022) dalam jurnal yang berjudul “ANALISIS PERBANDINGAN EFISIENSI PANEL SURYA 55 WP DENGAN TRACKING DAN TANPA TRACKING” Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya yang menggunakan solar tracker mampu mengkonversi energi matahari secara lebih optimal daripada yang tidak menggunakan solar tracker, karena panel dapat mengikuti arah sinar matahari. Sebagai hasilnya, panel surya dengan solar tracker mencatat efisiensi rata-rata sebesar 5,6%, sedangkan panel surya tanpa solar tracker memiliki efisiensi rata-rata sebesar 5,1%. Panel surya yang dilengkapi dengan solar tracker efektif dalam menangkap radiasi matahari terutama pada pukul 09.00-10.00 dan 13.30-15.00 karena posisinya lebih tegak lurus terhadap intensitas sinar matahari. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan solar tracker meningkatkan efisiensi panel surya dibandingkan dengan yang tidak menggunakan solar tracker.

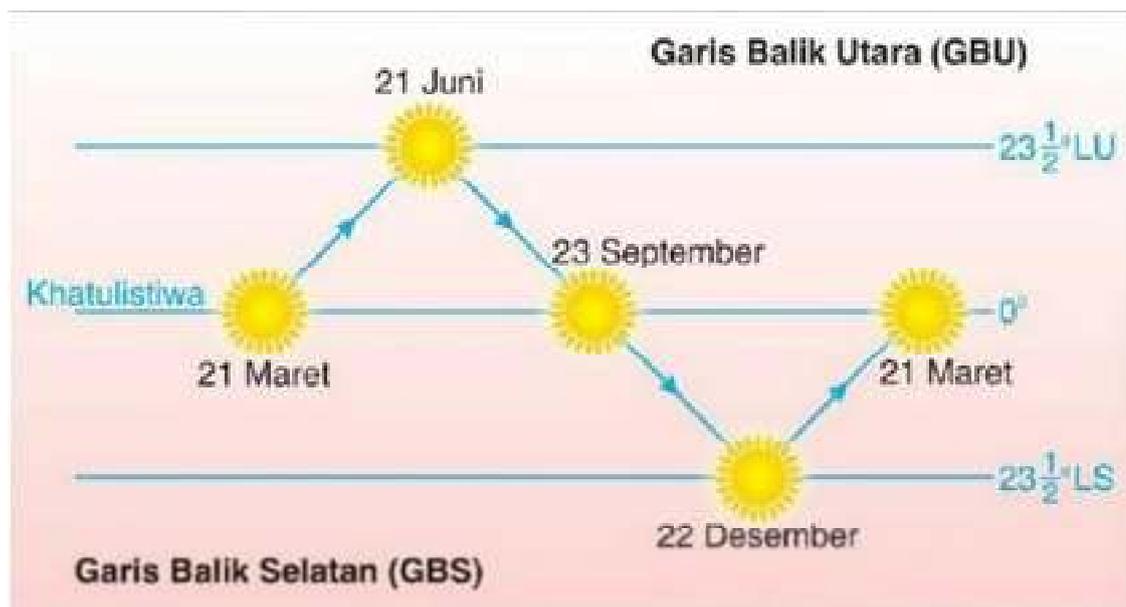
2.2 Energi Matahari

Matahari memiliki peran dan manfaat yang sangat vital bagi bumi. Radiasi matahari tidak hanya menjaga bumi tetap hangat untuk mendukung kehidupan dan mengatur sirkulasi udara, tetapi juga merupakan sumber utama energi (panas dan cahaya) di planet ini. Energi yang tersimpan dalam bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi pada dasarnya berasal dari matahari. Matahari juga mengatur stabilitas perputaran bumi, yang mengendalikan pergantian siang dan malam serta mempengaruhi planet lain dalam tata surya. Cahaya matahari memberikan energi vital bagi semua makhluk di bumi. Matahari adalah sebuah bola besar dengan diameter $1,39 \times 10^6$ km, terdiri dari lapisan gas yang sangat panas yang mengandung sekitar 80% hidrogen (H₂) dan 19% helium (He). Suhu di permukaan

matahari mencapai sekitar 5760 K, sementara di pusatnya dapat mencapai sekitar 20×10^6 K. Bumi berada pada jarak terdekat dengan matahari sekitar $1,46 \times 10^8$ km (pada 21 Desember) dan jarak terjauh sekitar $1,49 \times 10^8$ km (pada 22 Juni), dengan jarak rata-rata sekitar $1,47 \times 10^8$ km.

2.2.1 Gerak Semu Tahunan Matahari

Gerak semu tahunan matahari adalah fenomena di mana matahari terlihat bergerak dari utara ke selatan dan kembali lagi setiap tahunnya. Peristiwa ini disebabkan oleh Bumi yang mengelilingi matahari (revolusi) dengan sumbu yang miring, sehingga kadang-kadang kutub utara atau selatan lebih dekat ke matahari. Gerakan semu ini, yang disebabkan oleh rotasi Bumi, menyebabkan variasi dalam durasi siang dan malam di seluruh dunia, serta menyebabkan perbedaan waktu antara berbagai lokasi dari timur ke barat.



Gambar 2.1 Gerakan Semu Tahunan Matahari
Sumber : Sekarningrum, 2023

Menurut kepala sub bidang produksi informasi iklim dan kualitas udara BMKG Siswanto, GSTM (Gerak Semu Tahunan Matahari) membuat matahari tidak selalu tepat terbit di arah timur, tapi seolah-olah terbit semakin ke utara atau ke selatan tergantung bulan tertentu. Hal ini disebabkan karena ketika Bumi mengelilingi matahari tidak tegak lurus, melainkan miring 23,5 derajat.

Gerak semu tahunan matahari ini berupa pergeseran posisi matahari ke arah belahan bumi utara yang terjadi pada tanggal 22 Desember sampai dengan 21 Juni dan pergeseran posisi matahari dari belahan bumi utara ke belahan bumi selatan yang terjadi pada tanggal 21 Juni sampai dengan 21 Desember. Disebut gerak semu tahunan matahari karena sebenarnya matahari tidak bergerak. Gerak itu diakibatkan oleh terjadinya revolusi bumi dengan sumbu rotasi yang miring.

2.2.2 Radiasi Matahari ke Permukaan Bumi

Radiasi ini tidak dapat mencapai permukaan bumi sepenuhnya karena terpengaruh oleh berbagai faktor atmosfer. Pada hari-hari cerah, intensitas radiasi dapat mencapai 1000 W/m^2 . Terdapat tiga metode yang menjelaskan bagaimana radiasi matahari mencapai permukaan bumi, yaitu:

- Radiasi langsung (direct radiation atau beam radiation)
Radiasi langsung merupakan sinar matahari yang diterima secara langsung dari matahari dalam jalur lurus, tanpa mengalami dispersi oleh atmosfer. Sinarnya sejajar dan dapat difokuskan menggunakan cermin.
- Radiasi tersebar (diffuse radiation)
Radiasi menyebar meliputi cahaya yang tersebar oleh atmosfer, termasuk udara, awan, dan aerosol. Difusi adalah proses di mana cahaya matahari disebarkan ke segala arah. Di atmosfer, sinar matahari tersebar oleh molekul udara, partikel air (awan), dan debu. Intensitas penyebaran cahaya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca.
- Radiasi pemantulan
Radiasi pantulan adalah radiasi yang dipantulkan oleh permukaan bumi, tergantung pada kondisi lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh, salju dapat memantulkan radiasi dengan intensitas yang tinggi, sementara aspal hampir tidak memantulkan radiasi sama sekali.

2.3 Energi Terbarukan

Energi terbarukan berasal dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air. Sumber energi ini ramah lingkungan karena tidak berkontribusi terhadap perubahan iklim dan pemanasan global. Energi terbarukan tersedia secara alami dan dapat

dimanfaatkan secara berkelanjutan. Pengembangan sektor energi terbarukan menjadi sangat penting karena bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam akan semakin langka. Energi alternatif terbarukan memiliki peran krusial dalam memenuhi kebutuhan energi, mengingat penggunaan bahan bakar fosil dalam jangka panjang akan menguras sumber daya yang semakin menipis. Indonesia, dengan banyaknya sumber energi alam yang tersedia, memiliki potensi besar untuk menggunakan energi terbarukan sebagai alternatif dalam pembangkitan listrik.

Explorasi untuk menghasilkan energi listrik merupakan hal yang sangat penting, terutama dalam menangani krisis energi listrik yang sedang dihadapi negara kita. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pembangkitan energi listrik termasuk kapasitas produksi yang mencukupi, efisiensi biaya, dan dampak lingkungan yang minimal. Indonesia, berada di garis khatulistiwa dengan sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun, memiliki potensi besar untuk mengembangkan energi matahari sebagai salah satu sumber energi utama. Pemanfaatan energi matahari untuk pembangkit listrik telah umum dilakukan dengan menggunakan panel surya.

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari melalui sel surya (*Photovoltaic*) untuk mengubah radiasi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari lapisan-lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon murni atau bahan semikonduktor lainnya, yang dirangkai menjadi modul surya. PLTS menggunakan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC yang dapat diubah menjadi listrik AC jika diperlukan. Teknologi ini memungkinkan penghasilan energi listrik secara langsung dari matahari tanpa perlu bagian yang berputar atau bahan bakar, sehingga dianggap bersih dan ramah lingkungan.

Dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lainnya yang menggunakan bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar, PLTS tidak menghasilkan

suara bising dan tidak mengeluarkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca dan mencemari lingkungan sekitar.

2.4.1 PLTS Atap Rumah

Seiring waktu berjalan, tarif listrik terus mengalami kenaikan. Salah satu penyebabnya adalah meningkatnya kebutuhan pasokan listrik dari PLN, sementara pasokan energi terbatas. Oleh karena itu, PLTS atap merupakan alternatif terbaik sebagai pengganti energi listrik dari PLN. PLTS atap rumah adalah sistem tenaga surya yang dipasang di atas atap rumah atau bangunan. Sistem ini terdiri dari panel surya yang menangkap energi dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik DC, serta inverter yang mengonversi listrik DC tersebut menjadi listrik AC yang dapat digunakan. PLTS atap rumah bekerja dengan memanfaatkan energi matahari untuk menghasilkan listrik. Panel surya dipasang di atas atap rumah dengan orientasi dan kemiringan yang tetap, sehingga mampu menangkap energi dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik DC. Listrik kemudian dialirkan ke inverter, yang berfungsi mengubahnya menjadi listrik AC untuk memasok ke peralatan dan perangkat listrik di dalam rumah.

Dalam pengaplikasian PLTS pada atap rumah, perlu diperhatikan kemiringan atap sesuai dengan jenis atap rumah yang digunakan. Jenis atap rumah pada umumnya di kota Medan menggunakan atap rumah jenis seng, dimana kemiringan atap yang bagus menggunakan bahan seng ini adalah 18° - 20° , atap berbahan genteng beton juga dirancang dengan sudut kemiringan yang cocok 20° , dan atap genteng tanah liat yang memiliki sudut kemiringan minimal 35° - 40° . (www.Indosteger.co.id).



Gambar 2.2 PLTS Pada Atap Rumah

Sumber : www.solarkita.com

2.5 Sel Surya

1. Pengertian Sel Surya

Sel surya adalah perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Proses konversi energi dari radiasi matahari menjadi energi listrik dilakukan oleh komponen yang dikenal sebagai photovoltaic (PV). Sel Photovoltaic pada dasarnya adalah dioda semikonduktor dengan sambungan P-N. Dalam semikonduktor ini, terdapat tiga daerah berbeda: daerah tipe P, daerah tipe N, dan daerah pengosongan (depleksi). Di daerah tipe P, mayoritas pembawa muatan adalah hole, sedangkan di daerah tipe N, mayoritas pembawa muatan adalah elektron. Daerah depleksi memiliki medan listrik internal yang arahnya dari N ke P. Ketika radiasi matahari mengenai sel surya, terbentuklah elektron dan hole. Karena pengaruh medan listrik internal pada daerah depleksi, hole bergerak menuju daerah P dan elektron bergerak menuju daerah N. Perpindahan hole dan elektron ini menghasilkan arus yang disebut arus fotodifusi. Selain itu, di daerah depleksi juga dapat terbentuk pasangan hole dan elektron akibat pengaruh medan yang sama, yang kemudian bergerak menuju arah mayoritasnya, sehingga menghasilkan arus generasi. (Krisman, 2023)

Untuk dapat mengetahui daya (P) input sel surya adalah mempunyai irradiasi (G) dan luas panel surya (A) yang digunakan, maka dapat di defenisikan adalah:

$$P \text{ input} = G \times A \quad (2.1)$$

Dimana:

$$G = \text{Iradiasi Matahari (W/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas Panel Surya}$$

Sedangkan daya output (P_{output}) Sel surya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$P \text{ output} = V \times I \quad (2.2)$$

Dimana:

$$V = \text{Tegangan Output (Volt)}$$

$$I = \text{Arus Output (Ampere)}$$

Efisiensi (η) sel surya dapat diketahui ketika adanya Daya Input (P_{input}) dan Daya Output (P_{output}), dengan dapat dibuatkan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{\text{Output}}}{P_{\text{Input}}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dimana:

$$P \text{ Input} = \text{Daya Input (Watt)}$$

$$P \text{ Output} = \text{Daya Output (Watt)}$$

2. Jenis-Jenis Panel Surya

Jenis – jenis Panel Surya, yaitu:

a. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Monokristal adalah panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terbaru, menghasilkan daya listrik per satuan luas tertinggi. Panel monokristal dirancang untuk penggunaan yang membutuhkan konsumsi listrik besar di tempat-tempat beriklim ekstrem dan dengan kondisi alam yang sangat keras. Panel ini memiliki efisiensi hingga 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak berfungsi dengan baik di tempat yang kurang cahaya matahari (teduh), dan efisiensinya akan menurun drastis dalam cuaca berawan. (SolarICA, 2018)



Gambar 2.3 Panel Surya Monokristal

Sumber : SolarICA, 2018

b. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Panel Surya ini memiliki susunan kristal yang acak karena diproduksi melalui proses pengecoran. Jenis ini memerlukan area permukaan yang lebih besar dibandingkan panel monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya tipe ini memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga harganya cenderung lebih rendah. (SolarICA, 2018)



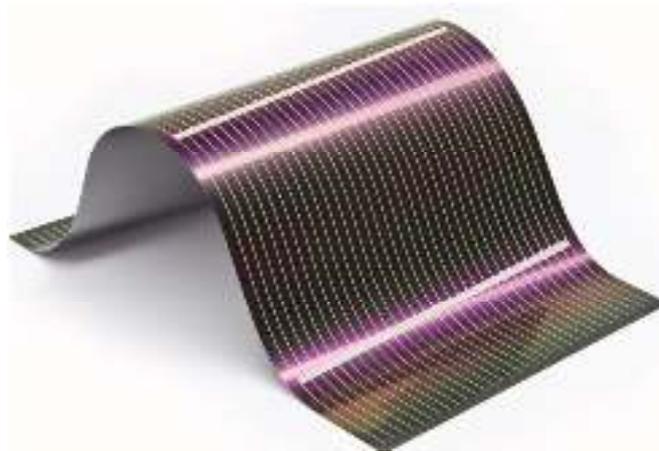
Gambar 2.4 Panel Surya Polikristal

Sumber : SolarICA, 2018

c. Thin Film Photovoltaic

Panel Surya ini terdiri dari dua lapisan, yaitu lapisan tipis mikrokrystal-silikon

dan amorf, dengan efisiensi modul hingga 8,5%. Oleh karena itu, luas permukaan yang dibutuhkan per watt daya yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan panel monokristal dan polikristal. Inovasi terbaru, Thin Film Triple Junction Photovoltaic (dengan tiga lapisan), dapat berfungsi sangat efisien dalam kondisi cuaca sangat berawan dan mampu menghasilkan daya listrik hingga 45% lebih tinggi daripada panel jenis lain dengan daya yang diukur setara.

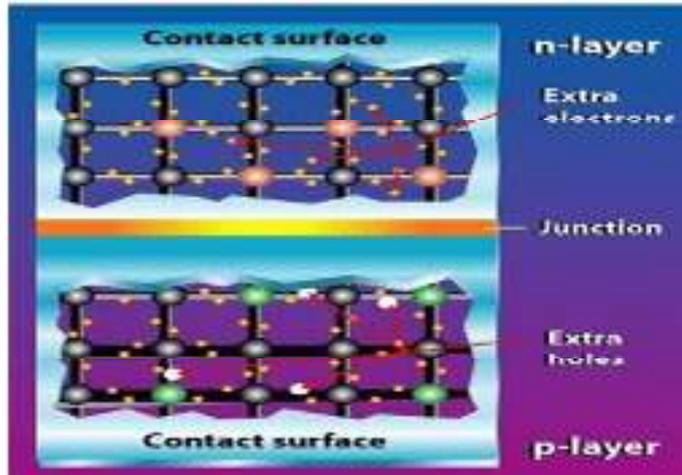


Gambar 2.5 *Thin Film Photovoltaic*

Sumber : Roy, 2021

3. Prinsip Kerja Sel Surya

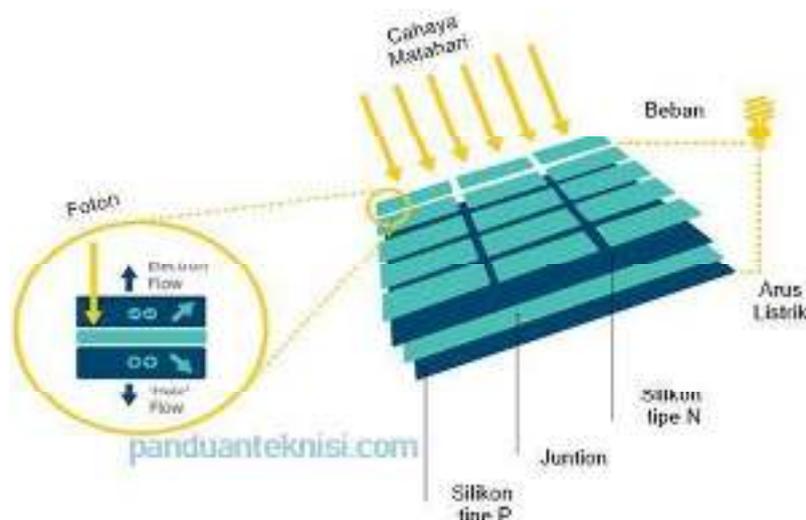
Sinar matahari terdiri dari partikel-partikel sangat kecil yang disebut foton. Ketika terkena sinar matahari, foton-foton ini menghantam atom semikonduktor silikon pada sel surya, menghasilkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif (-) ini bebas bergerak di daerah pita konduksi material semikonduktor. Atom yang kehilangan elektronnya mengalami kekosongan dalam strukturnya, yang disebut "hole" dengan muatan positif (+). Daerah semikonduktor dengan elektron bebas bersifat negatif dan berfungsi sebagai pendonor elektron, disebut Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan hole bersifat positif dan berfungsi sebagai penerima (acceptor) elektron, disebut Semikonduktor tipe P (P-type).



Gambar 2.6 P-Junction dan N-Junction

Sumber : Andika, 2019

Dipersimpangan daerah positif serta negatif (PN Junction), akan memunculkan energi yang mendorong elektron serta hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron tersebut akan bergerak menjauhi daerah negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Pada saat diberikan sebuah beban berupa lampu atau juga perangkat listrik lainnya di persimpangan positif serta (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan arus listrik.

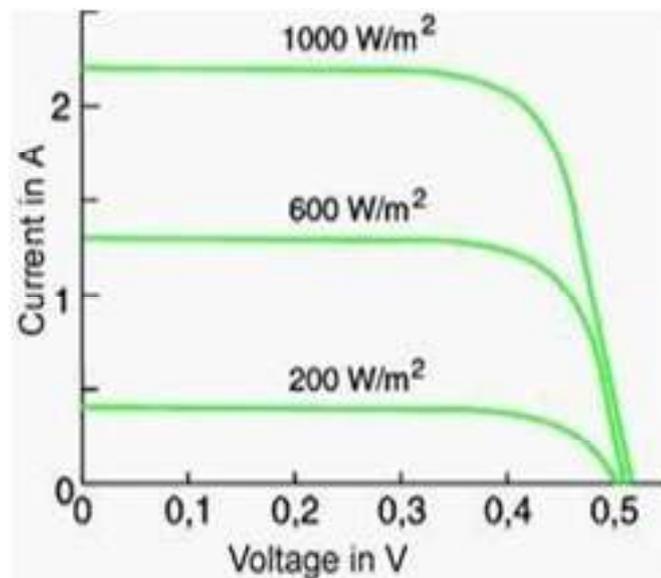


Gambar 2.7 Kinerja Solar Cell

Sumber : Roy, 2021

2.6 Karakteristik Arus Tegangan (I-V) Pada Panel Surya

Penggunaan tegangan dari photovoltaic tergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan. Jika menggunakan bahan silikon, tegangan yang dihasilkan dari setiap sel surya berkisar sekitar 0,5 Volt. Tegangan yang dihasilkan oleh photovoltaic bergantung pada radiasi cahaya matahari. Arus yang dihasilkan dari photovoltaic tergantung pada intensitas cahaya matahari, seperti pada saat cuaca cerah atau mendung. Misalnya, sebuah photovoltaic silikon tunggal dengan luas permukaan 100 cm² akan menghasilkan sekitar 1,5 Watt dengan tegangan sekitar 0,5 Volt DC dan arus sekitar 2 Ampere jika terkena cahaya matahari penuh (1000W/m²). (Himran, 2019)



Gambar 2.8 Karakteristik arus tegangan (I-V) panel surya

Sumber : Himran, 2019

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di rooftop Gedung L Universitas HKBP Nommensen Medan Jl. Sutomo No. 4A, Medan Timur. Penelitian dilakukan dalam 2 periode pengambilan data yaitu, pada Tanggal 02 April 2024 s/d 09 April 2024 untuk periode pertama dan pada tanggal 21 Juni 2024 s/d 24 Juni 2024 untuk periode kedua. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali mulai pukul 09.00-17.00 wib.

3.2 Desain Alat Simulasi

Untuk pengambilan data dibuat desain alat seperti gambar dibawah:



Gambar 3.1 Desain Alat Simulasi

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan desain simulasi alat adalah:

1. Besi Hollow sebanyak 390 cm
2. Besi siku sebanyak 472 cm
3. Engsel bubut 6 buah
4. Besi beton 120 cm

3.2.1 Model Alat Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini dibutuhkan peralatan sebagai berikut

1. Panel Surya

Menggunakan 2 Panel surya dengan spesifikasi yang sama. Panel Surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah panel surya monocrystalline yang berkapasitas 50 WP . Berikut spesifikasi panel surya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi Solar Cell

Maximum power (Pmax)	50W
Voltage at Power (Vmp)	18.0V
Current at Pmax (Imp)	2.78A
Open-circuit voltage (Voc)	21.4V
Short-circuit current (Isc)	2.95A
Operating temperature	-40°C to 85°C
Maximum system voltage	1000V DC
Power tolerance	± 3%
Maximum Series Fuse Rating	10 A

Dari tabel 3.1 dapat dilihat dari data spesifikasi solar cell 50 Wp yang menjadi objek penelitian. Dimana titik daya maksimum atau Rated Maximum Power (Pmax) sebesar 50 Watt, lalu Tegangan pada daya maksimum (Vmp) adalah tegangan saat keluar daya paling besar mencapai 18.0 Volt pada 1 panel surya. Arus pada daya maksimum atau Current at Pmax (Imp) adalah arus saat keluaran daya paling besar maksimumnya 2.78 Ampere. Tegangan sirkuit terbuka atau Open-Circuit Voltage (Voc) adalah tegangan maksimum yang dapat dihasilkan panel surya tanpa beban, dan maksimumnya sebesar 21.4 Volt. Arus hubung singkat atau Short-Circuit Current (Isc) adalah arus yang mengalir keluar dari panel Ketika kabel positif dan negatif disambungkan bersamaan, sehingga arus Isc pada 1 panel adalah 2.95 Ampere. Lalu suhu operasional atau Operating Temperature nya dari mulai -40°C sampai + 85°C, tegangan sistem maksimumnya atau Maximum System Voltage bisa mencapai sebesar 1000 Volt DC, dan panel surya ini memiliki toleransi sebesar ± 3%. Rating Sekring Seri Maksimum atau Maximum Series Fuse Rating adalah sebesar 10 Ampere.



Gambar 3.2 Panel Surya

2. Daya Output PV

Beban yang digunakan untuk 1 panel surya adalah bola lampu DC, dengan tegangan 6 Volt dan daya 15 Watt sebanyak 3 buah, di rangkai secara seri sehingga menghasilkan tegangan 18 Volt dan daya 45 Watt.

3. Alat Ukur Multimeter

Multimeter adalah alat ukur yang dipakai untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, dan tahanan. Multimeter yang digunakan adalah Multimeter Heles UX-383TR.



Gambar 3.3 Multimeter

4. Solar Power Meter

Solar Power Meter digunakan untuk mengukur radiasi cahaya matahari disekitar tempat dilakukannya percobaan digunakan Solar Power Meter dengan tipe SM206-SOLAR.



Gambar 3.4 Solar Power Meter

3.3 Metoda Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan 3 tahapan yaitu, arah photovoltaic dari Utara-Selatan, Timur-Barat, dan sudut kemiringan 0° atau tegak lurus. Dari ketiga tahapan tersebut dilakukan pengambilan data dan prosedur yang sama.

3.3.1 Utara-Selatan

Pengambilan data dari arah utara dan selatan, maka panel surya di arahkan ke utara-selatan seperti gambar berikut.



Gambar 3.5 Panel Surya dengan Arah Utara-Selatan

3.3.2 Timur-Barat

Pengambilan data dari arah timur dan barat, maka panel surya di arahkan ke timur-barat seperti gambar berikut.



Gambar 3.6 Panel Surya dengan Arah Timur-Barat

3.3.3 Sudut Kemiringan 0°

Pengambilan data pada sudut kemiringan 0° atau tegak lurus, dilakukan dengan mengarahkan panel surya tegak lurus seperti gambar berikut.



Gambar 3.7 Panel Surya Sudut Kemiringan 0°

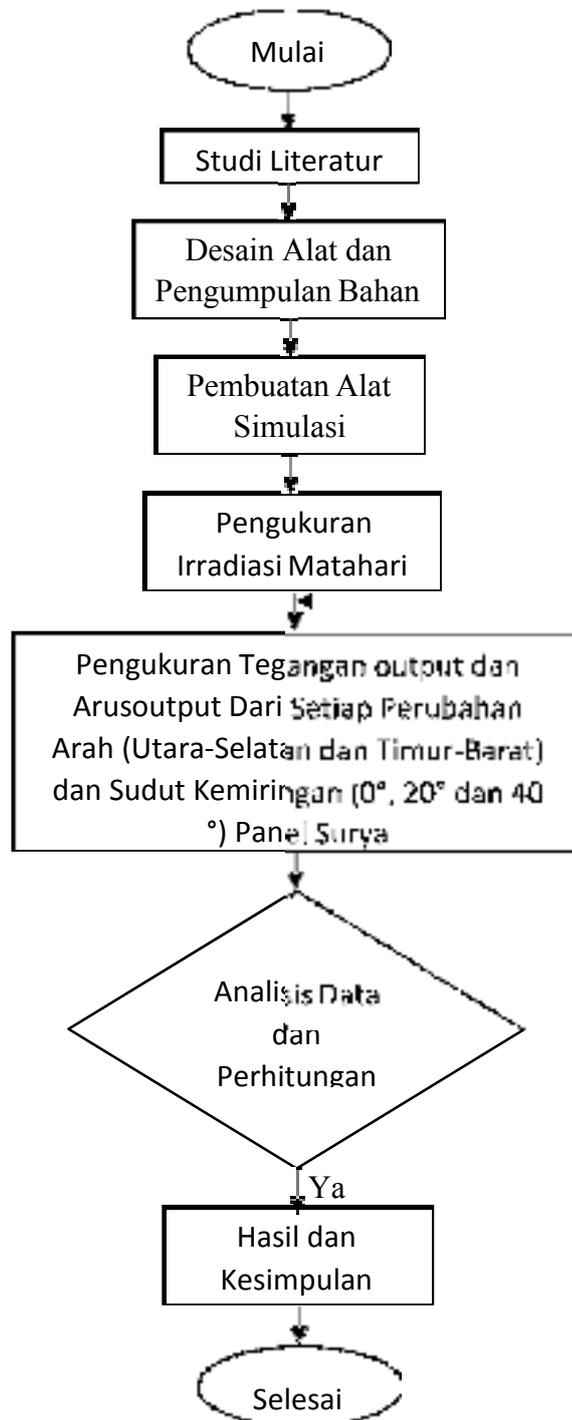
3.4 Prosedur Penelitian

Percobaan pada setiap periode dilakukan dengan prosedur yang sama sebagai berikut:

1. Pengukuran dilakukan mulai pukul 09.00 WIB dimana pengukuran dilakukan setiap 1 jam sekali mulai jam 09.00 WIB sampai 17.00 WIB. Pengukuran untuk periode 1 dilakukan selama 1 minggu dan untuk periode 2 dilakukan selama 3 hari.
2. Irradiasi cahaya matahari diukur menggunakan solar power meter
3. Tegangan diukur menggunakan multimeter dari arah panel dan sudut kemiringan panel surya yang telah ditentukan
4. Arus diukur menggunakan multimeter dari arah panel dan sudut kemiringan panel surya yang telah ditentukan
5. Selang waktu pengambilan data dari perubahan sudut kemiringan memerlukan waktu 10 detik dan perubahan arah memerlukan waktu 30 detik hingga 60 detik
6. Data hasil pengukuran ditabelkan sesuai selang waktu yang telah ditentukan

3.5 Flowchart

Berikut ini dibuat flowchart prosedur penelitian.



Gambar 3.8 Flowchart Prosedur Penelitian

