

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PANEL SURYA 100 WP DI PELABUHAN BELAWAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera
Utara*

Disusun Oleh :

ALWI HUSAIN SIREGAR

1907220068



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK
ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA
UTARA
MEDAN 2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Alwi Husain Siregar

NPM : 1907220068

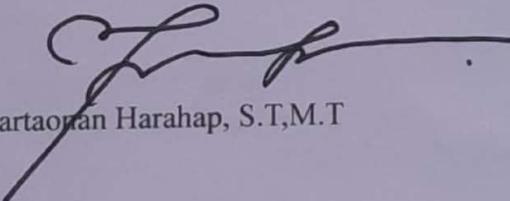
Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin Terhadap Daya dan Efisiensi Panel Surya 100 WP Di Pelabuhan Belawan

Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

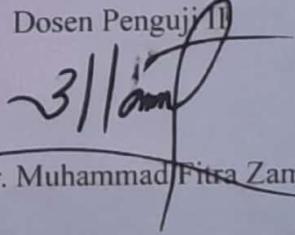
Mengetahu dan Menyetujui
Dosen Pembimbing


Partaoran Harahap, S.T,M.T

Dosen Penguji I


Ir Abdul Aziz Hutahun, MM

Dosen Penguji II


Assoc Prof Dr. Muhammad Fitra Zambak, Msc



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Alwi Husain Siregar
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 12 April 2002
Npm : 1907220068
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul :

"Analisa Pengaruh Suhu dan Kecepatan angin Terhadap Daya dan Efisiensi Panel Surya 100 WP Di Pelabuhan Belawan"

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinil dan Ontentik.

Bila Kemudian Hari diduga Kuat ada ketidak sesuaian, antara Fakta dan kenyataan ini, Saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan Sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan Kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 6 Mei 2024

Saya yang menyatakan,



Alwi Husain Siregar

ABSTRAK

Sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan Photon. Penelitian kali ini melihat sejauh mana pengaruh suhu dan angin terhadap efisiensi panel surya. Dari hasil pengujian serta perhitungan didapatkan sampel suhu rata-rata panel surya hari itu sekitar $31,7^{\circ}\text{C}$. Untuk nilai efisiensi hari pertama dengan 40,26%, hari kedua 20,09%, hari ketiga 8%, hari keempat 12,6%, dan hari kelima 14,7%. Pengaruh kecepatan angin terhadap efisiensi modul surya, dihitung berdasarkan perhitungan dengan metode regresi linier, menunjukkan tingkat korelasi $R = 0,0281$. Artinya hanya sekitar 2,81% kecepatan angin yang akan mempengaruhinya. Memiliki efisiensi modul surya. Dari berbagai aspek perhitungan yang dilakukan, kita dapat melihat bahwa efisiensi panel surya tingkat korelasi $R = 0,161$ yang berarti bahwa hanya sekitar 16,1%. Dari hasil perhitungan, kita dapat menyimpulkan bahwa efisiensi panel surya dapat berubah-ubah disebabkan factor perubahan cuaca.

Kata Kunci: *Panel surya, Pengaruh suhu, Daya, Energi listrik, Cuaca*

ABSTRACT

Solar cells utilize the theory of light as particles. Light, both visible and invisible, has two properties, namely that it can be in the form of waves and can be in the form of particles called photons. From the test results and calculations, it was found that the average temperature of the solar panel samples on that day was around 31.7 0C. The efficiency value for the first day was 40.26%, the second day was 20.09%, the third day was 8%, the fourth day was 12.6%, and the fifth day was 14.7%. The effect of wind speed on solar module efficiency calculated based on calculations using the linear regression method shows a correlation level of $R = 0.0281$. This means that only about 2.81% of the wind speed will affect it. Has solar module efficiency. From various aspects of the calculations carried out, it can be seen that the efficiency of solar panels has a correlation level of $R = 0.161$, which means it is only around 16.1%. From the calculation results it can be concluded that the efficiency of solar panels can change due to changes in weather.

Keywords: *Solar panels, Effect of temperature, Power, Electrical energy, Weather*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISA PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PANEL SURYA 100 WP DI PELABUHAN BELAWAN”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Partaonan Harahap S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2019.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah SWT , kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Desember 2023

Penulis

Alwi Husain Siregar

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Relavan	5
2.2 Energi Listrik	9
2.3 Daya Listrik.....	10
2.4 Arus Listrik	15
2.5 Energi Matahari.....	17
2.6 Sel Surya	18
2.7 Baterai.....	31
2.8 Inverter.....	31
2.9 Charger Controller.....	32
2.10 Panel Surya 100WP.....	35
2.11 Karakteristik Sel Surya.....	36
2.12 Efisiensi Panel Surya.....	39
2.13 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi	40
2.14 Fill Factor	43
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	44
3.2 Peralatan Penelitian	45
3.3 Jenis Data Penelitian	47
3.4 Jalannya Penelitian	47
3.5 Metode Pencarian Data Pada Panel Surya	48
3.6 Sumber Data.....	48
3.7 Prosedur Penelitian.....	48
3.8 Prosedur Penyusunan Tugas Akhir/Diagram Alir	50
BAB 4.....	51
HASIL DAN DATA	51
4.1 Dekripsi Data Penelitian.....	51
4.2 Analisis Perhitungan	54

4.3 Analisa Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin	65
BAB 5	67
KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Segitiga Daya.....	11
Gambar 2.2. Penggunaan Faktor Daya Terhadap KVARH.....	13
Gambar 2.3. Rangkaian 1 fasa.....	14
Gambar 2.4. Rangkaian 3 fasa.....	14
Gambar 2.5. Panel Surya Monokristalin	18
Gambar 2.6. Panel Surya Polikristalin.....	19
Gambar 2.7. Panel Surya Silikon Amorphou.....	19
Gambar 2.8. Panel Surya Gallium Arsenide.....	20
Gambar 2.9. Karakteristik Suatu Sel Surya Dan Dioda.....	24
Gambar 2.10 Semikonduktor jenis p dan n Sebelum Disambung.....	25
Gambar 2.11. Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor.....	26
Gambar 2.12 Hasil Muatan Positif dan Negatif pada Semikonduktor.....	26
Gambar2.13 Timbulnya Medan Listrik Internal E.....	26
Gambar2.14 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari.....	27
Gambar 2.15. Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari.....	28
Gambar2.16 Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihungkan Ke lampu.....	28
Gambar 2.17. Kurva I-V.....	34
Gambar 2.18. Struktur material panel surya.	37
Gambar 2.19. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan.....	39
Gambar 2.20. Matahari diposisikan pada sudut datang 90° terhadap permukaan bumi (zenith) di ekuator.....	39
Gambar 3.1. Tespen.....	43
Gambar 3.2. Handphone.....	43
Gambar 3.3. Kalkulator.....	44
Gambar 3.4. Anometer.....	44
Gambar 3.5. Multimeter.....	44

Gambar 4.1. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Pertama	52
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kedua.....	54
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Pertama.....	56
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Keempat.....	58
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kelima.....	60
Gambar 4.6. Pengaruh suhu dan kecepatan angin.....	62

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki pulau sebanyak 17.504 pulau yang terbentang dari Sabang sampai Merauke. Di Indonesia, Pelabuhan menjadi pintu gerbang penghubung antara satu pulau ke pulau lainnya. Pelabuhan berfungsi sebagai gerbang pertukaran barang maupun manusia yang diangkut kapal laut. Transportasi sebagai alat atau sarana untuk membawa atau memindahkan barang dari satu pulau ke pulau lain atau dari satu negara ke negara lain sangat berperan penting dan juga memiliki kontribusi yang cukup besar dalam menunjang perekonomian negara.

Belawan merupakan salah satu pelabuhan di Indonesia yang memiliki peran yang sangat penting dalam kegiatan arus barang baik itu impor maupun ekspor di wilayah pantai timur Indonesia yang berada di arus lalu lintas selat malaka yang sangat aktif dalam perdagangan internasional. Belawan juga merupakan pelabuhan internasional yang merupakan pelabuhan utama sekunder yang berfungsi melayani kegiatan dan alih muat angkutan laut nasional dan internasional dalam jumlah besar dan jangkauan pelayanan yang luas serta merupakan simpul dalam jaringan transportasi laut internasional.

Sumber energi yang terkandung didalam bumi ini semakin lama semakin berkurang sementara kebutuhan akan energi setiap saat semakin bertambah, olah sebab itu perlu adanya energi baru untuk memenuhi kebutuhan energi dimasa yang akan datang. Energi hijau merupakan sumber energi terbarukan yang saat ini telah dikembangkan dunia diantaranya energi matahari, melihat terbatasnya ketersediaan sumber energi fosil yang ada di dunia [1].

Indonesia adalah negara tropis dengan banyak sinar matahari. Seharusnya digunakan jika memiliki potensi yang bagus, salah satunya dengan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). PLTS adalah merupakan salah satu pembangkit yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkit ini merupakan jenis pembangkit yang ramah lingkungan. Karena bahan bakar fosil semakin menipis dari waktu ke waktu, ada kebutuhan untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya ini sebagai sumber energi alternatif.

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama yang harus disediakan oleh semua negara di dunia. Mengingat bahwa energi merupakan salah satu faktor yang mendukung perkembangan suatu negara. Sumber energi konvensional yang banyak digunakan sekarang ini yaitu energi fosil diantaranya minyak bumi dan batu bara, dimana ketersediaan sumber energi tersebut terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Sumber energi yang bisa digunakan sebagai alternatif salah satunya dengan memanfaatkan sumber energi matahari. Panel surya terdiri susunan sel – sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat mengubah energi foton yang dihasilkan matahari menjadi energi listrik [2].

Kecepatan angin di sekitar Pelabuhan Bealwan rata-rata 0,06 m/detik sampai 0,26 m/detik sedangkan suhu rata-rata maksimum adalah 32°C dan suhu rata-rata minimum adalah 24°C dengan kelembapan udara antara 75% sampai 85%, panel surya sangat mempengaruhi efisiensi panel surya, hal ini bisa membantu menjaga suhu kaca pada sel surya tetap rendah sehingga suhu kerja pada sel surya tetap optimal. Daya output yang dihasilkan pada panel surya tidak hanya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari saja, akan tetapi juga dipengaruhi oleh cuaca, seperti kecepatan angin, suhu serta kelembaban. Apabila suhu pada panel naik melebihi suhu standarnya maka akan menimbulkan turunnya daya yang dihasilkan, dikarenakan efisiensi panel nya juga menurun. Berubahnya suhu pada sel surya disebabkan oleh kondisi temperaturnya itu sendiri seperti pengaruh dari kecepatan angin, serta lingkungan tempat panel surya diletakkan.

Panel surya terdiri dari susunan sel – sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat mengubah energi foton yang dihasilkan matahari menjadi energi listrik. Dalam pengoperasian panel surya, daya listrik keluaran dari sel surya tidak hanya bergantung pada besarnya intensitas radiasi yang diterima, namun perubahan suhu pada permukaan sel surya dapat mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan. Maka untuk memaksimalkan kinerja dari sel surya diperlukan suatu penelitian dengan membandingkan dua percobaan yaitu pengoperasian panel surya saat suhu permukaan panel surya mengalami kenaikan dalam kondisi cuaca cerah dan berawan.

Panel surya yang rentan terpengaruh dengan perubahan keadaan lingkungan sekitar menyebabkan produksi listrik yang dihasilkan pun bisa berubah, karena saat suhu naik maka bisa menurunkan nilai tegangan yang dihasilkan pada panel surya. Telah banyak penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter – parameter yang mempengaruhi efisiensi pada panel surya seperti pengaruh sudut kemiringan, efek bayangan dll. Akan tetapi parameter seperti hubungan antara suhu dan kecepatan angin belum banyak dilakukan bagaimana pengaruhnya pada efisiensi panel surya [3]. Dari latar belakang diatas, penulis ingin mengkaji “ Analisa Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin terhadap Daya dan Efisiensi Panel Surya 100 Wp di Pelabuhan Belawan”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang timbul yaitu;

1. Menganalisa Hubungan Suhu Permukaan Dengan Kapasitas Tegangan Keluaran
2. Menghitung seberapa besar tingkat efisiensi suatu panel surya
3. Menghitung factor pengisian / fill factor, yang merupakan salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi :

1. Menghitung permukaan suhu dengan cara observasi di Pelabuhan Belawan.
2. Menghitung parameter Fill factor.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang meliputi tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa hubungan suhu dan tegangan keluaran panel surya.
2. Menganalisa seberapa besar tingkat efisiensi pada panel surya.
3. Menganalisa data factor pengisian / fill factor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini :

1. Untuk mengetahui kapasitas tegangan keluaran pada saat cuaca cerah dan mendung di Pelabuhan Belawan.
2. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat efisiensi panel surya pada saat cuaca cerah dan mendung di Pelabuhan Belawan.
3. Untuk menghitung faktor pengisian / fill factor, yang merupakan salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Relavan

Energi merupakan salah satu masalah utama yang dialami oleh seluruh negara di dunia. Mengingat bahwa energi merupakan salah satu faktor yang mendukung pengembangan dari suatu negara tersebut. Semakin hari energi yang dibutuhkan semakin meningkat seiring berjalannya waktu dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang semakin meningkat pula. Semakin bertambah jumlahnya energi yang dipakai, maka persediaan pun semakin sedikit pencadangan energi konvensional.

Sumber energi yang konvensional banyak yang digunakan sekarang ini adalah energi dari fosil contohnya seperti minyak bumi dan batu bara, dimana semakin hari

energi fosil ini mengalami penurunan jumlahnya karena energi fosil tergolong energi yang tidak dapat pembaharuan, selain itu energi fosil juga memiliki dampak

yang tidak baik bagi lingkungan. Melihat dampak yang tidak baik terhadap lingkungan dan jumlah energi fosil yang semakin berkurang mengakibatkan perlunya energi terbarukan, untuk mencegah ketimpangan antara kemajuan ekonomi dengan pencadangan energi konvensional. Sumber energi yang bisa digunakan sebagai energi alternatif salah satunya dengan memanfaatkan sumber energi matahari. Sumber energi matahari merupakan salah satu harapan utama sebagai sumber energi alam yang tidak pernah habis dan dapat mengurangi dampak pemanasan global yang ditimbulkan oleh buangan gas, dan bahan-bahan lain yang dapat membentuk efek rumah kaca. Sumber energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang semakin meningkat pengembangannya disetiap tahunnya.

Indonesia memiliki potensi besar terhadap energi matahari. Hal ini karena posisi Indonesia berada di garis khatulistiwa dan sebagai negara tropis yang menyebabkan

pancaran matahari yang cukup besar. Dengan adanya kelebihan dari letak Indonesia seharusnya dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat dan

pemerintah Indonesia. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi daya pada panel surya. Sehingga hal tersebut dapat dijadikan referensi yang

dapat diambil oleh masyarakat dan pemerintah dalam pengembangan energi matahari di Indonesia. Besar kecilnya output yang dihasilkan panel surya bergantung pada banyaknya cahaya yang diserap oleh panel surya. Akibat pergerakan matahari membuat cahaya yang diserap oleh panel surya akan berubah-ubah. Kinerja dari panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu iradian, suhu dan kecepatan angin. Penelitian yang akan dibuat oleh penulis berjudul “ Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya”. Hal ini dilakukan karena penulis ingin mengetahui pengaruh dari efek suhu terhadap kinerja panel surya. Panel agar-agar

surya mengalami kenaikan suhu maka diberikan 4 buah reflektor cermin datar dipermukaan bawah panel surya. Posisi panel surya akan tegak lurus menghadap sinar matahari.

Berdasarkan Letak Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa ini diperkirakan mempunyai penyinaran radiasi matahari sebesar 4,8 kWh/m²/hari. Panel surya mengkonversi energy foton menjadi energi listrik dimana matahari sangat berperan penting dalam hal ini, kondisi lingkungan yang terus berubah bisa mempengaruhi daya output pada panel surya ada beberapa peneliti yang sudah melakukan penelitian terdahulu diantaranya :

- Asrori Asrori, Eko Yudiyanto (2021) dengan Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal bertujuan menganalisa pengaruh radiasi matahari dan temperatur panel terhadap performansi tipe panel surya mono dan polikristal kapasitas 100 Wp. Pengujian dilakukan selama dua hari di atas gedung Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang (7,944oLS ; 112,613oBT). Pengukuran data radiasi matahari, temperatur lingkungan, temperatur panel, tegangan dan arus keluaran panel dilakukan untuk mengetahui daya keluaran, efisiensi daya konversi panel dan Performance Ratio (PR) dari kedua panel tersebut. Hasilnya diketahui bahwa kenaikan temperatur permukaan panel surya berdampak pada

penurunan daya keluaran panel. Untuk rata-rata radiasi matahari diatas 1000 W/m² dengan rata-rata temperatur lingkungan 33 C, maka untuk permukaan panel surya monokristal temperaturnya sekitar 30,6 oC terjadi kehilangan daya sebesar 2,3 %. Sedangkan pada panel polikristal, ketika temperatur permukaannya 47,5 oC terjadi kehilangan daya sekitar 10,12 %. Efisiensi konversi daya dari tipe monokristal adalah 11,90 %, dan tipe polikristal adalah 9,18 %. Sedangkan PR monokristal dan polikristal masing-masing adalah 0,63 dan 0,61. Sehingga untuk instalasi panel surya dalam penelitian ini performansi tipe monokristal lebih bagus daripada polikristal [4].

- Partaonan Harahap (2020) berjudul Dalam penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh temperatur, dan perbandingan 2 merk panel sel surya dilakukan pengukuran berdasarkan intensitas 1225 dan temperatur 41,1°C. Pengukuran yang dimaksud adalah melihat besarnya tegangan Merk A 20,3 Volt dan B 3,5 volt , arus Merk A 1,17 Amper dan B 1,68 Amper, daya output Merk A 19,21 Watt dan B 16,94 Watt, daya input Merk A 183 Watt dan B 226 Watt antara tiap panel sel surya. Pada pengukuran dua panel surya jenis polycrystalline merk A dan B, dapat disimpulkan bahwa dari kinerja pada panel sel surya dari merk A dan B yang lebih bagus adalah B dikarenakan nilai penyerapan pada B lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai Imp penyerapan yang berbeda tiap jenis dan tipe. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperatur permukaan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semakin meningkat begitupun sebaliknya [5].
- Rimbawati dkk (2023) berjudul Penentuan Kemiringan Panel Surya Menggunakan Metode Azimut Pada Plts Rumah Sumbul menghasilkan Penelitian ini dilakukan untuk menentukan sudut kemiringan terhadap daya keluaran panel surya, berlokasi di Dusun Bintang Asih Desa Rumah sumbul Kecamatan Tigajuhar Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara. Wilayah tersebut berada pada ketinggian 380 mdpl dengan suhu

pada cuaca cerah antara 27o -40oC yang merupakan salah satu desa tertinggal di Indonesia. Penelitian ini menggunakan panel surya tipe monocrystalline 100 Wp dengan sistem solat tracker dengan metode azimuth guna menentukan sudut terbaik. Berdasarkan analisa data diperoleh bahwa besar perbedaan sudut kemiringan untuk metode azimuth diperoleh sudut kemiringan cuaca cerah sebesar 43o . Selanjutnya besar perbedaan daya keluaran untuk metode azimuth daya output pengujian cuaca cerah dengan rata-rata suhu 38,34°C, tegangan 13,97 V, dan arus 2,94 A menghasilkan daya keluaran terbesar 70.11 W [6].

- Noorly Evalina dkk (2021) dengan judul Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Penyemprot Desinfektan menghasilkan Penyemprotan cairan disinfektan di tempat umum diperlukan untuk menghilangkan virus pada masa pandemi covid 19, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya untuk menggerakkan robot penyemprot disinfektan, caranya dengan merancang panel surya yang menyerap sinar matahari, mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, sensor LDR dapat mendeteksi adanya sinar matahari, mikrokontroler ATmega 8 digunakan untuk mengontrol proses pengisian pada baterai, regulator berfungsi sebagai pengatur tegangan agar stabil, tegangan yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan robot, Pengujian hasil menunjukkan tegangan yang dihasilkan panel surya dapat mengisi baterai hingga penuh, regulator menjaga agar pengisian baterai tetap stabil sehingga tidak merusak rangkaian setelah baterai terisi penuh regulator berhenti mengisi baterai, robot penyemprot disinfektan dapat bekerja di adanya sinar matahari dan tanpa sinar matahari, pembangkit listrik tenaga surya berkapasitas 20 WP dapat menggerakkan robot penyemprot disinfektan.
- Anurag Sinha, Arun Kumar, Abhishek Tiwari & Kushal Yadav (2021) Berjudul Analisis Pengaruh Gabungan Suhu dan Angin terhadap Produksi Tenaga Surya menghasilkan Kecepatan angin (WS) dan suhu udara menjadi perhatian bagi industri PV pembangkit listrik tenaga surya dan pembuat kebijakan. Hal ini menyebabkan penurunan radiasi normal

langsung (DNI) dan pada gilirannya meningkatkan ketidakpastian keluaran pembangkit listrik tenaga surya (SPP). Oleh karena itu, untuk komitmen unit yang tepat dan pengoperasian SPP yang efisien, radiasi matahari harus dikalibrasi dengan benar. Dalam penelitian ini, studi rinci telah dilakukan mengenai pengaruh gabungan kecepatan angin dan suhu udara terhadap kinerja SPP yang memiliki tipe panel berbeda. Modul tipe monokristalin (C-si) dan modul tipe multi-kristal (MC-si) dianalisis dalam penelitian ini di Tucson, AS. Panel surya 140 W seluas 1,26 m² panel SPV dengan 72 sel seri dan string tunggal paralel telah dirancang dan disimulasikan dalam lingkungan pvlib-python. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perilaku kecepatan angin dan suhu udara pada suatu lokasi pengoperasian sistem SPV untuk menghasilkan keluaran yang maksimal. Analisis ini akan membantu industri PV untuk mengetahui ketidakpastian kinerja pembangkit PV terhadap perubahan kecepatan angin dan suhu udara.

2.2 Energi Listrik

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan masyarakat, hampir semua peralatan memerlukan energi listrik dalam penggunaannya. Energi listrik timbul akibat adanya pergerakan elektron pada suatu penghantar dalam rangkaian tertutup. Pergerakan elektron berlawanan dengan arah arus listrik. Dalam Satuan Internasional (SI) satuan arus listrik ampere (A), tegangan listrik satuannya volt (V), dan konsumsi daya listrik satuannya watt (W). Energi listrik diperlukan untuk menggerakkan motor listrik, pemanas, pendingin, penerangan, bahkan untuk menggerakkan peralatan mekanik yang mengkonversi energi kedalam bentuk energi lainnya. Semua peralatan listrik dapat berfungsi optimal dengan menggunakan energi listrik yang sesuai dengan spesifikasinya. Kesesuaian energi listrik tersebut mencakup tipe tegangan atau arus yang diperlukan (AC atau DC), besar kecilnya tegangan yang diperlukan, serta arus minimal yang dibutuhkan.

Energi listrik mempunyai kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik, kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain. Energi listrik menghasilkan arus dan

terakumulasi dalam bentuk elektron. Elektron ini menghasilkan energi transisi berupa aliran elektron dan tersimpan dalam medan elektrostatik dan medan induksi. Medan elektrostatik akan menghasilkan medan listrik yang sebagai tempat terakumulasinya muatan (elektron) pada plat kapasitor. Energi listrik dilambangkan dengan (W) sedangkan perumusan yang digunakan untuk menentukan besar energi listrik adalah [7].

$$W = Q \times V \dots\dots\dots(2.1)$$

Apabila dihubungkan dengan hukum Ohm

$$V = I \times R \dots\dots\dots(2.2)$$

$$I \frac{Q}{t} \dots\dots\dots(2.3)$$

Maka diperoleh perumusan:

$$W = (I \cdot t) \times V$$

$$W = V \times I \times t$$

$$W = (I \cdot R) \times I \times t \dots\dots\dots(2.4)$$

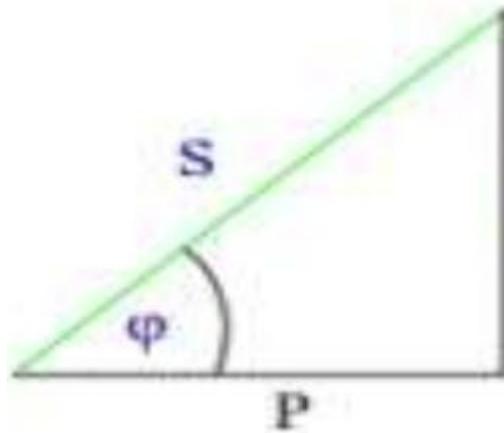
W dalam satuan joule, dimana 1 kalori = 0,24 joule. Tetapi yang paling umum satuan listrik adalah menggunakan satuan kWh (kilowatt hour).

2.3 Daya Listrik

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari Tegangan dan arus. Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Fungsi utama dari energi listrik yakni Sebagai penerangan: Saat malam hari, listrik menjadi sumber penerangan yang dibantu oleh media berupa lampu. Oleh lampu, energi listrik menjadi energi cahaya. Energi listrik menjadi sumber energi bagi kehidupan manusia. Dikatakan sebagai sumber energi karena energi listrik bisa diubah menjadi energi lain. Misalnya energi listrik yang digunakan untuk menjalankan beberapa alat elektronik seperti kulkas dan laptop. Sarana hiburan: Energi listrik juga dapat dijadikan sebagai media hiburan, karena banyak alat hiburan yang menggunakan energi listrik. Pementasan hiburan juga membutuhkan listrik. Misalnya untuk penerangannya, untuk pengeras suaranya, untuk peralatan pementasannya, dan

sebagainya. Dapat menghasilkan panas, listrik juga dapat menghasilkan panas. Misalnya pada oven listrik, energi listrik diubah menjadi energi panas. Contoh lainnya ialah pada kompor listrik, penanak nasi, dan setrika. Menghasilkan gerak, energi listrik yang biasa kita gunakan sehari-hari ternyata juga dapat berubah menjadi energi gerak. Banyak kebutuhan rumah tangga yang membutuhkan listrik untuk menggerakkan sesuatu, salah satu contohnya ialah pada kipas angin. Contoh lainnya ialah, mesin cuci, motor, mobil, dan masih banyak lagi.

Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah volt ampere reactive (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah volt ampere (VA). Hubungan antara Daya semu, daya aktif, dan daya reaktif dapat dilihat pada gambar segitiga daya dibawah ini.



Gambar 2.1 Segitiga daya

Segitiga daya merupakan trigonometri atau segitiga siku-siku yang digunakan untuk menghitung daya aktif, reaktif serta semu. Sedangkan jika dilihat dari kata daya ini sendiri artinya adalah sekumpulan energi listrik yang terpakai dalam aktivitas atau usaha tertentu. Segitiga daya mempunyai tiga jenis kategori. Yakni daya aktif, daya reaktif serta daya semu. Untuk mempermudah penyebutannya, P melambangkan daya nyata, Q melambangkan daya reaktif serta S melambangkan daya semu. Daya aktif adalah daya yang sebenarnya digunakan oleh konsumen. Daya aktif memiliki satuan Watt.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.1)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{ln} \cdot I \cdot \cos \varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

Daya Reaktif Daya reaktif merupakan daya yang digunakan untuk menghasilkan medan magnet.

$$Q = V_{ln} \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{ln} \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Daya semu merupakan daya yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu diberi simbol S dan memiliki satuan VA (Volt Ampere).

$$S = V_{ln} \cdot I \dots\dots\dots(2.5)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{ln} \cdot I \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

P = Daya Aktif (Watt)

Q = Daya Reaktif (VAR)

S = Daya Semu (VA)

I = Arus (Ampere)

V_{in} = Tegangan Masuk (Volt)

Faktor daya atau faktor kerja adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu/daya total (VA), atau sudut phasa antara daya aktif dan daya semu/daya total. Semakin tinggi faktor daya maka efektifitas dari alat-alat listrik akan semakin baik dan sebaliknya semakin rendah faktor daya berdampak pada rendahnya efektifitas dari alat-alat listrik, untuk menghitung faktor daya dirumuskan dengan.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2.7)$$

Di mana:

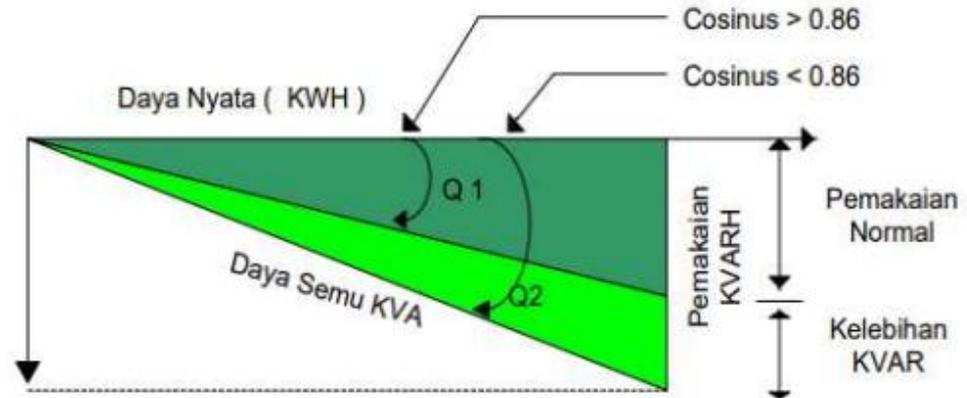
Cos φ = Faktor daya

P = Daya nyata

S = Daya semu

Faktor daya sangat besar pengaruhnya terhadap kualitas dari sumber listrik dan Kerja dari alat-alat listrik. Akibat pemakaian KVARH yang tinggi menyebabkan pembentukan sudut faktor daya yang besar. hasil dari melebarnya sudut daya tersebut berdampak pada rendahnya nilai faktor daya, kerugian-kerugian terhadap daya listrik dan menurunnya daya kerja efektif dari sumber listrik. Faktor daya yang lebih rendah dari < 0,99 atau 0,86 menurunkan efisiensi

kerja alat listrik. Daya kerja (KW) tidak dapat berkerja secara optimal atau sebanding dengan daya yang tersedia.



Gambar 2.2 Penggunaan Faktor Daya Terhadap KVARH

Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif dengan daya semu. Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan sudut phasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada pelanggan listrik. Daya semu dihasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah akan menyebabkan turunnya faktor daya listrik. Cara yang mudah untuk mengantisipasi turunnya faktor daya listrik dapat dilakukan dengan memilih beban-beban yang mempunyai faktor daya besar juga dapat dilakukan dengan memasang kapasitor.

Kapasitor adalah komponen listrik yang justru menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung. Pemasangan kapasitor dapat memperbaiki faktor daya, jika faktor daya di perbaiki maka daya reaktif dapat berkurang dan mendekati daya aktif. Suatu beban dengan faktor daya 1.0 merupakan beban yang hanya mengandung nilai resistansi murni dan merupakan pembebanan yang paling efisiensi. Beban dengan faktor daya yang rendah (0.5) merupakan beban yang mengandung nilai induktansi yang menyebabkan kerugian yang lebih tinggi dalam sistem suplai tenaga listrik Faktor daya yang rendah berhubungan dengan beda fasa antara arus dan tegangan pada terminal beban. Sudut fasa arus beban yang rendah biasanya diakibatkan oleh penggunaan beban induktif seperti transformator, motor induksi, lampu TL dan beban elektronik lainnya.

2.4 Arus Listrik

Sistem aliran arus yang terbentuk pada energi listrik secara garis besar dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu arus DC dan arus AC. Adapun pengertian dari kedua jenis ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.4.1. Arus Direct Current (DC)

Arus DC (Direct Current) atau arus searah, adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya lebih tinggi ke titik potensial yang rendah. Sumber arus listrik DC yang umum adalah accumulator, volta element, solar panel, adaptor dan DC generator [7].

Arus searah bisa mengalir pada material konduktor, dan material semi konduktor. Adapun ketentuan penghitungan daya pada arus DC adalah:

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

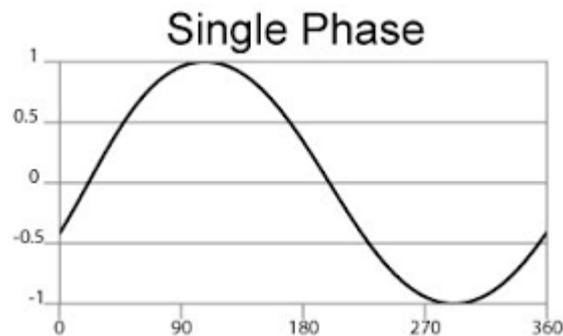
.....(2.8)

2.4.2. Arus Alternating Current (AC)

Arus AC (Alternating Current) atau arus bolak-balik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik, pada satu titik jaringan listrik/satu satuan waktu, dalam satuan watt atau joule per detik dalam satuan SI. Disebut arus bolak-balik, karena polaritas tegangan pada kedua penghantar berubah-ubah terus sepanjang waktu (karena itu jaringan listrik tidak ada plus minusnya), jaringan AC 220 V 50Hz, itu berarti jaringan memiliki tegangan 220 V AC dan polaritas berubah setiap 1/50 dtk. Sistem kelistrikan AC terdiri dari 1 phase dan 3 phase, dimana masing-masing mempunyai keunggulan masing-masing.

- Sistem 1 Phase

Listrik 1 Phase adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat phase (L) dan yang kedua sebagai kawat



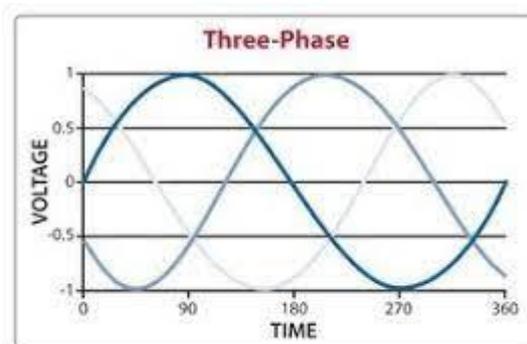
Gambar 2.3. Rangkaian 1 fasa

neutral (N). Umumnya listrik 1 phase bertegangan 220-240 volt yang digunakan banyak orang. Biasanya listrik 1 phase digunakan untuk listrik perumahan, namun listrik PLN di jalanan itu memiliki 3 phase, tetapi yang masuk ke rumah kita hanya 1 phase karena kita tidak memerlukan daya besar dan untuk peralatan dirumah kita hanya menggunakan listrik 1 phase dengan 220-240 volt [3].

➤ Sistem 3 Phase

Listrik 3 Phase adalah jaringan listrik yang menggunakan tiga kawat Phase (R,S,T) dan satu kawat neutral (N) atau sering dibilang kawat ground. Menurut istilah Listrik 3 Phase terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel neutral. Umumnya listrik 3 Phase bertegangan 380 volt yang banyak digunakan Industri atau pabrik.

Listrik 3 fasa adalah listrik AC (Alternating Current) yang menggunakan 3 kawat penghantar yang mempunyai tegangan pada masing-masing Phasenya sama, tetapi berbeda dalam sudut curvenya sebesar 120 derajat [3].



Gambar 2.4. Rangkaian 3 fasa

2.5 Energi Matahari

Matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang dipancarkan langsung ke permukaan bumi. Energi ini berupa radiasi dan panas dari matahari. Radiasi matahari yang masuk ke permukaan bumi akan mengalami pemantulan, pemancaran kembali, hamburan, dan penyerapan. Dalam sistem tata surya, matahari ada pada posisi yang tetap, tetapi terlihat seakan bergerak melintasi bumi jika diamati dari permukaan bumi. Pergerakan matahari ini disebabkan oleh pengaruh rotasi bumi. Akibat dari pergerakan tersebut, sudut pada sinar matahari dan bumi berubah secara kontinu. Pengamatan terhadap garis bujur dan garis lintang dapat mengetahui posisi matahari, di mana perbedaan pada kedua garis tersebut dapat mempengaruhi potensi energi matahari suatu daerah. Sehingga sudut azimuth dan sudut elevasi harus diperhatikan jika ingin mendapatkan energi matahari yang optimal.

Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi Matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran), karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara), sedangkan gelombang elektromagnetik adalah suatu bentuk gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara.

Sinar matahari yang berupa gelombang elektromagnetik pendek menuju atmosfer dianggap 100% sampai ke lapisan atmosfer. Tetapi radiasi ini tidak bisa di teruskan keseluruhannya karena ada pantulan yang terjadi dan besarnya pantulan 31%. Berarti radiasi yang dapat diteruskan ke daerah atmosfer hanya 69% dari jumlah ini akan diserap oleh udara keliling atmosfer sebesar 17,4% dan pantulan permukaan bumi sebesar 4,3% sehingga sampai ke permukaan bumi tinggal

47,326%. Sejumlah nilai yang diserap oleh permukaan bumi antara lain diserap :

- a. Laut :37,7 %
- b. Samudera : 14,3 %
- c. Kehidupan numi (tumbuh-tumbuhan , dll) : 0,1 %
- d. Panas bumi : 0,02 %
- e. Kehidupan manusia : 0,004 %
- f. Angin gelombang : 0,2 %

2.6 Sel Surya

Konversi energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik dilakukan oleh komponen yang disebut sel photovoltaic (selPV). Sel PV pada dasarnya semikonduktor dioda yang memiliki sambungan P-N. Dalam semikonduktor ini terbentuk tiga daerah berbeda, yaitu daerah tipe P,N dan pengosongan (depleksi). Pada daerah tipeP mayoritas pembawa muatannya adalah hole, sedangkan pada daerah tipeN mayoritas pembawa muatan adalah elektron. Daerah deplesi memiliki medan listrik internal dengan arah dari N ke P. Saat radiasi matahari mengenai sel surya maka akan terbentuk elektron danhole. Karena pengaruh medan listrik internal pada daerah deplesi maka menyebabkan hole bergerak menuju daerah P dan elektron bergerak menuju daerah N. Perpindahan hole dan elektron ini menghasilkan arus yang disebut arus fotodifusi. Selain itu pada daerah deplesi dapat pula terjadi pasangan hole dan elektron karena pengaruh medan yang sama yang akan bergerak menuju ke arah mayoritasnya, sehingga menghasilkan arus generasi. Irradiasi matahari (G) dapat diketahui dari data nilai rata-rata radiasi matahari yang sampai kebumi, dengan nilai 1667 W/m².Nilai ini merupakan batas atas teoritis dari ketersediaan energy surya di bumi menurut Baharuddin di jurnal Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Makassar [8]. Untuk mengetahui daya (P) input sel surya adalah mempunyai irradiasi (G) dan luas panel surya (A) yang digunakan, maka dapat didefinisikan adalah:

$$P_{input} = G \times A \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

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

A= Luas Panel Sel Surya

Sedangkan Daya Output (Poutput) sel surya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{output} = V \times I \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

V = Tegangan Output

(Volt) I = Arus Output (Ampere)

Efisiensi (η) sel surya dapat diketahui ketika adaya Daya Input (Pinput) dan Daya Output (Poutput), dengan dapat dibuatkan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} 100\% \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

P input = Daya Input (Watt)

P output = Daya Output (Watt)

G = Irradiasi Matahari (W/m²)

2.6.1 Jenis Panel Surya

Ada beberapa jenis panel surya yang dijual dipasaran:

- Jenis pertama, yaitu jenis yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki tingkat efisiensi antara 12 sampai 14%. Kelemahan dari panel surya jenis ini jika disusun membentuk modul akan menyisakan banyak ruangan yang kosong karena panel surya seperti ini umumnya berbentuk segi enam [5].



Gambar 2.5 Panel Surya Monokristalin

- Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multikristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi antara 10 sampai 12%. Panel surya ini berbentuk persegi panjang, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong, tidak seperti susunan pada panel surya monocrystalline. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline sehingga harganya lebih murah [4] .



Gambar 2.6. Panel Surya Polikristalin

- Jenis ketiga adalah silikon jenis amorphous, yang berbentuk film tipis. Dengan teknik pembuatannya yang disebut "stacking(susun lapis)", dimana beberapa lapis Amorphous Silicon ditumpuk membentuk panel surya dan akan memberikan Efisiensinya sekitar 4-6%. Panel surya jenis ini banyak dipakai dimainan anak-anak, jam dan kalkulator.



Gambar 2.7. Panel Surya Silikon Amorphou

- Jenis keempat adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (Gallium



Gambar 2.8. Panel Surya Gallium Arsenide (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi.

2.6.2 Struktur sel surya

Sesuai dengan perkembangan sains & teknologi, jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya: Jenis-jenis teknologi”.

a. Substrat/Metal backing

Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized DSSC dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide ITO dan flourine doped tin oxide FTO.

b. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari,

semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide). Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “semi kounduktor dan sel surya”.

c. Kontak metal / *contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negative.

d. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

e. Enkapsulasi / *cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

2.6.3 Semikonduktor dan Sel Surya

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator. Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip photovoltaic, adanya energi dari cahaya (foton) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Becquerel (Belgia) pada 1839. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi.

Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV ($1\text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19}\text{ J}$).

Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnetik, cahaya dapat dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda. Pendekatan yang berbeda dijabarkan oleh Einstein bahwa efek photovoltaic mengindikasikan cahaya merupakan partikel diskrit atau quanta energi. Dualitas cahaya sebagai partikel dan gelombang dirumuskan dengan persamaan:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$
$$h \cdot c = (6,6256 \times 10^{-34}\text{ Js})(2,9979 \times 10^8\text{ m/s})$$
$$= 1,9863 \times 10^{-26}\text{ Jm}$$

2.6.4 Prinsip kerja solar cell

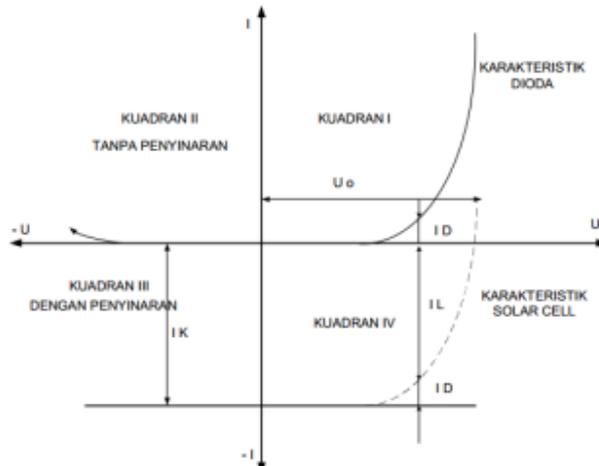
Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan Photon. Pada sel surya terdapat sambungan junction antara dua lapis tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis P positif dan

semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis N dibuat dari Kristal silicon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya fosfor) dalam batasan batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan electron bebas. Electron adalah partikel sub atom yang bermuatan negative, sehingga silicon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis P juga terbuat dari Kristal silicon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain umumnya boron yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu electron bebas. Kekurangan atau hilangnya electron ini disebut lubang hole, Karena tidak ada atau kurangnya electron yang bermuatan listrik negative maka silicon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis P.

Beberapa sel surya diparalelkan untuk menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Combiner menghubungkan kaki positif panel surya satu dengan panel surya lainnya. Kaki atau kutub negative panel satu dan lainnya juga dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan ke kaki positif charge controller, dan kaki negative panel surya dihubungkan ke kaki negative charge controller. Tegangan panel surya yang dihasilkan akan digunakan oleh charge controller untuk mengisi baterai. Untuk menghidupkan beban perangkat AC alternating current seperti televisi, radio, computer dan lain-lain, arus baterai disupply oleh inverter.

2.6.5 Karakteristik Solar Cell

Sel surya tanpa pada keadaan penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda. Ketika sel surya dapat sinar akan mengalir arus



Gambar 2.9 Karakteristik Suatu Sel Surya Dan Dioda

konstant yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti gambar dibawah ini.

Dari gambar diatas dilihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat sifat dioda. Jika diselidiki pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting yaitu :

- a. Tegangan beban nol diukur tanpa beban tanpa dipengaruhi penyinaran
- b. Arus terhubung singkat di ukur saat sel hubung singkat dan disini arus hubung singkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran 17
- c. Titik daya maksium maximum Power point = MPP dari sel surya didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik.

Dalam hal ini daya yang dihasilkan oleh suatu sel surya sama dengan nol. Pada suatu titik tertentu daya sel surya mencapai titik makasimum dan titik ini disebut titik MMP Maximum Power Point, yang pada praktek yang selalu diusahakan agar pemakian berpatokan dari titik MMP. Konversi energi dari sel surya ke konsumen akan maksimum apabila tahanan pemakai RL dan tahanan sel surya memenuhi persamaan, berikut:

$$R_L = R_i \dots\dots\dots$$

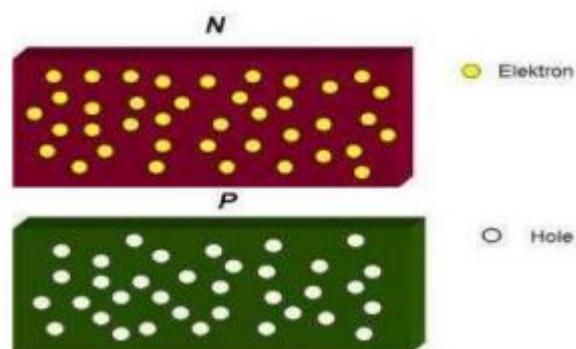
Keadaan ini pada teknik listrik disebut istilah beban pas. dengan bantuan pengubah tegangan searah khusus atau sering disebut MPT Maximum Power Tracker memungkinkan beban pas ini tercapai.

2.6.6 Proses Konversi Solar Cell

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif.

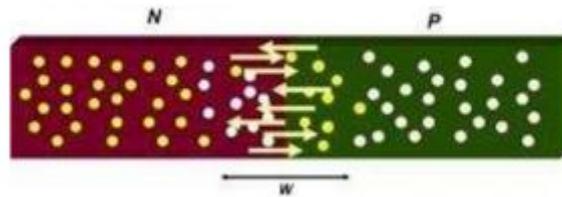
Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktivitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Didalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi (metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.

- a) Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung



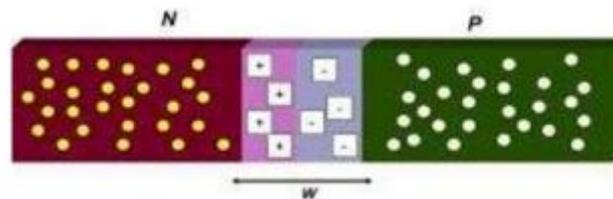
Gambar 2.10 Semikonduktor jenis p dan n Sebelum Disambung

- b) Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



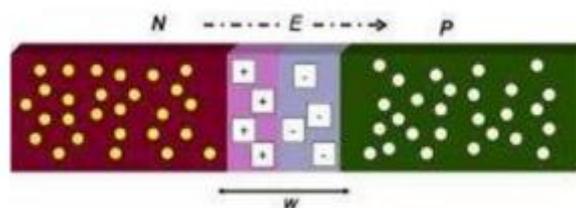
Gambar 2.11 Perpindahan Elektron dan Hole pada Semikonduktor

- c) Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, Hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini



Gambar 2.12 Hasil Muatan Positif dan Negatif pada Semikonduktor

- berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.
- d) Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (depletion region) ditandai dengan huruf W.
- e) Baik elektron maupun hole yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (minority charge carriers) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeban.
- f) Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal edarisisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole

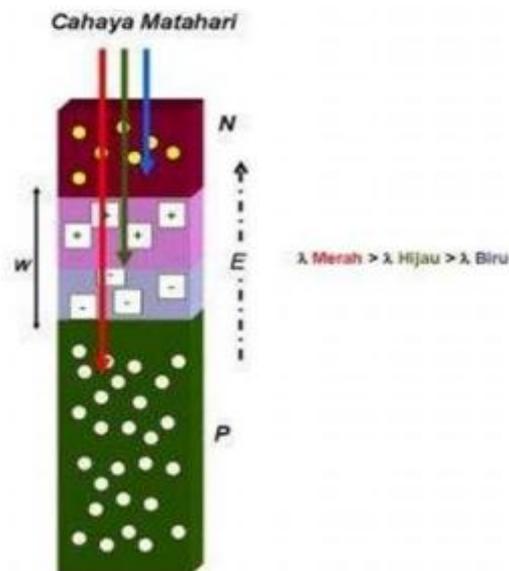


Gambar2.13 Timbulnya Medan Listrik Internal E

kesemikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n.

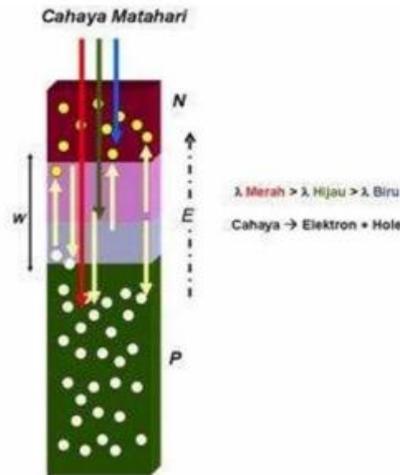
- g) Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berad Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi. a pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah hole yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah hole yang tertarik kembali ke arah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p, dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron kesemikonduktor n akibat tarikan medan listrik E.

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.14 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari

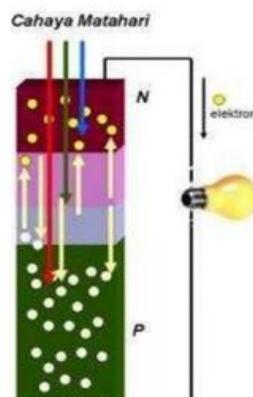
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan foto generasi electron hole yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



Gambar 2.15. Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lamda” sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat foto generasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktorn.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil foto generasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitupula dengan



Gambar2.16 Kabel Dari Sambungan Semikonduktor Dihungkan Ke lampu

hole yang tertarik ke arah semikonduktor p. Apabila rangkaian kabel dihubungkan kedua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.

Pada alat ini solar cell digunakan sebagai sumber energi pengganti listrik untuk mengisi ulang baterai sekunder (charger) yang digunakan untuk menghidupkan portal parkir otomatis. Dan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari solar cell pada saat pengisian baterai langsung digunakan rumus:

$$P_{\text{panel}} = V_{\text{panel}} \times I_{\text{panel}}$$

Keterangan:

P_{panel} = daya panel (dalam watt, W)

V_{panel} = ggl panel (dalam volt, V)

I_{panel} = arus panel (dalam Ampere)

2.7 Baterai

Batere dihubungkan langsung secara paralel ke beban (dengan sistem proteksi), jika batere tersebut sudah penuh. Jika akan menggunakan arus bolak-balik, maka PLTS tersebut harus dihubungkan dengan Inverter. Setelah dari inverter, outputnya berupa arus bolak-balik yang dapat digunakan langsung ke beban. Besar beban yang dapat digunakan harus sesuai dengan kemampuan inverter dan besarnya sistem penyimpanan yang digunakan.

Baterai dibuat dari sejumlah elemen yang terpisah-pisah, lalu disatukan dalam sebuah kotak yang terbuat dari karet keras atau plastik. Komponen dasar masing-masing sel membentuk pelat-pelat positif dan negative. Beberapa pelat positif dan beberapa pelat negatif saling dihubungkan menjadi kelompok-kelompok pelat. Pada beberapa baterai, pada kelompok pelat negatif jumlahnya lebih banyak satu pelat daripada sekelompok pelat positif.

2.8 Inverter

Untuk kebutuhan listrik AC, energi listrik yang disimpan di baterai dirubah menjadi listrik AC menggunakan Inverter. Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah DC menjadi arus listrik bolak balik AC. Inverter mengkonversi arus DC 12-24 V dari perangkat seperti baterai, panel surya/solar cell menjadi arus AC 220 V.

Sumber Dc yang dibutuhkan inverter dapat berasal dari baterai atau dari sumber tegangan AC yang disearahkan. Untuk mendapatkan keluaran yang dikehendaki maka digunakan rangkaian control. Rangkaian control tersebut antara lain berfungsi untuk mengatur frekuensi amplitude gelombang keluaran. Agar gelombang keluarannya dapat kembali mendekati gelombang sinus, maka digunakan filter. Filter berfungsi untuk melewatkan frekuensi yang diharapkan saja. Filter yang digunakan disini biasanya merupakan filter jenis bandpass filter yang akan menagkal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang tidak diharapkan pada keluarannya. Inverter mode saklar adalah rangkaian utama dari system yang berfungsi untuk membalikkan tegangan searah menjadi tegangan bolakbalik. Disebut mode saklar karena alat ini bekerja dengan menggunakan teknik penyaklaran switching.

Keluaran dari inverter mode saklar ini masih berupa pulsa-pulsa berfrekuensi tinggi frekuensi switching. Sedangkan rangkaian control berfungsi untuk mengendalikan proses penyaklaran switching yang terjadi pada inverter mode saklar. Pengendalian ini akan menentukan bentuk gelombang, amplitude gelombang, serta frekuensi gelombang keluaran pada system secara keseluruhan.

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan inverter, yaitu :

1. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal
2. Input DC 12 V atau 24 V.
3. Sinewave ataupun square wave output AC. True sine wave inverter Diperlukan terutama untuk beban-beban yang masih menggunakan motor agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.

Oleh karena itu dari sisi harga maka true sine wave inverter adalah yang paling mahal diantara yang lainnya karena dialah yang paling mendekati bentuk gelombang asli dari jaringan listrik PLN. Sedangkan pada square wave inverter beban-beban listrik yang menggunakan kumparan/motor tidak dapat bekerja sama sekali.

2.9 Charger Controller

Charge Controller atau biasa juga disebut dengan Regulator baterai adalah

peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari *full discharge* dan *overloading* serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Regulator baterai dilengkapi dengan *diode protection* yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi.

Fungsi dari charge controller antara lain:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage. Apabila baterai dalam keadaan kondisi sudah terisi penuh maka listrik yang disuplai dari modul surya tidak akan dimasukan lagi pada baterai dan sebaliknya juga jika keadaan kondisi baterai sudah kurang dari 30% maka charge controller tersebut akan mengisi kembali baterai sampai penuh. Proses pengisian baterai dan modul surya tersebut melalui charge controller akan terus berulang secara otomatis smart charging selama energi surya masih cukup untuk bias diproses oleh modul surya selama matahari terang benderang. Charge controller juga berfungsi melindungi baterai ketika sedang mengalami proses pengisian dari modul surya untuk menghindari arus berlebih dari proses pengisian tersebut, yang akan menyebabkan kerusakan pada baterai.
2. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge dan overloading.
3. Monitoring temperatur baterai Charge controller biasanya terdiri dari satu input dua terminal yang terhubung dengan output panel sel surya, satu output dua terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan satu output dua terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel surya karena biasanya ada diode proteksi yang hanyamelewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya.

Berikut ini Hal – hal yang harus diperhatikan pada Charge Controller yaitu:

❖ Charging Mode

Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai

peny. Pada charging mode umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charger : 1. Fase bulk: baterai akan di charge sesuai dengan tegangan setup bulk antara 14,4 – 14,6 volt dan arus diambil secara maksimum dari panel surya.

1. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
2. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charger controller timer umumnya satu jam tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.
3. Fase float : baterai akan dijaga pada tegangan float setting umumnya 13,4 – 13,7 volt. Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunkan arus maksimum dari panel surya pada stage ini.

❖ Operation Mode

Penggunaan baterai ke beban pelayanan baterai ke beban diputus atau baterai sudah mulai kosong. Apabila penggunaan baterai berlebih ataupun over discharge . maka baterai akan dilepas dari beban . Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

Untuk solar charger controller yang dilengkapi dengan sensor temperature baterai. tegangan charging disesuaikan dengan temperature dari baterai dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai. Apabila solar charger controller tidak memiliki sensor temperature baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperature lingkungan dan jenis baterai.

2.10 Panel Surya 100WP

Pemikiran manusia semakin berkembang dan menciptakan hal baru yang bisa mempermudah kebutuhan keseharian. Salah satunya adalah dengan adanya panel surya dimana ini adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Pada kesempatan kali ini akan dibahas secara lebih jelas mengenai semua informasi yang berhubungan dengan panel surya 100 Wp mono. Berikut adalah uraian lengkapnya. Telah dibahas sebelumnya secara singkat bahwa panel surya merupakan sebuah alat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Anda harus mengetahui jika panel surya 100 wp mono berarti dalam keseharian, panel ini akan menghasilkan supply 100 wp x 5 (jam). Ini hasilnya sekitar 500 watt dalam satu hari.

Spesifikasi dasar Panel Surya tipe ini mempunyai kekuatan daya maksimum sebesar 100 W. Adapun arus hubung yang digunakan sekitar 5,87A. Arus daya maksimum terhitung 5,48 A dengan efisiensi modul 16,01%. Ini hanya merupakan fitur dasar dalam Panel Surya tipe 100 Wp mono. Fitur dan kualitas serta spesifikasi yang lainnya juga sangat mendukung alat ini. Di dalam panel surya tipe ini menggunakan modul yang populer dan sangat matang. Ini ditujukan untuk sistem off-grid. Selain itu, output daya tinggi dan efisiensi konversi tertinggi pada panel tipe ini adalah 16,51%. Performanya juga sangat luar biasa meskipun pada lingkungan dengan pancaran cahaya yang minim atau rendah. Permukaan fabel ini bersifat anti reflektif dan anti kotor. Ini sangat berguna untuk mengurangi kehilangan daya yang disebabkan karena adanya kotoran dan debu. Sebagai informasi, ketahanan beban mekanis yang ada disini sangat baik. Ini dibuktikan dengan adanya sertifikat dalam menahan beban dari adanya angin kencang dan angin salju. Mengenai kualitas andalan Panel Surya 100 Wp mono. Tentu saja kualitas di dalam panel type ini tidak bisa diragukan lagi. Toleransi daya positifnya yaitu sekitar 0 – + 5 W. Modul yang ada didalamnya digabungkan dengan arus yang ditunjukkan dalam peningkatan kinerja sistem. Inspeksi yang ada di dalam panel tipe ini memiliki inspeksi ganda 100% EL. Ini dikarenakan untuk memastikan adanya modul bebas dari keadaan cacat. Panel surya ini juga menggunakan PID (potensi induced degradation) resistant yang sangat memuaskan.

Data teknis pada panel surya maka kaitannya sangat luas. Ini bisa menjadi pembahasan mulai dari daya maksimum hingga jumlah dioda bypass didalamnya. Daya maksimal dari STC Pmax ini sekitar 100 W. Didalamnya juga terdapat arus hubung singkat sebesar 5.87A. Selain itu, tegangan sirkuitnya menggunakan sistem terbuka Voc sebesar 22,4 V. Selain itu, terdapat tegangan daya maksimum (18,3 V) dan tegangan sistem maksimum (VDC 1000 V). Jumlah dioda bypass didalamnya berjumlah 3 dengan suhu operasional -40 sampai +85 derajat celcius. Inilah sebabnya mengapa panel surya tipe ini memiliki kekuatan yang besar untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik.

2.11 Karakteristik Sel Surya

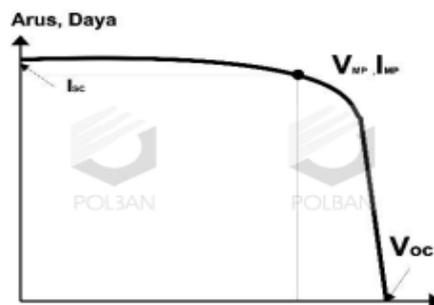
Karakteristik dari sel surya dapat diperoleh berdasarkan tiga parameter yaitu rangkaian tegangan terbuka(Voc), arus hubung singkat (Isc) dan factor isi(Ff). Besarnya factor isi dapat diketahui dari persamaan berikut :

$$Ff = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana:

- Ff = Faktor isi
- Imp = Arus maksimum (Ampere)
- Vmp = Tegangan maksimum (Volt)
- Isc = Arus hubung singkat (Ampere)
- Voc = Tegangan hubung terbuka (Volt)

Daya keluaran dari panel surya sebanding dengan tegangan keluaran dikalikan dengan arus keluarannya. Panel surya dapat menghasilkan arus dari tegangan yang berbeda-beda. Hal ini berbeda dengan baterai yang menghasilkan arus dari tegangan yang relatif konstan. Karakteristik keluaran dari panel surya dapat dilihat dari kurva I-V. Kurva I-V menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan dari



Gambar 2.17. Kurva I-V

panel surya.

Gambar 2.17 menunjukkan bagaimana kurva I-V, sumbu horizontal adalah tegangan, sumbu vertikal adalah arus. Kebanyakan kurva I-V diberikan dalam:

Standar Test Conditions (STC) 1000 W/m² radiasi (atau disebut satu matahari puncak/ one peak sun hour) dan 25 derajat Celcius/ 77 derajat Fahrenheit panel surya. Sebagai informasi, STC mewakili kondisi optimal dimana dalam keadaan lingkungan laboratorium. Kurva I-V terdiri dari 3 hal yang penting:

1. Maximum Power Point (MPP)
2. Open Circuit Voltage (Voc)
3. Short Circuit Current (Isc)

Parameter radiasi dan pengaruh suhu sekitar, terjadi output daya maksimum (PMPP), besaran tegangan (VMP) ketika PMPP dan arus (IMP) ketika PMPP tercapai dari panel surya. Begitu pula pada Panel surya tak berbeban, dapat ditemukan suatu arus hubung singkat (Isc) dari suatu titik karakteristik sel surya. Bila diberikan beban yang besar, maka tidak ada arus yang melewatinya, kondisi ini sama dengan memutus penghubung pada amperemeter dan hasil penunjukan voltmeter merupakan tegangan tanpa beban (Voc) [9].

Sel surya terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek fotovoltaiik , yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip ini pertama kali diketemukan oleh Bacquere , seorang ahli fisika berkebangsaan Perancis tahun 1839. Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekwensi tertentu, maka energi kinetik dari foton akan menembak ke atom-atom logam tersebut. Atom logam yang iradiasi akan melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron bebas inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu. Pada sel surya terdapat sambungan (function) antara dua lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing yang diketahui sebagai semikonduktor jenius “P” (positif) dan semikonduktor jenis “N” (Negatif).

Semikonduktor jenis –“P” juga terbuat dari kristal silikon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain (umumnya posfor) dalam batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan elektron bebas. Elektron adalah partikel sub atom yang bermuatan negatif, sehingga silikon paduan dalam

hal ini disebut sebagai semi konduktor jenis “N” Negatif. Semikonduktor jenis P juga terbuat dari kristal silikon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain (umumnya boron) yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu elektron bebas. Kekurangan atau hilangnya elektron ini disebut lubang (hole). Karena tidak ada atau kurangnya elektron yang bermuatan listrik negatif maka silikon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis “P” (Positif) [10].

2.11.1. Struktur Material Panel Surya

Adapun bagian bagian panel surya secara umum terdiri dari:

- Substrat atau metal backing.

Bagian dari panel surya ini berupa material yang menopang seluruh komponen panel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktivitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya, sehingga material yang digunakan umumnya material konduktif namun transparan, seperti Indium Tin Oxide (ITO) dan Flourine doped Tin Oxide (FTO).

- Material semikonduktor.

Merupakan bagian panel surya yang inti dan biasanya memiliki tebal hingga beberapa ratus mikrometer untuk panel surya generasi pertama, dan 1 – 3 mikrometer untuk panel surya lapisan tipis. Material semikonduktor berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Selain substrat sebagai kontak positif, pada permukaan material semikonduktor biasanya dilapisi material metal transparan sebagai kontak negatif.

- Lapisan anti - reflektif.

Bagian panel surya ini berfungsi meminimalkan refleksi cahaya untuk mengoptimalkan cahaya tersebut yang terserap oleh semikonduktor. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimalkan cahaya yang dipantulkan kembali.

- Enkapsulasi atau cover glass.

Merupakan bagian luar yang berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi

bagian bagian panel surya dari hujan atau kotoran.



Gambar 2.18. Struktur material panel surya.

Masing-masing komponen tersebut memiliki keterkaitan antara satu dengan yang lainnya. Proses kerja panel surya akan optimal hanya jika masing-masing komponen ini dalam kondisi baik sehingga mendukung antara satu komponen dengan yang lainnya [3].

2.12 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi pada panel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya (dalam watt) dibandingkan dengan luas permukaannya. Semakin tinggi efisiensi panel surya semakin besar daya listrik yang diperoleh dalam dimensi panel yang sama. Untuk menghitung efisiensi panel surya, dapat dilakukan dengan langkah berikut:

- Temukan P_{max} pada spesifikasi panel surya.
 P_{max} merupakan daya maksimal dari sebuah panel surya, jika P_{max} tidak tercantum maka dapat di hitung melalui hukum Ohm, yaitu dari perkalian Tegangan operasi optimal (V_{mp}) dengan arus operasi optimal (I_{mp}).
- Temukan dimensi panel surya.
Setiap panel surya memiliki dimensi yang berbeda sesuai dengan desain masing-masing pabrikan.
- Incident radiation flux dalam Standard Test Conditions (STC).
Incident radiation flux adalah jumlah sinar matahari yang diterima

permukaan bumi dengan satuan W/m² . Sedangkan STC adalah kondisi pengujian kinerja panel surya utama yang digunakan oleh produsen dan badan pengujian. STC merupakan standar industri untuk menunjukkan kinerja panel surya dengan ketentuan suhu sel 25°C dan radiasi 1000 W/m² dengan spektrum massa 1,5 (AM 1.5). Hal ini sesuai dengan radiasi dari spektrum sinar matahari di hari yang cerah pada kemiringan permukaan 37° yang menghadap matahari dengan sudut 41,8° di atas cakrawala.

➤ Menghitung efisiensi panel surya.

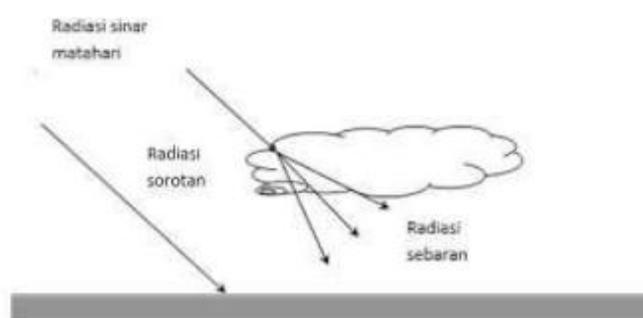
Setelah menghitung P max (dalam watt) dan dimensi (dalam meter) I max (dalam ampere) dan mengetahui Incident radiation flux sebesar 1000 W/m² . Maka kita tinggal memasukan semua parameter tersebut diatas pada rumus:

$$\eta_{max} = \frac{P_{max} \text{ (maxpower output)}}{E_{SY}^{SW} \text{ (incident radiation flux)} \times A_c \text{ (Area of collector)}} \times 100\%$$

Semakin besar efisiensi panel surya maka semakin tinggi energi listrik yang dihasilkan, semakin besar efisiensi sebuah panel surya maka semakin efektif penggunaan ruang untuk pemasangan sel surya [11].

2.13 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

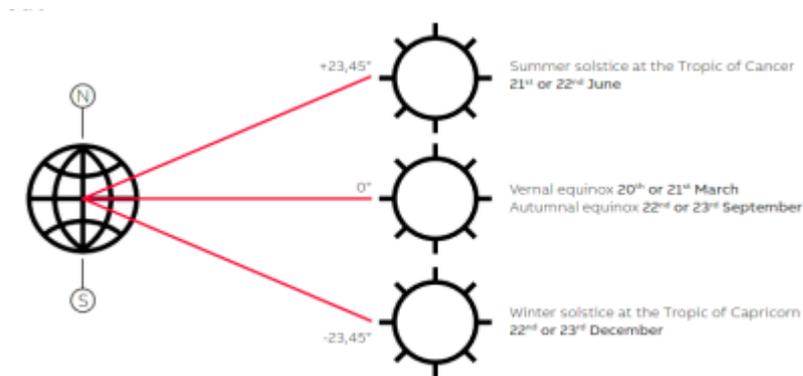
Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m² dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



Energi matahari saat ini memegang peranan penting karena terbatasnya penggunaan bahan bakar fosil. Sehingga kedepan diharapkan energy matahari mampu memenuhi kebutuhan energy didunia. Banyak kajian yang telah dilakukan untuk mengetahui potensi radiasi matahari. Salah satu diataranya dilakukan dengan metode perhitungan langit cerah, pengolahan data satelit dan

Gambar 2.19. Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi. lapangan [12].

2.13.1 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima



Gambar 2.20. Matahari diposisikan pada sudut datang 90° terhadap permukaan bumi (zenith) di ekuator.

Besarnya radiasi yang diterima oleh panel surya dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya posisi terhadap matahari. Gerak bumi terhadap Matahari menyebabkan perubahan sudut iradiasi matahari yang akan diterima oleh panel surya. Efisiensi maksimum sebuah panel surya akan tercapai jika sudut datang sinar matahari adalah selalu 90°. Faktanya, kejadian radiasi matahari bervariasi baik menurut garis lintang maupun deklinasi matahari sepanjang tahun seperti yang ada pada Gambar 2.20. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan energi maksimum dari panel surya dapat dilakukan dengan mengatur kemiringan panel surya sehingga mencapai posisi 90° dengan sudut datang sinar matahari. Selain itu, perlu diketahui ketinggian maksimum (dalam derajat) yang dicapai Matahari di atas cakrawala pada saat itu, yang dapat diperoleh dengan formula berikut.

$$\alpha = 90^\circ - lat + \delta \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana α merupakan sudut inklinasi panel surya, lat adalah sudut garis lintang

dari penempatan panel surya dan δ adalah sudut deklinasi dari matahari. Dengan menemukan sudut komplementer ($90^\circ - \alpha$) maka akan didapatkan sudut kemiringan modul (β) dengan bidang horizontal sehingga kemiringan panel surya mencapai posisi 90° dengan sudut datang sinar matahari [13].

2.13.2 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.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kinerja PLTS menjadi kurang maksimal, seperti pengaruh sudut kemiringan, bayangan, tingkat kebersihan panel dll. Namun di penelitian ini pembahasannya difokuskan pada pengaruh suhu dan kecepatan angin saja, berikut adalah pembahasannya. Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja modul surya. Panel surya terdiri dari beberapa susunan sel surya, yang mempunyai sifat penyerap energi matahari yang sangat baik. Saat panel surya beroperasi dibawah sinar matahari maka terjadi peningkatan suhu pada sel surya. Saat suhunya semakin naik maka akan berpengaruh juga terhadap daya yang dihasilkan serta akan terjadi pula penurunan pada suatu panel surya. Kecepatan angin juga bisa mempengaruhi kinerja modul surya, hal ini karena meskipun tidak berhubungan langsung dengan intensitas matahari, namun kecepatan angin ini bisa meningkatkan kemampuan system [14]. Saat angin berhembus dengan kencang maka bisa mendinginkan permukaan luar panel .

Rumus Daya Terhadap Suhu:

$$F_{pv} = P_{pvstc} \times F_{pv} \times F_{temp} \times \frac{IT}{IT_{STC}} \dots \dots \dots (2.14)$$

Keterangan:

P_{pvstc} = kapasitas daya panel saat kondisi uji baku (kw)

F_{pv} = faktor susut (%)

STC = standar test condition

Rumus Daya Input:

$$P_{in} = I_r \times A \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

P_{in} = daya input (watt)

I_r = intensitas irradiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area modul surya (m^2)

2.14 Fill Factor

Fill factor adalah salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya, fill faktor merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara V_{oc} dan I_{sc} . Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar $I_{sc} \times V_{oc}$ dari daya maksimum $V_m \times I_m$ yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dengan:

FF = Faktor pengisi

V_m = Tegangan maksimum (Volt)

I_m = Arus maksimum (Ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

Pada saat nilai tahanan variabel mempunyai nilai tak hingga / open circuit maka nilai arusnya akan bernilai minimum (nol), namun tegangannya bernilai maksimum. Tegangan ini disebut dengan tegangan hubung terbuka / open circuit (V_{oc}). Namun, saat nilai tahanan variabel bernilai nol, maka arusnya akan bernilai maksimum dan tegangannya. Peristiwa ini disebut dengan arus hubung singkat / short circuit (I_{sc}). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga FF (fill faktor) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula [15].

➤ Daya Maximum

Daya maksimum (P_m) diperoleh dari perkalian antara arus dan tegangan, pada setiap titik A kurva I-V pada Gambar 1. Secara grafik daya maksimum pada sel surya berada pada puncak yang memiliki luas terbesar. Titik puncak tersebut dapat disebut maximum power point (MPP).

Daya maksimum dari sel surya dapat dihitung dengan Persamaan (2.17):

$$P_m = V_m \times I_m \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan :

P_m = Daya maksimum keluaran (W)

V_m = Tegangan maksimum (Volt)

I_m = Arus maksimum (Ampere)

➤ **Daya Masuk**

Daya masuk (P_{in}) diperoleh dari perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area sel surya menggunakan Persamaan (2.18):

$$P_{in} = I_r \times A \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan:

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

I_r = Intensitas radiasi matahari (W/m²)

A = Luas area permukaan sel surya (m²)

➤ **Daya Keluaran**

Daya keluaran (P_{out}) pada sel surya yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) dengan arus hubung singkat (I_{sc}) dan faktor pengisi (FF) yang dihasilkan oleh sel surya dapat dihitung dengan Persamaan (2.19):

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan: P_{out} = Daya keluaran (W)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

FF = Faktor pengisi

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pelabuhan Belawan yang menjadi sampel

penelitian di Kabupaten Medan, Sumatra Utara 21184. Penelitian ini direncanakan dilaksanakan pada bulan Desember 2023 – Februari 2024.

3.2 Peralatan Penelitian

1. Tespen

Tespen Tespen atau ada juga yang menuliskan Test Pen merupakan peralatan kelistrikan yang berfungsi untuk mengetahui ada tidaknya tegangan listrik pada kabel atau komponen kelistrikan. Secara umum, bentuk tespen sangat mirip dengan obeng yang berujung minus (-). Tetapi tetapi ada juga tespen yang tidak berbentuk seperti obeng. Tespen adalah suatu alat sederhana yang berbentuk obeng yang dapat dipergunakan untuk melihat arus listrik



pada suatu penghantar/terminal kontak atau untuk menentukan penghantar fasa.

2. Handphone / Camera

Pada penelitian ini handphone digunakan untuk mengambil gambar yang terkait sebagai objek penelitian.



Gambar 3.2. Handphone

3. Kalkulator / Alat Hitung

Pada penelitian ini kalkulator digunakan untuk menghitung jumlah daya pengeluaran pada panel surya.



Gambar 3.3. Kalkulator



Gambar 3.4. Anometer

4. Anometer

Merupakan alat untuk mengukur kecepatan angin. alat pengukur kecepatan angin tersebut ini merupakan sebuah perangkat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan juga untuk mengukur arah.

5. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur arus, tegangan dan hambatan listrik. Pengukuran dilakukan dalam keadaan arus searah maupun arus bolak-



Gambar 3.5 Multimeter

balik.

6. Panel Surya 100 WP

Panel surya monocrystalline adalah modul solar cell dengan efisiensi terbaik, menggunakan sel surya dengan lapisan SIN. Panel surya ini merupakan panel surya tipe monocrystalline, yang mana panel surya ini mampu menghasilkan sebesar 100 watt, serta voltage yang dihasilkan dari panel surya ini adalah 12 volt.

Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (Pmax)	100W
Max. Power Voltage (Vmp)	17.2V
Max. Power Current (Imp)	5.81A
Open circuit voltage (Voc)	21.6v
Short circuit voltage (Isc)	6.46A
Power tolerance	± 5%
Max. sytem voltage	1000Vdc
Weight	7.8Kg
Dimension (mm)	1235 x 580 x 80

3.3 Jenis Data Penelitian

➤ Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari peninjauan dan pengukuran di lapangan atau survey langsung di lapangan.

3.4 Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan tema permasalahan yang akan diteliti dengan cara melakukan studi pustaka guna memperoleh berbagai teori-teori dan konsep yang akan mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
2. Mencari data dari pengaruh suhu dan kecepatan angin pada keluaran panel surya.

3.5 Metode Pencarian Data Pada Panel Surya

Pemakaian energi listrik ditingkat konsumen ada bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan yang terjadi. Untuk mengetahui pola penggunaan listrik yang digunakan pada panel surya maka penulis menggunakan beberapa metode yang dapat mendekati pola penggunaan energi listrik, antara lain:

3.5.1 Perhitungan Fill Factor

Melakukan perhitungan fill faktor yang merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara Voc dan Isc.

3.6 Sumber Data

Data-data yang diperoleh dalam proses pembuatan laporan ini diperoleh dari:

1. Observasi (Pengamatan)

Pengambilan data yang sesuai dengan lokasi penelitian untuk selanjutnya dianalisis.

2. Bimbingan

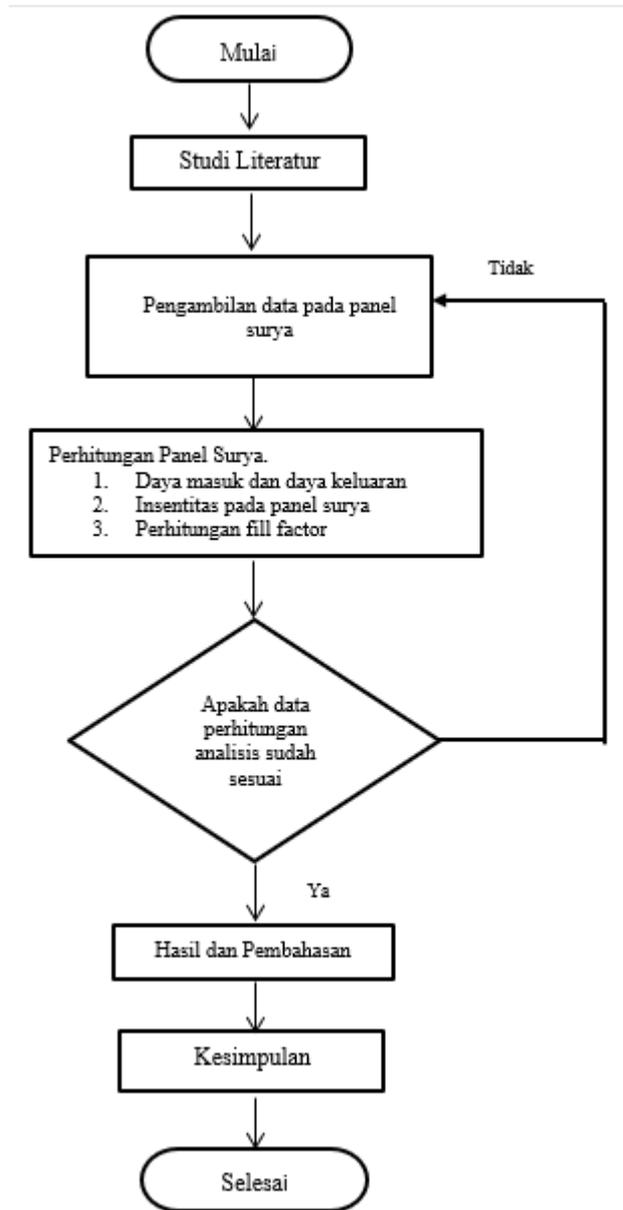
Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian ini dari pembimbing, baik dosen maupun dilapangan.

3.7 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian. Jalannya penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan pengaruh angin terhadap panel surya dilakukan pada waktu yang sudah ditentukan.
2. Menghitung kecepatan angin di Pelabuhan Belawan yang didasarkan atas pengamatan secara langsung (observasi), interview dengan pihak-pihak terkait.

3.8 Prosedur Penyusunan Tugas Akhir/Diagram Alir



BAB 4

HASIL DAN DATA

4.1 Dekripsi Data Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini meliputi observasi dan studi literatur. Penelitian ini dilakukan dengan observasi / pengamatan secara langsung. Penelitian ini dilakukan selama 6 hari. Penelitian dimulai pukul 08.00 – 18.00 WIB. Pada tahapan studi literatur ini, peneliti mengumpulkan teori sebagai bahan referensi penelitian. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah irradiasi matahari, suhu panel surya, suhu ambient (suhu lingkungan sekitar), tegangan, arus, kelembaman serta kecepatan angin. Setelah Pada penelitian ini menggunakan panel surya 100 Wp jenis polly-cristalline.

Semua data diperoleh, kemudian data tersebut dianalisis menggunakan Microsoft excel dengan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui seberapa besar error / pengaruhnya antara suhu dan kecepatan angin pada efisiensi kinerja panel surya. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kinerja PLTS menjadi kurang maksimal, seperti pengaruh sudut kemiringan, bayangan, tingkat kebersihan panel dll. Namun di penelitian ini pembahasannya difokuskan pada pengaruh suhu dan kecepatan angin saja, berikut adalah pembahasannya.

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja modul surya. Panel surya terdiri dari beberapa susunan sel surya, yang mempunyai sifat penyerap energy matahari yang sangat baik. Saat panel surya beroperasi dibawah sinar matahari maka terjadi peningkatan suhu pada sel surya. Saat suhunya semakin naik maka akan berpengaruh juga terhadap daya yang dihasilkan serta akan terjadi pula penurunan pada suatu panel surya. Kecepatan angin juga bisa mempengaruhi kinerja modul surya, hal ini karena meskipun tidak berhubungan langsung dengan intensitas matahari, namun kecepatan angin ini bisa meningkatkan kemampuan system. Saat angin berhembus dengan kencang maka bisa mendinginkan permukaan luar panel. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu panel monokristalin dan polikristalin masing – masing berkapasitas 100 wp. Baterai VRLA, solar power meter, solar charger controller, anemometer, digital infrared thermometer dan multimeter digital. Adapun beberapa persamaan yang digunakan pada perhitungan penelitian seperti berikut.

- Rumus Daya Terhadap Suhu:

$$P_{pv} = P_{pvstc} \times F_{pv} \times F_{temp} \times IT_{IT.STC}$$

Keterangan:

P_{pvstc} = kapasitas daya panel saat kondisi uji baku (kw)

F_{pv} = faktor susut (%)

STC = standar test condition (saat suhu ruang 25 derajat, dan radiasi 1000w/m²)

- Rumus Daya Input:

$$P_{in} = I_r \times A$$

Keterangan:

P_{in} = daya input (watt)

I_r = intensitas irradiansi matahari (W/m²)

A = Luas area modul surya (m²)

- Rumus Fill factor

Fill factor adalah salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya, fill faktor merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara V_{oc} dan I_{sc} . Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar $I_{sc} \times V_{oc}$ dari daya maksimum $V_m \times I_m$ yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

Dengan:

FF = Faktor pengisi

V_m = Tegangan maksimum (Volt)

I_m = Arus maksimum (Ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat (Ampere)

Pada saat nilai tahanan variabel mempunyai nilai tak hingga / open circuit maka nilai arusnya akan bernilai minimum (nol), namun tegangannya bernilai maksimum. Tegangan ini disebut dengan tegangan hubung terbuka / open circuit (V_{oc}). Namun, saat nilai tahanan variabel bernilai

nol, maka arusnya akan bernilai maksimum dan tegangannya. Peristiwa ini disebut dengan arus hubung singkat / short circuit (Isc). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga FF (fill faktor) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula.

- Rumus Daya Output

Keterangan

P.out = daya keluaran (watt)

V.rata-rata = tegangan sel surya (volt)

I.rata rata = arus sel surya(Ampere)

- Rumus Daya Maksimum

$P_{in} = I_{r \max} * A$

Keterangan :

P.in = Daya input maksimum (watt)

I_{r max} = Nilai I_r radiasi maksimum (W/m²)

A = Luasan panel (m²)

- Rumus Efisiensi

$$\eta \frac{v \times i \times ff}{I_r \times A} \times 100\%$$

Keterangan:

η = Efisiensi sel surya

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

FF = Fill factor (%)

A = Luas permukaan modur surya (m²)

4.2 Analisis Perhitungan

Efisiensi merupakan perbandingan dari suatu energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta irradiansi ataupun jumlah energi yang diperoleh terpapar langsung pada luas permukaan panel. Saat cuaca cerah nilai irradiansi bisa mencapai 1000 W/m², yang berarti bahwa apabila suatu panel mempunyai luasan 1 m² serta efisiensi yang didapat adalah sebesar 10 % maka daya yang dihasilkan sebesar 100 W. suatu panel surya memiliki efisiensi rata – rata sebesar 8-18 %. Jenis panel berbeda akan memiliki efisiensi yang juga berbeda tergantung dari bahan dasar pembuatannya.

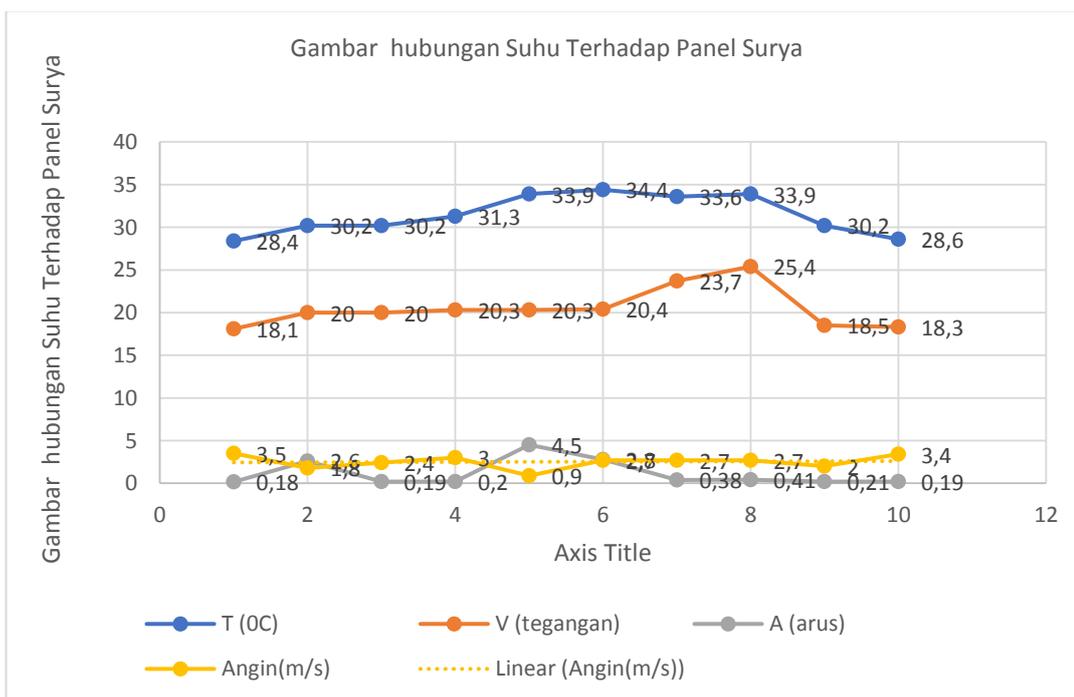
Adapun sampel data yang diambil yaitu pada tanggal 16,17,18,19,20 februari 2024 ditunjukkan seperti table-table dibawah ini.

4.2.1 Tabel Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Pertama

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin(m/s)
08.00-09.00	28.4	18.1	0,18	2,5
09.00-10.00	30.2	20	0,26	0,8
10.00-11.00	30.2	20	0,19	1,4
11.00-12.00	31.3	20.3	0,2	2
12.00-13.00	33.9	20.3	0,45	0,3
13.00-14.00	34.4	20.4	0,28	1,7
14.00- 15.00	33.6	23.7	0,38	1,7
15.00-16.00	33.9	25.4	0,41	1,7
16.00-17.00	30.2	18.5	0,21	1
17.00-18.00	28.6	18.3	0,19	2,4

Pada table data panel surya hari pertama didapatlah tegangan rata rata sebesar 20,5 volt, arus rata ratanya 1,166 ampere, dan kecepatan angin dengan rata rata 2,51 m/s dengan rata-rata suhu 31,47 °C.

Gambar 4.1 Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Pertama



Berdasarkan data yang didapat pada Tabel hari pertama yang merupakan tabel hasil pengukuran yang dilakukan pada tanggal 16 februari 2024. Tabel diatas merupakan hasil pengukuran jenis panel surya yang terdiri dari nilai arus, tegangan, daya, suhu panel, suhu lingkungan, intensitas matahari, kecepatan angin

serta kelembaban. Dari tabel penelitian diatas, untuk bisa mengetahui suatu daya keluaran panel, maka dapat dihitung berdasarkan pada persamaan ,didapatkan perhitungan sebagai berikut :

$$P_{in} = I_r \text{ rata2} \times A$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= 668,2 \times 0,06 \\ &= 40,092 \text{ watt} \end{aligned}$$

Adapun untuk menghitung faktor pengisian / fill factor, yang merupakan salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya, fill faktor ini merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara V_{oc} dan I_{sc} .

$$ff = \frac{v_{pm} \times I_{pm}}{v_{oc} \times I_{sc}}$$

$$ff = \frac{17,2v \times 5,81A}{21,6V \times 6,46A}$$

$$= 0,716$$

Untuk menghitung Daya Outputnya, dapat dihitung dengan menggunakan Rumus :

$$P_{out} = V_{rata} - rata \times I_{rata} - rata \times FF$$

$$\begin{aligned} P_{out} &= 20,5 \times 1,166 \times 0,716 \\ &= 24,365 \text{ watt} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai Daya Maksimumnya, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \text{ maks} \times A \\ &= 890,5 \times 0,06 \\ &= 53,43 \text{ watt} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan daya keluaran pada panel surya diatas, bisa digunakan untuk menghitung seberapa besar tingkat efisiensi suatu panel surya. Sehingga bisa dihitung nilai efisiensi yaitu :

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\%$$
$$\eta = \frac{20,5 \times 1,166 \times 0,716}{668,62 \times 0,06} \times 100\%$$
$$= 40,26\%$$

Didapatkan hasil bahwa pada panel surya monokristalin menghasilkan efisiensi sebesar 40,26%. Untuk perhitungan di hari penelitian lain, bisa dihitung dengan metode yang sama seperti pada perhitungan diatas. Adapun hasil perhitungan penelitian pada hari yang lain dapat ditunjukkan pada analisa dibawah :

4.2.2 Tabel Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kedua

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin(m/s)
08.00-09.00	30,2	18,3	0,19	3,4
09.00-10.00	30,2	20	2,6	1,8
10.00-11.00	30,2	20	2,6	1,8
11.00-12.00	29,3	19,7	0,2	2

P
ada

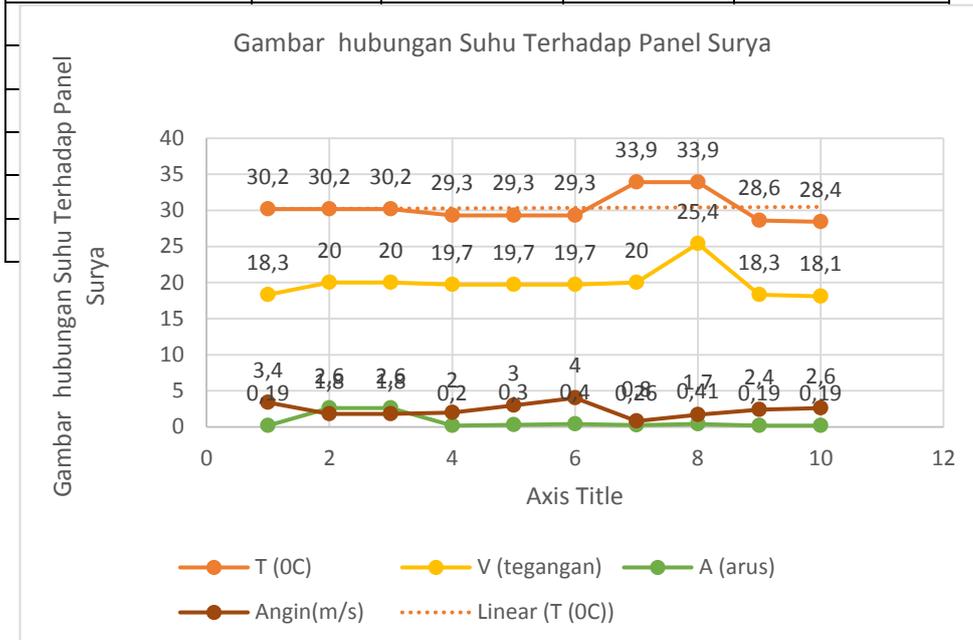


table hari kedua di dapat rata rata tengangan yaitu 19,92 volt, Arus 0,734, kecepatan angin 2,35m/s, dan suhu dengan rata rata 30,33.

Dari tabel penelitian hari kedua diatas, untuk bisa mengetahui suatu daya keluaran panel, maka dapat dihitung :

Daya Input

$$\begin{aligned}
 \text{Pin} &= I_r \text{ rata-rata} \times A \\
 &= 589,16 \times 0,06 \\
 &= 35,3496 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Untuk Fill factornya :

$$ff = \frac{vpm \times Ipm}{voc \times Isc}$$

Gambar 4.2 Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kedua

$$ff = \frac{17,2v \times 5,81A}{21,6V \times 6,46A}$$

$$= 0,716$$

Untuk menghitung Daya Output hari kedua :

Daya Output

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata} \times FF$$

$$P_{out} = 19,92 \times 0,734 \times 0,716$$

$$= 10,46883 \text{ watt}$$

Efisiensi panel surya Hari Kedua

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\%$$

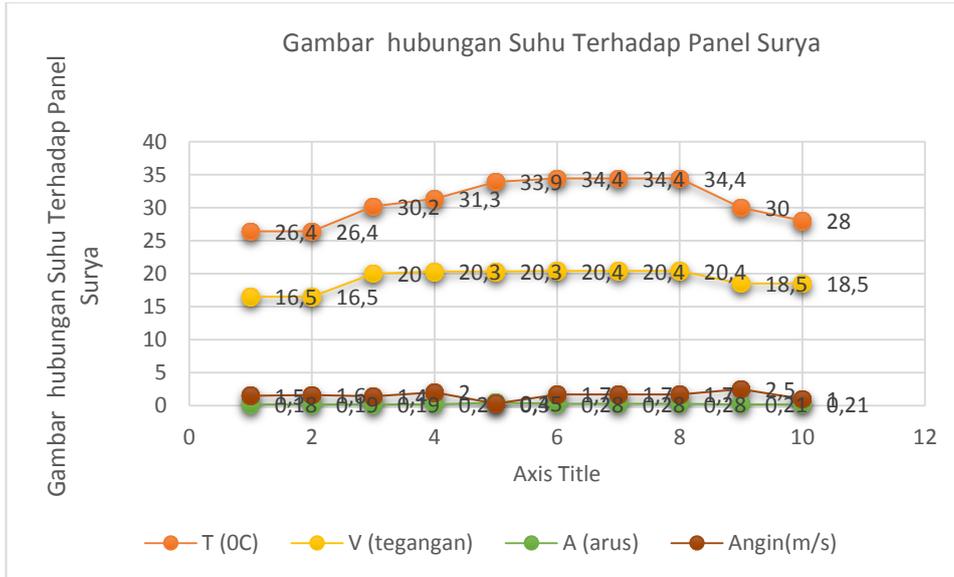
$$\eta = \frac{19,92 \times 0,734 \times 0,716}{589,16 \times 0,06} \times 100\%$$

$$= 20,09\%$$

4.2.3 Tabel Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Ketiga

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin(m/s)
08.00-09.00	26,4	16,5	0,18	1,5
09.00-10.00	26,4	16,5	0,19	1,6
10.00-11.00	30,2	20	0,19	1,4
11.00-12.00	31,3	20,3	0,2	2
12.00-13.00	33,9	20,3	0,45	0,3
13.00-14.00	34,4	20,4	0,28	1,7
14.00- 15.00	34,4	20,4	0,28	1,7
15.00-16.00	34,4	20,4	0,28	1,7
16.00-17.00	30	18,5	0,21	2,5
17.00-18.00	28	18,5	0,21	1

Pada table hari ketiga didapatkan tegangan rata rata sebesar 19,18 volt, arus rata ratanya 0,257 ampere, dan kecepatan angin dengan rata rata 1,54 m/s dengan rata-rata suhu 30,94 °C.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Ketiga

Daya Input

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= I_r \text{ rata-rata} \times A \\
 &= 645,38 \times 0,06 \\
 &= 38,772
 \end{aligned}$$

Daya Output

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V_{rata-rata} \times I_{rata-rata} \times FF \\
 P_{out} &= 19,18 \times 0,247 \times 0,716 \\
 &= 3,392
 \end{aligned}$$

Fill Factor

$$\begin{aligned}
 ff &= \frac{v_{pm} \times I_{pm}}{v_{oc} \times I_{sc}} \\
 ff &= \frac{17,2v \times 5,81A}{21,6V \times 6,46A} \\
 &= 0,716
 \end{aligned}$$

Efisiensi panel surya

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\%$$

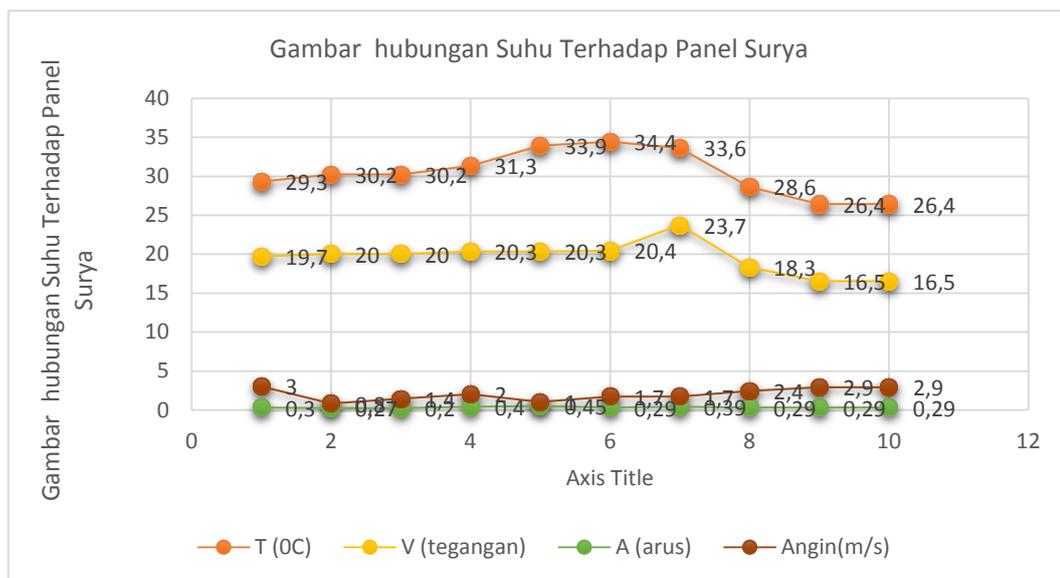
$$\eta = \frac{19,18 \times 0,247 \times 0,716}{645,38 \times 0,06} \times 100\%$$

$$= 8\%$$

4.2.4 Tabel Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Keempat

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin(m/s)
08.00-09.00	29,3	19,7	0,3	3
09.00-10.00	30,2	20	0,27	0,8
10.00-11.00	30,2	20	0,2	1,4
11.00-12.00	31,3	20,3	0,4	2
12.00-13.00	33,9	20,3	0,45	1
13.00-14.00	34,4	20,4	0,29	1,7
14.00- 15.00	33,6	23,7	0,39	1,7
15.00-16.00	28,6	18,3	0,29	2,4
16.00-17.00	26,4	16,5	0,29	2,9
17.00-18.00	26,4	16,5	0,29	2,9

Pada table hari ke empat didapatkan tegangan rata rata sebesar 19,57 volt, arus rata ratanya 0,317 ampere, dan kecepatan angin dengan rata rata 1,98 m/s dengan rata-rata suhu 30,43 °C.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Keempat

Daya Input

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \text{ rata-rata} \times A \\ &= 587,09 \times 0,06 \\ &= 35,225 \text{ watt} \end{aligned}$$

Daya Output

$$P_{out} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata} \times FF$$

$$\begin{aligned} P_{out} &= 19,57 \times 0,317 \times 0,716 \\ &= 4,441 \text{ watt} \end{aligned}$$

Fill Factor

$$ff = \frac{v_{pm} \times I_{pm}}{v_{oc} \times I_{sc}}$$

$$\begin{aligned} ff &= \frac{17,2v \times 5,81A}{21,6V \times 6,46A} \\ &= 0,716 \end{aligned}$$

Efisiensi panel surya

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\% \\ \eta &= \frac{19,57 \times 0,317 \times 0,716}{587,09 \times 0,06} \times 100\% \\ &= 12,6\% \end{aligned}$$

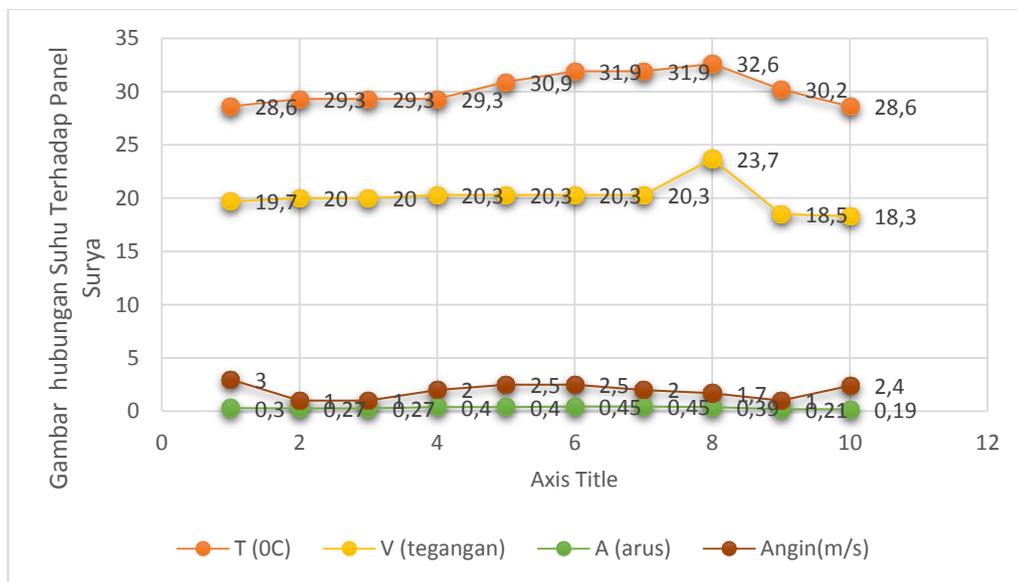
4.2.5 Tabel Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kelima

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin(m/s)
08.00-09.00	28,6	19,7	0,3	3
09.00-10.00	29,3	20	0,27	1

10.00-11.00	29,3	20	0,27	1
11.00-12.00	29,3	20,3	0,4	2
12.00-13.00	30,9	20,3	0,4	2,5
13.00-14.00	31,9	20,3	0,45	2,5
14.00- 15.00	31,9	20,3	0,45	2
15.00-16.00	32,6	23,7	0,39	1,7
16.00-17.00	30,2	18,5	0,21	1
17.00-18.00	28,6	18,3	0,19	2,4

P
ada
table
hari
kelima

didapatlah tegangan rata rata sebesar 20,14volt, arus rata ratanya 0,333 ampere, dan kecepatan angin dengan rata rata 1,91 m/s dengan rata-rata suhu 30,26 °C.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Suhu Terhadap Tegangan Pada Panel Surya Hari Kelima

Daya Input

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= I_r \text{ rata-rata} \times A \\
 &= 543,09 \times 0,06 \\
 &= 32,585 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Daya Output

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V_{rata-rata} \times I_{rata-rata} \times FF \\
 P_{out} &= 20,14 \times 0,333 \times 0,716 \\
 &= 4,801 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Fill Factor

$$ff = \frac{vpm \times Ipm}{voc \times Isc}$$

$$ff = \frac{17,2v \times 5,81A}{21,6V \times 6,46A}$$

$$= 0,716$$

Efisiensi panel surya

$$\eta = \frac{V \times I \times FF}{I_r \times A} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{20,14 \times 0,333 \times 0,716}{543,09 \times 0,06} \times 100\%$$

$$= 14,7\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapatlah hasil daya input, daya output, fill factor, dan efisiensinya seperti table dibawah ini:

Sample	Daya Output	Daya Input
16 februari 2024	24,365 watt	40,092 watt
17 februari 2024	10,46 watt	35,34 watt
18 februari 2024	3,39 watt	38,77 watt
19 februari 2024	4,44 watt	35,22 watt
20 februari 2024	4,80 watt	32,58 watt

Dari table data diatas, dapat disimpulkan bahwa perbedaan nilai daya tersebut disebabkan oleh faktor kondisi cuacanya, semakin cerah cuaca maka nilai dayanya pun akan naik begitupun sebaliknya saat kondisi cuaca mendung nilai dayanya pun akan cenderung menurun.

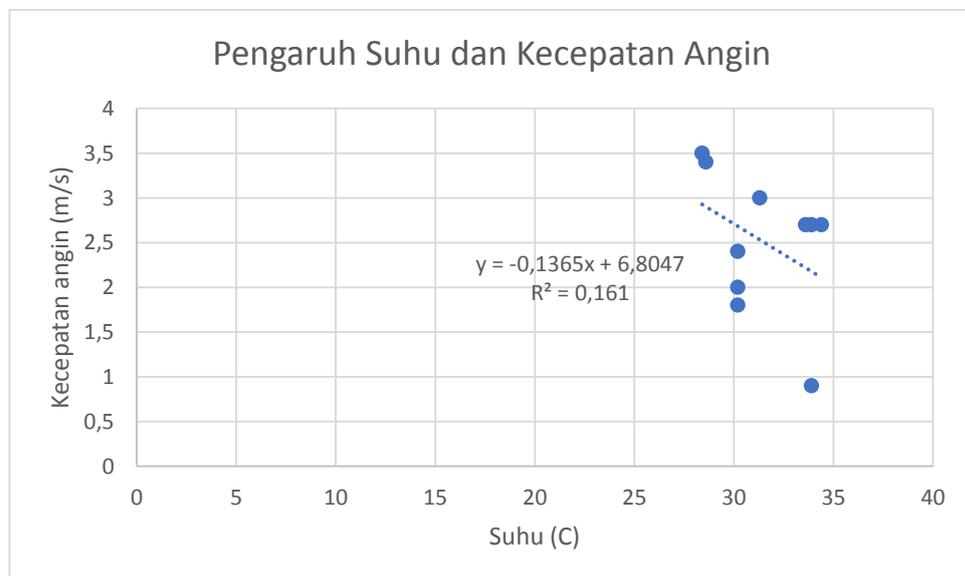
Dari perhitungan diatas, Adapun rangkuman hasil efisiensi dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu seperti ditunjukkan pada tabel.

Sample	Efisiensi
16 Februari 2024	40,26%
17 februari 2024	20,09%
18 februari 2024	8%
19 februari 2024	12,6%
20 februari 2024	14,7%

Dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu pada permukaan panel surya dalam kondisi cuaca yang berbeda yakni dalam kondisi cerah dan berawan dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya.

4.3 Analisa Pengaruh Suhu dan Kecepatan Angin

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan angin pada efisiensi panel surya, bisa dihitung dengan menggunakan metode regresi linear pada Microsoft excel. Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan pengukuran secara langsung adalah seperti pada gambar.



Gambar 4.6 pengaruh suhu dan kecepatan angin

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa pengaruh suhu dan kecepatan angin pada efisiensi panel surya menggunakan persamaan regresi linear menunjukkan tingkat korelasi $R = 0,161$ yang berarti bahwa hanya

sekitar 16,1% kecepatan angin yang berpengaruh pada efisiensi panel surya dan sekitar 83,9% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti intensitas cahaya matahari, sudut kemiringan, dan lainnya. Dimana nilai koefisien yang ditunjukkan antara -1 sampai 1. Nilai -1 berarti korelasinya sangat kuat namun berbanding terbalik, sedangkan nilai koefisien 1 maka korelasinya sangat kuat dan serta berbanding lurus, dan nilai koefisien 0 berarti menunjukkan bahwa korelasi antar variabel sangat rendah. korelasi kecepatan angin pada efisiensi panel surya yaitu hanya sekitar 16,1%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Kenaikan suhu pada permukaan panel surya pada saat cuaca cerah dengan daya output 3,39 watt dan daya inputnya 38,77 watt pada sample 17 februari, sedangkan pada saat kondisi cuaca mendung daya output 4,44 watt dan daya inputnya 35,22 watt pada sample 19 februari. Pengaruh cuaca sangat berdampak menurunkan daya yang dihasilkan panel surya sehingga tidak dapat bekerja dengan maksimal.
2. Untuk nilai efisiensi hari pertama dengan 40,26%, hari kedua 20,09%, hari ketiga 8%, hari keempat 12,6%, dan hari kelima 14,7%, terlihat nilai efisiensinya berbeda beda diakibatkan dari pengaruh cuaca dan kemiringan panel surya.
3. Untuk nilai fill factornya sebesar 0,716. FF (fill faktor) sel surya, semakin tinggi dari 0,7 unjuk kerja sel surya tersebut makin baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik pula.

5.2 Saran

Saran Pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian ini, adapun beberapan saran yaitu sebagai berikut:

1. Pada pengembangan penelitian berikutnya diharapkan menggunakan dua buah panel surya agar memperoleh hasil pengukuran yang lebih maksimal.
2. Untuk penelitian lebih lanjut yaitu untuk bisa mendapatkan hasil yang lebih akurat, alangkah baiknya jika menggunakan sistem monitoring panel surya seperti data logger dengan Arduino uno. Serta perlu juga untuk digunakan parameter yang lebih banyak selain suhu dan kecepatan angin seperti efek shading ataupun yang lainnya untuk mengetahui faktor lain yang berpengaruh pada efisiensi panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Listrik, M. Aplikasi, and M. Metode, “No Title,” vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2018.
- [2] J. Mahasiswa and U. Negeri, “View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk”.
- [3] Ridwan, *PERANCANGAN SUMBER LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WATT SEBAGAI SUMBER CADANGAN SUPLAI LISTRIK DENGAN SISTEM HIBRID*. 2021.
- [4] A. Asrori and E. Yudiyanto, “Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal,” *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 68, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.7134.
- [5] P. Harahap, “Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [6] K. April Mas Sahlul, J. Riandra, and B. Santri Kusuma, “Penentuan Kemiringan Panel Surya Menggunakan Metode Azimut Pada Plts Rumah Sumbul,” pp. 61–66, 2023.
- [7] B. A. B. Iii and L. Teori, “LANDASAN TEORI,” pp. 16–33.
- [8] F. M. Lisa Rasali &, “PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR,” 2018.
- [9] B. A. B. Ii and D. Teori, “dan terbuat dari bahan semi konduktor yang pada umumnya adalah”.
- [10] E. Riswanto, “Jurnal Era Abdimas”.
- [11] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, “Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP,” vol. 37, no. 2, pp. 59–63, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [12] C. A. Siregar, A. M. Siregar, M. Daud, and M. D. Nasution, “Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Berdasarkan Perhitungan Matematika Di Sumatera Utara,” pp. 72–78, 2021.
- [13] F. Ayu, F. Sugiono, P. D. Larasati, and A. Karuniawan, “PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP POTENSI PEMANFAATAN PLTS ROOFTOP DI BENGKEL TEKNIK MESIN , POLITEKNIK NEGERI SEMARANG,” vol. 01, no. 01, pp. 1–8, 2022.
- [14] E. Di, E. Sebagai, and L. Untuk, “(plts) s,” pp. 223–230.
- [15] R. Pido and S. Himran, “Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi,” pp. 31–38.

Lampiran









Analysis of the Effect of Temperature and Wind on the Power and Efficiency of 100 Wp Solar Panels in Belawan

Analisis Pengaruh Suhu dan Angin Terhadap Daya dan Efisiensi Panel Surya 100 Wp di Belawan

Alwi Husai Siregar¹, Partaonan Harahap²

Dept. of Electrical Engineering, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

¹Email : alwihusainsiregar@gmail.com

²Email : partaonanharahap@umsu.ac.id <mailto:alwihusainsiregar@gmail.com>

Received:; revised:; accepted:

Abstract — Solar cells utilize light as particles. Light, both visible and invisible, has two properties, namely that it can be a wave and can be a particle called a photon. From the test results and calculations, it was found that the average temperature of the solar panel sample that day was around 31.7 °C. The efficiency value for the first day was 40.26%, the second day was 20.09%, the third day was 8%, the fourth day was 12.6%, and the fifth day was 14.7%. The effect of wind speed on solar module efficiency, calculated based on calculations using the linear regression method, shows a correlation level of $R = 0.0281$. This means that only around 2.81% of the wind speed will affect it. Has solar module efficiency. From various aspects of the calculations carried out, we can see that the efficiency of solar panels has a correlation level of $R = 0.161$, which means that it is only around 16.1%. From the calculation results, we can conclude that the efficiency of solar panels can change due to weather changes.

Keywords: Solar panels, temperature, power, electrical energy, wind speed

Abstrak — Sel surya adalah dengan memanfaatkan cahaya sebagai partikel. Cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan Photon. Dari hasil pengujian serta perhitungan didapatkan sampel suhu rata-rata panel surya hari itu sekitar 31,7 °C. Untuk nilai efisiensi hari pertama dengan 40,26%, hari kedua 20,09%, hari ketiga 8%, hari keempat 12,6%, dan hari kelima 14,7%. Pengaruh kecepatan angin terhadap efisiensi modul surya, dihitung berdasarkan perhitungan dengan metode regresi linier, menunjukkan tingkat korelasi $R = 0,0281$. Artinya hanya sekitar 2,81% kecepatan angin yang akan mempengaruhinya. Memiliki efisiensi modul surya. Dari berbagai aspek perhitungan yang dilakukan, kita dapat melihat bahwa efisiensi panel surya tingkat korelasi $R = 0,161$ yang berarti bahwa hanya sekitar 16,1%. Dari hasil perhitungan, kita dapat menyimpulkan bahwa efisiensi panel surya dapat berubah-ubah disebabkan factor perubahan cuaca.

Kata Kunci: Panel surya, Suhu, Daya, Energi listrik, Kecepatan Angin

Pendahuluan

Indonesia memiliki 17.504 pulau yang terbentang dari Sabang hingga Merauke. Pelabuhan di Indonesia menjadi pintu gerbang perpisahan dari satu pulau ke pulau lain. Pelabuhan berfungsi sebagai tempat

menampung barang atau orang yang diangkut melintasi laut. Transportasi sebagai alat untuk memindahkan barang dari suatu tempat ke tempat lain atau dari suatu negara ke negara lain mempunyai peranan yang sangat penting dalam memajukan perekonomian suatu negara.

Belawan merupakan salah satu dari sedikit kota di Indonesia yang mempunyai peran penting dalam perdagangan internasional, baik sebagai importir maupun eksportir barang. Belawan juga merupakan hub internasional yang berfungsi sebagai hub utama generasi kedua.

Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki banyak sumber daya alam. Sebaiknya hanya digunakan jika mempunyai potensi yang baik, seperti pada pemasangan panel surya. PLTS merupakan salah satu dari sedikit teknologi yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Ini merupakan jenis pembangkit dengan area sekitar yang luas. Karena bahan bakar fosil semakin menipis seiring berjalannya waktu, maka perlu dikembangkan tenaga surya sebagai sumber energi alternatif.

Energi adalah satu-satunya sumber daya terpenting yang harus disediakan oleh negara mana pun di dunia. Menyadari bahwa energi merupakan salah satu faktor kunci yang mempengaruhi pertumbuhan suatu negara. Energi konvensional yang banyak digunakan saat ini terdiri dari bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi yang ketersediaannya terbatas dan tidak dapat ditingkatkan. Sumber energi yang mungkin dapat dimanfaatkan.

Panel surya yang rentan terhadap perubahan keadaan lingkungan sekitar, menyebabkan produksi listrik yang dihasilkan dapat berubah, karena kenaikan suhu dapat menurunkan nilai tegangan yang dihasilkan pada panel surya. Sudah banyak penelitian yang dilakukan dengan

menggunakan parameter-parameter yang mempengaruhi efisiensi panel surya, seperti radiasi matahari, efek bayangan, dan lain sebagainya. Namun, parameter seperti hubungan suhu-suhu dan kecepatan angin belum diteliti secara luas mengenai dampaknya terhadap efisiensi panel surya [3].

Sumber energi konvensional, seperti batu bara dan minyak, semakin menipis karena ketidakmampuannya diubah menjadi energi yang dapat digunakan. Mengkaji dampak negatif terhadap lingkungan dan kelangkaan bahan bakar fosil akibat kebutuhan energi baru untuk mengurangi kesenjangan antara permintaan ekonomi dan produksi energi konvensional. Sumber energi yang bisa digunakan sebagai energi alternatif, salah satunya dengan menggunakan sumber.

Energi Matahari. Kekhawatiran utama adalah kurangnya sumber energi terbarukan yang dapat mengurangi pemanasan global yang disebabkan oleh gas dan polutan lainnya. Berdasarkan penelitian terdahulu ditemukan adanya beberapa perbedaan hasil energi listrik yang diperoleh dari Letak Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa ini diperkirakan mempunyai penyinaran radiasi matahari sebesar 4,8 kWh/m²/hari. Panel surya mengkonversi energi foton menjadi energi listrik dimana matahari sangat berperan penting dalam hal ini, kondisi lingkungan yang terus berubah bisa mempengaruhi daya output pada panel surya ada beberapa peneliti yang sudah melakukan penelitian terdahulu diantaranya :

Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal bertujuan menganalisa pengaruh radiasi matahari dan temperatur panel terhadap performansi tipe panel surya mono dan polikristal kapasitas 100 Wp. Hasilnya diketahui bahwa kenaikan temperatur permukaan panel surya berdampak pada penurunan daya keluaran panel. Untuk rata-rata radiasi matahari diatas 1000 W/m² dengan rata-rata temperatur lingkungan 33 °C, maka untuk permukaan panel surya monokristal temperaturnya sekitar 30,6 °C terjadi kehilangan daya sebesar 2,3 %. Sedangkan pada panel polikristal, ketika temperatur permukaannya 47,5 °C terjadi kehilangan daya sekitar 10,12 %. Efisiensi konversi daya dari tipe monokristal adalah 11,90 %, dan tipe polikristal adalah 9,18 %. Sedangkan PR monokristal dan polikristal masing-masing adalah 0,63 dan 0,61. Sehingga untuk instalasi panel surya dalam penelitian ini performansi tipe monokristal lebih bagus daripada polikristal [4].

Untuk mendapatkan pengaruh temperatur, dan perbandingan 2 merk panel sel surya dilakukan pengukuran berdasarkan intensitas 1225 dan temperatur 41,1 °C. Pengukuran yang dimaksud adalah melihat besarnya tegangan Merk A 20,3 Volt dan B 3,5 volt ,

arus Merk A 1,17 Amper dan B 1,68 Amper, daya output Merk A 19,21 Watt dan B 16,94 Watt, daya input Merk A 183 Watt dan B 226 Watt antara tiap panel sel surya. Pada pengukuran dua panel surya jenis polycrystalline merk A dan B, dapat disimpulkan bahwa dari kinerja pada panel sel surya dari merk A dan B yang lebih bagus adalah B dikarenakan nilai penyerapan pada B lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai Imp penyerapan yang berbeda tiap jenis dan tipe. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperatur permukaan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semakin meningkat begitupun sebaliknya [5].

Penentuan Kemiringan Panel Surya Menggunakan Metode Azimut Pada Plts Rumah Sumbul menghasilkan pada ketinggian 380 mdpl dengan suhu pada cuaca cerah antara 270 -400 °C yang merupakan salah satu desa tertinggal di Indonesia. Penelitian ini menggunakan panel surya tipe monocrystalline 100 Wp dengan sistem solat tracker dengan metode azimuth guna menentukan sudut terbaik. Berdasarkan analisa data diperoleh bahwa besar perbedaan sudut kemiringan untuk metode azimuth diperoleh sudut kemiringan cuaca cerah sebesar 430 . Selanjutnya besar perbedaan daya keluaran untuk metode azimuth daya output pengujian cuaca cerah dengan rata-rata suhu 38,34 °C, tegangan 13,97 V, dan arus 2,94 A menghasilkan daya keluaran terbesar 70.11 W [6].

Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Penyemprot Desinfektan menghasilkan Penyemprotan cairan desinfektan di tempat umum diperlukan untuk menghilangkan virus pada masa pandemi covid 19, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya untuk menggerakkan robot penyemprot desinfektan, caranya dengan merancang panel surya yang menyerap sinar matahari, mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, sensor LDR dapat mendeteksi adanya sinar matahari, mikrokontroler ATmega 8 digunakan untuk mengontrol proses pengisian pada baterai, regulator berfungsi sebagai pengatur tegangan agar stabil, tegangan yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan robot, Pengujian hasil menunjukkan tegangan yang dihasilkan panel surya dapat mengisi baterai hingga penuh, regulator menjaga agar pengisian baterai tetap stabil sehingga tidak merusak rangkaian setelah baterai terisi penuh regulator berhenti mengisi baterai, robot penyemprot desinfektan dapat bekerja di adanya sinar matahari dan tanpa sinar matahari, pembangkit listrik tenaga surya berkapasitas 20 WP dapat menggerakkan robot penyemprot desinfektan[7].

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan masyarakat, hampir semua peralatan memerlukan energi listrik dalam penggunaannya. Energi listrik timbul akibat adanya pergerakan elektron pada suatu penghantar dalam rangkaian tertutup. Pergerakan elektron berlawanan dengan arah arus listrik. Dalam Satuan Internasional (SI) satuan arus listrik ampere (A), tegangan listrik satuannya volt (V), dan konsumsi daya listrik satuannya watt (W). Energi listrik diperlukan untuk menggerakkan motor listrik, pemanas, pendingin, penerangan, bahkan untuk menggerakkan peralatan mekanik yang mengkonversi energi kedalam bentuk energi lainnya. Semua peralatan listrik dapat berfungsi optimal dengan menggunakan energi listrik yang sesuai dengan spesifikasinya. Kesesuaian energi listrik tersebut mencakup tipe tegangan atau arus yang diperlukan (AC atau DC), besar kecilnya tegangan yang diperlukan, serta arus minimal yang dibutuhkan.

Energi listrik mempunyai kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik, kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain. Energi listrik menghasilkan arus dan terakumulasi dalam bentuk elektron. Elektron ini menghasilkan energi transisi berupa aliran elektron dan tersimpan dalam medan elektrostatis dan medan induksi. Medan elektrostatis akan menghasilkan medan listrik yang sebagai tempat terakumulasinya muatan (elektron) pada plat kapasitor. Energi listrik dilambangkan dengan (W) sedangkan perumusan yang digunakan untuk menentukan besar energi listrik adalah [7]

Tujuan dari penelitian adalah tujuan dari penelitian adalah menganalisa hubungan suhu dan tegangan keluaran panel surya, tingkat efisiensi pada panel surya dan data factor pengisian / fill factor.

Metode

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa kaji tindak, yang diawali dengan melakukan selama 6 hari. Penelitian dimulai pukul 08.00 – 18.00 WIB. Pada tahapan studi literatur ini, peneliti mengumpulkan teori sebagai bahan referensi penelitian. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah iradiasi matahari, suhu panel surya, suhu ambient (suhu lingkungan sekitar), tegangan, arus, kelembaman serta kecepatan angin. Penelitian ini menggunakan panel surya 100 Wp jenis polly-cristalline.

Semua data diperoleh, kemudian data tersebut dianalisis menggunakan Microsoft excel dengan menggunakan metode regresi linear untuk mengetahui seberapa besar error / pengaruhnya antara suhu dan kecepatan angin pada efisiensi kinerja panel surya. Ada beberapa faktor yang menyebabkan kinerja PLTS

menjadi kurang maksimal, seperti pengaruh sudut kemiringan, bayangan, tingkat kebersihan panel dll. Namun di penelitian ini pembahasannya difokuskan pada pengaruh suhu dan kecepatan angin saja, berikut adalah pembahasannya.

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja modul surya. Panel surya terdiri dari beberapa susunan sel surya, yang mempunyai sifat penyerap energy matahari yang sangat baik. Saat panel surya beroperasi dibawah sinar matahari maka terjadi peningkatan suhu pada sel surya. Saat suhunya semakin naik maka akan berpengaruh juga terhadap daya yang dihasilkan serta akan terjadi pula penurunan pada suatu panel surya. Kecepatan angin juga bisa mempengaruhi kinerja modul surya, hal ini karena meskipun tidak berhubungan langsung dengan intensitas matahari, namun kecepatan angin ini bisa meningkatkan kemampuan system. Saat angin berhembus dengan kencang maka bisa mendinginkan permukaan luar panel.

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu panel monokristalin dan polikristalin masing – masing berkapasitas 100 wp. Baterai VRLA, solar power meter, solar charger controller, anemometer, digital infrared thermometer dan multimeter digital. Adapun beberapa persamaan yang digunakan pada perhitungan penelitian seperti berikut.

Pemakaian energi listrik ditingkat konsumen ada bermacam-macam disesuaikan dengan kebutuhan yang terjadi. Untuk mengetahui pola penggunaan listrik yang digunakan pada panel surya maka penulis menggunakan beberapa metode yang dapat mendekati pola penggunaan energi listrik, antara lain.

Adapun beberapa persamaan yang digunakan pada perhitungan penelitian seperti berikut.

1. Daya Terhadap Suhu:

$$F_{pv} = P_{pvstc} \times F_{pv} \times F_{temp} \times IT/IT_{STC} \quad (1)$$

Dimana :

P_{pvstc} = kapasitas daya panel saat kondisi uji baku (kw)

F_{pv} = faktor susut (%)

STC = standar est condition (saat suhu ruang 25 derajat, dan radiasi 1000w/m²)

2. Daya Input:

$$P_{in} = I_r \times A \quad (2)$$

Dimana :

P_{in} = daya input (watt)

I_r = intensitas iradiasi matahari (W/m²)

A = Luas area modul surya (m²)

3. Menghitung Fill factor

Menghitung fill faktor yang merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara Voc dan Isc. Fill factor adalah salah satu besaran yang menjadi parameter unjuk kerja sel surya, fill faktor merupakan salah satu besaran tak berdimensi yang menyatakan antara perbandingan daya maksimum yang dihasilkan sel surya terhadap perkalian antara Voc dan Isc. Faktor pengisi yaitu parameter yang menyatakan seberapa besar Isc \times Voc dari daya maksimum Vm \times Im yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \quad (3)$$

Dimana:

- FF = Faktor pengisi
- Vm = Tegangan maksimum (Volt)
- Im = Arus maksimum (Ampere)
- Voc = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)
- Isc = Arus hubung singkat (Ampere)

Pada saat nilai tahanan variabel mempunyai nilai tak hingga / open circuit maka nilai arusnya akan bernilai minimum (nol), namun tegangannya bernilai maksimum. Tegangan ini disebut dengan tegangan hubung terbuka / open circuit (Voc). Namun, saat nilai tahanan variabel bernilai nol, maka arusnya akan bernilai maksimum dan tegangannya. Peristiwa ini disebut dengan arus hubung singkat / short circuit (Isc). Dapat disimpulkan bahwa semakin besar harga FF (fill faktor) sel surya, maka unjuk kerja sel surya tersebut baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi yang semakin baik. Maka Efisiensi adalah :

$$\eta = \frac{v \times i \times ff}{I_r \times A} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

- V = Tegangan (volt)
- I = Arus (Ampere)
- FF = Fill factor (%)
- A = Luas permukaan modur surya (m²)

Efisiensi merupakan perbandingan dari suatu energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya serta irradiasi ataupun jumlah energi yang diperoleh terpapar langsung pada luas permukaan panel. Saat cuaca cerah nilai irradiasi bisa mencapai 1000 W/m², yang berarti bahwa apabila suatu panel mempunyai luasan 1 m² serta efisiensi yang didapat adalah sebesar 10 % maka daya yang dihasilkan sebesar 100 W. suatu panel surya memiliki efisiensi rata – rata sebesar 8-18 %. Jenis panel berbeda akan memiliki efisiensi yang juga berbeda tergantung dari bahan dasar pembuatannya.

Hasil dan Pembahasan

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kinerja PLTS menjadi kurang maksimal, seperti pengaruh sudut kemiringan, bayangan, tingkat kebersihan panel dll.

Tabel 1. Hasil pengukuran Pada Panel Surya Hari Pertama

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
08.00-09.00	28.4	18.1	0.18	3.5
09.00-10.00	30.2	20	2.6	1.8
10.00-11.00	30.2	20	0.19	2.4
11.00-12.00	31.3	20.3	0.2	3
12.00-13.00	33.9	20.3	4.5	0.9
13.00-14.00	34.4	20.4	2.8	2.7
14.00- 15.00	33.6	23.7	0.38	2.7
15.00-16.00	33.9	25.4	0.41	2.7
16.00-17.00	30.2	18.5	0.21	2
17.00-18.00	28.6	18.3	0.19	3.4

Berdasarkan data pada table 1 pada hari pertama yang merupakan hasil pengukuran pada panel surya yang terdiri dari suhu rata-rata sebesar 31⁰C, Rata-rata tegangan sebesar 20,5 Volt , rata-rata arus 1.2 Amper dan kecepatan angina sebesar 2.5 m/s sedangkan faktor pengisian / fill factor sebesar 0.716 dengan efisiensi sebesar 40,26%.

Tabel 2. Hasil pengukuran Pada Panel Surya Hari Kedua

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
08.00-09.00	30.2	18.3	0.19	3.4
09.00-10.00	30.2	20	2.6	1.8
10.00-11.00	30.2	20	2.6	1.8
11.00-12.00	29.3	19.7	0.2	2
12.00-13.00	29.3	19.7	0.3	3
13.00-14.00	29.3	19.7	0.4	4
14.00- 15.00	33.9	20	0.26	0.8
15.00-16.00	33.9	25.4	0.41	1.7
16.00-17.00	28.6	18.3	0.19	2.4
17.00-18.00	28.4	18.1	0.19	2.6

Berdasarkan data pada table 2 pada hari pertama yang merupakan hasil pengukuran pada panel surya yang terdiri dari suhu rata-rata sebesar 30⁰C, Rata-rata tegangan sebesar 19,9 Volt , rata-rata arus 0.7 Amper dan kecepatan angina sebesar 2.4 m/s sedangkan faktor pengisian / fill factor sebesar 0.716 dengan efisiensi sebesar 20.02%.

Tabel 3. Hasil pengukuran Pada Panel Surya Hari Tiga

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
08.00-09.00	26.4	16.5	0.18	1.5
09.00-10.00	26.4	16.5	0.19	1.6

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
10.00-11.00	30.2	20	0.19	1.4
11.00-12.00	31.3	20.3	0.2	2
12.00-13.00	33.9	20.3	0.45	0.3
13.00-14.00	34.4	20.4	0.28	1.7
14.00- 15.00	34.4	20.4	0.28	1.7
15.00-16.00	34.4	20.4	0.28	1.7
16.00-17.00	30	18.5	0.21	2.5
17.00-18.00	28	18.5	0.21	1

Berdasarkan data pada table 3 pada hari pertama yang merupakan hasil pengukuran pada panel surya yang terdiri dari suhu rata-rata sebesar 30⁰C, Rata-rata tegangan sebesar 19,2 Volt , rata-rata arus 0.2 Amper dan kecepatan angina sebesar 1.5 m/s sedangkan faktor pengisian / fill factor sebesar 0.716 dengan efisiensi sebesar 8 %.

Tabel 4. Hasil pengukuran Pada Panel Surya Hari Keempat

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
08.00-09.00	29.3	19.7	0.3	3
09.00-10.00	30.2	20	0.27	0.8
10.00-11.00	30.2	20	0.2	1.4
11.00-12.00	31.3	20.3	0.4	2
12.00-13.00	33.9	20.3	0.45	1
13.00-14.00	34.4	20.4	0.29	1.7
14.00- 15.00	33.6	23.7	0.39	1.7
15.00-16.00	28.6	18.3	0.29	2.4
16.00-17.00	26.4	16.5	0.29	2.9
17.00-18.00	26.4	16.5	0.29	2.9

Berdasarkan data pada table 4 pada hari pertama yang merupakan hasil pengukuran pada panel surya yang terdiri dari suhu rata-rata sebesar 30⁰C, Rata-rata tegangan sebesar 19,6 Volt , rata-rata arus 0.3 Amper dan kecepatan angina sebesar 1.9 m/s sedangkan faktor pengisian / fill factor sebesar 0.716 dengan efisiensi sebesar 12.6 %.

Tabel 5. Hasil pengukuran Pada Panel Surya Hari Kelima

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
08.00-09.00	28.6	19.7	0.3	3
09.00-10.00	29.3	20	0.27	1
10.00-11.00	29.3	20	0.27	1
11.00-12.00	29.3	20.3	0.4	2

Waktu	T (0C)	V (tegangan)	A (arus)	Angin (m/s)
12.00-13.00	30.9	20.3	0.4	2.5
13.00-14.00	31.9	20.3	0.45	2.5
14.00- 15.00	31.9	20.3	0.45	2
15.00-16.00	32.6	23.7	0.39	1.7
16.00-17.00	30.2	18.5	0.21	1
17.00-18.00	28.6	18.3	0.19	2.4

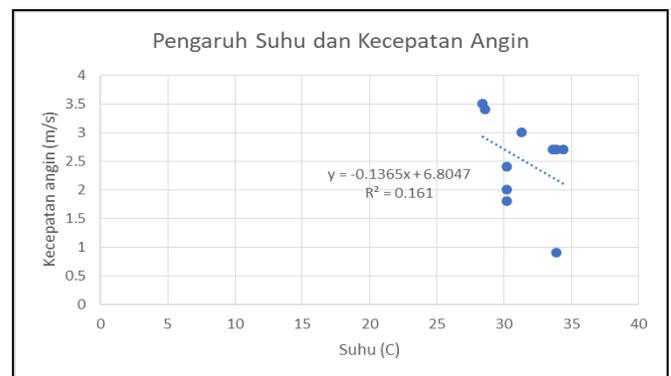
Berdasarkan data pada table 5 pada hari pertama yang merupakan hasil pengukuran pada panel surya yang terdiri dari suhu rata-rata sebesar 30⁰C, Rata-rata tegangan sebesar 20.1 Volt , rata-rata arus 0.3 Amper dan kecepatan angina sebesar 1.9 m/s sedangkan faktor pengisian / fill factor sebesar 0.716 dengan efisiensi sebesar 14.7%.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Efisiensi Pada Panel Surya

Hari	Efisiensi
Pertama	40,26%
Kedua	20,09%
Ketiga	8%
Keempat	12,6%
Kelima	14,7%

Kenaikan suhu pada permukaan panel surya dalam kondisi cuaca yang berbeda yakni dalam kondisi cerah dan berawan dapat mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan panel surya sebesar 2 %.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan angin pada efisiensi panel surya, bisa dihitung dengan menggunakan metode regresi linear pada Microsoft excel. Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan pengukuran secara langsung adalah seperti pada gambar.



Gambar 1. pengaruh suhu dan kecepatan angin

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa pengaruh suhu dan kecepatan angin pada efisiensi panel surya menggunakan persamaan regresi

linear menunjukkan tingkat korelasi $R = 0,161$ yang berarti bahwa hanya sekitar 16,1% kecepatan angin yang berpengaruh pada efisiensi panel surya dan sekitar 83,9% sisanya dipengaruhi oleh faktor lain seperti intensitas cahaya matahari, sudut kemiringan, dan lainnya. Dimana nilai koefisien yang ditunjukkan antara -1 sampai 1. Nilai -1 berarti korelasinya sangat kuat namun berbanding terbalik, sedangkan nilai koefisien 1 maka korelasinya sangat kuat dan serta berbanding lurus, dan nilai koefisien 0 berarti menunjukkan bahwa korelasi antar variabel sangat rendah. korelasi kecepatan angin pada efisiensi panel surya yaitu hanya sekitar 16,1%.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu Kenaikan suhu pada permukaan panel surya pada saat cuaca cerah dengan nilai efisiensi hari pertama dengan 40,26%, hari kedua 20,09%, hari ketiga 8%, nilai efisiensinya berbeda beda diakibatkan dari pengaruh cuaca dan kemiringan panel surya. sedangkan untuk nilai fill factornya sebesar 0,716. FF (fill faktor) sel surya, semakin tinggi dari 0,7 unjuk kerja sel surya tersebut makin baik, dan akan mempunyai koefisien konversi energi.

Kutipan

- [1] T. Listrik, M. Aplikasi, and M. Metode, "No Title," vol. 4, no. 2, pp. 2–5, 2018.
- [2] J. Mahasiswa and U. Negeri, "View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk".
- [3] Ridwan, *PERANCANGAN SUMBER LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WATT SEBAGAI SUMBER CADANGAN SUPLAI LISTRIK DENGAN SISTEM HIBRID*. 2021.
- [4] A. Asrori and E. Yudiyanto, "Kajian Karakteristik Temperatur Permukaan Panel terhadap Performansi Instalasi Panel Surya Tipe Mono dan Polikristal," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 68, 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.7134.
- [5] P. Harahap, "Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 73–80, 2020, doi: 10.30596/rele.v2i2.4420.
- [6] K. April Mas Sahlul, J. Riandra, and B. Santri Kusuma, "Penentuan Kemiringan Panel Surya Menggunakan Metode Azimut Pada Pts Rumah Sumbul," pp. 61–66, 2023.
- [7] B. A. B. Iii and L. Teori, "LANDASAN TEORI," pp. 16–33.
- [8] F. M. Lisa Rasali &, "PEMANFAATAN ENERGI SURYA SEBAGAI SUPLAI CADANGAN PADA RUANGAN JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR," 2018.
- [9] B. A. B. Ii and D. Teori, "dan terbuat dari bahan semi konduktor yang pada umumnya adalah".
- [10] E. Riswanto, "Jurnal Era Abdimas".
- [11] A. I. Ramadhan, E. Diniardi, and S. H. Mukti, "Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP," vol. 37, no. 2, pp. 59–63, 2016, doi: 10.14710/teknik.v37n2.9011.
- [12] C. A. Siregar, A. M. Siregar, M. Daud, and M. D. Nasution, "Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Berdasarkan Perhitungan Matematika Di Sumatera Utara," pp. 72–78, 2021.
- [13] F. Ayu, F. Sugiono, P. D. Larasati, and A. Karuniawan, "PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP POTENSI PEMANFAATAN PLTS ROOFTOP DI BENGKEL TEKNIK MESIN , POLITEKNIK NEGERI SEMARANG," vol. 01, no. 01, pp. 1–8, 2022.
- [14] E. Di, E. Sebagai, and L. Untuk, "(plts) s," pp. 223–230.
- [15] R. Pido and S. Himran, "Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi," pp. 31–38.

TENTANG PENULIS



Alwi Husain Siregar, lahir di Medan April 2002. Anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis mulai menempuh Pendidikan di sekolah dasar negeri 067264. Selanjutnya

penulis melanjutkan Pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 39 Medan (2013-2016). Penulis lalu melanjutkan Pendidikan menengah atas di SMK Negeri 13 Medan dan mengambil jurusan Electro (2016-2019). Pada tahun 2019, penulis melanjutkan Pendidikan S1 Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, Mengambil Program studi Control, jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Alwi Husain Siregar
Alamat : Medan, Jalan Young Panah Hijau Gg Mawar
Link VIII
Npm : 1907220068
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 12 April 2002
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
No Telepon/ Wathsapp : 087794230489
Email : alwihusainsiregar@gmail.com
Tinggi/Berat Badan : 169 cm/60 kg
Kewarganegaraan : Indonesia

ORANG TUA

Nama Ayah : Syoleman Siregar
Agama : Islam
Nama Ibu : Nurlelawati Batubara
Agama : Islam
Alamat :

RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2013 : SD Negeri 067264 Jalan Young Panah Hijau
2013-2016 : SMP Negeri 39 Medan
2016-2019 : SMK Negeri 13 Medan
2019-2023 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara (UMSU)



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Alwi Husain Siregar

Npm : 1907220068

Judul Tugas Akhir : "ANALISA PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI PANEL SURYA 100 WP DI PELABUHAN BELAWAN"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	9/11/2023	Buat Bab 1 proposal	
2.	12/11/2023	Baca Referensi or 15 jml Teknik	
3.	15/11/2023	Buat Bab 2 Tryout publik.	
4.	17/11/2023	Fasilitas perai pada Keg	
5.	18/11/2023	Perkuto Bab III	
6.	20/11/2023	layah part oah publik	
7.	27/11/2023	Ace unbl rumpo.	

Dosen Pembimbing

Pattaonan Harahap S.T., M.T



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Ela mengawasi surat ini, agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
PERPUSTAKAAN

Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Perpustakaan Nasional Republik Indonesia No. 00059/LAP.PT/IX.2018

Pusat Administrasi : Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 66224567

NPP. 1271202D1000003 <http://perpustakaan.umsu.ac.id> perpustakaan@umsu.ac.id [perpustakaan_umsu](https://www.perpustakaan.umsu.ac.id)

SURAT KETERANGAN

Nomor : 2462/ KET/II.3-AU /UMSU-P/M/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan hasil pemeriksaan data pada Sistem Perpustakaan, maka Kepala Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan ini menerangkan :

Nama : ALWI HUSAIN SIREGAR
NPM : 1907220068
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Elektro

telah menyelesaikan segala urusan yang berhubungan dengan Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Demikian surat keterangan ini diperbuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 13 Shaffar 1445 H.
30 Agustus 2023 M.

Kepala Perpustakaan



Dr. Muhammad Arifin, M.Pd.