

TUGAS AKHIR
STUDI KOMPARASI METODE SLOPE DAN AZIMUT
UNTUK MENENTUKAN SUDUT KEMIRINGAN
PANEL SURYA PADA PLTS
(Studi Kasus Tigajuhar)

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

DISUSUN OLEH :

KRIS APRIL MAS SAHLUL
1807220084



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : KRIS APRIL MAS SAHLUL

NPM : 1807220084

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : "Studi Komparasi Metode Slope Dan Azimut Untuk Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar)".

Bidang Ilmu : Energi Baru dan Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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.

Medan, 02 Oktober 2022

Mengetahui dan Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T., M.T

Dosen Pembimbing I



Partonan Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II



Muhammad Adam, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Ikhsan, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : KRIS APRIL MAS SAHLUL
Tempat/Tanggal Lahir : KEDAI DURIAN/26 April 2000
NPM : 1807220084
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Studi Komparasi Metode Slope Dan Azimut Untuk Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar)”.

Bukan merupakan Plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan 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 buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 02 Oktober 2022

Yang menyatakan



KRIS APRIL MAS SAHLUL
1807220084

ABSTRAK

Dusun bintang asih merupakan salah satu dusun terpencil di Desa Rumah sumbul Kecamatan Tigajuhar Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara yang tergolong desa tertinggal. Di Dusun Bintang Asih juga terdapat 2 pembangkit listrik yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Dusun Bintang Asih belum mendapatkan sudut yang optimal, sehingga energi yang dihasilkan belum maksimal. Pada penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu metode slope dan metode azimuth, penelitian ini membahas tentang pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya output yang dihasilkan oleh panel surya tipe *monocrystalline*. Besar perbedaan sudut kemiringan untuk metode slope pada cuaca cerah, cerah berawan, mendung, dan hujan sebesar $= 45^{\circ}$, sedangkan untuk metode azimuthnya diperoleh sudut kemiringan cuaca cerah, cerah berawan sebesar $= 43^{\circ}$, cuaca mendung sebesar $= 41^{\circ}$, dan cuaca hujan sebesar $= 40^{\circ}$, sedangkan besar perbedaan daya *output* untuk metode slope cuaca cerah sebesar $= 65,42$ W, cuaca cerah berawan sebesar $= 58,19$ W, cuaca mendung sebesar $= 22,10$ W, dan cuaca hujan sebesar $= 4,39$ W, selanjutnya dengan menggunakan metode azimuth daya *output* cuaca cerah sebesar $= 70,11$ W, cuaca cerah berawan sebesar $= 67,11$ W, cuaca mendung sebesar $= 26,01$ W, dan cuaca hujan sebesar $= 4,77$ W.

Kata Kunci : Kemiringan, Panel Surya, Slope, Azimuth, Daya

ABSTRAK

Bintang Asih Hamlet is one of the remote hamlets in Rumah Axis Village, Tigajuhar District, Deli Serdang Regency, North Sumatra which is classified as an underdeveloped village. In Bintang Asih Hamlet there are also 2 power plants, namely a solar power plant (PLTS) and a micro hydro power plant (PLTMH). For solar power plants (PLTS) in Dusun Bintang Asih, the optimal angle has not been obtained, so the energy produced has not been maximized. which is produced by monocrystalline solar panels, the difference in the slope angle for the slope method in sunny, sunny, cloudy, cloudy, and rainy weather is = 45° , while for the azimuth method, the slope angle for sunny weather, sunny cloudy is = 43° , cloudy weather = 41° , and rainy weather = 40° , while the large difference in output power for the slope method is sunny weather = 65.42 W, sunny weather is cloudy = 58.19 W, weather cloudy = 22.10 W, and rainy weather = 4.39 W, then using the azimuth method the output power of sunny weather is = 70.11 W, sunny weather is cloudy = 67,11 W, cloudy weather = 26.01 W, and rainy weather = 4.77 W.

Key Words : *Tilt, Solar Panel, Slope, Azimuth, Power*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Komparasi Metode Slope Dan Azimut Untuk Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada Plts (Studi Kasus Tigajuhar)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Ibunda Rimbawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M,T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2018.

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 depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektron.

Medan, 17 Maret 2022

KRIS APRIL MAS SAHLUL

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematis Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2. Landasan Teori.....	7
2.2.1. Cara Kerja Panel Surya	7
2.2.2. Panel Surya	9
2.2.3. Jenis-Jenis Panel Surya	10
2.2.4. Radiasi Matahari	12
2.2.5. Karakteristik Solar Cell (<i>Photovoltaic</i>).....	13
2.2.6. Prinsip Kerja Sel Surya Photovoltaik.....	14
2.2.7. Pengaruh Gerakan Matahari Terhadap Energi Surya.....	14
2.2.9. Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Terhadap Radiasi Rata-Rata Matahari.....	15
2.2.10. Solar Charger Controller	16
2.2.11. Baterai	17
2.2.12. Sudut Azimuth	18
2.2.13. Penentuan Sudut Azimut Dari 2 Titik Koordinat.....	20
2.2.14. Slope.....	20
2.2.15. Daya	22
2.2.16. Alat Pengukur Sudut	22
2.2.17. Aktuator	23

2.2.18. Timer Digital.....	24
2.2.19. Relay DC 12 V	25
2.2.20. Wattmeter Digital.....	26
2.2.21. LDR XH M-131	27
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1. Tempat Dan Waktu	28
3.1.1. Tempat.....	28
3.1.2. Waktu	28
3.2. Alat Dan Bahan	28
3.3. Bagan Alir Penelitian	29
3.4. Metode Penelitian.....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Pengujian Panel Surya sudut 30° Metode Slope 100 Wp.....	33
4.1.1 Pengujian Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	38
4.2. Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth	52
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara Kerja Panel Surya	8
Gambar 2.2 Cara Kerja sel surya dengan prinsip p-n junction	9
Gambar 2.3 Panel Surya Jenis Monokristal	11
Gambar 2.4 Panel Surya Polikristal	11
Gambar 2.5 Panel Surya Jenis Thin Film Solar	12
Gambar 2.6 Ilustrasi Ilumnasi yang Diterima Panel Surya terhadap Arah Datangnya Cahaya Matahari	15
Gambar 2.7 Charge Controller	16
Gambar 2.8 Baterai	18
Gambar 2.9 Sudut Azimuth	18
Gambar 2.10 Sistem Kuadran Ilmu Ukur Tanah	20
Gambar 2.11 Slope.....	21
Gambar 2.12 alat pengukur sudut	23
Gambar 2.13 Aktuator.....	24
Gambar 2.14 Timer Digital.....	25
Gambar 2.15 Relay DC 12V	26
Gambar 2.16 Wattmeter	27
Gambar 2.17 LDR XH M-131	27
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Kemiringan Sudut Azimut	31
Gambar 3.3 Pengaruh Sudut	32
Gamber 4.1 Kemiringan Panel 30 ⁰ Metode Slope	37
Gamber 4.2 Kemiringan Panel 20 ⁰ Metode Azimuth	41
Gamber 4.3 Kemiringan Panel 20 ⁰ Metode Azimuth	44
Gamber 4.4 Kemiringan Panel 25 ⁰ Metode Azimuth	46
Gamber 4 5 Kemiringan Panel 15 ⁰ Metode Azimuth	48
Gamber 4.6 Kemiringan Panel 20 ⁰ Metode Azimuth	50
Gamber 4.7 Kemiringan Panel 10 ⁰ Metode Azimuth	52
Gambar 4.8 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope.....	53
Gamber 4.9 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope.....	55
Gamber 4.10 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope.....	56
Gamber 4.11 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope.....	58
Gamber 4 12 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya Jenis Monocrystalline.....	30
Tabel 4.1 Pengujian Pertama Panel Surya Sudut 30 ⁰ Metode Slope 100 Wp.....	33
Tabel 4.2 Pengujian Kedua Panel Surya Sudut 30 ⁰ Metode Slope 100 Wp	33
Tabel 4.3 Pengujian Ketiga Panel Surya Sudut 30 ⁰ Metode Slope 100 Wp	34
Tabel 4.4 Pengujian Keempat Panel Surya Sudut 30 ⁰ Metode Slope 100 Wp	35
Tabel 4.5 Pengujian Kelima Panel Surya Sudut 30 ⁰ Metode Slope 100 Wp	36
Tabel 4.6 Pengujian Pertama Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	38
Tabel 4.7 Pengujian Kedua Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	38
Tabel 4.8 Pengujian Ketiga Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	39
Tabel 4.9 Pengujian Pertama Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari	41
Tabel 4.10 Pengujian Kedua Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari	42
Tabel 4.11 Pengujian Ketiga Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari	42
Tabel 4.12 Pengujian Keempat Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	44
Tabel 4.13 Pengujian Keempat Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari	46
Tabel 4.14 Pengujian Kelima Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari	48
Tabel 4.15 Pengujian Kelima Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari	50
Tabel 4.16 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30 ⁰ Dan Azimuth Pengujian Pertama.....	52
Tabel 4.17 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30 ⁰ Dan Azimuth Pegujian Kedua	54
Tabel 4.18 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30 ⁰ Dan Azimuth Pengujian Ketiga	56
Tabel 4.19 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30 ⁰ Dan Azimuth Pengujian Keempat	57
Tabel 4.20 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30 ⁰ Dan Azimuth Pengujian Kelima	59

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis yang akan selalu memperoleh sinar matahari sepanjang tahun. Kondisi alami ini tentunya harus dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber energi, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terus dikembangkan di Indonesia. Pembangkit Listrik Tenaga Surya atau biasa disebut PLTS merupakan suatu bentuk cahaya yang dipantulkan melalui sinar matahari ke panel surya sebagai proses terjadi perubahan menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan sedemikian rupa sebagai kebutuhan sehari-hari, pembangkit listrik tenaga surya juga merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, efisien dan mudah untuk diterapkan (Rimbawati et al., 2021).

Dusun bintang asih merupakan salah satu dusun terpencil di Desa Rumah Sumbul Kecamatan Tigajuhar Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara yang tergolong desa tertinggal. Mayoritas masyarakat di Dusun ini mempunyai mata pencarian sebagai buruh tani di perkebunan sawit, salak dan karet. Di Dusun Bintang Asih juga terdapat 2 pembangkit listrik yaitu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Dusun bintang asih digunakan untuk melayani kebutuhan beban listrik terus menerus pada desan tersebut, sudah banyak penelitian yang sudah mengembangkan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) bintang asih antara lain sebagai berikut (Hutasuhut et al., 2022) penelitian ini bertujuan untuk menjadwalkan pengoperasian pembangkit listrik hybrid solar/photovoltaic/microhydro di desa Rumah Sumbul dalam melayani kebutuhan beban di untuk memperoleh kombinasi sistem yang terbaik dan ekonomis yang mampu melayani kebutuhan beban listrik terus menerus. Menurut (Ribawati. et al., 2018) Provinsi Sumatera Utara berpotensi untuk mengembangkan teknologi pembangkit listrik hibrida (mikrohidro, surya, angin dan baterai) untuk mendukung percepatan pembangunan desa.

Untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Dusun Bintang Asih digunakan untuk menerangi masjid dan memompa air di masjid untuk masyarakat mengambil wudhu pada saat melaksanakan sholat, pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengalami kendala dimana daya *output* yang dihasilkan panel surya kurang maksimal sehingga terkadang pompa air tidak bisa digunakan.

Untuk Mengatasi hal tersebut itu diperlukan suatu studi untuk dapat mengetahui posisi sudut kemiringan optimal panel surya terhadap posisi sinar surya yang datang terhadap permukaan panel surya (Ali & Aziz Pandria, 2019). Sudut kemiringan optimal panel surya merupakan salah satu faktor penentu terhadap penerimaan jumlah radiasi surya dalam jumlah maksimal, sehingga akan berdampak terhadap daya keluaran panel surya.

Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya maka perancangan sistem dibutuhkan menurut (Pangestuningtyas D.L*), Hermawan, 2020). Sudut kemiringan panel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi sudut yang dipengaruhi pemasangan panel surya pada instalasi ada 2 macam yaitu sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horizontal atau disebut juga dengan slope dan sudut yang diukur searah dengan acuan arah selatan yang disebut dengan sudut azimuth.

Penelitian ini membahas tentang pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya *output* yang dihasilkan panel surya. Dalam peneliti ini penulis menggunakan 2 metode yaitu metode slope dan metode azimuth kemudian membandingkan daya yang dihasilkan antara metode slope dan azimuth yang dimana tujuannya untuk mencari sudut kemiringan pada panel surya yang optimal dan juga untuk menghasilkan daya *output* yang maksimal pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Tigajuhar.

Maka dari itu penulis mengangkat judul “Studi Komparasi Metode Slope dan Azimut untuk Menentukan Sudut kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar)” dengan adanya penelitian diharapkan akan diketahui sudut kemiringan pemasangan panel surya di Tigajuhar yang memperoleh daya *output* terbesar.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Seberapa besar perbedaan sudut kemiringan pada PLTS Tigajuhar menggunakan metode slope dan azimuth ?
2. Seberapa besar perbedaan daya output yang dihasilkan terhadap sudut kemiringan panel surya pada PLTS Tigajuhar ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui seberapa besar perbedaan sudut kemiringan pada PLTS Tigajuhar menggunakan metode slope dan azimuth
2. Mengetahui besar perbedaan daya output yang dihasilkan terhadap sudut kemiringan panel surya pada PLTS Tigajuhar

1.4. Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka ditetapkan ruang lingkup dalam penelitian sebagai berikut :

1. Membahas tentang cara Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar) yang dimulai dari melakukan penelitian pada panel surya untuk mencari sudut kemiringan yang optimal sehingga menghasilkan energi listrik yang maksimal..
2. Membahas tentang pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap keluaran energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya tipe *monocrystalline*.
3. Membahas tentang pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap daya output yang dihasilkan oleh panel surya tipe *monocrystalline*. dengan membandingkan 2 metode yaitu metode slope dan metode azimuth yang kemudian dari perbandingan ini mendapatkan sudut kemiringan yang optimal dan daya output yang maksimal.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Memberikan informasi tentang pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap daya *outpu* yang dihasilkan.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat tentang manfaat dari Adanya energi alternatif
3. Sebagai referensi untuk penelitan selanjutnya

1.6. Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh sudut kemiringan panel surya ataupun hal-hal lainnya yang di pantau (Monitoring) setiap waktu dengan hasil-hasil yang sudah dipublikasikan baik secara nasional maupun internasional adalah sebagai berikut .

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang pengaruh analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap oleh Hermawan pada penelitiannya dilakukan Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya dapat dimaksimalkan dengan cara memasang panel surya, dengan sudut kemiringan atau slope dan sudut azimuth yang tepat. Radiasi rata – rata matahari yang diterima oleh panel surya untuk pemasangan di kota Semarang dapat maksimal, saat panel surya diletakkan pada sudut azimuth 180° menghadap ke arah utara, dengan sudut kemiringan yang besarnya bervariasi untuk pemasangan setiap bulannya. Sudut kemiringan panel yang tepat untuk musim hujan adalah 1° sedangkan untuk musim kemarau adalah 24° . Sudut kemiringan untuk panel surya tipe larik tetap di kota Semarang sebesar 9° , dengan radiasi rata - rata yang dapat diterima panel surya saat kemiringan tersebut adalah $13,8958 \text{ MJ/m}^2\text{hari}$ (Pangestuningtyas D.L*), Hermawan, 2020)

Kemudian pada penelitian (Sutanto et al., 2021) untuk mengidentifikasi sudut kemiringan (tilt/slope angle) dan orientasi arah (azimuth angle) dari suatu alat pemanen energi surya untuk mendapatkan nilai radiasi maksimum pada sepanjang tahun di daerah Semarang, Jawa Tengah. Lokasi yang digunakan sebagai basis data untuk menghitung arah sudut optimum ini dipilih di Politeknik Negeri Semarang yang berkoordinat di $7^\circ 03' 13.4''$ (7.053715°) Lintang Selatan dan $110^\circ 26' 06.8''$ (110.435220°) Bujur Timur. Metode perhitungan dari sudut-sudut matahari dan koordinat di bumi digunakan untuk mendapatkan nilai estimasi radiasi matahari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut kemiringan optimum sepanjang tahun berada pada kisaran $0 - 30.14^\circ$ dengan orientasi arah ke

utara dan pada kisaran sudut kemiringan $0 - 16.00^\circ$ dengan orientasi arah ke selatan. Sedangkan untuk pemasangan menggunakan sudut konstan sepanjang tahun, nilai optimum dicapai pada sudut kemiringan 7° dengan orientasi menghadap ke utara.

Pada penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh (Siahaan et al., 2020) ia mengatakan untuk mengetahui sudut kemiringan panel surya (β) dan sudut jam (ω) yang tepat sehingga pembangkit listrik tenaga surya menghasilkan efisiensi dan energi yang optimum yang mana akan mengurangi pemakaian energi listrik dan dengan biaya produksi yang lebih murah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sudut jam (ω) panel surya mempengaruhi intensitas dan daya output panel surya dicapai lebih cepat 1 jam jika sudut (ω) bernilai -15° dan sebaliknya. Dan hasil penelitian ini juga menunjukkan sudut kemiringan (β) panel surya yang paling tepat dibandingkan dengan yang terpasang saat ini adalah 15° menghadap selatan dengan peningkatan intensitas yang diterima panel surya 60,60%, peningkatan daya output 81,80% dan peningkatan efisiensi 13,38%.

Adapun penelitian yang dilakukan oleh (Rita Hariningrum, 2021) Dalam penelitian ini dilakukan dengan metode pengujian pengaruh sudut kemiringan panel dengan mengambil sudut teta (θ) berdasarkan sudut tegak lurus bidang panel dengan menggunakan sudut $0^\circ - 80^\circ$ (interval 10°). Pengaruh daya keluaran berdasarkan perubahan sudut kemiringan panel berbanding lurus dengan besarnya intensitas cahaya yang diterima bidang panel. Sudut optimal panel surya pada pagi hari yaitu saat sudut kemiringan panel 40° , pukul 10.00 – 14.00 yaitu pada sudut 0° dan sore hari 16.00 yaitu sudut 50° , daya yang diperoleh dengan sudut optimal 40° yaitu daya sebesar 10.2watt dan memiliki intensitas cahaya sebesar 37.8kLux.

Penelitian yang dilakukan oleh (Abdul Kodir Albahar1, 2020) untuk mengetahui peningkatan arus keluaran terhadap perubahan sudut kemiringan pada photovoltaic, hasil yang diperoleh pengukuran sudut kemiringan PV yang optimum peletakan panel surya dalam menerima paparan radiasi sinar matahari pada sudut 15° , dengan tegangan sebesar 18 Volt, nilai arus keluaran sebesar 6,8 Ampere sehingga menghasilkan daya sebesar 122,4 Watt. Panel surya yang digunakan adalah sebesar 100 WP sebanyak 4 modul dipasang dengan diparalel

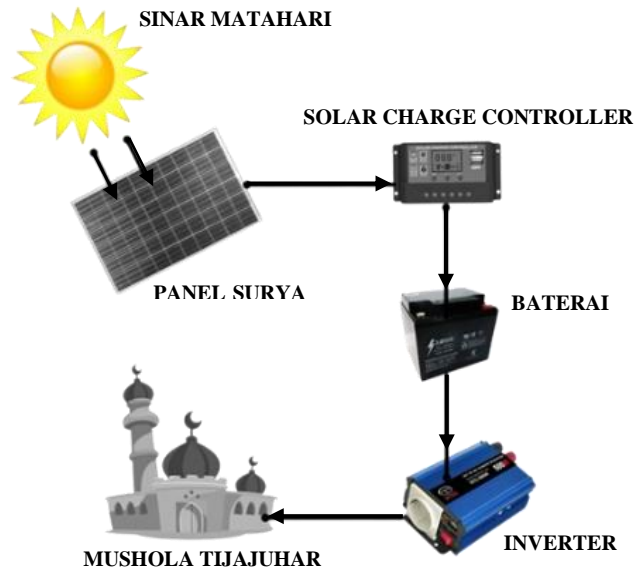
dilengkapi sistem penyimpanan Baterai berkapasitas 12 V, 100 AH sebanyak 1 buah. Kapasitas Solar Charge Control sebesar 30 Ampere.

Menurut penelitian (Murniati & Nojeng, 2021) Sel surya jenis monokristal (*monocrystalline*) merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15% dengan pemasangan sudut kemiringan panel surya yang optimal. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), menurut (Siahaan et al., 2020) efisiensinya akan turun drastic dalam cuaca berawan. Photovoltaic cell selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas. Seperti barang dari gelas lainnya, maka optical input dari *photovoltaic cell* juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Cara Kerja Panel Surya

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Menurut (Harahap, 2020) Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperature 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. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik disatelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Bandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising, selain itu gas yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*greenhousegas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi kita.



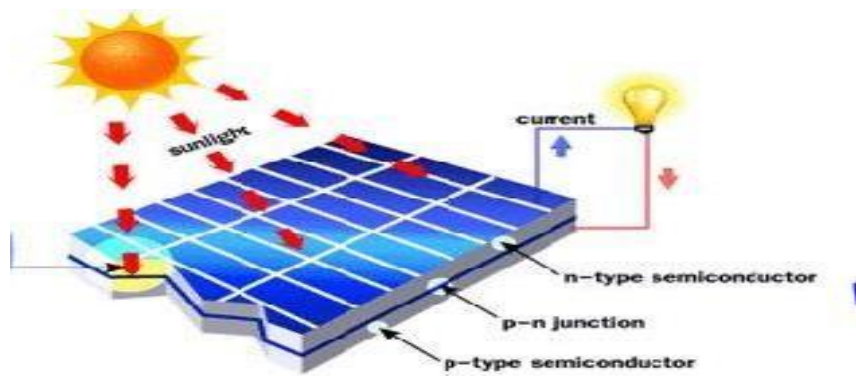
Gambar 2.1 Cara Kerja Panel Surya

Sistem sel surya yang dapat digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance free*. Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan parallel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu. Rangkaian kontroler pengisian aki, sebenarnya mudah untuk dirakit sendiri. Tapi, biasanya rangkaian kontroler ini sudah tersedia dipasaran. Memang harga kontroler itu cukup mahal kalau dibeli sebagai unit sendiri. Kebanyakan sistem sel surya itu

hanya dijual dalam bentuk paket lengkap itu jelas lebih murah dibandingkan dengan bila merakit sendiri. Biasanya panel surya itu diletakkan dengan posisi lurus menghadap matahari. Padahal bumi itu bergerak mengelilingi matahari, agar dapat terserap secara maksimum sinar matahari itu harus diusahakan selalu jatuh tegak lurus pada permukaan panel surya.

2.2.2. Panel Surya

Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi surya termal



Gambar 2.2 Cara Kerja sel surya dengan prinsip *p-n junction*

(Julisman et al., 2017)

Dari ilustrasi diatas menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip *p-n junction*. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk

mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi diatas menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe- n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar diatas.

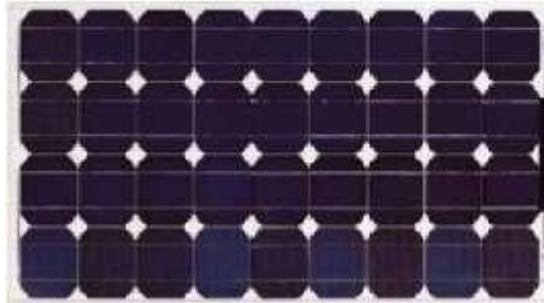
2.2.3. Jenis-Jenis Panel Surya

Panel sel surya mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi batere. Panel surya terdiri dari photovoltaic, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, mendung, hujan) arus listrik yang dihasilkan juga berkurang. Dengan memperluas panel surya berarti menambah konversi tenaga surya. Umumnya panel sel surya dengan ukuran tertentu memberikan hasil yang tertentu juga. Contohnya ukuran $a \text{ cm} \times b \text{ cm}$ menghasilkan listrik DC (*Direct Current*) sebesar $\times \text{ watt per hour}$. Berikut ini adalah jenis-jenis panel surya.

A. Monokristal (*Monocrystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari

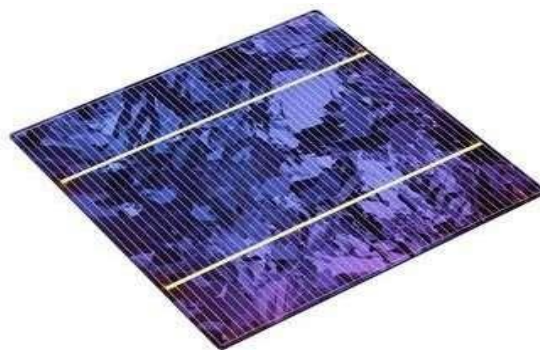
panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.3 Panel Surya Jenis Monokristal
(Panjaitan et al., 2020)

B. Polikristal (*Polycrystalline*)

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



Gambar 2.4 Panel Surya Polikristal
(Panjaitan et al., 2020)

C. Thin Film Photovoltaic

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



Gambar 2.5 Panel Surya Jenis Thin Film Solar
(Panjaitan et al., 2020)

2.2.4. Radiasi Matahari

Energi Matahari merupakan sumber energi utama untuk proses–proses yang terjadi di Bumi. Energi matahari sangat membantu berbagai proses fisis dan biologis di Bumi. 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. Dari sekian banyak energi yang dikeluarkan matahari yang sampai ke Bumi melalui melalui proses perambatan tadi kemudian diserap oleh Bumi. Energi yang diserap ini akan menyebabkan suhu dari Bumi akan naik.

Pada gilirannya, suhu Bumi yang hangat atau panas ini akan memancarkan juga sebagian energinya, sehingga energi yang diterima Bumi = energi yang diserap Bumi + energi yang dipancarkan Bumi. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada dasarnya adalah pecatu daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan *hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain) baik dengan metode Desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode Sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).

Pada siang hari modul surya/panel solarcell menerima cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui proses *photovoltaic*. Energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya dapat langsung disalurkan ke beban atau disimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban. Dan arus searah DC (*direct current*) yang dihasilkan dari modulsurya yang telah tersimpan dalam baterai sebelum digunakan ke beban terlebih dahulu.

2.2.5. Karakteristik Solar Cell (*Photovoltaic*)

Solar Cell pada umumnya memiliki ketebalan 0.3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaannya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakkan motor listrik yang berdaya DC. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan solar cell secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya.

Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau ISC (*short circuit current*), yang sebanding dengan iradiansi terhadap sel surya dapat diukur.

2.2.6. Prinsip Kerja Sel Surya Photovoltaik

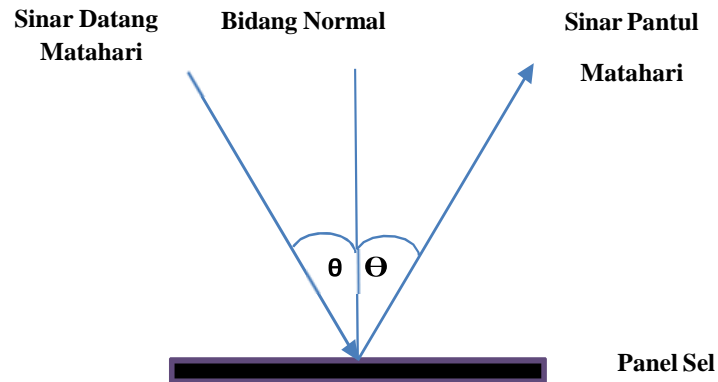
Sinar matahari menjadi listrik dengan panel photovoltaik, kebanyakan menggunakan *Poly Crystalline Silicon* sebagai material semikonduktor *photo cell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip diode p-n. Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

1. Dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang disebut hole (lubang) mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3. Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC. yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.
4. Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya dengan daya listrik AC. Dengan menggunakan konverter inilah maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga sekarang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

2.2.7. Pengaruh Gerakan Matahari Terhadap Energi Surya

Photovoltaic cell selalu dilapisi oleh penutup yang berasal dari gelas, maka optical input dari *photovoltaic cell* juga sangat dipengaruhi oleh orientasinya terhadap matahari karena variasi sudut dari pantulan gelas

Besarnya radiasi yang diterima panel sel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*Angle Of Incidence*) yaitu sudut antara arah sinar datang dengan komponen tegak lurus bidang panel.



Gambar 2.6 Ilustrasi Iluminasi yang Diterima Panel Surya terhadap Arah Datangnya Cahaya Matahari

Menunjukkan ilustrasi besarnya iluminasi yang diterima oleh sebuah panel surya dipengaruhi oleh sudut datang (*angle of incidence*) yaitu sudut antara arah sinar matahari datang dengan komponen tegak lurus bidang panel. Dalam proses konversi energi listrik pada sel surya dipengaruhi banyak faktor yang dapat mengurangi optimalisasi pengonversian energi, diantaranya adalah faktor orientasi terhadap matahari yang selalu berubah-ubah. (SURYANTI et al., 2019)

2.2.9. Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Terhadap Radiasi Rata-Rata Matahari

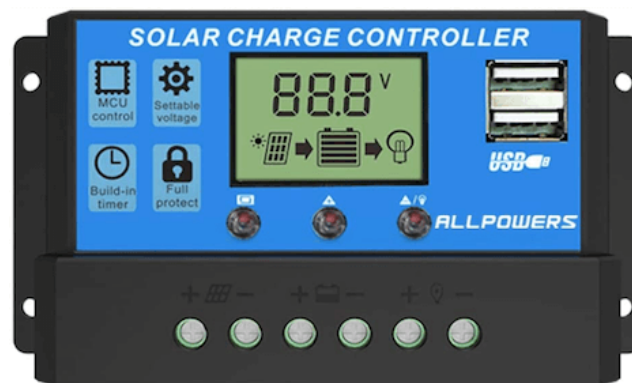
Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh system *photovoltaic*, menurut (Sidharta, 2017) semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semakin besar karena energi matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan menggunakan teknologi *photovoltaic*. Daya keluaran sistem *photovoltaic* dapat dimaksimalkan dengan menggunakan peralatan kontrol tambahan seperti PWM atau MPPT dan juga dapat dilakukan dengan memaksimalkan besar intensitas matahari yang dapat diterima oleh panel surya. Pada penelitian ini daya keluaran *photovoltaic* dilakukan dengan cara memaksimalkan radiasi matahari yang dapat diterima

oleh panel surya. Salah satu cara untuk memaksimalkan intensitas radiasi matahari adalah dengan menempatkan panel surya dengan sudut kemiringan yang paling tepat agar dapat menerima radiasi matahari yang paling tinggi.

2.2.10. Solar Charger Controller

Solar Charge controller berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (*over discharge*) atau kelebihan pengisian muatan (*over charge*) yang dapat mengurangi umur baterai. Charge controller mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai. Charge controller sering disebut dengan solar charge controller atau battery charge controller.

Jika charge controller menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya seperti inverter maka disebut solar charge controller. Jika bagian ini terhubung dari inverter ke baterai lazim disebut battery charge controller, namun hal tersebut tidak baku. Walaupun kedua alat ini berfungsi sama, berbeda dengan SCC, BCC tidak dilengkapi oleh PWM-MPPT (*Pulse Width Modulation Maximum Power Point Tracking*), yaitu kemampuan untuk mendapatkan daya listrik dari panel surya pada titik maksimumnya



Gambar 2.7 Charge Controller

2.2.11. Baterai

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpanan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe Off Grid. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, NiFe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (harga). Baterai lead acid dinilai lebih unggul dari jenis lain jika mempertimbangkan kedua aspek tersebut. Baterai lead acid untuk sistem PLTS berbeda dengan baterai lead acid untuk operasi starting mesin-mesin seperti baterai mobil.

Pada PLTS, baterai yang berfungsi untuk penyimpanan (*storage*) juga berbeda dari baterai untuk *buffer* atau stabilitas. Baterai untuk pemakaian PLTS lazim dikenal dan menggunakan *deep cycle lead acid*, artinya muatan baterai jenis ini dapat dikeluarkan (*discharge*) secara terus menerus secara maksimal mencapai kapasitas nominal. Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan inverter. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya. Kapasitas baterai yang diperlukan tergantung pada pola operasi PLTS.

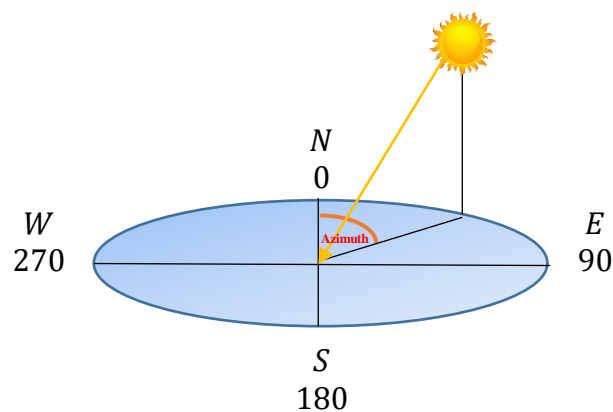
Besar kapasitas baterai juga harus mempertimbangkan seberapa banyak isi baterai akan dikeluarkan dalam sekali pengeluaran. Kapasitas baterai dinyatakan dalam Ah atau Ampere hours. Jika suatu PLTS menggunakan baterai dengan kapasitas 2000 Ah dengan tegangan sekitar 2 Volt. Maka baterai tersebut memiliki kemampuan menyimpan muatan sekitar $2000 \text{ Ah} \times 2 \text{ V}$ atau 4 kWh. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis dan kapasitas baterai untuk suatu PLTS dan pengaruhnya pada umur baterai.



Gambar 2.8 Baterai

2.2.12. Sudut Azimuth

Sudut azimuth adalah arah mata angin dari mana cahaya matahari datang. Pada tengah hari, matahari selalu berada tepat di selatan di belahan bumi bagian utara dan tepat di utara di belahan bumi bagian selatan. Menurut (Hidayat et al., n.d.) Sudut azimuth berubah sepanjang hari sebagaimana ditunjukkan pada animasi di bawah. Pada saat ekuinoks, matahari terbit tepat dari timur dan terbenam tepat di barat, terlepas dari derajat lintangnya, sehingga sudut azimuth adalah 90° pada matahari terbit dan 270° pada matahari terbenam.



Gambar 2.9 Sudut Azimuth

Sudut azimuth dihitung dari parameter di atas:

$$Azimuth = \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos(HRA)}{\cos \alpha} \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BC} \pm 180^\circ \pm \beta \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan α sebagai elevasi, φ adalah derajat lintang, dan δ adalah deklinasi. Persamaan di atas hanya memberikan sudut azimuth yang benar di pagi hari sehingga:

$$Azimuth = A_{zi}, \text{ for LST } < 12 \text{ or HRA } < 0$$

$$Azimuth = 360^\circ - A_{zi}, \text{ for LST } > 12 \text{ or HRA } > 0$$

Azimuth terdiri atas tiga macam, yaitu :

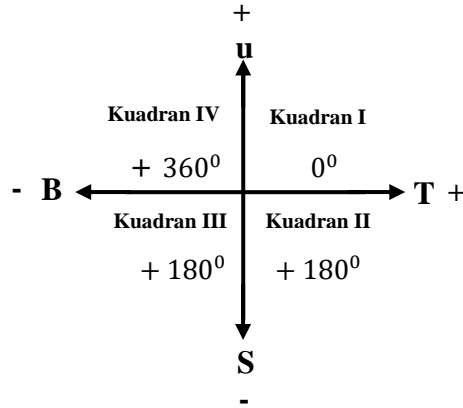
1. Azimuth sebenarnya
2. Azimuth magnetis
3. Azimuth Grid

Ada beberapa cara untuk mendapatkan azimuth:

1. Azimuth dengan kompas, dengan membaca sudut yang dibentuk oleh jarum magnet dengan arah utara kompas. Pengukuran azimuth ini dipengaruhi oleh logam – logam (besi, nikel) yang berada di dekat pengukuran. Dalam pekerjaan pengukuran yang sederhana, maka pengukuran azimuth awal ataupun akhirnya hanya dilakukan dengan menggunakan alat penunjuk arah Utara (kompas). Umumnya azimuth magnetis jenis ini dikenal dengan nama sudut jurusan.
2. Azimuth dengan dua titik pengukuran yang sudah diketahui koordinatnya (X,Y) atau triangulasi, misalnya titik A dan B, menggunakan rumus: $\alpha_{AB} = \tan^{-1} \frac{XB - XA}{YB - YA}$ Dimana :
 XA, XB = koordinat easting (dalam meter)
 YA, YB = koordinat northing (dalam meter)
 α_{AB} = azimuth titik A ke titik B

2.2.13. Penentuan Sudut Azimut Dari 2 Titik Koordinat

Untuk mengetahui azimuth dari koordinat, kita juga harus tahu pembagian dari Kuadran azimuth yang terbagi menjadi 4 kuadran. Untuk lebih jelas tentang kuadran azimuth dalam Ilmu Ukur Tanah bisa lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.10 Sistem Kuadran Ilmu Ukur Tanah

A. Rumus Perhitungan Cara Menghitung Azimuth Antara Dua Titik Koordinat Yaitu :

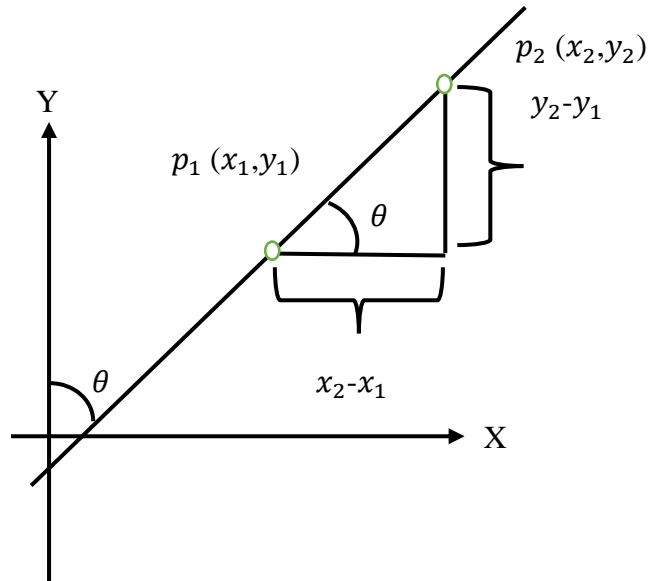
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb-xa}{yb-ya} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

2.2.14. Slope

Kemiringan/slope (dinotasikan m) dari suatu garis adalah “nilai tangen dari sudut inklinasinya”. Oleh karenanya $m = \tan \theta$ Garis dengan sudut inklinasi = 90° (vertical), sebab tangen 90° tidak ada/tidak terdefinisi. Jadi garis vertikal mempunyai sudut inklinasi 90° tetapi tidak mempunyai kemiringan. Kadangkadang dikatakan bahwa kemiringan garis vertikal adalah “tak hingga” atau lambang “ ∞ ”

Terlepas dari ketiadaan kemiringan garis vertikal, menurut (Mukti & Sulisty, 2018) ada suatu hubungan yang sederhana antara kemiringan dengan pasangan koordinat titik pada suatu garis. Kemiringan suatu garis dapat

dinyatakan dalam bentuk dari koordinat sembarang dua titik pada garis itu, misalnya melalui titik P1 (x₁,y₁) dan P2 (x₂,y₂)



Gambar 2.11 Slope

A. Rumus Kemiringan Dengan 2 Titik Garis

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sudut Kemiringan (β) Merupakan sudut antara permukaan bidang yang ditanyakan dengan permukaan horisontal. Slope (kemiringan) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan rumus :

$$\beta = \tan^{-1}(\tan \theta z x \cos \gamma s) \dots\dots\dots(2.5)$$

B. Rumus Menghitung Persentase Kemiringan

$$(s) = \frac{y}{x} x 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

2.2.15. Daya

Daya adalah laju energi yang disalurkan selama melakukan suatu usaha dalam periode waktu tertentu. Satuan Internasional (SI) untuk daya yaitu Joule / Sekon (J/s) = Watt (W). Satuan Watt digunakan sebagai tanda kehormatan untuk seorang ilmuwan bernama James Watt yaitu penemu mesin uap. Satuan daya lainnya yang sering digunakan adalah Daya Kuda atau Horse Power (Hp), dimana 1 hp = 746 Watt. Daya merupakan besaran Skalar, hal ini dikarenakan Daya hanya memiliki Nilai dan tidak memiliki arah. Besarnya daya listrik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Keberadaan tegangan listrik
- Kuat arus listrik
- Hambatan listrik di dalam rangkaian listrik yang tertutup
- Keadaan daya listrik terhadap waktu

Beberapa kondisi tersebut dapat menjadi penentu dari besarnya daya listrik yang diperlukan oleh peralatan listrik untuk bekerja secara optimal. Namun, pada umumnya peralatan listrik sudah mencantumkan nilai daya pada label produk.

A. Rumus Daya Listrik

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

2.2.16. Alat Pengukur Sudut

Busur derajat adalah sebuah alat yang dapat membantu mengukur dan menggambar sudut. Bentuk dari busur derajat biasanya setengah lingkaran, namun ada juga yang berbentuk satu lingkaran penuh yaitu memiliki 360⁰. Sebuah busur derajat memiliki satu titik tengah yang biasanya berbentuk lingkaran yang sangat kecil.



Gambar 2.12 alat pengukur sudut

2.2.17. Aktuator

Aktuator adalah sebuah alat mekanis yang mengubah tenaga listrik maupun fluida menjadi kuantitas lain seperti kecepatan dan perangkat elektromagnetik sehingga mampu menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik yang dihasilkan akan digunakan untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Biasanya Aktuator diaktifkan oleh lengan mekanik yang digerakkan oleh motor listrik. Alat mekanis ini dikendalikan oleh pengontrol otomatis yang telah diprogram di antara mikrokontroler. Aktuator sendiri dapat melakukan hal-hal tertentu setelah menerima perintah dari controller, yang bertugas mengoperasikan Aktuator.

fungsi Aktuator adalah sebagai penguat sinyal kontrol yang berasal dari kontroler menjadi sinyal baru agar daya semakin besar dan sesuai dengan daya yang dibutuhkan. Selain itu, fungsi Aktuator adalah sebagai penggerak atau pengontrol sebuah sistem pada peralatan mekanis. Aktuator diaktifkan oleh lengan mekanik yang digerakkan oleh motor listrik. Pengontrol otomatis yang telah di program bertugas untuk mengendalikannya di antara mikrokontroler.



Gambar 2.13 Aktuator

2.2.18. Timer Digital

Timer digital adalah timer elektronik yang bekerja dengan menggunakan power utama tenaga listrik, jadi timer ini adalah pengembangan dari jenis timer analog, cara kerjanya pun sama; setelah dia mendapat sumber listrik, ditandai dengan lampu power menyala (merah/hijau) baru dia akan mulai bekerja menghitung waktu. Selama masa penghitungan waktu, maka akan ada lampu indicator yang berkedip (*flicker*), itu menandakan bahwa timer sedang bekerja. Apabila jumlah hitungan waktu yang diinginkan sudah tercapai, maka led yang tadinya *flicker* akan berubah menjadi menyala secara terus menerus. Kemudian apabila lampu sudah menyala secara terus menerus maka sistem kontak relay yang ada di dalam timer akan berubah, yang semula NO akan berubah menjadi NC begitupun sebaliknya, yang semula kontak NC akan berubah menjadi NO.



Gambar 2.14 Timer Digital

2.2.19. Relay DC 12 V

Relay merupakan sakelar yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (kumparan) dan mekanik (rangkaian kontak sakelar). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak sakelar sedemikian rupa sehingga arus dengan daya rendah dapat menghantarkan arus dengan tegangan lebih tinggi. Misalnya, Relay yang menggunakan elektromagnet 5V, 50mA dapat menggerakkan Relay Relay Relay angker (yang berfungsi sebagai sakelar) untuk menghantarkan arus 220V 2A.

Fungsi Relay Pada Panel Listrik, Dalam *switchboard* biasanya ada beberapa atau banyak Relay yang mengontrol kontaktor. Karena itu, kontaktor mempunyai kapasitas arus yang bisa sangat besar. Pengontrol utama sendiri dapat berupa PLC (*Proramable Logic Control*) yang biasanya memiliki kapasitas arus yang sangat besar. Pengontrol utama adalah PLC. PLC ini tidak dapat secara langsung mengontrol kontaktor dengan kapasitas arus yang besar. Nah relay ini berperan sebagai perantara sebagai bagian dari pengontrol arus. Di *switchboard*, Relay biasanya digunakan untuk saling mengunci. Interlock merupakan rangkaian yang memiliki fungsi mengamankan proses kerja pada rangkaian itu sendiri. Misalnya, untuk mencegah intervensi ketika dua atau lebih kondisi berbeda sehingga tidak bekerja pada waktu yang sama.



Gambar 2.15 Relay DC 12V

2.2.20. Wattmeter Digital

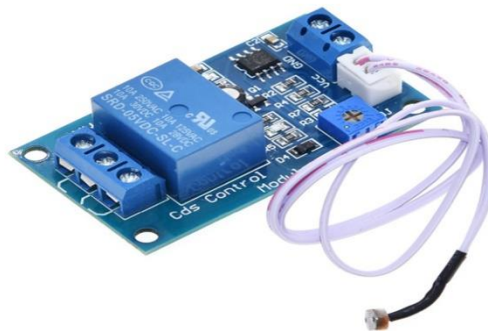
Wattmeter adalah gabungan dari dua alat ukur daya listrik lain berupa Volt Meter dan Amperemeter. Perangkat WattMeter memiliki dua jenis kumparan yakni kumparan tetap / arus, dan kumparan putar / tegangan. Wattmeter digital atau disebut juga elektronik secara umum dapat menghasilkan sampel tegangan dan arus ribuan kali dalam sedetik. Nilai rata-rata tegangan instan yang dikalikan dengan arus adalah true power (daya murni). Daya murni yang dibagi oleh volt-ampere (VA) nyata adalah power factor. Rangkaian komputer menggunakan nilai sampel untuk menghitung tegangan RMS, arus RMS, VA, power (watt), power factor, dan kilowatt-hours (kwh). Model yang sederhana menampilkan informasi tersebut pada layar display LCD. Model yang lebih canggih menyimpan informasi tersebut dalam beberapa waktu lamanya, serta dapat mengirimkannya ke peralatan lapangan atau lokasi pusat. Fungsi Wattmeter Perangkat ini digunakan untuk memeriksa besaran listrik mulai dari arusnya, hambatan, hingga potensial listrik itu sendiri dengan satuannya adalah “watt”.



Gambar 2.16 Wattmeter

2.2.21. LDR XH M-131

LDR (*Light Dependent Resistor*), Berfungsi untuk mengubah intensitas cahaya menjadi hambatan listrik. Semakin banyak cahaya yang mengenai permukaan LDR hambatan listrik semakin besar.



Gambar 2.17 LDR XH M-131

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan di Desa Rumah Sumbul yang ada di Kecamatan Tigajuhar, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

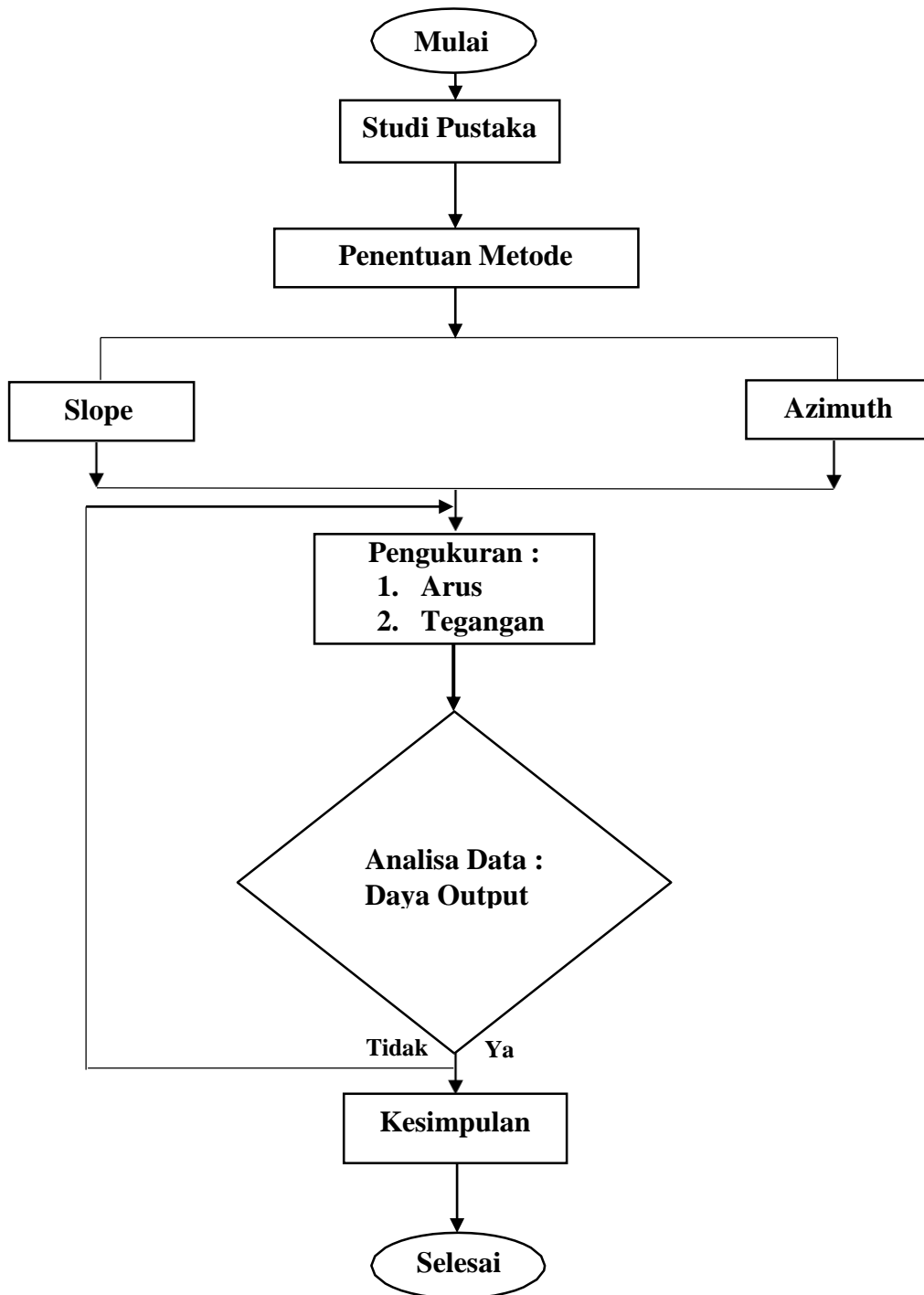
Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu 6 bulan yang dimulai dengan persetujuan proposal sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), studi literature, pengumpulan data yang diperlukan untuk penelitian, serta hasil penelitian data dan terakhir kesimpulan dan saran.

3.2. Alat Dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk mencari sudut kemiringan panel surya adalah sebagai berikut:

1. Panel Surya Jenis *Monocrystalline*
2. Alat Pengukur Sudut/Busur Derajat
3. Kayu Penyangga Kemiringan Panel Surya
4. Solar Charger Controller
5. Ldr XH-M131
6. Relar DC 12 Volt 8 Kaki
7. Aktuator
8. Digital Timer Switch
9. Baterai 12 Volt 12 Ah
10. Wattmeter
11. Meteran
12. Kendaraan

3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.4. Metode Penelitian

Adapun spesifikasi Panel Surya Jenis *Monocrystalline* yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini terlihat pada tabel 3.2

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya Jenis *Monocrystalline*

Spesifikasi Panel Surya Jenis <i>Monocrystalline</i>	
Peak Power (Pmax)	50 WP
Power Tolerance	0 - 3%
Voltage (Vmp)	17.5 V
Current (Imp)	2.85 A
Open Circuit Voltage (Voc)	19.5 V
Short Circuit Current (Isc)	3.05 A
Jenis Panel	<i>Monocrystalline</i>
Ukuran	67 × 54 × 3 cm
Max. System Voltage	1000 VDC

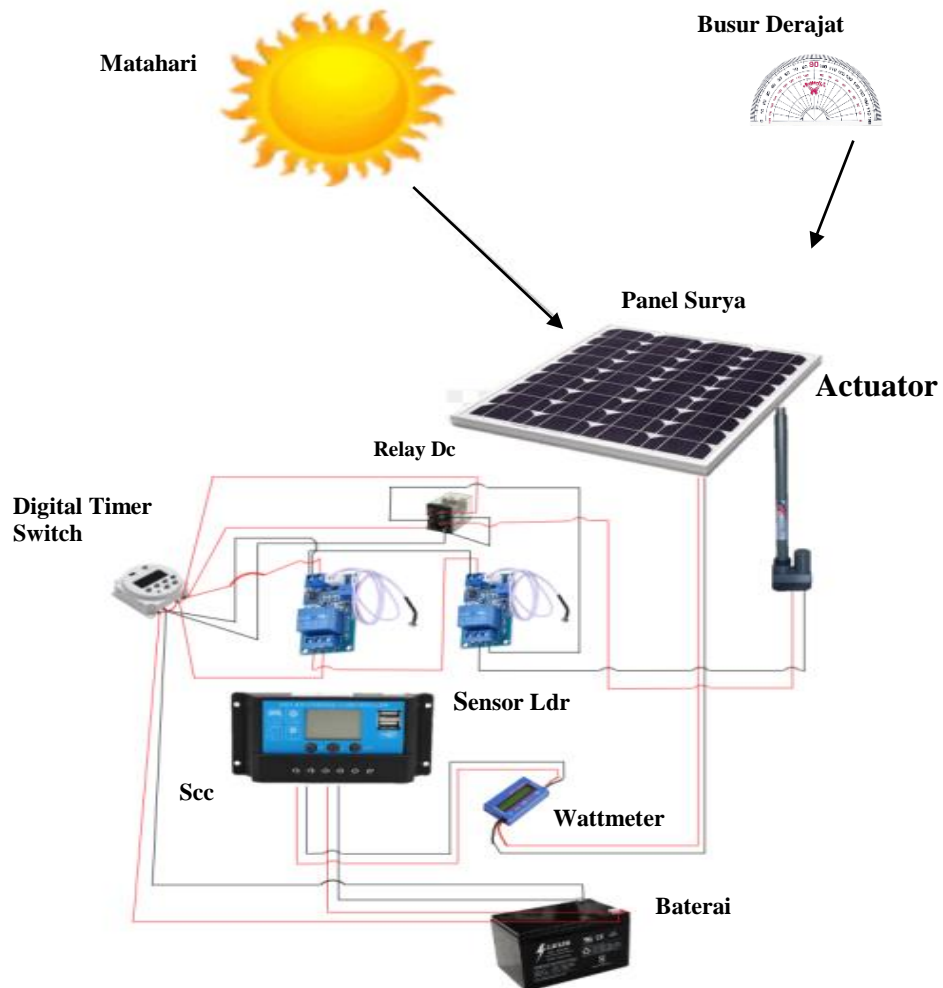
Penelitian dan pengambilan data sudah dilakukan pada bulan akhir agustus sampai September 2022 bertempat di Desa Rumah Sumbul, Kec.TigaJuhar, Kab. Deli Serdang. Adapun prosedur percobaan yang harus dilakukan dan diketahui dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

A. Percobaan Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Dengan Panel Surya Membentuk Sudut Azimuth

1. Menyiapkan Alat dan Bahan.
2. Panel surya diarahkan menghadap ke matahari dari arah timur menghadap ke barat.
3. Kemiringan panel surya digerakkan menggunakan sistem tracker
4. Mengukur arus panel surya dengan cara menghubungkan wattmeter ke terminal keluaran panel surya.
5. Mengukur tegangan panel surya dengan cara menghubungkan wattmeter ke

terminal keluaran panel surya.

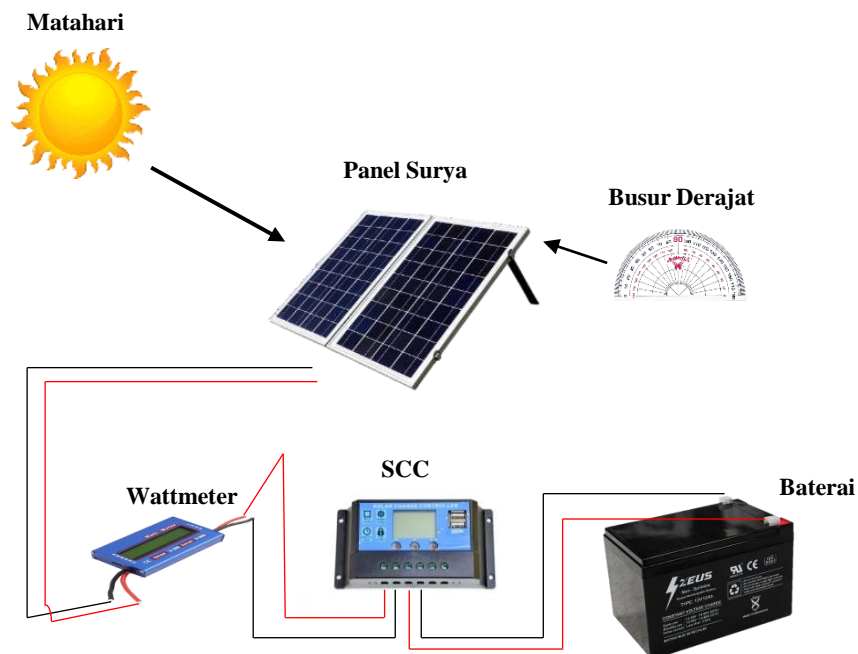
6. Mengukur daya output menggunakan wattmeter.
7. Melakukan analisis data pada data hasil penelitian.
8. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilaksanakan.
9. Mengulang langkah 1 – 8 untuk jam 08.00 wib – 18.00 wib
10. Selesai



Gambar 3.2 Kemiringan Sudut Azimut

B. Prosedur Percobaan Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya

1. Menyiapkan Alat dan Bahan.
2. Menentukan Titik Slope.
3. Kemiringan panel surya diatur dengan menggunakan busur derajat sesuai dengan sudut kemiringan yang ingin diuji. Sudut kemiringan yang akan diuji yaitu 30°
4. Mengukur arus panel surya dengan cara menghubungkan wattmeter ke terminal keluaran panel surya.
5. Mengukur tegangan panel surya dengan cara menghubungkan wattmeter ke terminal keluaran panel surya.
6. Mengukur daya output menggunakan wattmeter.
7. Melakukan analisis data pada data hasil penelitian.
8. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilaksanakan.
9. Mengulang langkah 1 – 8 untuk jam 08.00 wib – 18.00 wib
10. Selesai.



Gambar 3.3 Pengaruh Sudut

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Panel Surya sudut 30⁰ Metode Slope 100 Wp

Tabel 4.1 Pengujian Pertama Panel Surya Sudut 30⁰ Metode Slope 100 Wp

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	08.00	32.1	12,29 V	0,43 A	5,28 W
	09.00	37.6	14,62 V	3,40 A	49,70 W
	10.00	39.4	14,26 V	3,55 A	50,62 W
	11.00	40.6	14,80 V	3,90 A	57,72 W
	12.00	41.9	13,95 V	4,07 A	56,77 W
	13.00	37.9	14,20 V	4,15 A	58,93 W
	14.00	42.4	15,25 V	4,29 A	65,42 W
	15.00	42.8	14,28 V	3,11 A	44,41 W
	16.00	35.8	13,56 V	2,07 A	28,06 W
	17.00	29.7	12,81 V	0,21 A	2,69 W
	18.00	27.8	08,89 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian Pertama panel surya dikemiringan sudut 30⁰ 100 Wp yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.1 adalah pada pukul 14.00 wib yang menghasilkan daya sekitar = 65,42 W dengan rata-rata suhu = 37,09°C ,tegangan = 13,53 V dan arus = 2,65 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 15,25 \times 4,29 \\
 &= 65,42 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena kondisi matahari yang terbit dengan maksimal pada pukul 14.00 wib dan tidak tertutup awan.

Tabel 4.2 Pengujian Kedua Panel Surya Sudut 30⁰ Metode Slope 100 Wp

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	08.00	31.6	12,32 V	0,44 A	5,42 W
	09.00	37.8	14,61 V	3,38 A	49,38 W
	10.00	39.4	14,11 V	3,53 A	49,80 W

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	11.00	40.4	14,07 V	3,83 A	53,88 W
	12.00	41.5	14,31 V	4,09 A	58,52 W
	13.00	38.2	14,18 V	4,12 A	58,42 W
	14.00	41.6	14,10 V	4,32 A	60,91 W
	15.00	40.8	14,72 V	3,14 A	46,22 W
	16.00	34.8	13,54 V	2,08 A	28,16 W
	17.00	29.7	12,81 V	0,20 A	2,56 W
	18.00	27.8	08,87 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian Kedua panel surya dikemiringan sudut 30⁰ 100 Wp yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.2 adalah pada pukul 14.00 wib yang menghasilkan daya sekitar = 60,91 W dengan rata-rata suhu = 36,69°C, tegangan = 13,42 V, dan arus = 2,64 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 14,10 \times 4,32 \\
 &= 60,91 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena pada pukul 14.00 wib kondisi matahari yang terbit dengan maksimal.

Tabel 4.3 Pengujian Ketiga Panel Surya Sudut 30⁰ Metode Slope 100 Wp

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah Berawan	08.00	31.2	12,29 V	0,43 A	5,28 W
	09.00	36.8	14,07 V	3,28 A	46,14 W
	10.00	35.4	14,13 V	3,61 A	51,00 W
	11.00	40.4	14,14 V	3,50 A	49,49 W
	12.00	39.5	14,17 V	4,07 A	57,67 W
	13.00	38.4	14,13 V	3,98 A	56,23 W
	14.00	40.7	14,09 V	4,13 A	58,19 W
	15.00	38.8	14,58 V	3,38 A	49,28 W
	16.00	34.8	13,79 V	2,22 A	30,61 W
	17.00	29.7	12,81 V	0,21 A	2,69 W
	18.00	27.8	08,80 V	0,00 A	0,00 W

Dalam pengujian Ketiga panel surya dikemiringan sudut 30⁰ 100 Wp yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.3 adalah pada pukul 14.00 wib

yang menghasilkan daya sekitar = 58,19 W dengan rata-rata suhu = 35,77°C, tegangan = 13,36 V, dan arus = 2,61 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 14,09 \times 4,13 \\ &= 58,19 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena pada pukul 13.00 wib kondisi matahari tertutup awan dan pada pukul 14.00 win kondisi matahari terbit dengan maksimal.

Tabel 4.4 Pengujian Keempat Panel Surya Sudut 30⁰ Metode Slope 100 Wp

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Mendung	08.00	27.7	12,22 V	0,18 A	2,19 W
	09.00	29.4	12,17 V	0,33 A	4,01 W
	10.00	30.1	13,20 V	0,84 A	11,08 W
	11.00	29.8	12,99 V	0,53 A	6,88 W
	12.00	30.7	12,95 V	1,04 A	13,46 W
	13.00	30.4	13,30 V	1,02 A	13,56 W
	14.00	31.7	13,19 V	1,11 A	14,64 W
	15.00	29.9	12,93 V	0,57 A	7,37 W
	16.00	29.6	12,88 V	0,38 A	4,89 W
	17.00	29.5	12,86 V	0,10 A	1,28 W
	18.00	28.6	07,99 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian Keempat panel surya dikemiringan sudut 30⁰ 100 Wp yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.4 adalah pada pukul 14.00 wib yang menghasilkan daya sekitar = 14,64 W dengan rata-rata suhu = 29,75°C, tegangan = 12,42 V, dan arus = 0,55 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 13,19 \times 1,11 \\ &= 14,64 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena ketika pukul 14.00 wib matahari bersinar lumayan cerah dan mengalami mendung kembali ketika pada pukul 15.00 wib sehingga daya output yang dihasilkan turun.

Tabel 4.5 Pengujian Kelima Panel Surya Sudut 30° Metode Slope 100 Wp

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Hujan	08.00	26.1	13,42 V	0,10 A	1,32 W
	09.00	26.8	13,57 V	0,15 A	2,03 W
	10.00	26.3	13,50 V	0,13 A	1,75 W
	11.00	27.0	13,53 V	0,20 A	2,70 W
	12.00	26.9	13,58 V	0,19 A	2,58 W
	13.00	27.8	13,62 V	0,33 A	4,49 W
	14.00	26.7	13,54 V	0,25 A	3,38 W
	15.00	26.0	13,43 V	0,12 A	1,61 W
	16.00	25.2	12,88 V	0,00 A	0 W
	17.00	25.0	0,00 V	0,00 A	0 W
	18.00	25.0	0,00 V	0,00 A	0 W

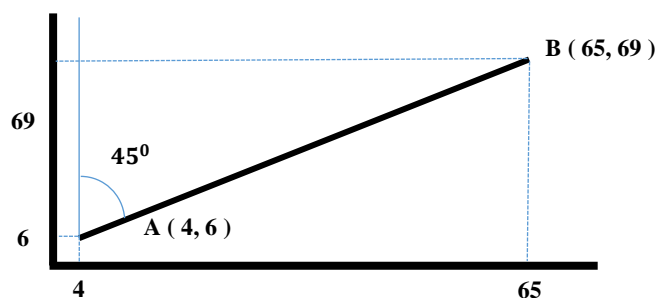
Dalam pengujian kelima panel surya dikemiringan sudut 30° yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.5 adalah pada pukul 13.00 wib yang menghasilkan daya sekitar = 4,39 W dengan rata-rata suhu = 26,25°C, tegangan = 11,00 V, dan arus = 0,13 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 13,62 \times 0,33 \\
 &= 4,49 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena sinar matahari muncul pada pukul 13.00 wib dengan sinar matahari yang sedikit.

Untuk mengetahui berapa kemiringan slope yang di hasilkan dari sudut 30° menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.4 diperoleh nilai :

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$m = \frac{69 - 6}{65 - 4}$$

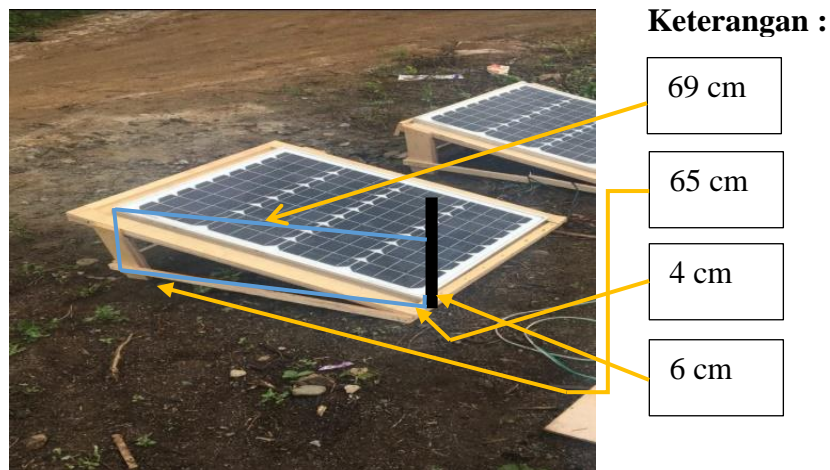
$$m = \frac{63}{61}$$

$$m = 1.03$$

$$\alpha = \arctan (1.03)$$

$$\alpha = 45^\circ$$

Sehingga di dapatkan sudut slopenya adalah 45° dengan kemiringan panel suryanya adalah 30°



Gambar 4.1 Kemiringan Panel 30° Metode Slope

4.1.1 Pengujian Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Tabel 4.6 Pengujian Pertama Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	08.00	32.4	40 ⁰	17,82 V	0,45 A	8,01 W
	09.00	38.4	35 ⁰	14,80 V	3,75 A	55,50 W
	10.00	39.6	30 ⁰	14,12 V	3,96 A	55,91 W
	11.00	41.9	25 ⁰	14,47 V	4,16 A	60,19 W
	12.00	42.9	20 ⁰	14,45 V	4,45 A	64,30 W

Dalam pengujian Pertama metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.6 adalah pada sudut 20⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 64,30W.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 14,45 \times 4,45 \\
 &= 64,30 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan kondisi matahari yang terbit dengan maksimal pada pukul 12.00 wib setelah itu mengalami kemiringan sudut karena panel surya bergeser kearah barat.

Tabel 4.7 Pengujian Kedua Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	08.00	31.9	40 ⁰	18,46 V	0,47 A	8,67 W
	09.00	37.8	35 ⁰	14,09 V	3,62 A	51,00 W
	10.00	39.9	30 ⁰	14,35 V	3,98 A	57,11 W
	11.00	42.0	25 ⁰	14,56 V	4,17 A	60,71 W
	12.00	43.5	20 ⁰	14,44 V	4,43 A	63,96 W

Dalam pengujian kedua metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.4 adalah pada sudut 20⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 63,96W.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 14,44 \times 4,43 \\ &= 63,90 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan kondisi matahari yang terbit dengan maksimal pada pukul 12.00 wib setelah itu mengalami kemiringan sudut karena panel surya bergeser kearah barat.

Tabel 4.8 Pengujian Ketiga Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	08.00	30.9	40 ⁰	19,74 V	0,25 A	4,93 W
Berawan	09.00	37.8	35 ⁰	14,37 V	3,76 A	54,03 W
	10.00	35.9	30 ⁰	14,32 V	3,57 A	51,12 W
	11.00	40.2	25 ⁰	14,15 V	4,23 A	59,85 W
	12.00	39.4	20 ⁰	14,39 V	4,32 A	62,16 W

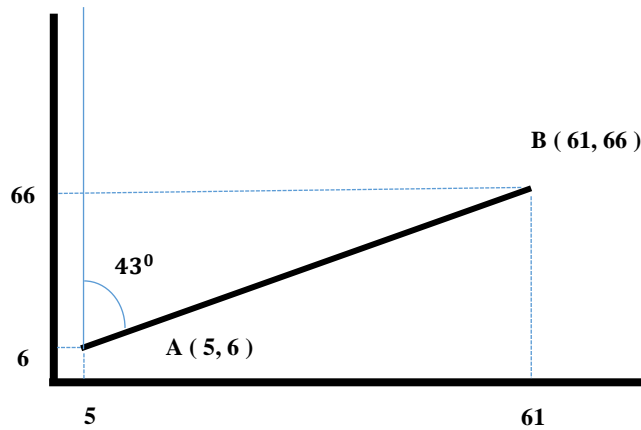
Dalam pengujian ketiga metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.8 adalah pada sudut 20⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 62,16W.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 14,39 \times 4,43 \\ &= 62,16 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan kondisi matahari yang terbit dengan maksimal pada pukul 12.00 wib setelah itu mengalami kemiringan sudut karena panel surya bergeser kearah barat.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{61 - 5}{66 - 6} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{56}{60} \right)$$

$$\tan^{-1} = 0.93$$

$$\alpha = \arctan (0.93)$$

$$\alpha = 43^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 43° dengan kemiringan panel suryanya adalah 20° .



Gambar 4.2 Kemiringan Panel 20° Metode Azimuth

Tabel 4.9 Pengujian Pertama Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	13.00	42.5	15°	14,25 V	4,60 A	65,55 W
	14.00	44.7	20°	14,25 V	4,92 A	70,11 W
	15.00	42.9	25°	14,09 V	3,53 A	49,73 W
	16.00	38.8	30°	13,72 V	2,60 A	35,67 W
	17.00	29.9	35°	12,93 V	0,24 A	3,10 W
	18.00	27.8	40°	08,80 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian pertaman metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.5 adalah pada sudut 20° yang menghasilkan daya sekitar = 70,11 W dengan rata-rata suhu = 38,34°C, tegangan = 13,97 V, dan arus = 2,94 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 14,25 \times 4,92 \\
 &= 70,11 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena kondisi matahari pada saat sore atau pada saat matahari berada disisi barat menghadap ke timur kondisi matahari sangat cerah dan tidak tertutup awan.

Tabel 4.10 Pengujian Kedua Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	13.00	42.1	15 ⁰	14,39 V	4,55 A	65,47 W
	14.00	43.8	20 ⁰	14,25 V	4,86 A	69,25 W
	15.00	42.5	25 ⁰	14,39 V	3,55 A	51,08 W
	16.00	38.4	30 ⁰	17,07 V	2,57 A	43,86 W
	17.00	29.5	35 ⁰	12,94 V	0,24 A	3,10 W
	18.00	27.4	40 ⁰	08,87 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian kedua metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.10 adalah pada sudut 20⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 69,25 W dengan rata-rata suhu = 38,07°C tegangan = 14,34 V, dan arus = 2,96 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 14,25 \times 4,86 \\
 &= 69,25 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena kondisi matahari pada saat sore atau pada saat matahari berada disisi barat menghadap ke timur kondisi matahari sangat cerah.

Tabel 4.11 Pengujian Ketiga Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari

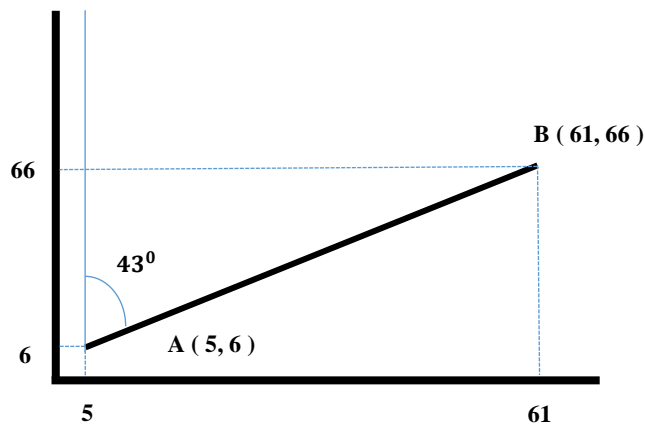
Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Cerah	13.00	40.4	15 ⁰	14,45 V	4,45 A	64,30 W
	14.00	42.4	20 ⁰	14,25 V	4,71 A	67,11 W
	15.00	39.8	25 ⁰	14,13 V	2,76 A	38,99 W
	16.00	34.2	30 ⁰	14,23 V	3,49 A	49,66 W
	17.00	29.1	35 ⁰	12,91 V	0,23 A	2,96 W
	18.00	28.1	40 ⁰	08,03 V	0,00 A	0 W

Dalam pengujian ketiga metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.11 adalah pada sudut 20° yang menghasilkan daya sekitar = 67,11 W dengan rata-rata suhu = $36,20^{\circ}\text{C}$ tegangan = 14,08, dan arus = 2,88 A. Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 14,25 \times 4,25 \\ &= 67,11 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena kondisi matahari pada saat sore atau pada saat matahari berada disisi barat menghadap ke timur kondisi matahari sangat cerah.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



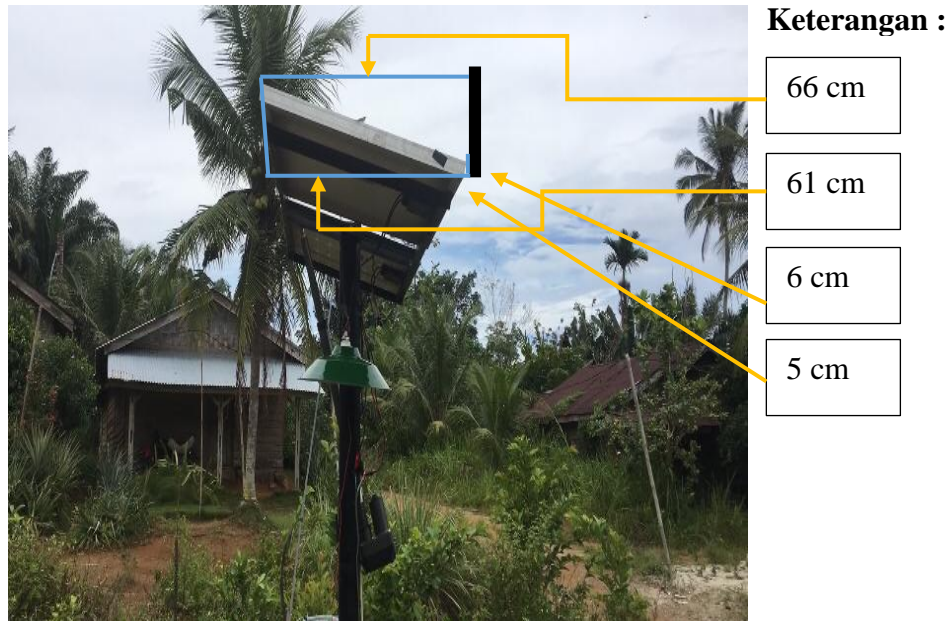
Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right) \\ \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{61 - 5}{66 - 6} \right) \\ \alpha &= \tan^{-1} \left(\frac{56}{60} \right) \\ \tan^{-1} &= 0.93 \end{aligned}$$

$$\alpha = \arctan (0.93)$$

$$\alpha = 43^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 43° dengan kemiringan panel suryanya adalah 20°



Gambar 4.3 Kemiringan Panel 20° Metode Azimuth

Tabel 4.12 Pengujian Keempat Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
mendung	08.00	27.5	40°	13,08 V	0,14 A	1,83 W
	09.00	29.6	40°	12,67 V	0,37 A	4,68 W
	10.00	29.9	35°	12,93 V	0,57 A	7,37 W
	11.00	30.1	35°	14,20 V	0,75 A	10,65 W
	12.00	30.7	25°	13,09 V	1,09 A	14,26 W

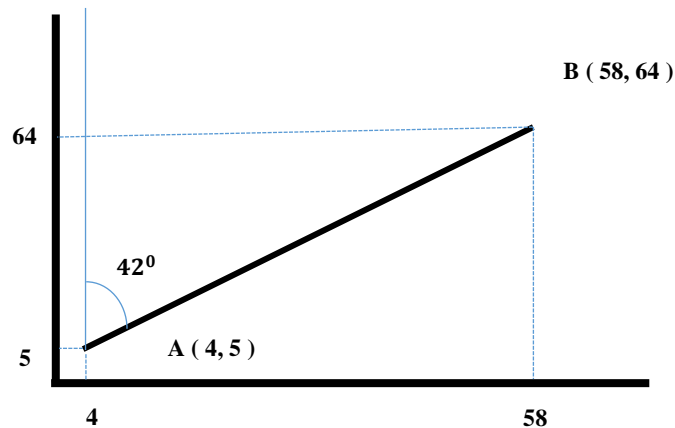
Dalam pengujian keempat metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.12 adalah pada sudut 25° yang menghasilkan daya sekitar = 14,26 W.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 13,09 \times 1,09 \\ &= 14,26 \text{ W} \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena trecker menggerakkan panel surya pada posisi matahari bersinar lumayan cerah pada pukul 12.00 wib.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{58 - 4}{64 - 5} \right)$$

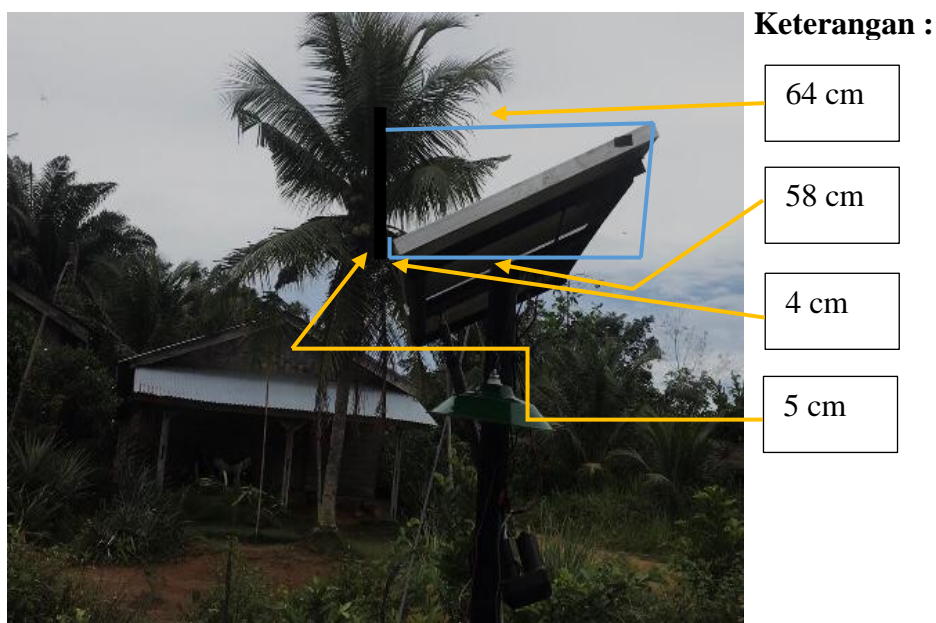
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{54}{59} \right)$$

$$\tan^{-1} = 0.91$$

$$\alpha = \arctan (0.91)$$

$$\alpha = 42^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 42° dengan kemiringan panel suryanya adalah 25°



Gambar 4.4 Kemiringan Panel 25° Metode Azimuth

Tabel 4.13 Pengujian Keempat Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Mendung	13.00	30.1	10 ⁰	13,31 V	1,01 A	13,44 W
	14.00	32.8	15 ⁰	13,61 V	1,32 A	17,96 W
	15.00	30.0	15 ⁰	14,16 V	0,74 A	10,47 W
	16.00	29.8	20 ⁰	12,84 V	0,52 A	6,67 W
	17.00	29.7	25 ⁰	12,80 V	0,21 A	2,68 W
	18.00	28.7	25 ⁰	08,03 V	0,00 A	0 W

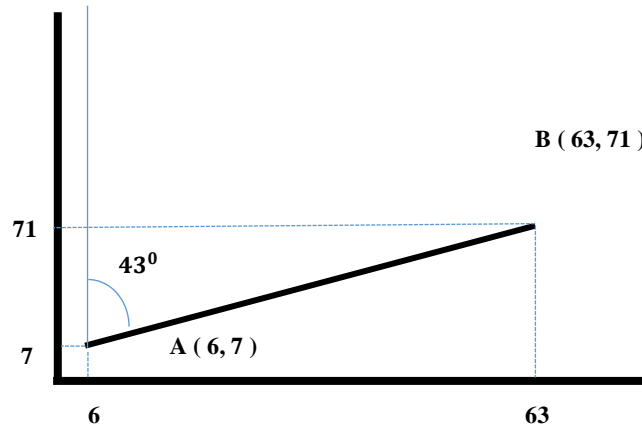
Dalam pengujian keempat metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.13 adalah pada sudut 15⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 17,96 W dengan rata-rata suhu = 29,90 °C, tegangan = 12,79 V, dan arus = 0,61 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 13,61 \times 1,32 \\
 &= 17,96 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena trecker menggerakkan panel surya dari arah timur ke arah barat pada posisi matahari bersinar lumayan cerah pada pukul 14.00 wib.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{63 - 6}{71 - 7} \right)$$

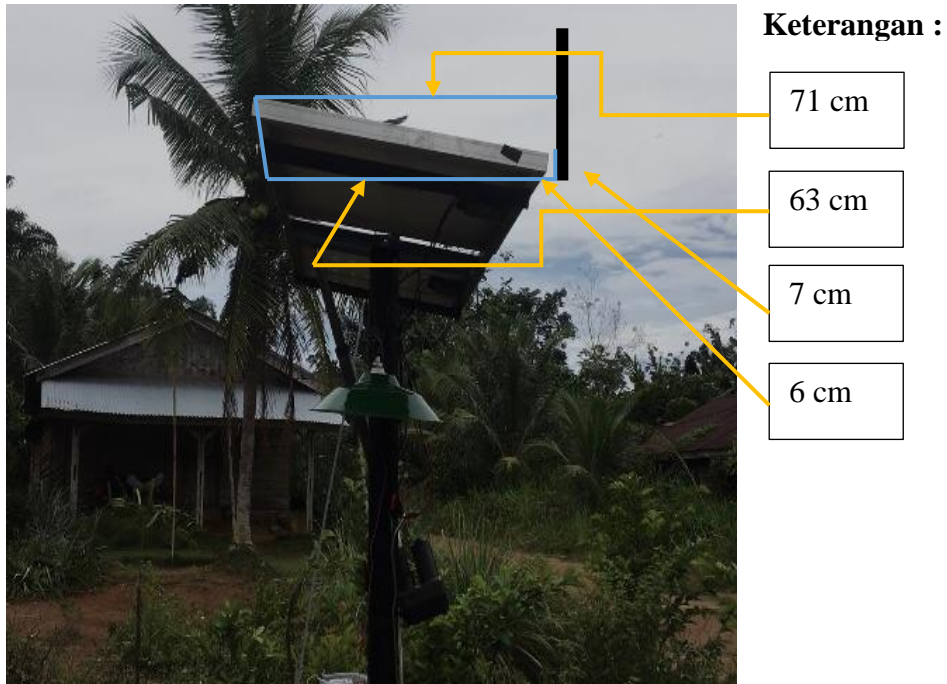
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{57}{64} \right)$$

$$\tan^{-1} = 0.89$$

$$\alpha = \arctan (0.89)$$

$$\alpha = 41^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 41° dengan kemiringan panel suryanya adalah 15°



Gambar 4 5 Kemiringan Panel 15⁰ Metode Azimuth

Tabel 4.14 Pengujian Kelima Metode Azimuth 100 Wp Dari Timur Terbit Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Hujan	08.00	26.3	40 ⁰	13,52 V	0,11 A	1,48 W
	09.00	26.9	40 ⁰	13,54 V	0,15 A	2,03 W
	10.00	26.5	40 ⁰	13,59 V	0,19 A	2,58 W
	11.00	27.4	20 ⁰	13,63 V	0,23 A	3,13 W
	12.00	26.7	20 ⁰	13,61 V	0,28 A	3,81 W

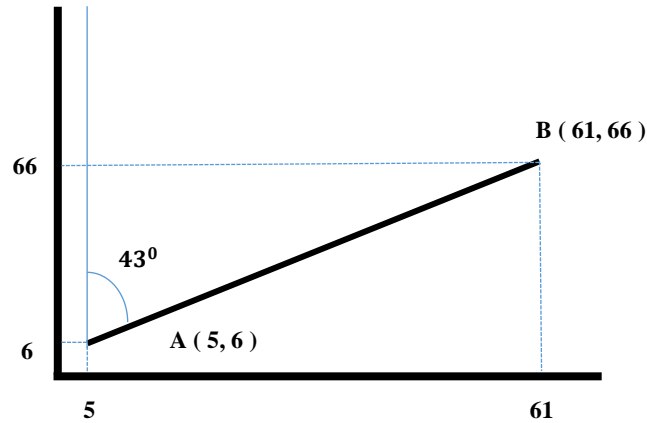
Dalam pengujian kelima metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.14 adalah pada sudut 20⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 3,81 W.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 13,61 \times 0,28 \\
 &= 3,81 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan sensor tracker mendeteksi sedikit sinar matahari pada pukul 12.00 wib dan menggerakkan panel surya.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{61 - 5}{66 - 6} \right)$$

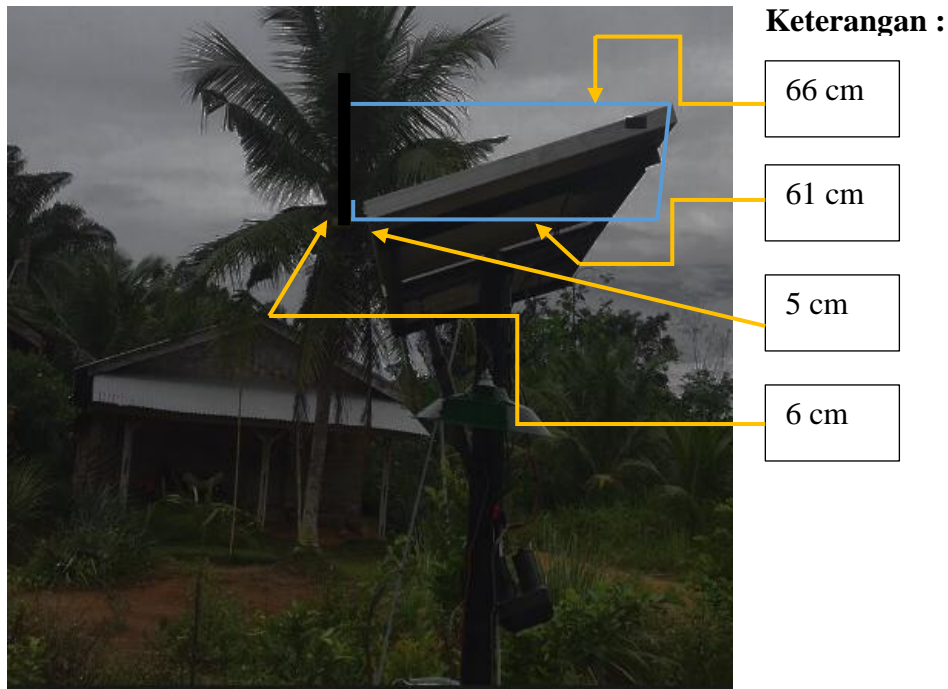
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{56}{60} \right)$$

$$\tan^{-1} = 0.93$$

$$\alpha = \arctan (0.93)$$

$$\alpha = 43^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 43° dengan kemiringan panel suryanya adalah 20°



Gambar 4.6 Kemiringan Panel 20° Metode Azimuth

Tabel 4.15 Pengujian Kelima Metode Azimuth 100 Wp Dari Barat Terbenam Matahari

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Suhu (°C)	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Hujan	13.00	27.8	10 ⁰	13,63 V	0,35 A	4,77 W
	14.00	26.8	10 ⁰	13,68 V	0,26 A	3,55 W
	15.00	26.2	10 ⁰	13,52 V	0,14 A	1,89 W
	16.00	25.3	15 ⁰	13,43 V	0,12 A	1,61 W
	17.00	25.1	15 ⁰	0,00 V	0,00 A	0 W
	18.00	25.1	15 ⁰	0,00 V	0,00 A	0 W

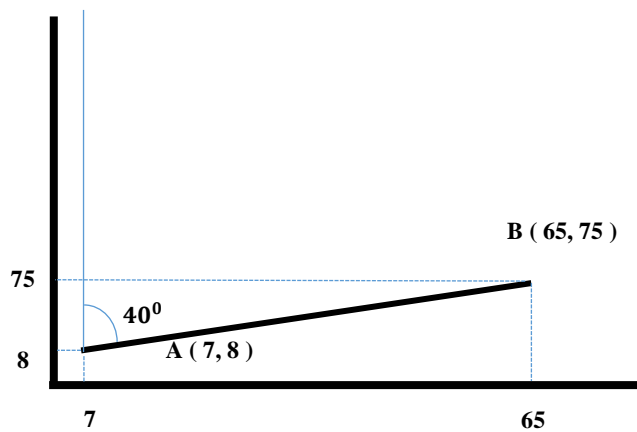
Dalam pengujian kelima metode azimuth yang menghasilkan daya output tertinggi seperti table 4.15 adalah pada sudut 10⁰ yang menghasilkan daya sekitar = 4,77 W dengan rata-rata suhu = 26,37 °C, tegangan = 11,10 V, dan arus = 0,16 A.

Berdasarkan persamaan 2.7 diperoleh nilai :

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 13,63 \times 0,35 \\
 &= 4,77 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Hal ini disebabkan karena sensor tracker mendeteksi sedikit sinar matahari dan menggerakkan panel surya dari arah timur ke barat.

untuk mengetahui berapa sudut azimuthnya menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :



Berdasarkan persamaan 2.3 diperoleh nilai :

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{xb - xa}{ya - ya} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{65 - 7}{75 - 8} \right)$$

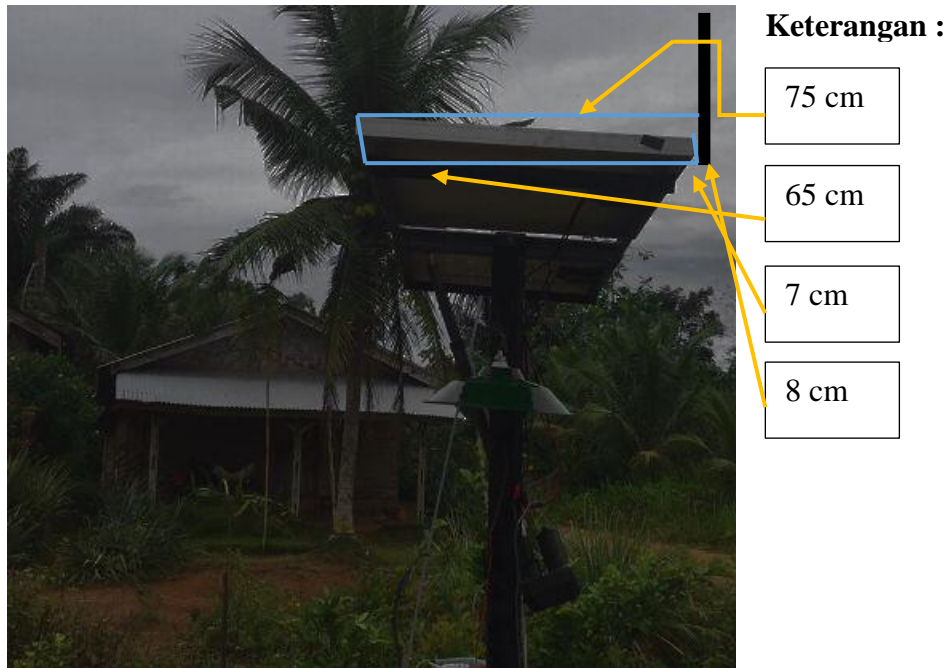
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{58}{67} \right)$$

$$\tan^{-1} = 0.86$$

$$\alpha = \arctan (0.86)$$

$$\alpha = 40^{\circ}$$

Sehingga di dapatkan sudut azimuthnya adalah 40° dengan kemiringan panel suryanya adalah 10° .



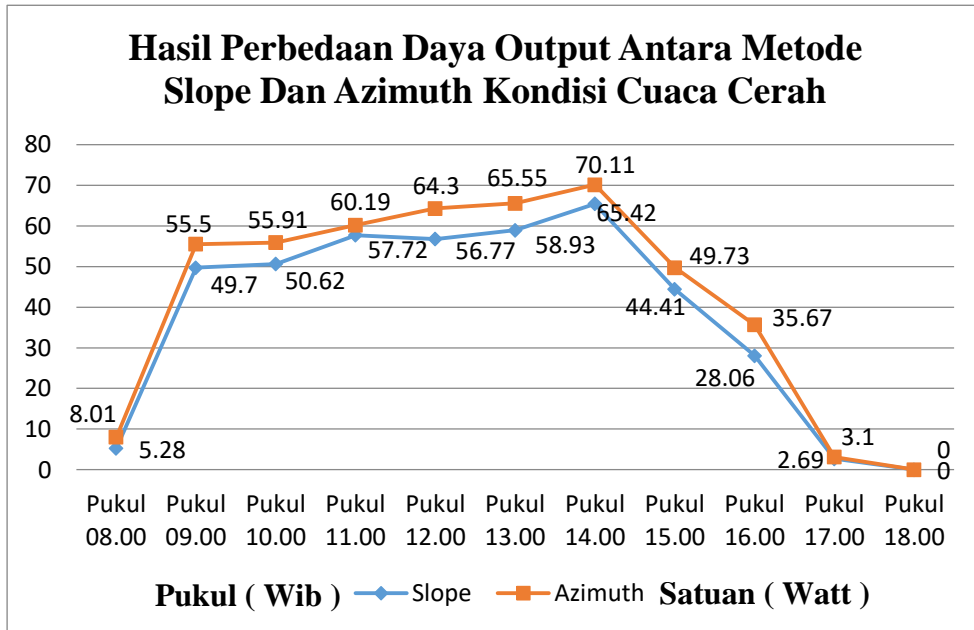
Gambar 4.7 Kemiringan Panel 10° Metode Azimuth

4.2. Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth

Tabel 4.16 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth Pengujian Pertama

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Slope 30°	Sudut Azimuth	Azimuth
Cerah	08.00	5,28 W	40° T	8,01 W
	09.00	49,70 W	35° T	55,50 W
	10.00	50,62 W	30° T	55,91 W
	11.00	57,72 W	25° T	60,19 W
	12.00	56,77 W	20° T	64,30 W
	13.00	58,93 W	15° B	65,55 W
	14.00	65,42 W	20° B	70,11 W
	15.00	44,41 W	25° B	49,73 W
	16.00	28,06 W	30° B	35,67 W
	17.00	2,69 W	35° B	3,10 W
	18.00	0 W	40° B	0

Berdasarkan table 4.16 yang menghasilkan daya output tertinggi antara metode slope 30⁰ dan azimuth adalah pada pukul 14.00 wib metode slope yang menghasilkan daya output sebesar = 65,42 W dan pada pukul 14.00 wib metode azimuth yang menghasilkan daya output sebesar = 70,11 W dengan kemiringan sudut 20⁰ kearah barat menghadap ke timur.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope Dan Azimuth Kondisi Cuaca Cerah Pengujian Pertama

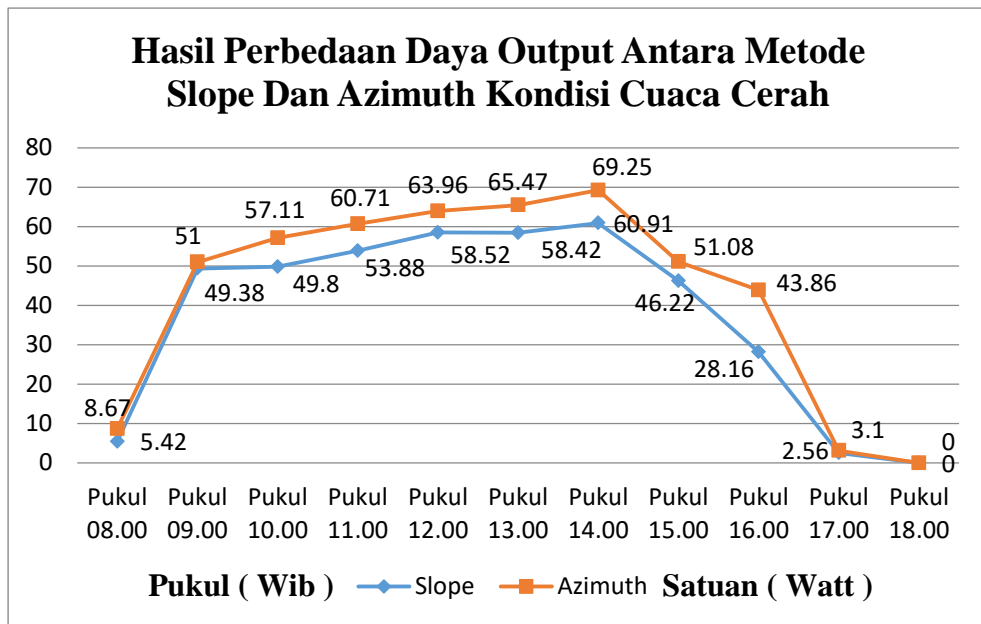
Berdasarkan gambar 4.8 diketahui bahwa pada pukul 08.00 wib nilai azimuthnya adalah 8,01 W pada sudut 40⁰ arah timur dengan nilai slopenya adalah 5,28 W, selanjutnya pada pukul 09.00 wib nilai azimuthnya adalah 55,50 W pada sudut 35⁰ arah timur dengan nilai slopenya adalah 49,70 W, selanjutnya pada pukul 10.00 wib nilai azimuthnya adalah 55,91 W pada sudut 30⁰ arah timur dengan nilai slopenya adalah 50,62 W, selanjutnya pada pukul 11.00 wib nilai azimuthnya adalah 60,19 W pada sudut 25⁰ arah timur dengan nilai slopenya adalah 57,72 W, selanjutnya pada pukul 12.00 wib nilai azimuthnya adalah 64,30 W pada sudut 20⁰ arah timur dengan nilai slopenya adalah 56,77 W, selanjutnya pada pukul 13.00 wib nilai azimuthnya adalah 65,55 W pada sudut 15⁰ arah barat

dengan nilai slopenya adalah 58,93 W, selanjutnya pada pukul 14.00 wib nilai azimuthnya adalah 70,11 W pada sudut 20° arah barat dengan nilai slopenya adalah 65,42 W, selanjutnya pada pukul 15.00 wib nilai azimuthnya adalah 49,73 W pada sudut 25° arah barat dengan nilai slopenya adalah 44,41 W, selanjutnya pada pukul 16.00 wib nilai azimuthnya adalah 35,67 W pada sudut 30° arah barat dengan nilai slopenya adalah 28,06 W, selanjutnya pada pukul 17.00 wib nilai azimuthnya adalah 3,10 W pada sudut 35° arah barat dengan nilai slopenya adalah 2,69 W, selanjutnya pada pukul 18.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 40° arah barat dengan nilai slopenya adalah 0 W.

Tabel 4.17 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth Pegujian Kedua

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Slope 30°	Sudut Azimuth	Azimuth
Cerah	08.00	5,42 W	40° T	8,67 W
	09.00	49,38 W	35° T	51,00 W
	10.00	49,80 W	30° T	57,11 W
	11.00	53,88 W	25° T	60,71 W
	12.00	58,52 W	20° T	63,96 W
	13.00	58,42 W	15° B	65,47 W
	14.00	60,91 W	20° B	69,25 W
	15.00	46,22 W	25° B	51,08 W
	16.00	28,16 W	30° B	43,86 W
	17.00	2,56 W	35° B	3,10 W
	18.00	0 W	40° B	0 W

Berdasarkan table 4.17 yang menghasilkan daya output tertinggi antara metode slope 30° dan azimuth adalah pada pukul 14.00 wib metode slope yang menghasilkan daya output sebesar = 60,91 W dan pada pukul 14.00 wib metode azimuth yang menghasilkan daya output sebesar = 69,25 W dengan kemiringan sudut 20° kearah barat menghadap ke timur.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope Dan Azimuth Kondisi Cuaca Cerah Pengujian Kedua

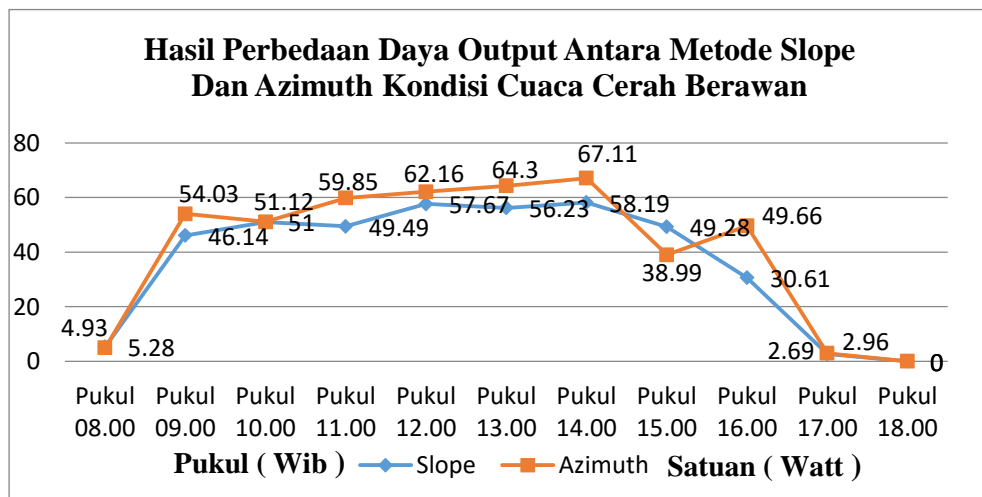
Berdasarkan gambar 4.9 diketahui bahwa pada pukul 08.00 wib nilai azimuthnya adalah 8,67 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 5,42 W, selanjutnya pada pukul 09.00 wib nilai azimuthnya adalah 51,00 W pada sudut 35° arah timur dengan nilai slopenya adalah 49,38 W, selanjutnya pada pukul 10.00 wib nilai azimuthnya adalah 57,11 W pada sudut 30° arah timur dengan nilai slopenya adalah 49,80 W, selanjutnya pada pukul 11.00 wib nilai azimuthnya adalah 60,71 W pada sudut 25° arah timur dengan nilai slopenya adalah 53,88 W, selanjutnya pada pukul 12.00 wib nilai azimuthnya adalah 63,96 W pada sudut 20° arah timur dengan nilai slopenya adalah 58,52 W, selanjutnya pada pukul 13.00 wib nilai azimuthnya adalah 65,47 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 58,42 W, selanjutnya pada pukul 14.00 wib nilai azimuthnya adalah 69,25 W pada sudut 20° arah barat dengan nilai slopenya adalah 60,91 W, selanjutnya pada pukul 15.00 wib nilai azimuthnya adalah 51,08 W pada sudut 25° arah barat dengan nilai slopenya adalah 46,22 W, selanjutnya pada pukul 16.00 wib nilai azimuthnya adalah 43,86 W pada sudut 30° arah barat dengan nilai slopenya adalah 28,16 W, selanjutnya pada pukul 17.00 wib nilai

azimuthnya adalah 3,10 W pada sudut 35⁰ arah barat dengan nilai slopenya adalah 2,56 W, selanjutnya pada pukul 18.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 40⁰ arah barat dengan nilai slopenya adalah 0 W.

Tabel 4.18 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30⁰ Dan Azimuth Pengujian Ketiga

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Slope 30 ⁰	Sudut Azimuth	Azimuth
Cerah	08.00	5,28 W	40 ⁰ T	4,93 W
Berawan	09.00	46,14 W	35 ⁰ T	54,03 W
	10.00	51,00 W	30 ⁰ T	51,12 W
	11.00	49,49 W	25 ⁰ T	59,85 W
	12.00	57,67 W	20 ⁰ T	62,16 W
	13.00	56,23 W	15 ⁰ B	64,30 W
	14.00	58,19 W	20 ⁰ B	67,11 W
	15.00	49,28 W	25 ⁰ B	38,99 W
	16.00	30,61 W	30 ⁰ B	49,66 W
	17.00	2,69 W	35 ⁰ B	2,96 W
	18.00	0 W	40 ⁰ B	0 W

Berdasarkan table 4.18 yang menghasilkan daya output tertinggi antara metode slope 30⁰ dan azimuth adalah pada pukul 14.00 wib metode slope yang menghasilkan daya output sebesar = 58,19 W dan pada pukul 14.00 wib metode azimuth yang menghasilkan daya output sebesar = 67,11 W dengan kemiringan sudut 20⁰ kearah barat menghadap ke timur.



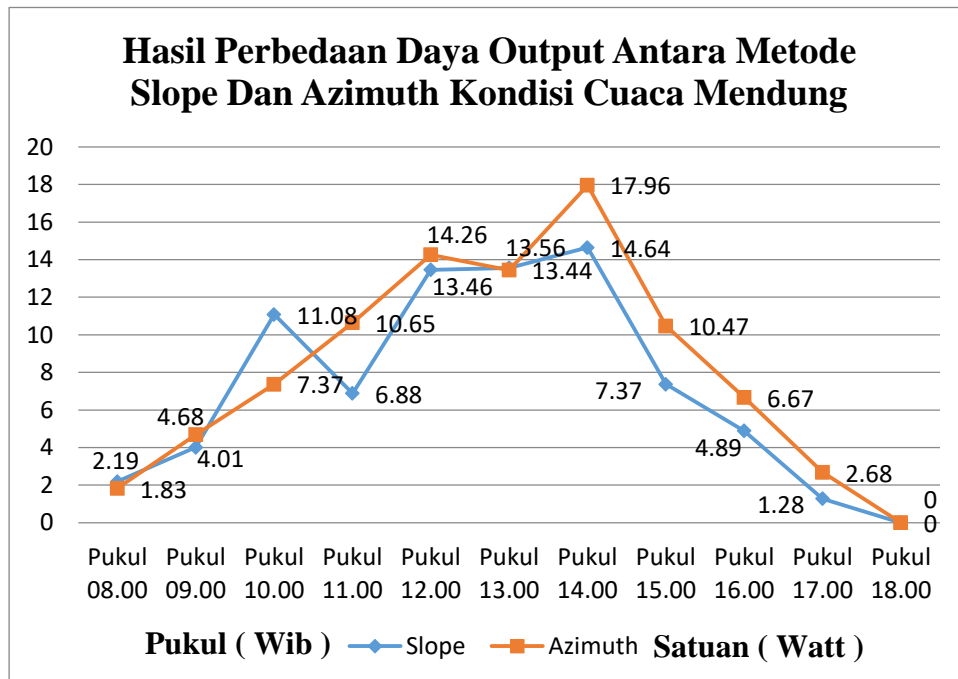
Gambar 4.10 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope Dan Azimuth Kondisi Cuaca Cerah Berawan Pengujian Ketiga

Berdasarkan gambar 4.10 diketahui bahwa pada pukul 08.00 wib nilai azimuthnya adalah 4,93 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 5,28 W, selanjutnya pada pukul 09.00 wib nilai azimuthnya adalah 54,03 W pada sudut 35° arah timur dengan nilai slopenya adalah 46,14 W, selanjutnya pada pukul 10.00 wib nilai azimuthnya adalah 51,12 W pada sudut 30° arah timur dengan nilai slopenya adalah 41,00 W, selanjutnya pada pukul 11.00 wib nilai azimuthnya adalah 59,85 W pada sudut 25° arah timur dengan nilai slopenya adalah 49,49 W, selanjutnya pada pukul 12.00 wib nilai azimuthnya adalah 62,16 W pada sudut 20° arah timur dengan nilai slopenya adalah 57,67 W, selanjutnya pada pukul 13.00 wib nilai azimuthnya adalah 64,30 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 56,23 W, selanjutnya pada pukul 14.00 wib nilai azimuthnya adalah 67,11 W pada sudut 20° arah barat dengan nilai slopenya adalah 58,19 W, selanjutnya pada pukul 15.00 wib nilai azimuthnya adalah 38,99 W pada sudut 25° arah barat dengan nilai slopenya adalah 49,28 W, selanjutnya pada pukul 16.00 wib nilai azimuthnya adalah 49,66 W pada sudut 30° arah barat dengan nilai slopenya adalah 30,61 W, selanjutnya pada pukul 17.00 wib nilai azimuthnya adalah 2,96 W pada sudut 35° arah barat dengan nilai slopenya adalah 2,69 W, selanjutnya pada pukul 18.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 40° arah barat dengan nilai slopenya adalah 0.

Tabel 4.19 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth Pengujian Keempat

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Slope 30°	Sudut Azimuth	Azimuth
Mendung	08.00	2,19 W	40° T	1,83 W
	09.00	4,01 W	40° T	4,68 W
	10.00	11,08 W	35° T	7,37 W
	11.00	6,88 W	35° T	10,65 W
	12.00	13,46 W	25° T	14,26 W
	13.00	13,56 W	10° B	13,44 W
	14.00	14,64 W	15° B	17,96 W
	15.00	7,37 W	15° B	10,47 W
	16.00	4,89 W	20° B	6,67 W
	17.00	1,28 W	25° B	2,68 W
	18.00	0 W	25° B	0 W

Berdasarkan table 4.19 yang menghasilkan daya output tertinggi antara metode slope 30° dan azimuth adalah pada pukul 14.00 wib metode slope yang menghasilkan daya output sebesar = 14,64 W dan pada pukul 14.00 wib metode azimuth yang menghasilkan daya output sebesar = 17,96 W dengan kemiringan sudut 15° kearah barat menghadap ke timur.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope Dan Azimuth Kondisi Cuaca Mendung Pengujian Keempat

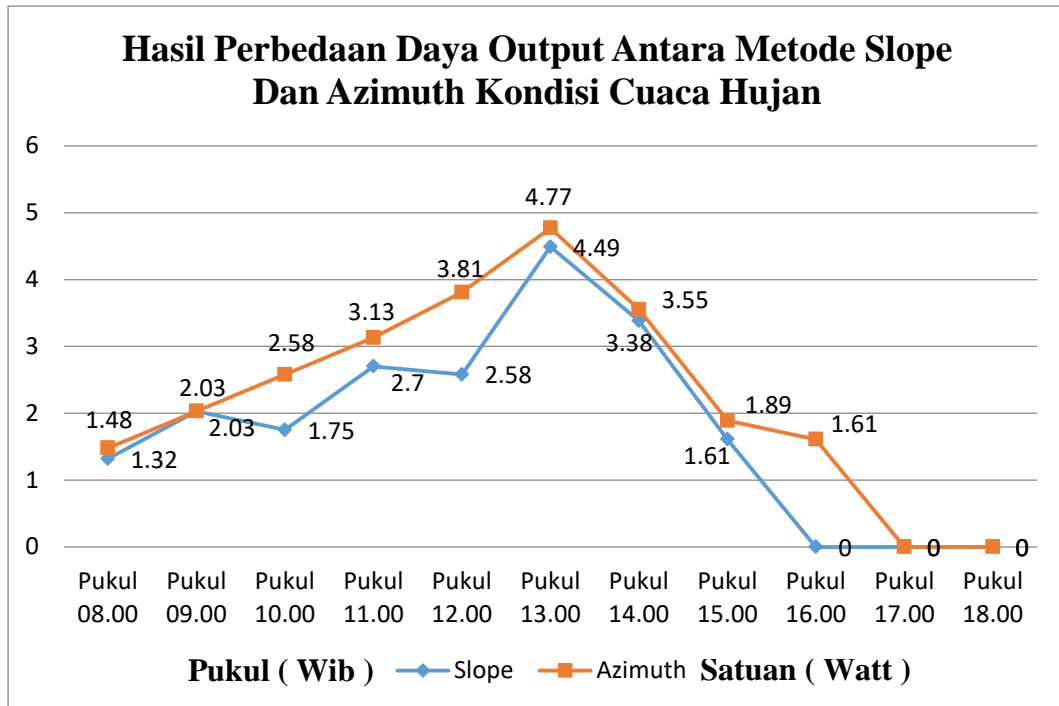
Berdasarkan gambar 4.11 diketahui bahwa pada pukul 08.00 wib nilai azimuthnya adalah 1,83 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 2,19 W, selanjutnya pada pukul 09.00 wib nilai azimuthnya adalah 4,68 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 4,01 W, selanjutnya pada pukul 10.00 wib nilai azimuthnya adalah 7,37 W pada sudut 35° arah timur dengan nilai slopenya adalah 11,08 W, selanjutnya pada pukul 11.00 wib nilai azimuthnya adalah 10,65 W pada sudut 35° arah timur dengan nilai slopenya adalah 6,88 W, selanjutnya pada pukul 12.00 wib nilai azimuthnya adalah 14,26 W pada sudut 25° arah timur dengan nilai slopenya adalah 13,46 W, selanjutnya

pada pukul 13.00 wib nilai azimuthnya adalah 13,44 W pada sudut 10° arah barat dengan nilai slopenya adalah 13,56 W, selanjutnya pada pukul 14.00 wib nilai azimuthnya adalah 17,96 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 14,64 W, selanjutnya pada pukul 15.00 wib nilai azimuthnya adalah 10,47 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 7,37 W, selanjutnya pada pukul 16.00 wib nilai azimuthnya adalah 6,67 W pada sudut 20° arah barat dengan nilai slopenya adalah 4,89 W, selanjutnya pada pukul 17.00 wib nilai azimuthnya adalah 2,68 W pada sudut 25° arah barat dengan nilai slopenya adalah 1,28 W, selanjutnya pada pukul 18.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 25° arah barat dengan nilai slopenya adalah 0 W.

Tabel 4.20 Besar Perbedaan Daya Output Yang Dihasilkan Antara Metode Slope 30° Dan Azimuth Pengujian Kelima

Kondisi Cuaca	Pukul (Wib)	Slope 30°	Sudut Azimuth	Azimuth
Hujan	08.00	1,32 W	40° T	1,48 W
	09.00	2,03 W	40° T	2,03 W
	10.00	1,75 W	40° T	2,58 W
	11.00	2,70 W	20° T	3,13 W
	12.00	2,58 W	20° T	3,81 W
	13.00	4,49 W	10° B	4,77 W
	14.00	3,38 W	10° B	3,55 W
	15.00	1,61 W	10° B	1,89 W
	16.00	0 W	15° B	1,61 W
	17.00	0 W	15° B	0 W
	18.00	0 W	15° B	0 W

Berdasarkan table 4.20 yang menghasilkan daya output tertinggi antara metode slope 30° dan azimuth adalah pada pukul 13.00 wib metode slope yang menghasilkan daya output sebesar = 4,49 W dan pada pukul 13.00 wib metode azimuth yang menghasilkan daya output sebesar = 4,77 W dengan kemiringan sudut 10° kearah barat menghadap ke timur.



Gambar 4 12 Grafik Hasil Perbedaan Daya Output Antara Metode Slope Dan Azimuth Kondisi Cuaca Hujan Pengujian Kelima

Berdasarkan gambar 4.12 diketahui bahwa pada pukul 08.00 wib nilai azimuthnya adalah 1,48 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 1,32 W, selanjutnya pada pukul 09.00 wib nilai azimuthnya adalah 2,03 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 2,03 W, selanjutnya pada pukul 10.00 wib nilai azimuthnya adalah 2,58 W pada sudut 40° arah timur dengan nilai slopenya adalah 1,75 W, selanjutnya pada pukul 11.00 wib nilai azimuthnya adalah 3,13 W pada sudut 20° arah timur dengan nilai slopenya adalah 2,70 W, selanjutnya pada pukul 12.00 wib nilai azimuthnya adalah 3,81 W pada sudut 20° arah timur dengan nilai slopenya adalah 2,58 W, selanjutnya pada pukul 13.00 wib nilai azimuthnya adalah 4,77 W pada sudut 10° arah barat dengan nilai slopenya adalah 4,49 W, selanjutnya pada pukul 14.00 wib nilai azimuthnya adalah 3,55 W pada sudut 10° arah barat dengan nilai slopenya adalah 3,38 W, selanjutnya pada pukul 15.00 wib nilai azimuthnya adalah 1,89 W pada sudut 10° arah barat dengan nilai slopenya adalah 1,61 W, selanjutnya pada pukul 16.00 wib nilai azimuthnya adalah 1,61 W pada sudut 15° arah barat

dengan nilai slopenya adalah 0 W, selanjutnya pada pukul 17.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 0 W, selanjutnya pada pukul 18.00 wib nilai azimuthnya adalah 0 W pada sudut 15° arah barat dengan nilai slopenya adalah 0 W.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil penelitian yang telah saya lakukan di Desa Rumah Sumbul yang ada di Kecamatan Tigajuhar, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa data yang di peroleh bahwa besar perbedaan sudut kemiringan untuk metode slope pada cuaca cerah, cerah berawan, mendung, dan hujan sebesar = 45^0 , sedangkan untuk metode azimuthnya diperoleh sudut kemiringan cuaca cerah, cerah berawan sebesar = 43^0 , cuaca mendung sebesar = 41^0 , dan cuaca hujan sebesar = 40^0 .
2. Dari ananlisa data yang dilakukan di peroleh bahwa besar perbedaan daya *output* untuk metode slope pengujian pertama cuaca cerah dengan rata-rata suhu = $37,09^{\circ}\text{C}$, tegangan = 13,53 V dan arus = 2,65 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 65,42 W, pengujian kedua cuaca cerah dengan rata-rata suhu = $36,69^{\circ}\text{C}$, tegangan = 13,42 V dan arus = 2,64 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 60,91 W, pengujian ketiga cuaca cerah berawan dengan rata-rata suhu = $35,77^{\circ}\text{C}$, tegangan = 13,36 V, dan arus = 2,61 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 58,19 W, pengujian keempat cuaca mendung rata-rata suhu = $29,75^{\circ}\text{C}$, tegangan = 12,42 V, dan arus = 0,55 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 14.64 W, dan pengujian kelima cuaca hujan dengan rata-rata suhu = $26,25^{\circ}\text{C}$, tegangan = 11,00 V, dan arus = 0,13 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 4.39 W, selanjutnya dengan menggunakan metode azimuth daya *output* pengujian pertama cuaca cerah dengan rata-rata suhu = $38,34^{\circ}\text{C}$, tegangan = 13,97 V, dan arus = 2,94 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 70.11 W, pengujian kedua cuaca cerah dengan rata-rata suhu = $38,07^{\circ}\text{C}$, tegangan = 14,34 V, dan arus = 2,96 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 69.25 W, pengujian ketiga cuaca cerah berawan dengan rata-rata suhu = $36,20^{\circ}\text{C}$, tegangan = 14,08 V,

dan arus = 2,88 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 67,11 W, pengujian keempat cuaca mendung dengan rata-rata suhu = 29,90 °C, tegangan = 12,79 V, dan arus = 0,61 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 17.96 W, dan pengujian kelima cuaca hujan dengan rata-rata suhu = 26,37 °C, tegangan = 11,10 V dan arus = 0,16 A yang menghasilkan daya *output* terbesar adalah = 4.77 W.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutkan kembali agar bisa ditemukan parameter baru dalam mengetahui daya output panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- . R., Azis Hutasuhut1, A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.7), 481. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.7.27364>
- Hutasuhut, A. A., Rimbawati, Riandra, J., & Irwanto, M. (2022). Analysis of hybrid power plant scheduling system diesel/photovoltaic/microhydro in remote area. *Journal of Physics: Conference Series*, 2193(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012024>
- Rimbawati, R., Siregar, Z., Yusri, M., & Al Qamari, M. (2021). Penerapan Pembangkit Tenaga Surya Pada Objek Wisata Kampung Sawah Guna Mengurangi Biaya Pembelian Energi Listrik. *Martabe : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 145. <https://doi.org/10.31604/jpm.v4i1.145-151>
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>
- Abdul Kodir Albahar1, M. F. H. (2020). *Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (Pv) Terhadap Keluaran Daya*. 8(3), 151–156.
- Ali, S., & Aziz Pandria, T. . (2019). Penentuan Sudut Kemiringan Optimal Panel Surya Untuk Wilayah Meulaboh. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 5(1), 21–29. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v5i1.1621>
- Hidayat, A. N., Pendidikan, S., Bangunan, T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Purwadi, D. D., & Si, M. (n.d.). *Menerapkan Teknik Dasar Perhitungan Azimuth (Studi Kasus di Kelas X Konstruksi Gedung Sanitasi dan Properti di SMK Negeri 5 Surabaya)*.
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Kitektro*, 2(1), 35–42.
- Mukti, F. S., & Sulisty, D. A. (2018). Analisis Penempatan Access Point Pada Jaringan Wireless Lan Stmik Asia Malang Menggunakan One Slope Model. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 13(1), 13. <https://doi.org/10.32815/jitika.v13i1.304>
- Murniati, R., & Nojeng, S. (2021). Pengaruh Temperatur Permukaan Terhadap Efisiensi Konversi Photovoltaik Tipe Mono-Crystalline Pada Daerah Tropis. *J-Move*. <https://mail.jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jmove/article/view/304>
- Pangestuningtyas D.L*), Hermawan, and K. J. (2020). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(2), 0–7. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i2.1051>

- Panjaitan, A., Suwarno, & Darwin. (2020). Analisa Pengaruh Intensitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal. *Ceredindonesia*, 1(2), 102.
- Rita Hariningrum. (2021). *Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya 100 WP Terhadap Daya Listrik Abstrak Perhitungan daya Analisa dan Kesimpulan Selesai*. 1(2), 67–76.
- Siahaan, R., Kusuma, I. W., & Adnyana, I. B. (2020). Pengaruh Sudut B dan W pada PLTS di PT Indonesia Power. *Jurnal METTEK*, 6(1), 62. <https://doi.org/10.24843/mettek.2020.v06.i01.p08>
- Sidharta Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Pasundan, I. (2017). Pengujian Model “Sliperry Slope” Dalam Kepatuhan Wajib Pajak. *Jurnal Ekonomi, Bisnis & Entrepreneurship*, 11(2), 149–158.
- SURYANTI, D. I., RAMAYANTI, S., & MUKHAYADI, M. (2019). Iluminasi Panel Surya pada Satelit Orbit Rendah Ekuatorial. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(3), 480. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i3.480>
- Sutanto, B., Herlambang, Y. D., Bono, Alfauzi, A. S., & Munawwaroh, D. A. (2021). Optimalisasi Arah Sudut Tilt Dan Sudut Azimuth Dari Alat Pemanen Energi Radiasi Matahari Di Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Teknik Energi*, 17(1), 15–24. <https://jurnal.polines.ac.id/index>.

LAMPIRAN



Gambar 1. Spesifikasi Panel Surya 50 Wp



Gambar 2. Metode Slope



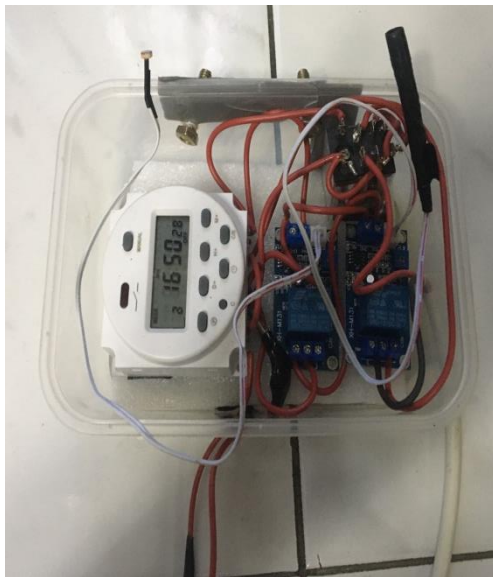
Gambar 3. Metode Azimuth



Gambar 4. Pengambilan Data Arus Dan Tegangan Pada Wattmeter



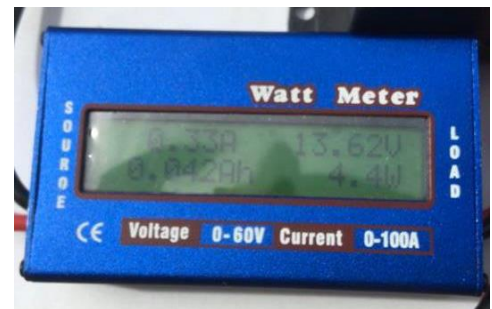
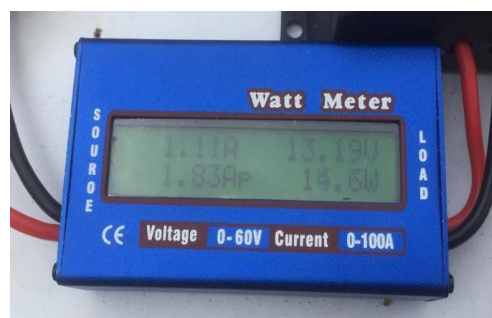
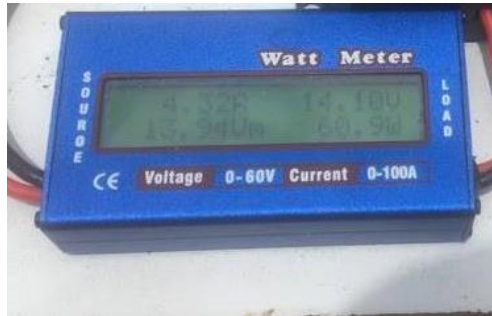
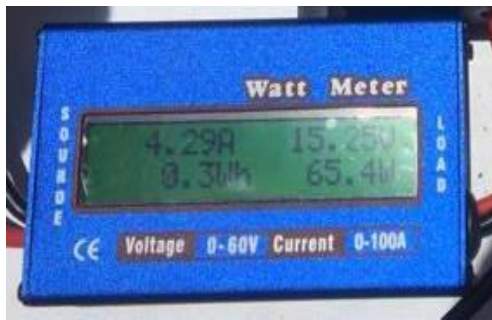
Gambar 5. Pengambilan Data Suhu

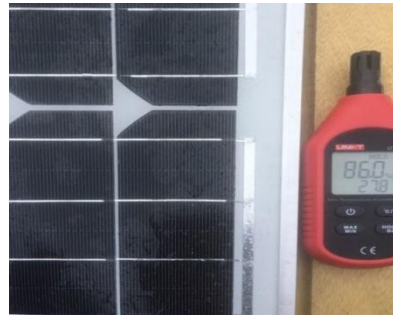
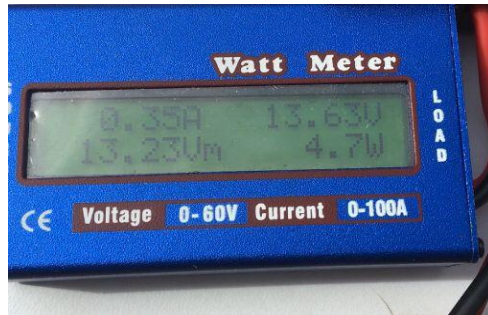
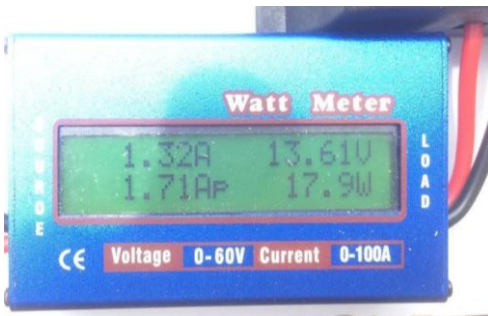
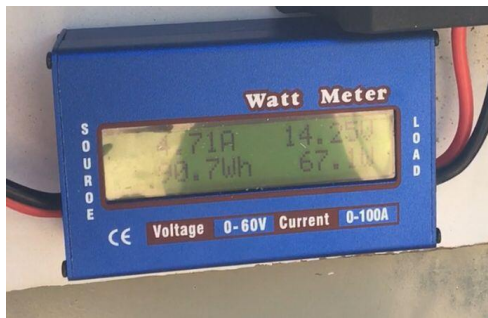
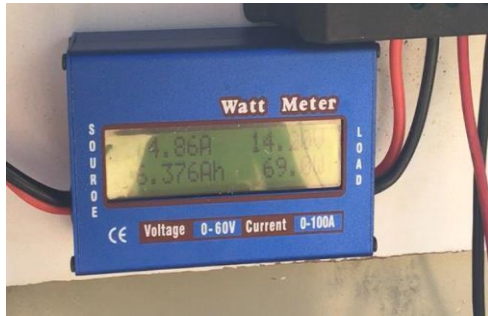


Gambar 6. Sistem Tracker



Gambar 7. Sudut Azimut





LEMBAR ASISTENSI

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

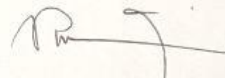
Judul : Studi Komparasi Metode Slope dan Azimut Untuk Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar)

Nama : Kris April Mas Sahlul

NPM : 1807220084

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Kamis /03-03-2022	Revisi Bab 1 Latar Belakang	Ruf
2	Selasa /15-03-2022	Revisi Bab 1 Tambah : - Rumus Masalah - Rumus Gridcup - Tujuan Penelitian	Ruf
3	Senin /21-03-2022	Revisi Bab 2 Penambahan Tropona Rustaka	Ruf
4	Sabtu /26-03-2022	Revisi Bab 2 Penambahan border dan tem + gambar	Ruf
5	Selasa /05-04-2022	Revisi Bab 3 Perancangan Sistem	Ruf
6	Kamis /07-04-2022	Revisi Bab 3 Paper alura Penelitian	Ruf
7	Sabtu /09-04-2022	ACC seminar proposal 9/4 2022	Ruf

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T., M.T.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Studi Komparasi Metode Slope Dan Azimut Untuk Menentukan Sudut
Kemiringan Panel Surya Pada Plts (Studi Kasus Tigajuhar)

Nama : Kris April Mas Sahlul
NPM : 1807220084

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	01/08/2022	Revisi Sitasi Jurnal 1	Ry.
2	04/08/2022	Revisi Tujuan Penelitian 1	Ry.
3	11/08/2022	Revisi Tabel & Gambar	Ry.
4	19/08/2022	Kerangka Penulisan	Ry.
5	26/08/2022	Revisi Bab IV 4.1 dengan Jelas	Ry.
6	02/09/2022	Revisi Bab V Kesimpulan	Ry.
7	10/09/2022	Pertemuan Daftar Pustaka	Ry.
8	16/09/2022	Ace seminar hasil 16/9/2022	Ry.

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T., M.T.


LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Studi Komparasi Metode Slope Dan Azimut Untuk Menentukan Sudut Kemiringan Panel Surya Pada PLTS (Studi Kasus Tigajuhar)

Nama : Kris April Mas Sahlul
NPM : 1807220084

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	21/9 2022	Refleksi Seminar HASL	Ref.
2	23/9 2022	Pertemuan TA keseluruhan	Ref.
3.	26/09 2022	Disuksi Pesiapan Sidang Sarjana	Ref.
4.		Atcc sidang tugas akhir 27/9 2022	Ref.

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T., M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama : KRIS APRIL MAS SAHLUL
Tempat/Tanggal Lahir : KEDADI DURIAN/ 26-April-2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Mahasiswa
Tinggi Badan/Berat Badan : 170 cm / 67 kg
Kewarganegaraan : Indonesia
Alamat : Jl. Pahlawan Gg. Pahlawan IV No. 78D Delitua
No. hp : 08982810712
Email : krisaprilmassahlul46@gmail.com

Latar belakang pendidikan

TK RA Nurul Burhanuddin : Tahun 2005-2006
SD Negeri 060928 Medan : Tahun 2006-2012
SMP Negeri 36 Medan : Tahun 2012-2015
SMA S Harapan Mandiri Medan : Tahun 2015-2018
Mahasiswa Prodi Teknik : Tahun 2018-2022
Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara