

TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMANFAATAN PANEL SURYA DALAM PENGHEMATAN DAYA LISTRIK DI GEDUNG D FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

BAYU ANGGARA
1507230163



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bayu Anggara
NPM : 1507230163
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Muhammadiyah Sumatera Utara.
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II

Beki Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji III

Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

Chandra A Siregar, S.T., M.T



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,

Ariandi, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bayu Anggara
Tempat /Tanggal Lahir : Sei Kelapa/09 Januari 1997
NPM : 1507230163
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal 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 Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 23 September 2019



Saya yang menyatakan,


Bayu Anggara

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat mendasar pada jaman sekarang ini. Termasuk Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada gedung D lantai 3 yang berada di kampus utama UMSU yang setiap harinya menggunakan energy listrik untuk menunjang proses pembelajaran. Hasil perhitungan yang kami lakukan dengan mendata peralatan listrik yang ada, Fakultas Teknik membutuhkan energi listrik sebesar 45,565 kW. Kebutuhan ini belum termasuk infokus, pengecasan laptop dosen dan mahasiswa, kipas angin, TV dan peralatan lainnya yang tidak rutin digunakan. Jika di kalkulasikan dalam rupiah dengan biaya listrik per KWh dengan pemakaian 8 jam sebesar Rp. 499.392, sedangkan dalam sebulan UMSU mengeluarkan biaya sebesar Rp. 14.981.760. Maka pada penelitian ini akan melakukan analisis dan upaya penghematan daya listrik di gedung D Fakultas Teknik dengan menerapkan sumber energy alternatif yaitu memanfaatkan teknologi panel surya, jika UMSU menggunakan panel surya sebagai pembangkit listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya di Kota Medan, serta untuk menghitung berapa jumlah panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di gedung D Fakultas Teknik. Tidak hanya itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menghitung biaya yang dibutuhkan oleh UMSU jika membangun pembangkit listrik tenaga surya serta mencari sudut kemiringan yang efektif dalam penerapan panel surya. Hasilnya, potensi listrik dengan menggunakan panel surya 50 Watt di peroleh daya maksimal sebesar 73,07 Watt dengan kemiringan sudut panel surya 40 derajat. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di gedung D setidaknya di butukan panel surya sebanyak 912 buah yang hitung berdasarkan spesifikasi dari panel surya, panel surya sebanyak 624 buah di hitung berdasarkan daya maksimal dari hasil pengujian, sedangkan 938 panel surya di hitung berdasarkan daya rata-rata dari hasil pengujian. Maka untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.976.000.000,- belum termasuk biaya peralatan lainnya dan biaya penunjang serta perawatan.

Kata kunci: Panel surya, daya listrik, Fakultas Teknik, sudut kemiringan, biaya.

ABSTRACT

Electrical energy is one of the very basic needs of today. Including the Faculty of Engineering of Muhammadiyah University of North Sumatera in building D 3rd floor which is located at the main campus of UMSU which every day use electric energy to support the learning process. The results of the calculations that we do by data on existing electrical equipment, Faculty of Engineering requires electrical energy of 45.565 kW. This requirement does not include Infokus, laptop charging lecturer and student, fan, TV and other equipment that is not routinely used. If calculated in the rupiah with electricity cost per KWh with the use of 8 hours of Rp. 499,392, while in a month UMSU issued a fee of Rp. 14,981,760. Thus, the research will conduct analysis and power saving efforts in building D Faculty of Engineering by applying alternative energy sources that utilize solar panel technology, if UMSU use solar panels as power plant. The research aims to determine the potential electrical power generated by solar panels in the city of Medan, as well as to calculate how many solar panels are needed to meet the needs of electricity in the building D Faculty of Engineering. Not only that, this research also aims to calculate the costs required by UMSU if building solar power plants as well as finding an effective tilt angle in the application of solar panels. As a result, the electricity potential using the 50 Watt solar panel acquired maximum power of 73.07 watts with a 40-degree solar panel angle slope. To meet the needs of electricity in the building D at least in the solar panel as much as 912 pieces calculated based on the specifications of the solar panel, solar panels as many as 624 pieces in the calculate based on the maximum power of the test results, while the 938 panel Solar calculated based on the average power of the test results. Thus, to build solar power plants requires a fee of Rp. 1.976 billion,- excluding other equipment costs and support and maintenance costs.

Keywords: Solar panels, electrical power, engineering faculty, tilt angle, cost.

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 “Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, 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. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara..
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Bekti Suroso, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik Mesinan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Wares dan Mariani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Aji Maulana, Rendy Kuswary, Rizki Fadillah, Yoga Pradona, M.Hadi Alfasha, Ozzi Pranico, Suri Hartini,S.Pd, Himpunan Mahasiswa Mesin FT UMSU, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia industri Teknik Mesin.

Medan, 23 September 2019



Bayu Anggara

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Energi Matahari	3
2.2. Panel Surya (<i>Solar Cell</i>)	4
2.2.1. Sejarah Panel Surya	5
2.2.2. Prinsip Kerja Panel Surya	6
2.2.3. Jenis-jenis Panel Surya	7
2.2.3.1. Monokrista (<i>mono-crystalline</i>)	8
2.2.3.2. Polikristal (<i>poly-crystalline</i>)	8
2.2.3.3. Gallium Arsenida (GaAs)	9
2.2.4. Karakteristik Solar Cell (<i>photovoltaic</i>)	9
2.2.5. Faktor Pengoprasian Sel Surya	10
2.2.5.1. Suhu Udara	10
2.2.5.2. Radiasi Matahari	11
2.2.5.3. Atmosfir Bumi	11
2.2.5.4. Tiupan Angin	11
2.2.5.5. Oreatasi Panel	11
2.2.5.6. Posisi Letak Sel Surya Terhadap Matahari	12
2.3. Radiasi Harian Matahari Pada Permukaan Bumi	12
2.4. Pengaruh Sudut Datang Terhadap Radiasi Yang Diterima	13
2.5. Kebutuhan Daya Listrik Dgedung D	14
2.5.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	15
2.5.1.1. Panel Surya	15
2.5.1.2. Charge Controller	16
2.5.1.3. Baterai	17
2.5.1.4. inverter	18
2.5.2. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya	19
2.5.2.1. PLTS <i>Grid Connected</i>	19

2.5.2.2.	PLTS <i>Stand Alone</i>	19
2.5.3.	Manfaat PLTS	20
2.5.3.1.	PLTS di Daerah Pedesaan	20
2.5.3.2.	PLTS di Daerah Perkotaan	20
2.5.4.	Kelebihan dan Kekurangan PLTS	21
2.5.4.1.	Kelebihan PLTS	21
2.5.4.2.	Kekurangan PLTS	21
2.6.	Road Map Penelitian	22
BAB 3	METODOLOGI	23
3.1.	Tempat dan Waktu	23
3.1.1.	Tempat	23
3.1.2.	Waktu	23
3.2.	Bahan dan Alat	23
3.2.1.	Bahan	23
3.2.2.	Alat	27
3.3.	Bagan Alir Penelitian	32
3.4.	Rancangan Alat Penelitian	33
3.5.	Prosedur Penelitian	35
3.5.1.	Langkah-langkah Pemasangan PLTS	35
3.5.2.	Langkah-langkah Pengujian PLTS	37
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1.	Efektifitas Kemiringan Sudut Pada Panel Surya Terhadap Penyerapan Intensitas Cahaya Matahari	39
4.2.	Potensi Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik Umsu	47
4.2.1.	Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung D Fakultas Teknik UMSU	47
4.2.1.1.	Perhitungan Jumlah Panel Surya yang di Butuhkan	48
4.2.1.2.	Perhitungan Jumlah Baterai yang di Butuhkan	49
4.2.1.3.	Perhitungan Besarnya Kapasitas Ampere Charge Controller yang di Butuhkan	50
4.2.1.4.	Jumlah Kapasitas Inverter yang di butuhkan	50
4.3.	Perencanaan Pembiayaan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Gedung D Fakultas Teknik UMSU	51
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1.	Kesimpulan	52
5.2.	Saran	52
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Roap map penelitian	22
Tabel 3.1.	Jadwal kegiatan penelitian	23
Tabel 4.1.	Hasil pengujian pada tanggal 17 mei 2019	40
Tabel 4.2.	Hasil perhitungan daya	43
Tabel 4.3.	Hasil pengujian selama 6 hari	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses pengubahan energi menjadi energy listrik pada sel surya	4
Gambar 2.2.	Ilustrasi pembuatan silicon jenis p dan n	6
Gambar 2.3.	Prinsip kerja sel surya	7
Gambar 2.4.	Panel surya monokristaline	8
Gambar 2.5.	Panel surya polikristaline	8
Gambar 2.6.	Panel surya gallium arsenide	9
Gambar 2.7.	Hubungan $i-v$ pada suatu karakteristik sel surya	9
Gambar 2.8.	Pengaruh kuat penyinaran terhadap daya sel surya	10
Gambar 2.9.	Karakteristik penurunan voltage terhadap kenaikan temperature	11
Gambar 2.10.	Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi	12
Gambar 2.11.	Grafik besar radian harian matahari yang mengenai permukaan bumi	13
Gambar 2.12.	Arah sinar datang membentuk sudut terhadap normal bidang penel sel surya	13
Gambar 2.13.	Penerapan plts di gedung d fakultas teknik	15
Gambar 2.14.	Panel surya	16
Gambar 2.15.	Charger controller	17
Gambar 2.16.	Baterai	18
Gambar 2.17.	Inverter	18
Gambar 2.18.	Sistem plts <i>grid connected</i>	19
Gambar 2.19.	Sistem plts <i>stand-alone</i>	20
Gambar 3.1.	Panel surya	24
Gambar 3.2.	Charge controller	24
Gambar 3.3.	Baterai	25
Gambar 3.4.	Inverter	25
Gambar 3.5.	Lampu	26
Gambar 3.6.	Kabel	26
Gambar 3.7.	Besi	26
Gambar 3.8.	Baut dan mur	27
Gambar 3.9.	Mesin las	27
Gambar 3.10.	Mesin gerinda	28
Gambar 3.11.	Mesin bor	28
Gambar 3.12.	Meteran	28
Gambar 3.13.	Cat dan kuas	29
Gambar 3.14.	Obeng	29
Gambar 3.15.	Kunci pas ring	29

Gambar 3.16.	Multimeter	30
Gambar 3.17.	Infrared thermometer	30
Gambar 3.18.	Digital lux meter	31
Gambar 3.19.	Bagan alir penelitian	32
Gambar 3.20.	Tampak atas	33
Gambar 3.21.	Tampak samping	33
Gambar 3.22.	Tampak depan	33
Gambar 3.23.	Pembangkit listrik tenaga surya	34
Gambar 3.24.	Memasang triplek	35
Gambar 3.25.	Memasang tiang panel	35
Gambar 3.26.	Memasang panel	35
Gambar 3.27.	Memasang charge controoller	36
Gambar 3.28.	Memasang baterai	36
Gambar 3.29.	Mengatur sudut kemiringan	36
Gambar 3.30.	Pengujian panel surya	37
Gambar 3.31.	Pengukuran intensitas radiasi matahari	37
Gambar 3.32.	Mengukur temperature panel	37
Gambar 3.33.	Mengukur tegangan dan arus	38
Gambar 3.34.	Mencatat hasil pengujian	38
Gambar 4.1.	Panel surya dengan sudut kemiringan 0°, 40°, 60° derajat	39
Gambar 4.2.	Grafik hubungan antara jam dengan tegangan	41
Gambar 4.3.	Grafik hubungan antara jam dengan arus	42
Gambar 4.4.	Grafik hubungan antara jam dengan daya	44
Gambar 4.5.	Grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari dengan daya	45
Gambar 4.6.	Grafik perbandingan daya dengan hari	46

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luasan area permukaan photovoltaic module	m ²
G	Intensitas radiasi matahari	Watt/m ²
I	Arus	Ampere
P	Daya	Watt
V	Tegangan	Volt
θ	Sudut	Derajat

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan dasar bagi manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Energy yang dihasilkan dari bahan bakar minyak, gas, batu bara, air dan panas bumi memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energy sekarang ini. pemanfaatan energy baru seperti energy matahari sekarang ini masih banyak menjadi topik penelitian sebagai sumber energy alternative untuk menghasilkan energy listrik sebagai kebutuhan yang sangat penting. Pemanfaatan energy matahari di Indonesia khususnya di Sumatera Utara seharusnya di terapkan karena memiliki iklim tropis dan suhu yang cukup untuk penggunaan panel surya sebagai pembangkit listrik.

Matahari merupakan sumber energi yang potensial bagi kebutuhan manusia, dimana energi tersebut bisa di dapat dari panas yang merambat sampai permukaan bumi, Dari beberapa penelitian menyatakan bahwa dengan mengubah cahaya matahari terutama intensitas matahari dengan *solar sell* dapat di buat sumber energy listrik untuk konsumsi manusia.

Energi baru dan terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi yang bersifat terbarukan mengingat sumber tersebut sangat melimpah seperti terjunan air, energy angin, energy sinar matahari. Salah satunya upaya yang di kembangkan oleh pemerintah adalah teknologi *fotovoltaik* yang mengkonversikan langsung cahaya matahari menjadi energy listrik dengan menggunakan sel surya atau di sebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pembangkit listrik tenaga surya memanfaatkan energy matahari karena ramah lingkungan, tidak berpolusi, aman dan dengan persediaan energy matahari yang tiada batasannya.

Penggunaan panel surya sebagai alternative untuk penghematan biaya listrik. Atas dasar itu, peneliti ingin berperan dalam hal pengembangan energy yang terbarukan dengan pemanfaatan panel surya. Panel surya akan di teliti di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dalam upaya penghematan biaya listrik yang masih menggunakan listrik konvensional dari PLN sebagai kebutuhan listrik untuk proses pembelajaran. Dengan dasar

topic atas maka saya akan meneliti tentang pemanfaatan energy matahari menggunakan panel surya yang berjudul “Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara”.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan dasar pemikiran diatas maka pada penelitian ini, bagaimana upaya dalam penghematan daya listrik dengan memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara?

1.3. Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini akan melakukan kajian terhadap penghematan daya listrik di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan menerapkan sumber energy matahari dengan memanfaatkan teknologi panel surya berdasarkan system sudut kemiringan 0^0 , 40^0 , 60^0 . Panel surya yang di gunakan adalah tipe *monocrystalline* dengan daya maksimum 50 watt peak (WP) dalam penelitian tugas akhir ini.

1.4. Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektifitas kemiringan sudut pada pemasangan panel surya terhadap penyerapan intensitas cahaya matahari.
2. Untuk mengetahui potensi penghematan daya listrik di gedung D Fakultas Teknik UMSU.
3. Untuk merencanakan pembiayaan pembuatan pembangkit listrik menggunakan panel surya di gedung D Fakultas Teknik UMSU.

1.5. Manfaat

Hasil dari penelitian ini akan memberikan informasi kepada masyarakat, institusi-institusi baik pemerintah maupun swasta terkait daya listrik yang di hasilkan dari panel surya terhadap potensi penyerapan radiasi matahari berdasarkan kemiringan sudut yang pemasangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara khususnya untuk Kota Medan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Matahari

Matahari adalah sumber daya alam yang sepenuhnya tidak terpolusi, dan sinar matahari menerangi seluruh dunia. Ini adalah sumber energi berkelanjutan yang tidak dapat dimonopoli. Setiap tahun, jumlah energi matahari yang disinari di bumi lebih dari kebutuhan konsumsi manusia. Jika dimungkinkan untuk mengubah energi yang besar dan tidak tercemar ini untuk diterapkan, maka masalah kekurangan energi bagi manusia dapat diselesaikan.

Di Indonesia yang terletak di daerah tropis ini sebenarnya memiliki suatu keuntungan cukup besar yaitu menerima sinar matahari yang berkesinambungan sepanjang tahun. Matahari lebih dari delapan menit untuk menempuh jarak 93 juta mil ke bumi. Energi surya bergerak dengan kecepatan 186.000 mil per detik. Hanya sebagian kecil dari energi radiasi yang dipancarkan matahari ke ruang angkasa yang pernah mencapai bumi, tetapi itu lebih dari cukup untuk memasok semua kebutuhan energi kita. Setiap hari cukup energi matahari mencapai bumi untuk memasok kebutuhan energi negara kita selama setahun.

Energi matahari merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di bumi. Radiasi adalah suatu proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Selain itu energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain, yaitu dengan merubah radiasi matahari ke bentuk lain. Ada dua macam cara merubah radiasi matahari ke dalam energi lain, yaitu melalui *solar cell* dan *collector*.

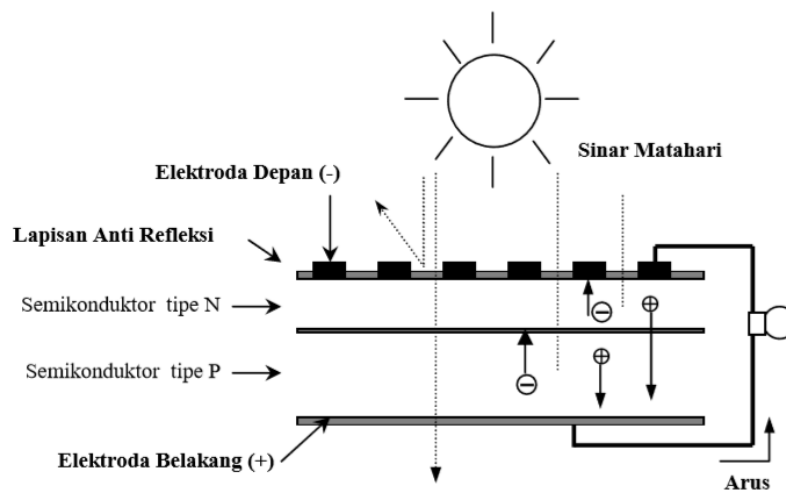
Dalam sumber energi terbarukan saat ini, fotovoltaik adalah teknik terbaik yang dikembangkan sejauh ini dan merupakan sumber daya energi yang paling potensial. Efek fotoelektrik adalah mengalirkan energi matahari melalui sel surya untuk mentransfernya menjadi tenaga listrik. Jenis transformasi foto-elektrik ini terutama dengan bantuan efek fotolistrik elemen semikonduktor untuk melanjutkan itu diterapkan untuk memasok daya ke stasiun ruang angkasa, satelit buatan, dan daerah terpencil. Itu juga digunakan untuk mengatur pembangkit listrik tenaga surya dan bergabung menjadi pembangkit listrik.

2.2. Panel Surya (*Solar Cell*)

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "*sol*" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi.

Sel Surya (*Photovoltaic*) adalah sejumlah sel surya yang dirangkai secara seri maupun paralel, untuk meningkatkan tegangan maupun arus yang dihasilkan sehingga cukup untuk pemakaian sistem catu daya beban. Untuk mendapatkan keluaran energi listrik yang maksimum maka permukaan modul surya harus selalu mengarah ke matahari. *Solar cell* terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Daya listrik yang dihasilkan *photovoltaic* berupa daya listrik DC yang kemudian akan dikonversikan menjadi daya listrik AC.



Gambar 2.1. Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Sel Surya (Budi Yuwono, 2015)

Daya listrik sering diartikan sebagai laju hantaran energi listrik pada sirkuit listrik. Satuan standar internasional daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir dalam satuan waktu (joule/detik).

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (Input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas PV module dengan persamaan:

$$P_{in} = G \times A \quad (2.1)$$

Dimana :

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

G = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luasan area permukaan photovoltaic module (m²)

Daya listrik dilambangkan huruf P. Pada rangkaian arus DC, daya listrik sesaat dihitung menggunakan hukum Joule. Daya output dapat di lihat pada persamaan berikut:

$$P_{out} = V \cdot I \quad (2.2)$$

Dimana :

P_{out} = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (ampere)

2.2.1. Sejarah Sel Surya

Sejarah perkembangan industri “*Photovoltaic*” (PV) telah berjalan sekitar 50 tahun, dan telah banyak pula penelitian dilakukan dengan harapan suatu saat dapat menghasilkan sel surya yang dapat memecahkan problem kebutuhan tenaga listrik yang ramah terhadap lingkungan hidup di seluruh lapisan dunia ini.

Pada awal abad 20, *Albert Einstein* menamakan penemuan peristiwa listrik alami ini dengan sebutan “*Photoelectric Effect*” yang kemudian merupakan pengertian dasar pada “*Photovoltaic Effect*”. “*Photoelectric Effect*” didapat dari pengamatan *Einstein* pada selempeng metal yang melepaskan “*Photon*” partikel energi cahaya ketika terkena sinar matahari. Photon-photon terus menerus mendesak atom-atom metal dan terjadi partikel “Energi Photon” bersifat gelombang energi cahaya.

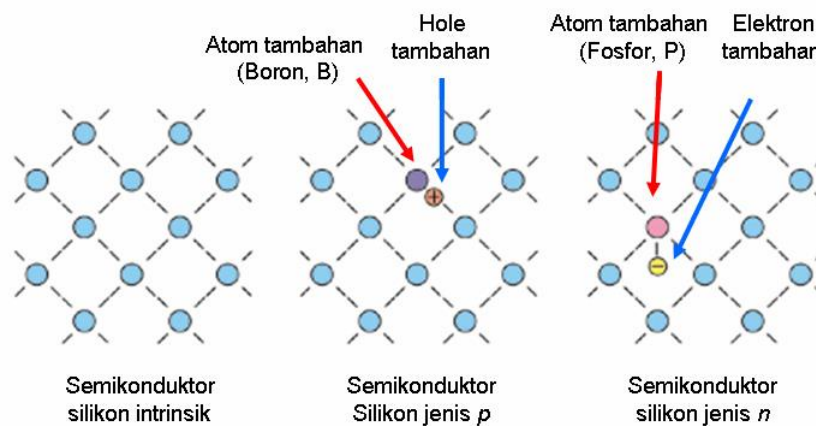
Tahun 1950 - 1960, teknologi disain dan efisiensi sel surya terus berlanjut dan di aplikasikan ke pesawat ruang angkasa (*photovoltaic energies*). Tahun 1970 an, dunia menggalangkan sumber energi alternatif yang “*renewable*” dan ramah lingkungan, maka *photovoltaic* mulai diaplikasikan ke “*low power warning*

systems” dan “*offshore buoys*” (tetapi produksi *photovoltaic* tidak dapat banyak karena masih “*handmade*”). Baru pada tahun 1980 an, perusahaan-perusahaan *photovoltaic* bergabung dengan instansi energi pemerintah agar dapat lebih memproduksi *photovoltaic* sel dalam jumlah besar, sehingga harga per sel-surya dapat lebih ditekan serendah mungkin.

2.2.2. Prinsip Kerja Sel Surya

Struktur sel surya yaitu berupa dioda sambungan (*juntion*) antara dua lapisan yang terbuat dari semikonduktor yang masing-masing di ketahui sebagai semikonduktor jenis *p* (positif) dan semi konduktor jenis *n* (negatif). Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan muatan negatif. Sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan *hole*, sehingga kelebihan muatan positif.

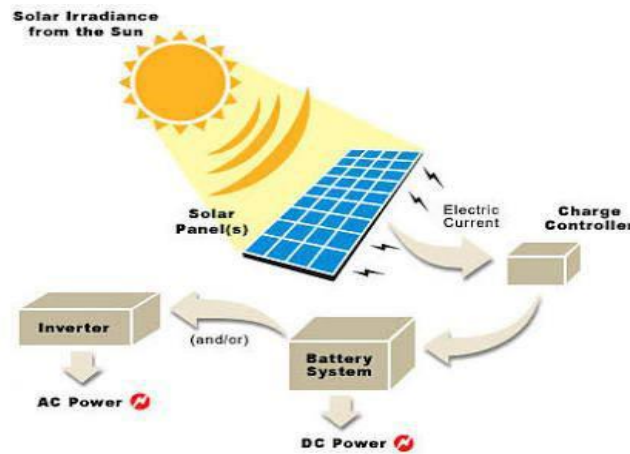
Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena divais sel surya memiliki struktur dioda, yaitu tersusun atas dua jenis semikonduktor, yakni jenis *n* dan jenis *p*. cara nya dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, seperti gambar berikut ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi Pembuatan Silikon Jenis *p* dan *n* (buwono, 2010)

Di dalam semikonduktor alami (semikonduktor intrinsik) ini, electron maupun *hole* memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau *hole* dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Pengkonversian sinar matahari menjadi listrik dengan panel *photovoltaic* ,kebanyakan menggunakan *Polycrystallyne Silicon* sebagai material

semikonduktor *photo cell* mereka. Gambar di bawah ini mengilustrasikan prinsip kerja photovoltaik panel.



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Sel Surya (Mohd Rizwan Sirajuddin Shaikh, 2017)

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut:

- Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
- 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.
- Gabungan/susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC. yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.
- 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 di gunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik.

2.2.3. Jenis Panel Surya

Panel surya terdiri dari *photovoltaic* yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya, saat intensitas cahaya berkurang (berawan, mendung, hujan) arus listrik yang dihasilkan juga berkurang. Pada umumnya jenis-jenis panel surya yang di gunakan adalah sebagai berikut.

2.2.3.1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Panel ini adalah panel surya yang paling efisien, yaitu menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh), kestabilannya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Jenis monokristalin ini yang terbaik dan yang terbanyak digunakan masyarakat saat ini.



Gambar 2.4 Panel Surya Monokristalin (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

2.2.3.2. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Jenis polikristalin atau multi kristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan tingkat efisiensi antara 10 sampai 12%. Type *polikristal* memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monokristal* untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik dalam keadaan cuaca berawan.



Gambar 2.5 Panel Surya Polikristalin (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

2.2.3.3. Gallium Arsenide (GaAs)

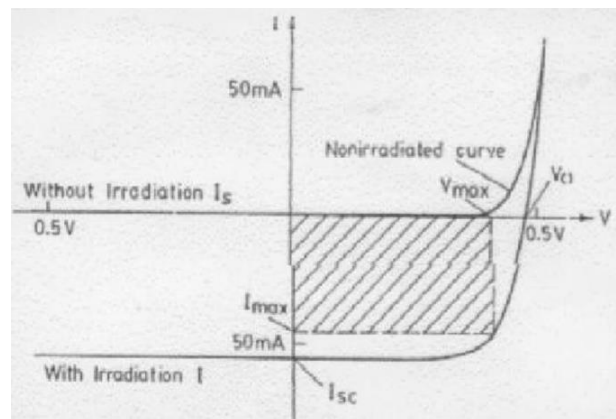
Panel surya yang terbuat dari GaAs (*Gallium Arsenide*) yang lebih efisien pada temperatur tinggi. Sel surya III-V semikonduktor yang sangat efisien sekitar 25%.



Gambar 2.6 Panel Surya Gallium Arsenide (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

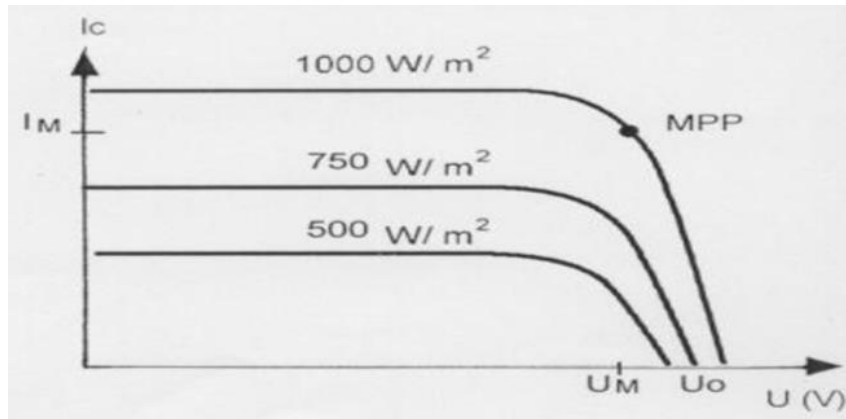
2.2.4. Karakteristik Solar Cell (*Photovoltaic*)

Pada dasarnya sel surya adalah suatu dioda dengan daerah luas permukaan yang lebih lebar. Dari gambar 2.7 menunjukkan bahwa kurva dari arus (I) dan tegangan (V) sebagai suatu dioda dalam 2 kondisi, yaitu pada saat kondisi (i) dimana sel surya terkena iradiasi dan kondisi (ii) pada saat tidak terkena iradiasi.



Gambar 2.7 Hubungan I-V Pada Suatu Karakteristik Sel Surya (Unggul Wibawa, 2008)

Daya yang dihasilkan oleh sel surya sangat dipengaruhi oleh besarnya kuat sinar yang diterima oleh sel surya. Gambar 2.8 memperlihatkan pengaruh kuat sinar terhadap daya yang dihasilkan.



Gambar 2.8 Pengaruh Kuat Penyinaran Terhadap Daya Sel Surya (Unggul Wibawa, 2008)

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.

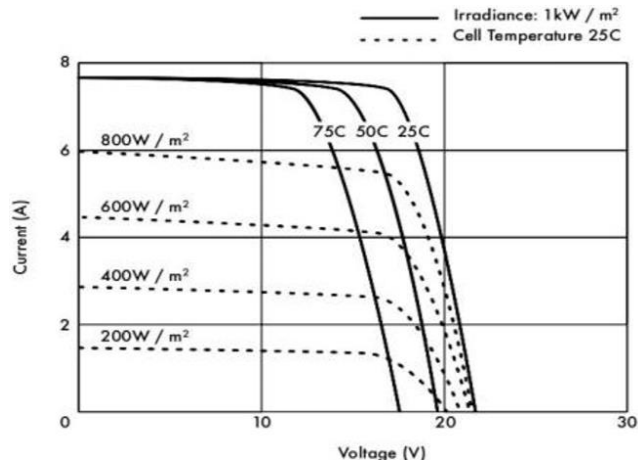
Sel surya menghasilkan arus, dan arus ini beragam tergantung pada tegangan sel surya. Karakteristik tegangan-arus biasanya menunjukkan hubungan tersebut ketika tegangan sel surya sama dengan nol atau digambarkan sebagai “sel surya hubung pendek”, “arus rangkaian pendek” atau ISC (*short circuit current*),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

2.2.5. Faktor Pengoperasian Sel Surya

Pada pengoperasian sel surya pastinya terdapat komponen yang menjadi faktor pengoperasian sel surya agar dapat beroperasi secara maksimal, faktor pengoperasian nya adalah sebagai berikut:

2.2.5.1. Suhu Udara

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan Voc.



Gambar 2.9 Karakteristik Penurunan Voltage Terhadap Kenaikan Temperature (Fahlevi Reza, 2014)

Gambar 2.9 menunjukkan setiap kenaikan temperatur sel surya 10 derajat celsius dari 25 derajat celsius akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat celsius.

2.2.5.2. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan (V).

2.2.5.3. Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya.

2.2.5.4. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap pendinginan temperatur permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25 derajat celsius.

2.2.5.5. Orientasi Panel

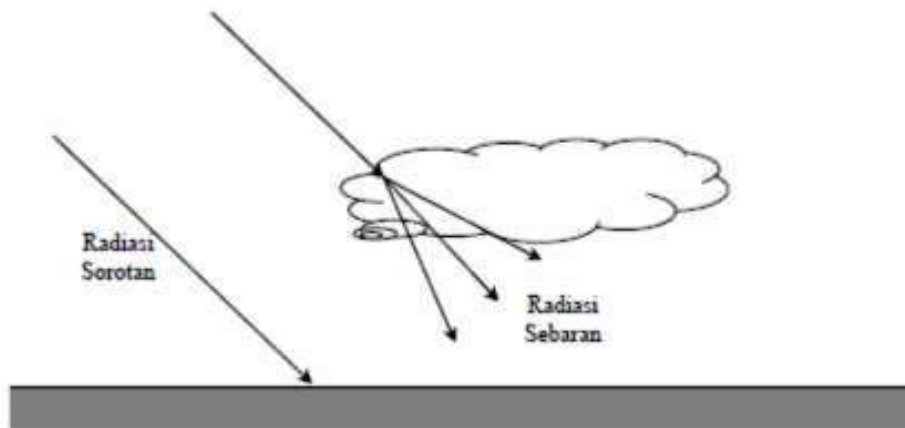
Orientasi dari rangkaian panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut, orientasi miring dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum.

2.2.5.6. Posisi Letak Sel Surya Terhadap Matahari

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum $\pm 1000 \text{ w/m}^2$ atau 1 kw/m^2 . Untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengaturan posisi modul surya, karena ketinggian matahari akan berubah setiap jam dalam sehari.

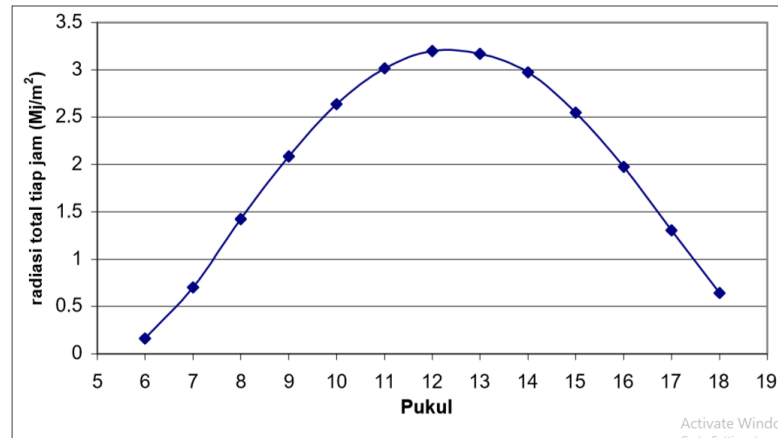
2.3. Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (*ultraviolet*) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (*inframerah*). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran.



Gambar 2.10 Radiasi Sorotan dan Radiasi Sebaran yang Mengenai Permukaan Bumi (Yuwono Budi, 2015)

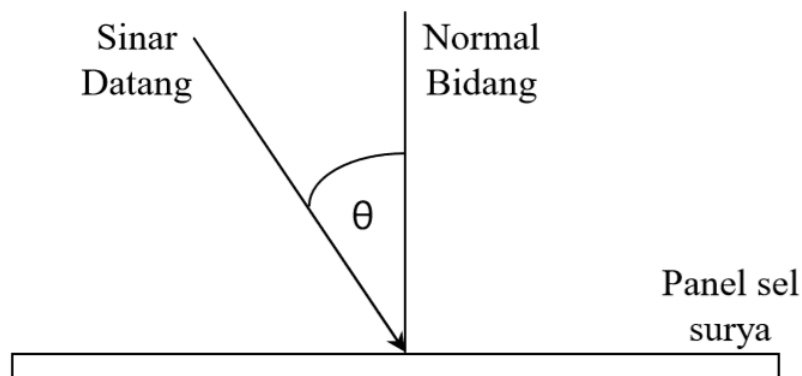
Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.10. Pada waktu pagi dan sore radiasi yang sampai permukaan bumi intensitasnya kecil. Hal ini disebabkan arah sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi (membentuk sudut tertentu) sehingga sinar matahari mengalami peristiwa difusi oleh atmosfer bumi.



Gambar 2.11 Grafik Besar Radiasi Harian Matahari yang Mengenai Permukaan Bumi (Yuwono Budi, 2015)

2.4. Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

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 2.12 Arah Sinar Datang Membentuk Sudut Terhadap Normal Bidang Panel Sel Surya (Yuwono Budi, 2015)

Panel akan mendapat radiasi matahari maksimum pada saat matahari tegak lurus dengan bidang panel. Pada saat arah matahari tidak tegak lurus dengan bidang panel atau membentuk sudut θ seperti gambar 2.12 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$.

$$I_r = I_{r_0} \cos \theta \quad (2.3)$$

Dimana :

I_r : Radiasi yang diserap panel

I_{r_0} : Radiasi yang mengenai panel

θ : Sudut antara sinar datang dengan normal bidang panel

2.5. Kebutuhan Daya Listrik di gedung D

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat mendasar pada jaman sekarang ini. Termasuk universitas muhammadiyah sumatera utara (UMSU) yang setiap hari nya menggunakan energy listrik konvensional atau dari PLN untuk menunjang proses belajar mengajar. Berdasarkan hasil diskusi dari berbagai pihak bahwa salah satu pembiayaan operasional terbesar terletak pada pembiayaan listrik. Di gedung D Fakultas Teknik memerlukan daya listrik $\pm 45,565$ kw untuk menghidupkan peralatan-peralatan seperti :

- 35 unit AC (850 Watt per unit) sehingga jumlah untuk ke 35 unit AC sebesar 29,750 kW
- 105 unit lampu penerangan (35 Watt per unit) sehingga jumlah untuk 105 lampu sebesar 3,675 kW
- 10 dispenser (494 Watt per unit) sehingga jumlah untuk 10 dispenser sebesar 4,940 kW
- 36 computer (200 Watt per unit) sehingga jumlah untuk 36 komputer sebesar 7,200 kW

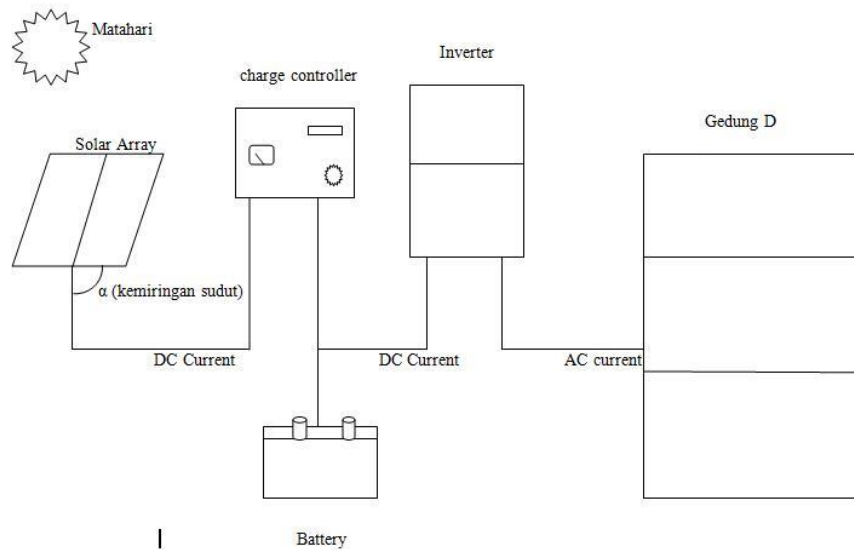
Dan komponen peralatan lain yang menggunakan listrik diabaikan seperti infokus, pengecasan laptop dosen dan mahasiswa, kipas angin, TV dan peralatan lainnya.

Perhitungan pembiayaan dilakukan dengan cara hasil perkalian biaya listrik per kWh dengan jumlah Watt kelesuruhan dan dikalikan waktu pemakaian. Dalam 1 hari (rata-rata pemakaian 8 jam) maka pihak universitas akan mengeluarkan biaya listrik untuk gedung D Fakultas Teknik sebesar Rp. 499.392, sedangkan dalam 1 bulan sebesar Rp. 14,981,760,-.

Oleh karena itu penerapan teknologi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di gedung D Fakultas Teknik dapat melakukan penghematan biaya listrik dengan menerapkan sumber energy alternative dengan memanfaatkan teknologi panel surya memanfaatkan potensi energi matahari yang tersedia dilokasi-lokasi tersebut merupakan solusi yang tepat. Sehingga hal ini dipandang perlu untuk dikaji lebih lanjut, agar diperoleh kajian yang komprehensif secara teknik.

Dalam penelitian ini akan menganalisis daya listrik yang dihasilkan pada panel surya kapasitas 50 WP untuk diterapkan di gedung D Fakultas Teknik. Dengan tujuan penelitian untuk menghitung karakteristik pembangkit listrik

tenaga surya dengan menggunakan *Solar Cell* 50 WP dan menghitung daya maksimal yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya yang dihasilkan.



Gambar 2.13 Penerapan PLTS di Gedung D Fakultas Teknik

2.5.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS adalah pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan panas sinar matahari, dengan menggunakan “*photovoltaic cell*” atau *solar cell* energy yang di rubah menjadi energy listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang potensial dan mempunyai prospek cukup besar untuk dikembangkan, karena matahari tidak akan pernah habis dan dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Namun disamping itu juga diperlukan perencanaan dan perhitungan yang tepat agar listrik yang akan dihasilkan nantinya sesuai dengan kapasitas *solar cell*.

PLTS pada dasarnya adalah pencatu 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 lain, seperti PLTS-genset, PLTS *microhydro*, PLTS-Angin), baik dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel).

2.5.1.1. Panel Surya

Komponen utama sistem surya PV adalah panel surya yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya PV. Energi surya itu dapat berubah menjadi arus listrik yang searah yaitu dengan menggunakan silikon yang tipis. Sel surya tersusun dari

dua lapisan semi konduktor dengan muatan berbeda. Lapisan atas sel surya itu bermuatan negatif sedangkan lapisan bawahnya bermuatan positif.

Bila sel-sel itu terkena sinar matahari (*photon*) maka beberapa *photon* diserap oleh atom yang merupakan semikonduktor dapat membebaskan elektron dari ikatan atomnya sehingga akan menjadi elektron yang bergerak bebas. Pergerakan elektron itulah yang menjadikan adanya arus listrik searah (DC) dan pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus atau tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya matahari yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu.

Total pengeluaran energi listrik (Watt) dari sel surya adalah sama dengan tegangan (Volt) dikalikan arus (Ampere) yang beroperasi. Hubungan tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh sel surya ketika memperoleh penyinaran dari matahari.



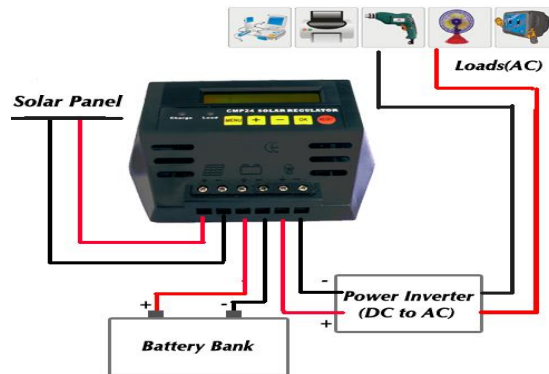
Gambar 2.14 Panel Surya (<https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>, 2019)

2.5.1.2. Charge Controller

Controller atau sering dikenal dengan *charge controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem PLTS untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik (beban). Alat ini juga mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh dengan cadangan energi listrik maka penyaluran energi listrik dari panel akan dapat diberhentikan secara otomatis. Cara alat ini mendeteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai.

Charge controller menerapkan teknologi *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke

beban. Beberapa fungsinya seperti mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, *overvoltage* dan monitoring temperatur baterai.



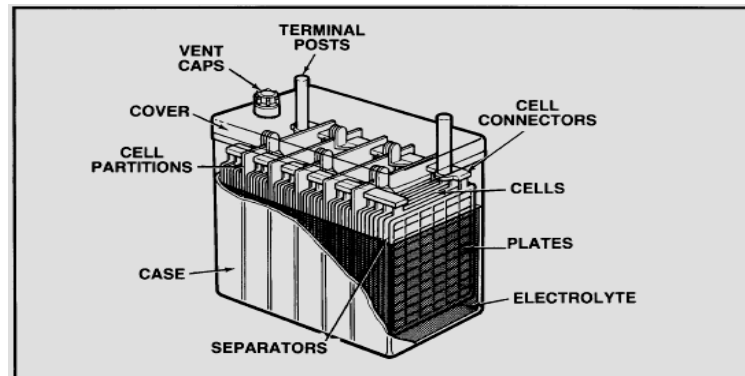
Gambar 2.15 Charge Controller (<https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>, 2019)

2.5.1.3. Baterai

Komponen yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari penyerapan sinar matahari oleh panel surya adalah baterai. Energi listrik yang disimpan di dalam baterai dapat berguna untuk tetap menyediakan energi listrik saat cahaya matahari tidak terpancarkan secara maksimal seperti saat langit mendung atau hujan dan di malam hari. Baterai yang digunakan untuk PLTS mengalami proses siklus pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama ada sinar matahari maka panel surya akan menghasilkan energi listrik. Apabila energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya melebihi kebutuhan energi listrik maka kelebihan energi listrik itu akan disimpan dalam baterai. Sebaliknya, saat kebutuhan energi listrik melebihi dari energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya maka cadangan energi dari baterai dapat diberikan untuk memenuhi kekurangan energi listrik.

Ada dua jenis baterai isi ulang yang bisa digunakan dalam sistem PLTS yaitu baterai asam timbal (*lead acid*) dan baterai *nickel-cadmium*. Baterai jenis *nickel-cadmium* ini lebih sedikit digunakan dalam sistem PLTS karena baterai jenis ini memiliki efisiensi yang rendah dan biaya yang lebih tinggi. Sedangkan untuk baterai jenis asam timbal lebih banyak digunakan dalam sistem PLTS karena memiliki efisiensi tinggi dan biayanya lebih murah dibandingkan jenis baterai *nickel-cadmium*.

Umumnya kapasitas baterai itu dinyatakan dalam *Ampere-hour* (Ah). Nilai Ah pada baterai menunjukkan arus yang dapat dilepaskan dikalikan dengan nilai waktu untuk pelepasan arus tersebut.

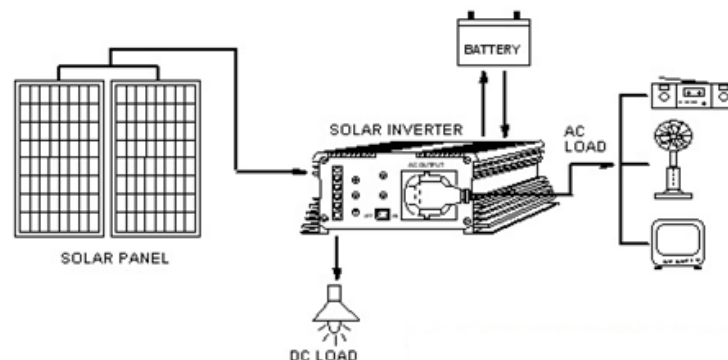


Gambar 2.16 Baterai (<https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>, 2019)

2.5.1.4. Inverter

Inverter adalah komponen elektronika pendukung panel PV untuk mengubah arus searah (*direct current, DC*) menjadi arus bolak-balik (*alternating current, AC*) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (*grid connected*) atau sistem yang berdiri sendiri (*stand alone system*). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90%.

Ada tiga kategori inverter, yaitu: *grid-tied*, *grid-tied* dengan baterai cadangan, dan *stand-alone*. Kedua jenis inverter yang pertama adalah inverter *line-tied*, yang digunakan dengan sistem panel surya *utility-connected*. Jenis yang ketiga adalah *stand-alone* atau inverter *off-grid*, diciptakan untuk berdiri sendiri (tidak bergantung).



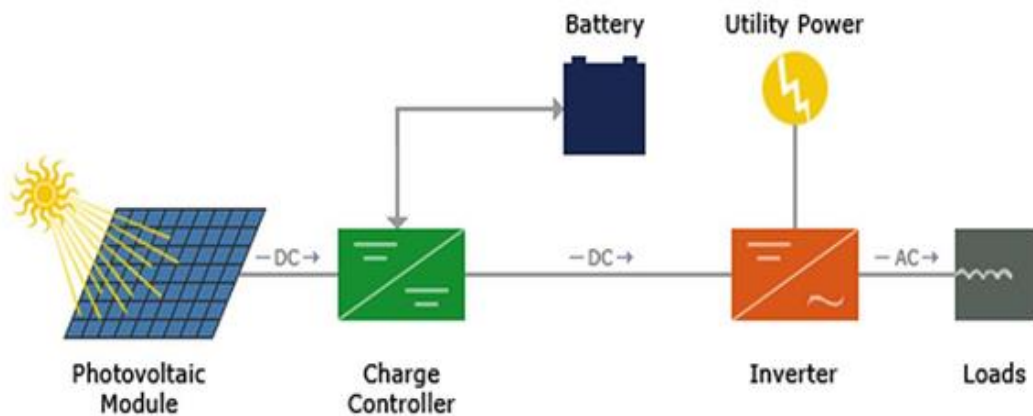
Gambar 2.17 Inverter (<https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>, 2019)

2.5.2. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada umumnya sistem PLTS terbagi menurut konfigurasi komponennya. Sistem PLTS yang dikenal secara luas ada 2 jenis yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik lainnya dalam memenuhi energi listrik di satu tempat (*grid connected*). Sistem PLTS jenis kedua adalah sistem PLTS yang berdiri sendiri dalam memenuhi energi listrik di satu tempat (*stand-alone*).

2.5.2.1. PLTS *Grid Connected*

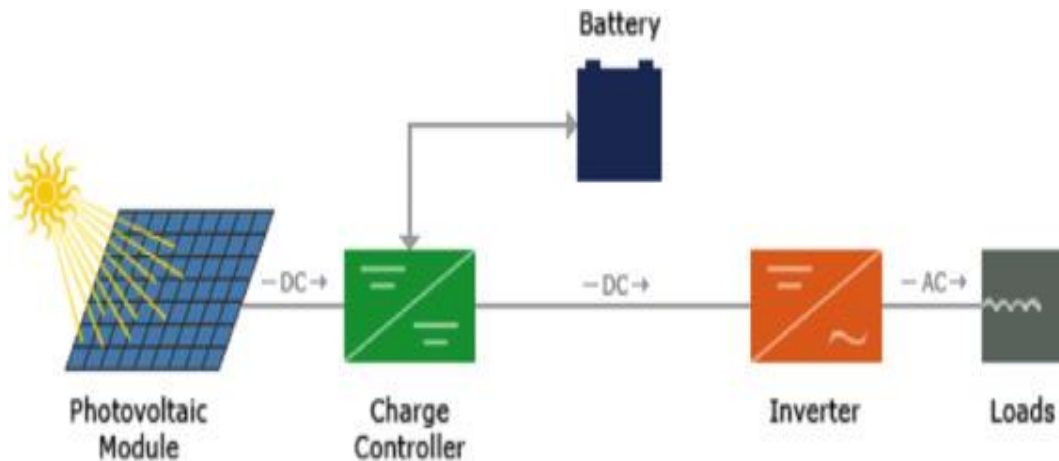
Pengertian sistem PLTS jenis *grid connected* adalah penggabungan sistem PLTS dengan jaringan listrik lainnya, baik jaringan listrik konvensional maupun jaringan listrik dari sistem energi baru terbarukan. Komponen yang paling berperan penting dalam sistem ini adalah *inverter (power conditioning unit)*. *Inverter* ini berfungsi untuk mengubah arus DC yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus AC yang disesuaikan dengan persyaratan sesuai jaringan listrik yang terhubung dengan sistem PLTS.



Gambar 2.18 Sistem PLTS *Grid Connected* (Patricia Hanna J, 2012)

2.5.2.2. PLTS *Stand Alone*

Sistem PLTS *stand alone* adalah jenis sistem PLTS yang dirancang untuk beroperasi untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri dalam memenuhi kebutuhan beban listrik di satu tempat. Dengan kata lain, jenis sistem pembangkit listrik hanya diaktifkan dari satu jaringan listrik yaitu sistem panel sel surya. Komponen yang paling berperan penting dalam sistem PLTS *stand alone* adalah baterai karena alat ini dipakai untuk penyimpanan dan penyaluran cadangan energi listrik yang dihasilkan.



Gambar 2.19 Sistem PLTS *Stand-Alone* (Patricia Hanna J, 2012)

2.5.3. Manfaat PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) mempunyai berbagai macam manfaat antara lain adalah :

2.5.3.1. PLTS di Daerah Pedesaan

Di daerah pedesaan yang belum tersentuh listrik PLN masyarakat sangat membutuhkan penerangan di malam hari, dengan hadirnya teknologi terbaru aplikasi pembangkit tenaga surya yang merupakan solusi terbaik untuk diterapkan di daerah pedesaan. Berikut ini adalah manfaat PLTS di daerah terpencil:

- Tersedianya mutu penerangan yang baik bagi masyarakat, dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.
- Menunjang usaha untuk mempercepat pemerataan di daerah pedesaan.

2.5.3.2. PLTS di Daerah Perkotaan

Di daerah perkotaan yang para warganya cenderung memakai listrik dari PLN, karena banyaknya permintaan akan listrik di berbagai kota di Indonesia sementara pihak PLN tidak dapat memenuhi kebutuhan listrik masyarakat.

Akibatnya PLN mengadakan pemadaman listrik bergilir. Hal ini tentu akan mengganggu kegiatan masyarakat perkotaan yang memiliki mobilitas tinggi dengan hadirnya teknologi terbaru aplikasi terbaik untuk diterapkan di daerah-daerah yang mengalami krisis listrik. Berikut ini manfaat PLTS di daerah perkotaan :

- Berperan serta dalam penghematan energi listrik PLN, yang berarti ikut II-4 menghemat pemakaian bahan bakar minyak bumi.
- Meningkatnya mutu sumber daya manusia, karena proses belajar bisa dilakukan kapan saja tanpa harus terhalang oleh pemadaman listrik dari PLN.

- Mutu penerangan yang cukup baik dengan jumlah biaya pengeluaran yang terjangkau.

2.5.4. Kelebihan dan Kekurangan PLTS

2.5.4.1. Kelebihan PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya merupakan suatu system pembangkit energy listrik yang tidak berpolusi dan menghasilkan listrik dari sinar matahari. Selain itu tenaga matahari juga tersedia melimpah dan gratis. Berikut ini adalah keuntungan menggunakan PLTS :

- Sumber energi yang dipakai tidak pernah habis dan sangat ramah lingkungan.
- Dapat dipakai dimana saja terutama didaerah yang belum terjangkau listrik PLN.
- Tidak memerlukan perawatan khusus sehingga bebas dari segala biaya perawatan.
- Hemat karena tidak memerlukan bahan bakar.
- Bersifat moduler artinya kapasitas listrik yang dihasilkan dapat sesuai dengan kebutuhan.
- Tanpa suara sehingga tidak mengganggu ketertiban umum.
- Ramah lingkungan.
- Pemasangannya sangat mudah.

2.5.4.2. Kekurangan PLTS

Meskipun pembangkit listrik tenaga surya memiliki berbagai keuntungan. Namun PLTS memiliki kelemahan, berikut ini adalah kelemahan dari PLTS :

- Memiliki ketergantungan pada cuaca. Saat mendung kemampuan panel surya menangkap sinar matahari tentu akan berkurang. Akibatnya, PLTS tidak bisa digunakan secara optimal. Karena saat mendung kemampuan PLTS menyimpan energi berkurang sekitar 30 persen.
- Rencana pembangunan PLTS dihadang sejumlah masalah. Masalah utama adalah besarnya biaya membangun pembangkit ini. Yaitu mencapai Rp. 11 milyar per MW. Jika PLTS nanti kapasitasnya 30 MW, berarti biaya yang dibutuhkan Rp 330 Milyar.

2.6. Road Map Penelitian

Road map penelitian panel surya di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Tabel 2.1 Roap Map Penelitian

No	Judul	Nama Penulis	NPM
1	Perencanaan dan pembuatan pembangkit tenaga surya di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Rizki Fadillah	1507230182
2	Variasi kemiringan sudut terhadap efektifitas kinerja panel surya	Yoga Pradona	1507230194
3	Penerapan system otomasi pada panel surya mengikuti arah gerak matahari untuk memaksimalkan kinerja panel surya	Fahrul Rozi	1507230137
4	Analisis pemanfaatan panel surya dalam penghematan daya listrik di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Bayu Anggara	1507230163

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini yaitu di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sahkannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai di nyatakan selesai.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (bulan)							
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Litelatur	■							
3	Desain Alat		■						
4	Pembuatan Alat			■					
5	Pengujian Alat				■				
6	Pengolahan Data				■	■			
7	Penulisan Laporan				■	■	■	■	■
8	Seminar dan Sidang						■	■	■

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Bahan

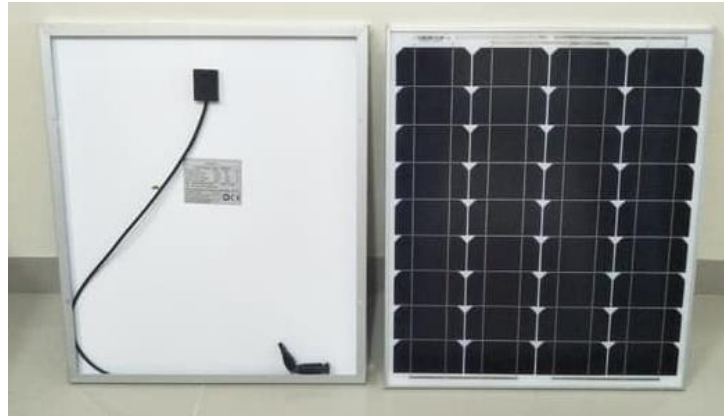
Adapun bahan yang di gunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Panel Surya

Panel surya digunakan untuk mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya yang di gunakan dalam penelitian ini adalah type *monocrystalline* 50 watt dengan spesifikasi keseluruhan dari solar cell sebagai berikut :

- Maks. Daya (Pmax) : 50 Watt

- Maks. Tegangan Listrik (V_{mp}) : 18 Volt
- Tegangan Sirkuit Terbuka (V_{oc}) : 21 Volt
- Maks. Arus Daya (I_{mp}) : 2.7 Ampere
- Modul Operasi Temperatur : -40°C hingga $+85^{\circ}\text{C}$
- Dimensi : $630 \times 540 \times 18$ mm



Gambar 3.1 Panel Surya

2. Charger Controller

Charger controller digunakan sebagai pengatur arus listrik (*current regulator*) baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar / digunakan. Charger controller yang digunakan pada penelitian type PWM (*pulse width modulation*) dengan nilai tegangan 12V/24V dan maksimal input arus surya 30A.



Gambar 3.2 Charger Controller

3. Baterai

Baterai digunakan sebagai penyimpan daya listrik yang dihasilkan dari panel surya setelah penyerap cahaya matahari menjadi listrik. Baterai yang

digunakan pada penelitian ini menggunakan baterai mobil gs astra type gs hybrid 36B20L NS40ZL 12V 35Ah.



Gambar 3.3 Baterai

4. Inverter

Inverter digunakan untuk mengkonversikan daya listrik dari listrik arus searah DC (baterai) ke daya listrik arus bolak balik AC (*alternating current*). Inverter yang di gunakan pada penelitian ini inverter 500W 12V type (Suocer SDA-500) mengubah daya listrik 12V menjadi daya listrik 220V, sehingga cocok untuk penggunaan berbagai alat electronic.



Gambar 3.4 Inverter

5. Lampu

Lampu digunakan sebagai hasil output yang dihasilkan dari baterai setelah proses charging dari panel surya.



Gambar 3.5 Lampu

6. Kabel

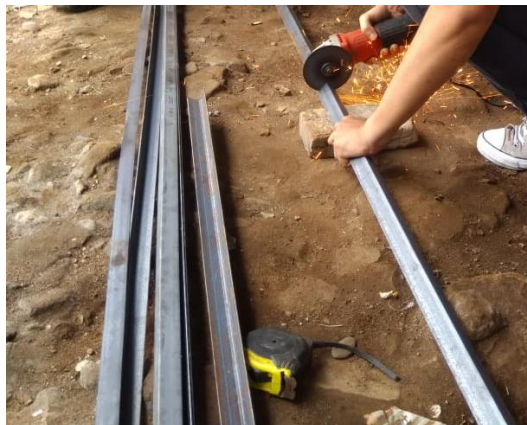
Kabel digunakan untuk menghubungkan arus yang dihasilkan dari panel surya menuju charger controller lalu menuju ke baterai untuk di simpan arus tersebut. Kabel yang di gunakan pada penelitian jenis kabel nyhy (2x2,5 mm).



Gambar 3.6 Kabel

7. Besi Plat

Besi plat digunakan untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Besi yang digunakan untuk rangka panel surya yaitu besi siku (30x30mm), besi *hollow* (25x25mm), dan besi plat lidah (4x2,5mm).



Gambar 3.7 Besi

8. Baut dan Mur

Baut dan mur digunakan untuk memasang besi-besi rangka panel dan komponen-komponen lainnya.



Gambar 3.8 Baut dan Mur

3.2.2. Alat-alat

Adapun alat-alat yang di gunakan pada saat pembuatan alat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin Las

Mesin las digunakan untuk menyambung besi menjadi satu rangkaian untuk rangka panel surya dan komponen lainnya. Mesin las yang di gunakan pada pembuatan alat adalah Mesin Trafo Las MMA tipe Falcon 120e.



Gambar 3.9 Mesin Las

2. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk mengasah/memotong besi-besi untuk membuat rangka panel dan komponen lainnya. Mesin gerinda yang di gunakan pada penelitian ini mesin gerinda tangan tipe MT90.



Gambar 3.10 Mesin Gerinda

3. Mesin Bor

Mesin bor digunakan untuk melubangi besi rangka panel dan komponen lainnya. Mesin bor yang di gunakan pada pembuatan alat penelitian mesin bor Stanley type STEL 101.



Gambar 3.11 Mesin Bor

4. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur besi dalam pembuatan rangka rangka panel dan komponen lainnya.



Gambar 3.12 Meteran

5. Cat dan Kuas

Cat dan kuas digunakan untuk mengecat rangka panel agar besi tidak berkarat dan cat digunakan adalah berwarna biru.



Gambar 3.13 Cat dan Kuas

6. Obeng

Obeng digunakan untuk memasang baut dan komponen lainnya pada saat perakitan alat.



Gambar 3.14 Obeng

7. Kunci Pas Ring

Kunci pas ring digunakan untuk memasang baut pada kerangka panel dan komponen lainnya



Gambar 3.15 Kunci Pas Ring

8. Multimeter

Multimeter di gunakan untuk mengukur tegangan yang dihasilkan panel surya pada saat pengujian. Multimeter yang digunakan adalah Digital Multimeter DT830B.



Gambar 3.16 Multimeter

9. Infrared Thermometer

Infrared thermometer adalah alat ukur yang di gunakan untuk mengukur tempratur pada panel surya yang pada saat pengujian dilakukan. Thermometer yang di gunakan adalah Termometer Infra Merah Laser OC-305C. Dapat mengukur suhu mulai dari -33°C hingga 400°C .



Gambar 3.17 Infrared Thermometer

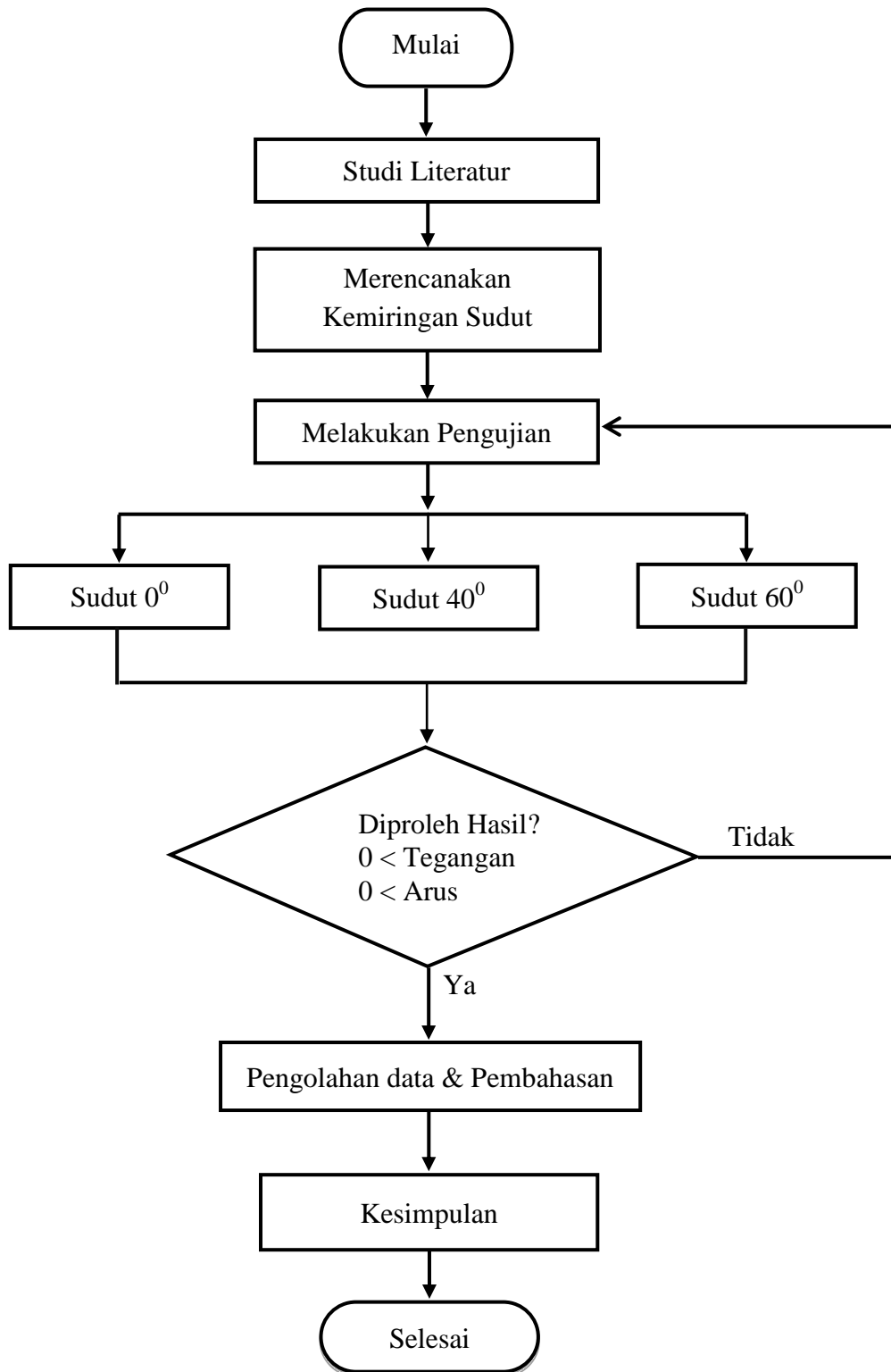
10. Digital Lux Meter

Digital lux meter digunakan untuk mengetahui intensitas radiasi matahari yang dihasilkan dari pancaran sinar matahari pada saat pengujian di lakukan. digital lux meter yang di gunakan adalah tipe YH611 digital lux meter.



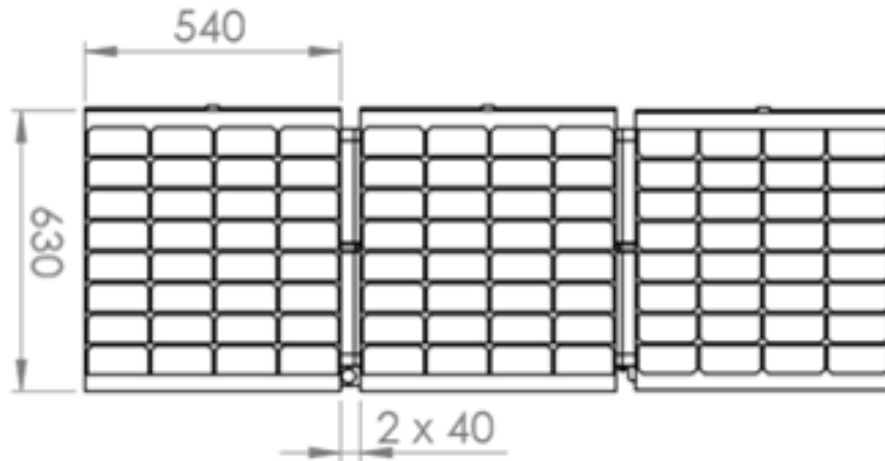
Gambar 3.18 Digital Lux Meter

3.3. Bagan Alir Penelitian

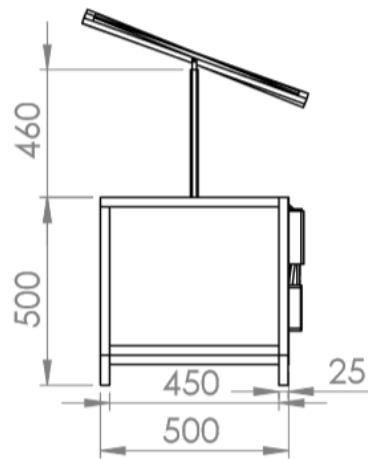


Gambar 3.19 Bagan Alir Penelitian

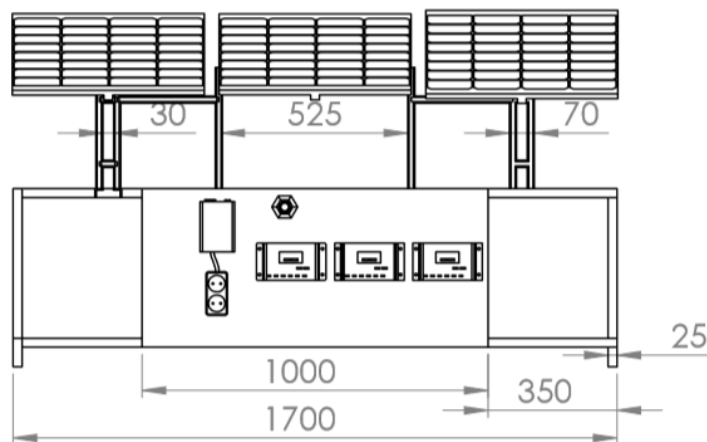
3.4. Rancangan Alat Penelitian



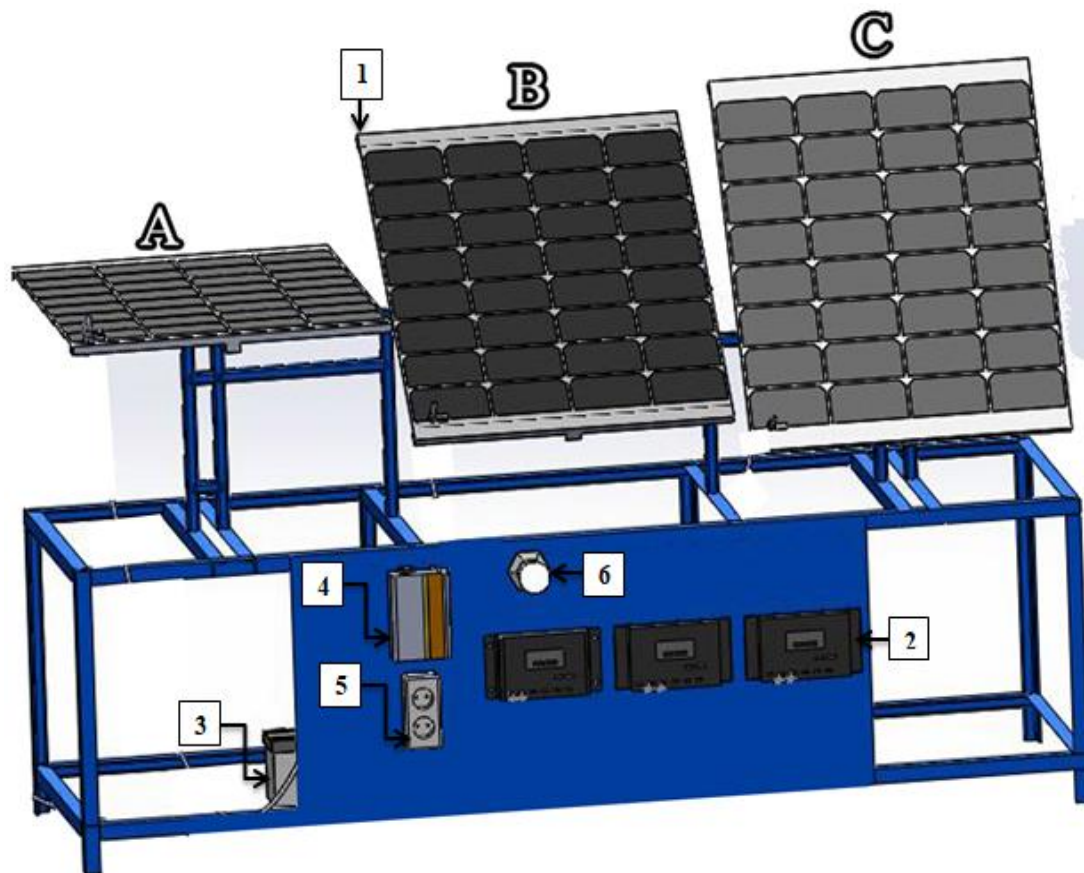
Gambar 3.20 Tampak Atas



Gambar 3.21 Tampak Samping



Gambar 3.22 Tampak Depan



Gambar 3.23 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Keterangan :

1. Panel Surya (50 WP)
 - A. Panel surya sudut 0°
 - B. Panel surya sudut 40°
 - C. Panel surya sudut 60°
2. Charger Controler (12V/24V 30A)
3. Baterai (12V 35A)
4. Inverter (500W 12V)
5. Cok terminal
6. Lampu Dc

3.5. Prosedur Penelitian.

3.5.1. Langkah-langkah Pemasangan PLTS

Adapun langkah-langkah pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sebagai berikut :

1. Memasang tripleks sebagaiudukan charger controller, inverter, dan komponen lainnya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.24



Gambar 3.24 Memasang Triplek

2. Memasang tiang peyangga dudukan panel surya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.25



Gambar 3.25 Memasang Tiang Panel

3. Memasangan panel surya ke tiang dudukan yang terpasang di kerangka yang ditunjukkan pada gambar 3.26



Gambar 3.26 Memasang Panel

4. Memasang charger controller dan inverter ke tripleks yang sudah terpasang di kerangka seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.27



Gambar 3.27 Memasang Charger Controller

5. Memasang baterai dan kabel penghubung keseluruhan komponen seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.28



Gambar 3.28 Memasang Baterai

6. Mengatur sudut kemiringan panel dengan sudut 0° , 40° , 60° sebelum pengujian seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.29



Gambar 3.29 Mengatur Sudut Kemiringan

3.5.2. Langkah-langkah pengujian PLTS

1. Melakukan pengujian panel surya di tempat terbuka yang mendapat sinar matahari, pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.30 Pengujian Panel Surya

2. Melakukan pengukuran intensitas radiasi matahari menggunakan alat ukur digital lux meter dan mencatat hasilnya setiap persetengah jam sekali mulai pukul 08.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.31 Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari

3. Melakukan pengukuran temperatur pada panel surya di sudut kemiringan 0° , 40° , 60° menggunakan thermometer infrared dan mencatat hasilnya setiap setengah jam sekali mulai pukul 08.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.32 Mengukur Temperatur Panel

- Melakukan pengukuran tegangan dan arus yang di hasilkan panel surya sudut 0° , 40° , 60° menggunakan multimeter dan mencatat hasilnya setiap setengah jam sekali mulai pukul 08.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.33 Mengukur Tegangan dan Arus

- Mencatat dan mengkonversikan daya yang di hasilkan panel surya sudut 0° , 40° , 60° setelah di dapat nilai tegangan dan arus, setiap setengah jam sekali mulai pukul 08.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.34 Mencatat Hasil Pengujian

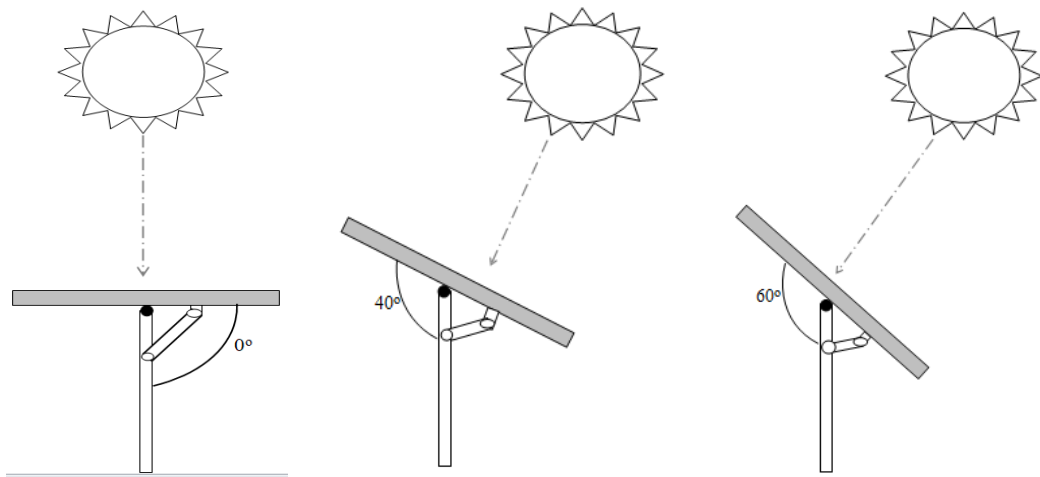
- Setelah selesai pengujian dilakukan maka membersihkan lokasi pengujian dan merapikan alat-alat yang telah digunakan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Efektifitas Kemiringan Sudut Pada Panel Surya Terhadap Penyerapan Intensitas Cahaya Matahari

Pada penelitian ini melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh sudut terhadap penyerapan intensitas cahaya matahari dan keluaran yang di hasilkan panel surya selama pengujian. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut kemiringan terhadap radiasi matahari yang di terima panel surya dan juga untuk mengetahui seberapa besar keluaran dari panel surya yang di hasilkan seperti tegangan, arus dan daya.

Pengujian di lakukan selama 6 hari mulai pukul 07.30 wib sampai 17.00 wib dengan 3 variasi sudut kemiringan 0° , 40° , 60° arah timur dan arah barat. Pada pukul 07.30 wib sampai 14.00 wib posisi panel surya menghadap arah timur, sedangkan pukul 14.00 sampai 17.00 wib menghadap arah barat. Untuk hasil pengujian keluaran dari panel surya seperti tegangan, arus dapat di lihat pada tabel 4.1



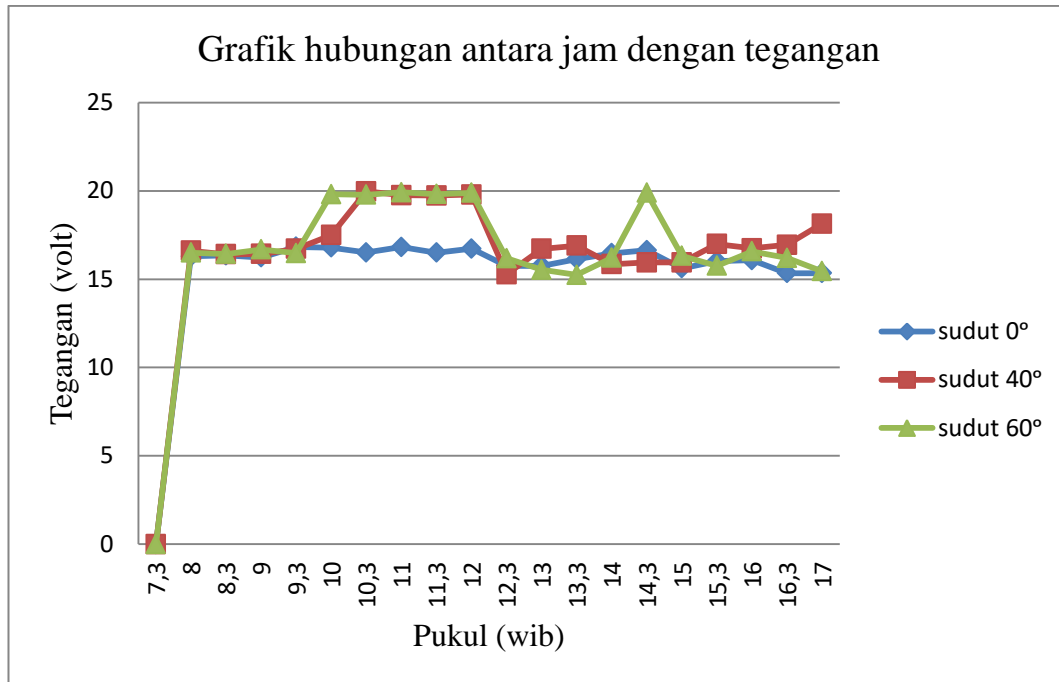
Gambar 4.1 Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 0, 40, 60 Derajat

Berdasarkan dari hasil pengujian yang dilakukan pada kemiringan sudut 0° , 40° , dan 60° . Bahwa pemasangan kemiringan panel surya yang optimal di Kota Medan menggunakan sudut kemiringan 40° (Yoga, 2019). Pengujian dan pengambilan data di lakukan selama 6 hari dan data yang ditampilkan adalah data satu hari yang paling optimal dan maksimal. Berikut data hasil penelitian menyatakan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pada Tanggal 07 Mei 2019 (Yoga, 2019)

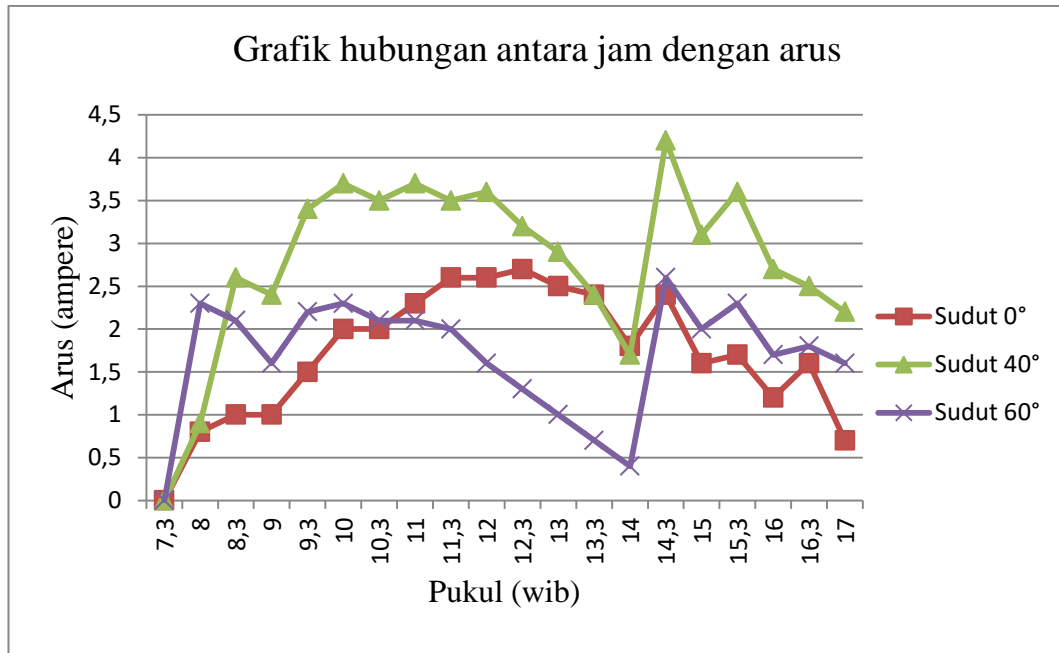
No.	Jam	Intensitas Cahaya Matahari	Posisi Sudut Panel 0°			Posisi Sudut Panel 40°			Posisi Sudut Panel 60°		
			Temperatur °C	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Temperatur °C	Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Temperatur °C	Tegangan (volt)	Arus (ampere)
1	07.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	751	34,3	16,29	0,8	45,1	16,61	0,9	49,4	16,50	2,3
3	08.30	787	39,3	16,35	1,0	51	16,41	2,6	52,6	16,43	2,1
4	09.00	266	37,7	16,23	1,0	42,7	16,43	2,4	45,2	16,68	1,6
5	09.30	742	43,7	16,83	1,5	50,1	16,72	3,4	49,5	16,47	2,2
6	10.00	883	48,8	16,79	2,0	53,7	17,50	3,7	57,7	19,81	2,3
7	10.30	882	51,3	16,51	2,0	52,7	19,97	3,5	52,7	19,78	2,1
8	11.00	889	50,8	16,82	2,3	57,4	19,75	3,7	52,7	19,92	2,1
9	11.30	746	53,4	16,50	2,6	56,6	19,73	3,5	54,4	19,82	2,0
10	12.00	923	54,4	16,73	2,6	56,3	19,79	3,6	49,4	19,89	1,6
11	12.30	899	53	15,76	2,7	51,9	15,28	3,2	46,2	16,18	1,3
12	13.00	897	48,7	15,76	2,5	46,2	16,72	2,9	41	15,53	1,0
13	13.30	814	50,3	16,14	2,4	48	16,90	2,4	40,6	15,24	0,7
14	14.00	647	44	16,46	1,8	40,2	15,85	1,7	36,1	16,21	0,4
15	14.30	912	50,7	16,64	2,4	54,3	15,95	4,2	54,6	19,89	2,6
16	15.00	667	45,6	15,61	1,6	50	15,95	3,1	47,5	16,32	2,0
17	15.30	633	42,1	16,02	1,7	47,5	16,99	3,6	49,1	15,76	2,3
18	16.00	591	40,5	16,07	1,2	45,2	16,74	2,7	45,6	16,57	1,7
19	16.30	644	39	15,34	1,6	45,6	16,94	2,5	46,8	16,20	1,8
20	17.00	599	36,5	15,34	0,7	44,3	18,14	2,2	47,2	15,45	1,6
		Total	864,1	308,19	34,4	938,8	328,37	55,8	918,3	328,65	33,7
		Rata-rata	43,2	15,41	1,72	46,9	16,41	2,79	45,9	16,43	1,68

Tabel di atas adalah data hasil pengujian ke 4 pada tanggal 07 mei 2019 dari pukul 07.30 sampai 17.00 untuk mengetahui tegangan dan arus yang di dihasilkan persetengah jam sekali dengan perbandingan 3 sudut yaitu sudut 0°, 40°, dan 60°. Maka untuk melihat hasil perbandingan tegangan dan arus berdasarkan 3 sudut kemiringan dapat di lihat pada gambar 4.2 grafik hubungan antara jam dengan tegangan dan gambar 4.3 grafik hubungan antara jam dengan arus.



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Jam dengan Tegangan

Dari grafik pada Gambar 4.2 dapat di lihat bahwa tegangan maksimum yang dihasilkan oleh sudut kemiringan 0° adalah 16,83 V dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,34 V, dan tegangan rata-rata adalah 15,41 V. pada tegangan yang di hasilkan pada sudut 0° tidak begitu tinggi di bandingkan sudut 40° dan 60° . Sedangkan tegangan maksimum yang dihasilkan oleh sudut 40° naik sekitar pukul 10.00 sampai dengan 12.00, namun turun dari jam 12.30 sampai 13.00 namun ada kenaikan tegangan dari jam 14.00 karena panel pindah posisi ke arah barat. Dari pengolahan data hasil penelitian selama 1 hari di dapatkan tegangan maksimal adalah 19,97 V sedangkan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,28 V, dan tegangan rata-ratanya adalah 16,41 V. Dan tegangan maksimum yang di hasil sudut 60° naik sekitar pukul 10.00 sampai dengan 12.00, namun turun dari jam 12.30 sampai 13.00 dan naik lagi tegangan jam 14.00 karena panel surya pindah posisi sudut ke arah barat, tegangan maksimum yang di hasilkan adalah 19,92 V sedangkan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,45 V dan tegangan rata-ratanya adalah 16,43. Maka tegangan yang dihasilkan dari 3 sudut yang paling maksimal adalah sudut kemiringan 60° .



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Jam dengan Arus

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menampilkan perbandingan arus dengan sudut kemiringan 0°, 40° dan 60°. dapat di lihat pada grafik bahwa arus yang dihasilkan oleh sudut 0° dari pukul 08.00 sampai 12.30 selalu meningkat, namun dari pukul 12.30 sampai 17.00 arus yang dihasilkan menurun, arus maksimum yang dihasilkan adalah 2,7 A sedangkan arus minimum yang dihasilkan adalah 0,6 A, dan arus rata-ratanya adalah 1,72 A. Sedangkan arus yang maksimal di hasilkan pada sudut 40° pukul 14.30 sebesar 4,2 A, arus yang minimum di hasilkan adalah 0,9 A pada pukul 08.00, dan arus rata-ratanya adalah 2,79 A. dan arus yang maksimal di hasilkan dari sudut 60° sebesar 2,6 A pukul 14.30, sedangkan arus minimum yang dihasilkan adalah 0,4 A pukul 14.00 dan arus rata-rata yang di hasilkan adalah 1,68 A. Maka pada grafik di atas bahwa arus yang paling optimal adalah sudut 40°.

Pada perhitungan daya yang dihasilkan di lakukan dengan persamaan perkalian tegangan (V) dengan kuat arus (I) pada setiap 30 menit. Kemudian untuk total daya dalam satu hari, diperoleh dengan cara menjumlahkan seluruh daya yang dihasilkan oleh panel surya.

➤ Kemiringan 0°, pada pukul 08.00 wib diperoleh daya sebesar

$$P = V \times I$$

$$= 16,29 \text{ V} \times 0,8 \text{ A}$$

$$= 13,03 \text{ watt}$$

➤ Kemiringan 40⁰, pada pukul 08.00 wib diperoleh daya sebesar

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 16,61 \text{ V} \times 0,9 \text{ A} \\
 &= 14,95 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

➤ Kemiringan 60⁰, pada pukul 08.00 wib diperoleh daya sebesar

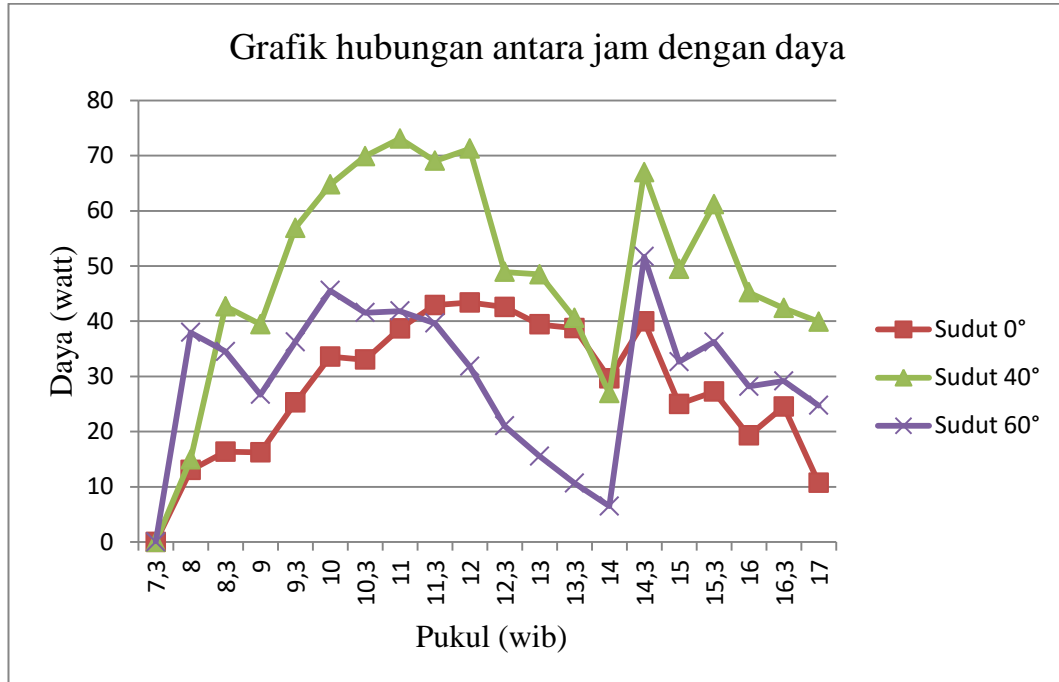
$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 16,50 \text{ V} \times 2,3 \text{ A} \\
 &= 37,95 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Dengan metode perhitungan mencari daya yang sama seperti di atas, maka hasil perhitungan daya secara lengkap di tampilkan pada tabel 4.2 dibawah ini sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Daya

No.	Jam	Posisi Sudut Panel 0 ⁰			Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
		Tegangan (volt)	Arus (ampe)	Daya (watt)	Tegangan (volt)	Arus (ampe)	Daya (watt)	Tegangan (volt)	Arus (ampe)	Daya (watt)
1	07.30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	16,29	0,8	13,03	16,61	0,9	14,95	16,5	2,3	37,95
3	08.30	16,35	1,0	16,35	16,41	2,6	42,67	16,43	2,1	34,50
4	09.00	16,23	1,0	16,23	16,43	2,4	39,43	16,68	1,6	26,69
5	09.30	16,83	1,5	25,24	16,72	3,4	56,89	16,47	2,2	36,23
6	10.00	16,79	2,0	33,58	17,50	3,7	64,75	19,81	2,3	45,56
7	10.30	16,51	2,0	33,02	19,97	3,5	69,89	19,78	2,1	41,54
8	11.00	16,82	2,3	38,68	19,75	3,7	73,07	19,92	2,1	41,83
9	11.30	16,50	2,6	42,90	19,73	3,5	69,05	19,82	2,0	39,64
10	12.00	16,73	2,6	43,49	19,79	3,6	71,24	19,89	1,6	31,82
11	12.30	15,76	2,7	42,55	15,28	3,2	48,90	16,18	1,3	21,03
12	13.00	15,76	2,5	39,40	16,72	2,9	48,49	15,53	1,0	15,53
13	13.30	16,14	2,4	38,73	16,90	2,4	40,56	15,24	0,7	10,67
14	14.00	16,46	1,8	29,63	15,85	1,7	26,94	16,21	0,4	6,48
15	14.30	16,64	2,4	39,94	15,95	4,2	66,99	19,89	2,6	51,71
16	15.00	15,61	1,6	24,98	15,95	3,1	49,44	16,32	2,0	32,64
17	15.30	16,02	1,7	27,23	16,99	3,6	61,16	15,76	2,3	36,25
18	16.00	16,07	1,2	19,28	16,74	2,7	45,20	16,57	1,7	28,17
19	16.30	15,34	1,6	24,54	16,94	2,5	42,35	16,2	1,8	29,16
20	17.00	15,34	0,7	10,74	18,14	2,2	39,91	15,45	1,6	24,72
Total				477,3			971,8			592,1
Rata-rata				26,52			48,59			29,60

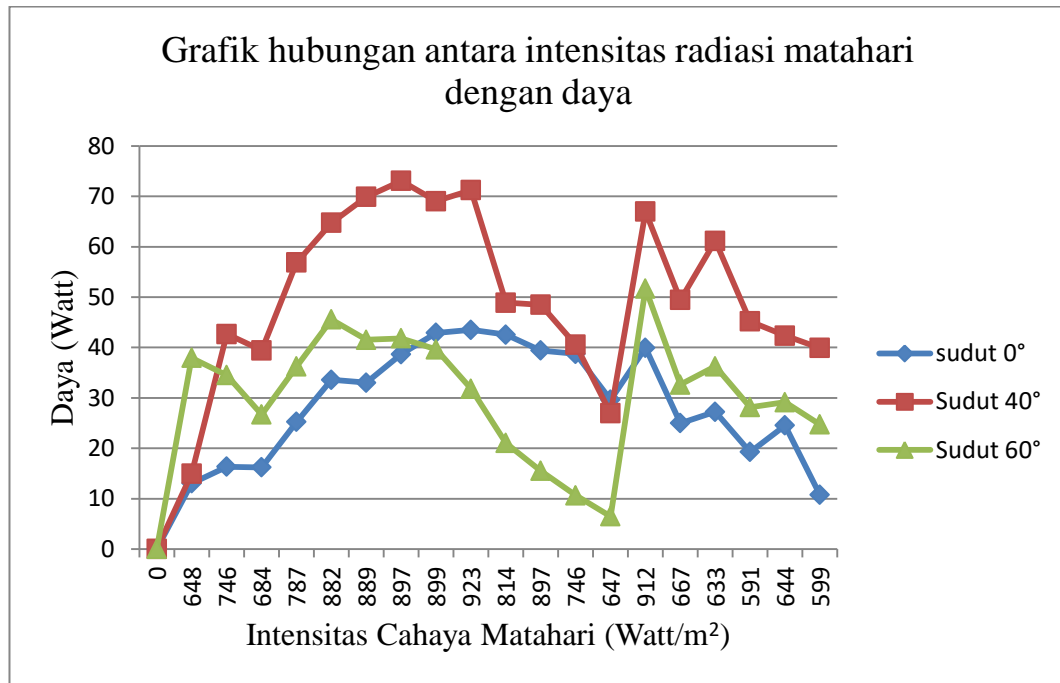
Tabel di atas adalah hasil dari perhitungan daya yang di dihasilkan dari pengujian 1 hari pukul 07.30 sampai 17.00 dengan sudut kemiringan 0° , 40° , dan 60° . Tabel tersebut di tampilkan untuk mengetahui daya yang paling maksimal dari hasil sudut kemiringan 0° , 40° , dan 60° persetengah jam sekali selama 1 hari.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Jam dengan Daya

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menampilkan perbandingan daya hasil pengujian dari jam 07.30 sampai 17.00 dengan sudut kemiringan 0° , 40° dan 60° . dapat di lihat pada grafik bahwa daya yang dihasilkan oleh sudut 0° dari pukul 08.00 sampai 12.00 selalu meningkat, namun dari pukul 12.00 sampai 17.00 mengalami penurunan daya yang hasilkan hanya saja naik pada pukul 14.30. daya maksimum yang dihasilkan adalah 43,49 Watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 13,03 Watt, dan daya rata-ratanya adalah 26,52 Watt. Untuk daya maksimal yang di dihasilkan pada sudut 40° dari pukul 08.00 sampai 11.00, sedangkan dari pukul 11.30 daya yang di dihasilkan semakin menurun hingga pukul 14.00, namun pukul 14.30 daya tinggi lagi karena posisi panel surya pindah kearah barat yang sebelum arah timur mulai pukul 07.30 sampai 14.00, daya maksimum yang dihasilkan adalah 73,07 Watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 14,95 Watt, dan daya rata-ratanya adalah 48,59 Watt. Sedangkan daya yang dihasilkan pada sudut 60° tidak begitu maksimal dapat lihat pada grafik bahwa daya maksimum yang dihasilkan adalah

51,71 Watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 6,48 Watt, dan daya rata-ratanya adalah 29,60 Watt. Maka daya yang di hasil dari 3 sudut yang optimal adalah sudut 40°.



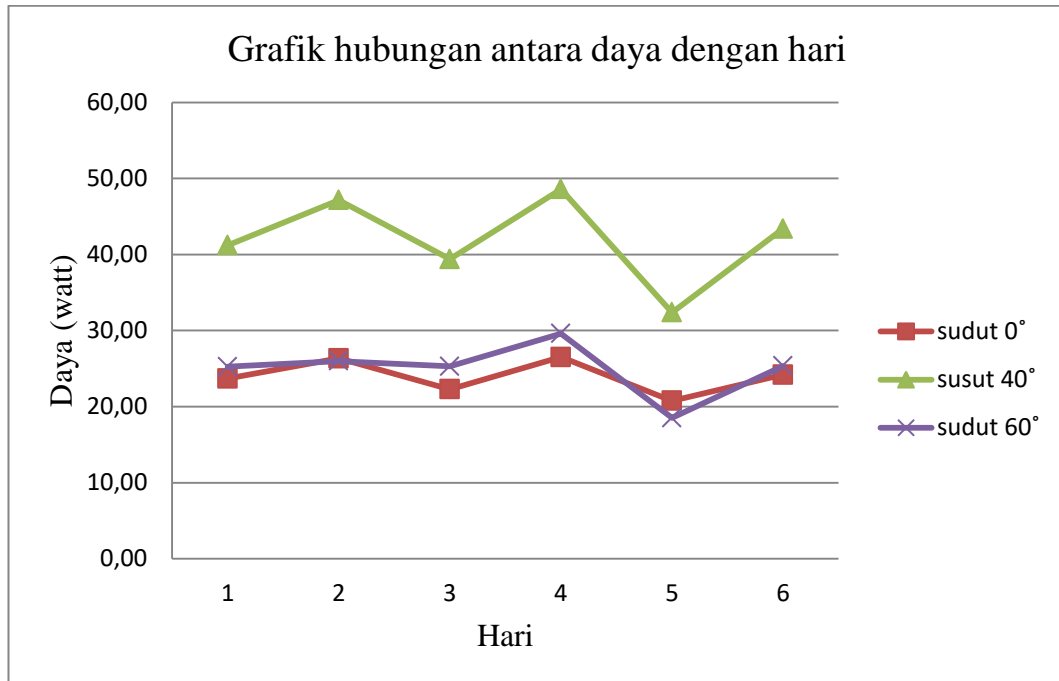
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Intensitas Radiasi Matahari dengan Daya

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa grafik tersebut perbandingan intensitas radiasi matahari terhadap daya yang di hasilkan. Intensitas radiasi matahari maksimal sekitar 923 Watt/m² dengan daya maksimal yang di hasilkan 71,24 Watt pada sudut 40 derajat, sedangkan radiasi matahari minimum sekitar 591 Watt/m² dengan daya maksimal yang di hasilkan sebsar 45,20 Watt di sudut 40 derjat. Dari grafik tersebut dapat di lihat bahwa intensitas radiasi matahari berpengaruh terhadap daya yang di hasil kan dari panel surya. Untuk melihat lebih jelas dapat di lihat pada tabel 4.1

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Selama 6 Hari

Hari	Tegangan (volt)			Arus (ampere)			Daya (watt)			Cuaca
	Sudut 0°	Sudut 40°	Sudut 60°	Sudut 0°	Sudut 40°	Sudut 60°	Sudut 0°	Sudut 40°	Sudut 60°	
1	15,01	16,18	16,36	1,48	2,36	1,44	23,70	41,23	25,24	Cerah
2	15,29	15,65	16,20	1,64	2,87	1,51	26,34	47,16	25,99	Cerah
3	15,30	16,05	16,41	1,38	2,35	1,44	22,28	39,39	25,29	Cerah
4	15,41	16,42	16,43	2,80	2,79	1,69	26,52	48,59	29,61	Cerah
5	14,99	15,53	15,75	1,31	1,97	1,10	20,76	32,39	18,51	Mendung
6	15,37	16,62	16,52	1,50	2,42	1,45	24,19	43,39	25,34	Cerah

Tabel di atas adalah hasil pengujian selama 6 hari untuk mengetahui tegangan, arus dan daya dari panel surya yang dihasilkan dari sudut 0° , 40° dan 60° . Data yang di tampilkan adalah nilai rata-rata tegangan, arus dan daya dalam perhari nya yang di hasilkan selama pengujian dari jam 07.30 sampai 17.00 wib.



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Daya dengan Hari

Dari grafik pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa grafik tersebut menampilkan perbandingan daya selama 6 hari pengujian dengan sudut kemiringan 0° , 40° dan 60° namun daya yang dihasilkan adalah nilai rata-rata daya perhari pukul 07.30 sampai 17.00. pada grafik dapat dilihat bahwa daya maksimal yang dihasilkan di dari sudut 0° pada hari ke 4 sebesar 26,52 watt dan daya minimum pada hari ke 5 sebesar 20,76 watt. Sedangkan daya maksimal yang di hasilkan dari sudut 40° pada hari ke 4 juga sebesar 48,59 watt dan daya minimum yang dihasilkan pada hari 5 sebesar 32,39 watt. Namun daya maksimal yang dihasilkan dari sudut 60° pada hari 4 sebesar 29,61 watt dan daya minimum yang di hasilkan pada hari ke 5 sebesar 18,51 watt. Dapat di lihat bahwa daya yang di hasilkan di sudut 40° dalam perhari rata-ratanya mencapai 40 watt, sedangkan sudut 0° dan 60° daya yang di hasil di bawah rata-rata 30 watt. Maka daya yang di hasilkan sudut 40° yang paling maksimal.

Dari data tabel 4.3 di peroleh selama pengujian 6 hari dapat di lihat pada grafik bahwa jumlah daya yang paling tinggi dihasilkan pada sudut 40 derajat. Maka hal ini membuktikan bahwa sudut yang paling efektif dalam pemasangan panel surya berada pada posisi 40 derajat.

4.2. Potensi Penghematan Daya Listrik di Gedung D Fakultas Teknik UMSU

Bedasarkan uraian pada bab 2, bahwa kebutuhan daya listrik di gedung D Lt 3 mencapai 45,565 kW atau 45565 Watt. Jumlah tersebut berasal dari komponen AC, lampu penerangan, dispenser, komputer, sedangkan komponen lainnya diabaikan.

Setelah pengujian dari jam 07.30 sampai 17.00 wib, daya rata-rata paling maksimal yang di hasilkan dari panel surya 50 wp dari sudut 40 derajat sebesar 48,59 Watt, hasil tersebut di ambil dari hasil pengujian yang di tampilkan pada tabel 4.2. Jika UMSU menerapkan panel surya sebanyak 100 unit dengan kapasitas 50 wp maka dapat menghasilkan daya sebesar 4859 Watt atau 4,859 kW, dengan kebutuhan daya listrik sebesar 45565 Watt.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah daya listrik} &= \text{Total kebutuhan listrik} - \text{Total daya yang di hasilkan} \\ &= 45565 \text{ Watt} - 4859 \text{ Watt} \\ &= 40706 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Panel surya sebanyak 100 unit hanya mampu menghemat daya listrik sebesar 4859 Watt maka daya sebesar 40706 Watt di suplay kembali menggunakan listrik dari PLN. Daya total kebutuhan listrik sebesar 45565 Watt jika di rupiahkan sebesar Rp. 62.424,- maka dengan menggunakan panel surya 100 unit daya yang di hasilkan sebesar 4859 Watt jika di rupiahkan sebesar Rp. 6.656,- ini lah biaya yang dapat di hemat.

4.2.1. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Gedung D Fakultas Teknik UMSU

Total daya PLN yang digunakan untuk lampu penerangan, AC, computer, dan komponen peralatan lainnya di gedung D Fakultas Teknik UMSU, meliputi :

- 35 unit AC (850 Watt per unit) = 29750 Watt
- 105 unit lampu (35 Watt per unit) = 3675 Watt
- 10 dispenser (494 Watt per unit) = 4940 Watt
- 36 computer (200 Watt per unit) = 7200 Watt

Maka jumlah total daya listrik adalah 45565 Watt atau 45,565 kW.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka dibutuhkan beberapa banyak panel surya, baterai, charge controller, inverter dan peralatan pendukung lainnya. Pada penelitian ini menggunakan panel surya type *monocrystalline* 50 WP maka kita bisa menghitung berapa panel surya yang dibutuhkan dan komponen lainnya.

4.2.2.1. Perhitungan Jumlah Panel Surya yang di Butuhkan

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka dibutuhkan beberapa banyak panel surya dengan menggunakan pendekatan rumus dibawah ini maka kita biasa menghitung berapa panel surya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebesar 45565 Watt.

➤ Perhitungan Berdasarkan Spesifikasi Panel Surya

Dik : daya maksimum panel surya 50 WP = 50 Watt lihat pada bab 3

$$T = \frac{P_{total}}{P_{per\ panel}}$$

Dimana :

T = Total panel surya

P_{total} = Kebutuhan daya listrik (Watt)

$P_{per\ panel}$ = Hasil daya per panel (Watt)

Dik : P_{total} = 45565 Watt

$P_{per\ panel}$ = 50 Watt

Maka :

$$\begin{aligned} T &= \frac{45565\ \text{Watt}}{50\ \text{watt}} \\ &= 911,3 \approx 912\ \text{panel surya} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan berdasarkan daya maksimal dari hasil pengujian

Dik : daya maksimum hasil pengujian = 73,07 Watt lihat pada tabel 4.2

$$T = \frac{P_{total}}{P_{per\ panel}}$$

Dimana :

T = Total panel surya

P_{total} = Kebutuhan daya listrik (Watt)

$P_{per\ panel}$ = Hasi daya per panel (Watt)

Dik : $P_{total} = 45565 \text{ Watt}$

$P_{per \text{ panel}} = 73,07 \text{ Watt}$

Maka :

$$T = \frac{45565 \text{ Watt}}{73,07 \text{ Watt}}$$
$$= 623,9 \approx 624 \text{ panel surya}$$

➤ Perhitungan berdasarkan daya rata-rata dari hasil pengujian

Dik : daya rata-rata hasil pengujian = 48,59 Watt lihat pada tabel 4.2

$$T = \frac{P_{total}}{P_{per \text{ panel}}}$$

Dimana :

T = Total panel surya

P_{total} = Kebutuhan daya listrik (Watt)

$P_{per \text{ panel}}$ = Hasi daya per panel (Watt)

Dik : $P_{total} = 45565 \text{ Watt}$

$P_{per \text{ panel}} = 48,59 \text{ Watt}$

Maka :

$$T = \frac{45565 \text{ Watt}}{48,59 \text{ Watt}}$$
$$= 937,7 \approx 938 \text{ panel surya}$$

4.2.2.2. Perhitungan Jumlah Baterai yang di Butuhkan

Untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut maka dibutuhkan beberapa banyak baterai dengan daya listrik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan sebesar 45565 Watt.

$$T = \frac{P_{total} \times \text{Lama pemakaian}}{(V \times Ah)}$$

Dimana :

T = Total

P_{total} = Daya listrik dalam satuan (Watt)

V = Tegangan baterai (Volt)

I = Arus listrik dalam satuan (Ampere)

Lama pemakaian = 8 jam

Dik : $P = 45565 \text{ Watt}$

$V = 12 \text{ V}$

$I = 100 \text{ Ah}$

$$\text{Maka : } T = \frac{45565 \text{ Watt} \times 8 \text{ jam}}{(12 \text{ V} \times 100 \text{ Ah})}$$

$$= 303,7 \text{ baterai} \approx 304 \text{ baterai}$$

Bateri yang dibutuhkan 38 buah baterai 12 V, 100 Ah

$304 \times 2 = 608$ Total pemakaian baterai adalah 608 buah

Jumlah batterai 608 buah itu hanya dipakai 50%, untuk menjaga ketahanan baterai.

4.2.2.3.Perhitungan Besarnya Kapasitas Ampere Charge Controller yang di Butuhkan

Untuk memenuhi kebutuhan listrik maka perlu alat pengontrol arus masuk dan keluar dari aki di tentukan dalam satuan ampere. Untuk menghitung kebutuhan *charge controller* maka menggunakan rumus dibawah ini.

$$T = \text{jumlah panel} \times I_{sc} \text{ (short circuit current)}$$

Dimana :

$$\text{Jumlah panel} = 912 \text{ unit (50 WP)}$$

$$I_{sc} \text{ (short circuit current)} = 3.0 \text{ A (50 WP)}$$

Maka :

$$T = 911 \times 3.0 \text{ A}$$

$$= 2736 \text{ A}$$

Kapasitas charge controller yang dibutuhkan input arus surya 2736 A.

4.2.2.4.Jumlah Kapasitas Inverter yang di Butuhkan

Inverter untuk merubah arus DC menjadi arus AC, inverter yang di gunakan pada perencanaan penggunaan panel surya di gedung lt 3 D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan daya listrik sebesar 45,565 kW, maka kapasitas inverter harus lebih besar dari daya listrik yang di butuhkan.

4.3. Perencanaan Pembiayaan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Gedung D Fakultas Teknik UMSU.

Perencanaan pembiayaan pembangkit listrik tenaga surya di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan total kebutuhan daya listrik sebesar 45,565 kW untuk penggunaan peralatan electronic seperti, AC, dispenser, computer dan lampu penerangan selama 8 jam perhari maka membutuhkan panel surya sebanyak 912 unit dengan kapasitas 50 wp dan baterai sebanyak 608 buah dengan kapasitas 12V 100A. Maka dalam perencanaan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya di gedung D Lt 3 membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.976.000.000,-. Pembiayaan tersebut belum termasuk komponen lainnya seperti charge controller, inverter, kabel, peralatan lain termasuk juga biaya perawatannya. Biaya yang di hitung hanya panel surya dan baterai.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh maka dapat di simpulkan bahwa :

1. Kemiringan 40 derajat menghasilkan daya listrik sebesar 48,59 Watt. Daya ini merupakan daya paling tinggi jika dibandingkan dengan kemiringan 0 derajat mencapai 26,52 Watt dan pada kemiringan 60 derajat mencapai 29,60 Watt. Maka kemiringan sudut terbaik untuk pemasangan panel surya di gedung D Fakultas Teknik Univesitas Muhammadiyah Sumatera Utara berada pada posisi kemiringan sudut 40 derajat.
2. Kebutuhan daya listrik di gedung D Lt 3 mencapai 45565 Watt. Panel surya 50 WP menghasilkan daya rata-rata sebesar 48,59 Watt di sudut 40 derajat. Dengan menerapkan 100 unit panel surya 50 WP maka daya yang di hasilkan 4859 Watt. Maka 100 unit panel surya jika di terapkan dapat menghemat daya listrik sebesar 4859 Watt dari kebutuhan daya listrik sebesar 45565 Watt.
3. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di Gedung D Lt 3 sebesar 45565 Watt, maka dibutuhkan sedikitnya 912 panel surya 50 Watt dan baterai sebanyak 608 buah dengan kapasitas 12V 100A. Jumlah ini sangat besar dan membutuhkan biaya sebesar Rp. 1.976.000.000,-. Biaya tersebut di luar peralatan lain seperti charge controller, inverter dan komponen pendukung lainnya termasuk biaya perawatan juga.

5.2. Saran

1. Bagi pengguna panel surya atau yang ingin menggunakan panel surya sebaiknya menggunakan kemiringan sudut panel surya sebesar 40 derajat khususnya di Kota Medan.
2. Penulis sepenuhnya menyadari bahwa penulisan skripsi tentang pembangkit tenaga surya ini masih belum cukup sempurna, maka dari itu pada riset berikutnya penulis menyarankan agar ini bisa lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin maju.

DAFTAR PUSTAKA

- Buwono, C M. (2010) *Rancang Bangun System Pengendali Pengisian Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-paralel*. Tugas Akhir, Depok: Program Studi Teknik Elektro, UI.
- Budi Yuwono. (2015) *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51*. Skripsi, Surakarta: Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
- Eflita Yohana, Darmanto. (2012) *Uji Eksperimental Pengaruh Sudut Kemiringan Modul Surya 500 Watt Peak dengan Posisi Mengikuti Pergerakan Arah Matahari*. Laporan Tugas Akhir, Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegor.
- Fahlevi Reza. (2014) *Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya*. Jurnal, Sukoharjo: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, UMS.
- Lin Ching Lung. (2015) *Case Study of Solar Power Producing Efficiency from a Photovoltaic System*. Open Journal of Energy Efficiency, Taiwan: Department of Electrical Engineering, Mingshin University of Science and Technology.
- Mohd Rizwan Sirajuddin Shaikh, dkk. (2017) *A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Pune: Department of Electrical Engineering, Savitribai Phule Pune University.
- Patricia Hanna J. (2012) *Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)*. Skripsi, Depok: Program Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik, UI.
- Subekti Yuliananda, Gede Surya, RA Retno Hastijanti. (2015) *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. Jurnal Pengabdian LPPM, Surabaya: Fakultas Teknik, UNTAG.
- <https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>, 2019

LAMPIRAN
LAMPIRAN

Hasil Pengujian Ke 1 Tanggal 01 Mei 2019

No	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	238	32,9	15,13	0,4	6,05	32,9	13,06	0,8	10,44	34	15,49	0,5	7,74
3	08.30	T	312	32,9	15,39	0,4	6,16	32,7	16,33	0,8	13,06	35,5	15,31	0,5	7,65
4	09.00	T	873	40,8	17,43	1,8	31,37	47,3	17,24	4,4	75,85	48,8	16,65	2,7	44,95
5	09.30	T	463	35	14,31	0,9	12,88	37,8	17,75	1,9	33,72	38,9	13,5	1,2	16,2
6	10.00	T	505	44,2	15,46	1,1	17,01	45,8	16,39	1,8	29,51	44,4	16,34	1,1	17,97
7	10.30	T	923	54,4	16,05	2,2	35,31	55,9	17,42	4,1	71,42	51,5	16,04	2,2	35,29
8	11.00	T	582	46,1	13,45	1,4	18,83	46	14,14	2,1	29,69	43,5	13,82	1,2	16,58
9	11.30	T	697	50,5	15,41	3,2	49,31	51	14,77	3,1	45,78	48	20,1	1,1	22,11
10	12.00	T	385	47,9	16,61	0,8	13,29	46,6	16,25	1,1	17,87	46,6	15,61	0,5	7,805
11	12.30	T	946	52,2	17,51	3,0	52,53	48,8	17,21	0,9	15,48	47,1	18,64	1,4	26,10
12	13.00	T	871	46,2	16,76	0,7	11,73	43	15,19	0,8	12,15	40,9	19,08	0,3	5,72
13	13.30	T	797	48,5	15,18	1,9	28,84	43,7	17,46	2,1	36,67	41,8	19,71	0,6	11,83
14	14.00	T	823	51,6	17,12	2,5	42,80	45,8	19,97	1,8	35,94	40,3	16,47	0,4	6,59
15	14.30	B	871	49,6	15,27	2,4	36,65	51,5	20,2	4,3	86,86	52,8	19,97	2,6	51,92
16	15.00	B	896	50	16,73	2,2	36,81	53,2	19,99	4,2	83,96	54	15,62	2,7	42,17
17	15.30	B	775	44	16,21	1,9	30,68	49,1	17,5	4,2	73,5	55,4	20,2	2,7	54,54
18	16.00	B	813	43,5	16,15	1,5	24,22	49,1	16,11	3,7	59,61	55,6	19,98	2,5	49,95
19	16.30	B	585	37,8	15,19	0,6	9,114	43,8	20,4	2,4	48,96	45,7	17,68	2,5	44,2
20	17.00	B	715	33,4	14,82	0,7	10,37	40,8	16,3	2,7	44,01	43,4	16,9	2,1	35,49
	Total		1307	841,5	841,5	29,6	473,95	864,8	323,68	47,2	824,521	826,4	327,11	28,8	504,83
	Rata-rata		653	42,1	42,07	1,48	23,69	43,2	16,18	2,36	41,22	43,4	16,35	1,44	25,24

Hasil Pengujian Ke 2 Tanggal 02 Mei 2019

No	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	903	33,7	16,33	0,6	9,80	36,7	16,34	1,0	16,34	38,5	16,43	1,4	23,01
3	08.30	T	521	35,7	15,15	0,6	9,09	40,2	16,55	1,5	24,82	42,5	15,33	1,1	16,86
4	09.00	T	939	45,2	16,55	1,2	19,86	51,4	16,37	2,6	42,56	52,9	16,54	1,7	28,11
5	09.30	T	792	46,6	16,57	1,8	29,83	53,9	15,45	3,8	58,71	53,6	16,64	2,5	41,6
6	10.00	T	745	48,7	16,11	2,2	35,44	54,8	17,42	4,1	71,42	53,9	16,33	2,5	40,82
7	10.30	T	249	38,3	16,55	0,6	9,93	40,6	15,36	4,0	61,44	39,9	16,26	0,6	9,756
8	11.00	T	307	38,9	16,38	0,9	14,74	40,7	16,64	1,7	28,29	39,9	16,27	1,0	16,27
9	11.30	T	550	55,1	15,61	2,8	43,71	56,4	16,1	4,0	64,4	53,7	16,61	2,1	34,88
10	12.00	T	834	56,5	15,57	2,7	42,04	54,8	16,16	3,6	58,18	50,8	16,02	1,7	27,23
11	12.30	T	834	55,3	16,11	2,7	43,50	52,2	17,36	3,2	55,55	49,3	15,42	1,3	20,04
12	13.00	T	738	53,4	15,4	2,6	40,04	49,4	16,38	2,8	45,86	43,8	16,63	1,0	16,63
13	13.30	T	830	52,5	16,19	2,6	42,09	46,5	15,74	2,4	37,78	40,7	16,18	0,5	8,09
14	14.00	T	877	65,4	16,68	2,4	40,03	58,5	15,75	1,9	29,92	55	16,02	0,2	3,204
15	14.30	B	849	50,4	16,23	2,3	37,33	51,5	16,09	4,2	67,57	53,1	16,3	2,5	40,75
16	15.00	B	901	48,7	16,04	2,0	32,08	52,6	17,27	3,9	67,35	52,8	16,95	2,5	42,37
17	15.30	B	728	46,5	15,93	1,7	27,08	51,5	16,24	3,7	60,08	53,8	19,92	1,3	25,89
18	16.00	B	860	43,9	16,65	1,4	23,31	49,8	16,45	3,5	57,57	55,1	19,90	2,3	45,77
19	16.30	B	720	40,6	15,33	1,0	15,33	46,6	15,22	3,1	47,18	50,3	20,00	2,2	44
20	17.00	B	540	36,3	16,42	0,7	11,49	45,7	20,1	2,4	48,24	46,2	20,30	1,7	34,51
	Total		137 17	891, 7	305,8	32,8	526,7 2	933, 8	312,9 9	57,4	943,2 96	925, 8	324,0 5	30,1	519,8 2
	Rata-rata		685, 8	44,5	15,29	1,64	26,34	46,6	15,64	2,87	47,16	46,2	16,20	1,50	25,99

Hasil Pengujian Ke 3 Tanggal 04 Mei 2019

No.	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	617	30,8	14,25	0,7	9,975	37,2	14,72	1,3	19,13	40,8	14,31	1,5	21,46
3	08.30	T	407	35,5	16,07	0,6	9,642	38,4	16,23	1,4	22,72	39,9	15,5	0,9	13,95
4	09.00	T	606	40,6	16,71	1,3	21,72	44,9	16,61	3,2	53,15	48,7	16,66	2,2	36,65
5	09.30	T	732	42,7	16,24	1,6	25,98	53,2	16,46	3,5	57,61	49,8	16,82	2,2	37,00
6	10.00	T	915	47,6	16,97	2,1	35,63	57,9	16,52	4,0	66,08	55,3	16,7	2,4	40,08
7	10.30	T	727	49,9	16,83	1,7	28,61	52,6	16,94	3,9	66,06	50,9	17,02	0,9	15,31
8	11.00	T	830	43,8	15,31	1,2	18,37	45,5	19,59	1,8	35,26	44,6	16,4	1,0	16,4
9	11.30	T	839	51,1	16,23	2,5	40,57	51,3	17,51	3,6	63,03	49,2	16,5	2,9	47,85
10	12.00	T	320	45,6	15,57	2,3	35,81	44,6	16,32	3,1	50,59	44,4	16,63	1,6	26,60
11	12.30	T	597	47,1	15,78	1,9	29,98	45,2	16,74	2,6	43,52	44,3	16,3	1,2	19,56
12	13.00	T	832	52,6	16,39	2,8	45,89	47,3	15,41	3,2	49,31	43,1	16,91	1,2	20,29
13	13.30	T	889	52	15,54	2,6	40,40	46,8	15,57	2,6	40,48	42,7	16,92	0,9	15,22
14	14.00	T	499	39,2	15,72	0,1	1,572	38,2	14,48	0,2	2,896	37	14,05	0,1	1,405
15	14.30	B	293	34,3	16,64	1,0	16,64	35,8	17,65	2,2	38,83	36,1	21,2	2,5	53
16	15.00	B	623	45	15,49	1,3	20,13	51,4	19,67	1,9	37,37	48,9	16,51	1,4	23,11
17	15.30	B	435	38,5	16,29	1,0	16,29	41,8	20,27	0,7	14,18	43	19,65	0,9	17,68
18	16.00	B	578	41,5	16,48	1,2	19,77	50,1	19,85	3,1	61,53	51,2	19,87	2,1	41,72
19	16.30	B	568	37,7	16,84	0,9	15,15	43,4	10,3	2,9	29,87	46,3	20,1	2,0	40,2
20	17.00	B	410	36,8	16,71	0,8	13,36	43,2	20,1	1,8	36,18	44,6	20,2	0,9	18,18
	Total		117 17	812, 3	306,0 6	27,6	445,5 4	868, 8	320,9 4	47	787,8 4	860, 8	328,2 5	28,8	505,7 1
	Rata-rata		585, 8	40,6	15,30	1,38	22,2 7	43,4	16,04	2,35	39,39	43	16,41	1,44	25,28

Hasil Pengujian Ke 4 Tanggal 07 Mei 2019

No.	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	648	34,3	16,29	0,8	13,03	45,1	16,61	0,9	14,95	49,4	16,5	2,3	37,95
3	08.30	T	746	39,3	16,35	1,0	16,35	51	16,41	2,6	42,67	52,6	16,43	2,1	34,5
4	09.00	T	742	37,7	16,23	1,0	16,23	42,7	16,43	2,4	39,43	45,2	16,68	1,6	26,69
5	09.30	T	787	43,7	16,83	1,5	25,24	50,1	16,72	3,4	56,89	49,5	16,47	2,2	36,23
6	10.00	T	882	48,8	16,79	2,0	33,58	53,7	17,5	3,7	64,75	57,7	19,81	2,3	45,56
7	10.30	T	889	51,3	16,51	2,0	33,02	52,7	19,97	3,5	69,89	52,7	19,78	2,1	41,54
8	11.00	T	897	50,8	16,82	2,3	38,68	57,4	19,75	3,7	73,07	52,7	19,92	2,1	41,83
9	11.30	T	899	53,4	16,5	2,6	42,9	56,6	19,73	3,5	69,05	54,4	19,82	2,0	39,64
10	12.00	T	923	54,4	16,73	2,6	43,49	56,3	19,79	3,6	71,24	49,4	19,89	1,6	31,82
11	12.30	T	814	53	15,76	2,7	42,55	51,9	15,28	3,2	48,9	46,2	16,18	1,3	21,03
12	13.00	T	897	48,7	15,76	2,5	39,4	46,2	16,72	2,9	48,49	41	15,53	1,0	15,53
13	13.30	T	746	50,3	16,14	2,4	38,73	48	16,9	2,4	40,56	40,6	15,24	0,7	10,67
14	14.00	T	647	44	16,46	1,8	29,63	40,2	15,85	1,7	26,94	36,1	16,21	0,4	6,48
15	14.30	B	912	50,7	16,64	2,4	39,94	54,3	15,95	4,2	66,99	54,6	19,89	2,6	51,71
16	15.00	B	667	45,6	15,61	1,6	24,98	50	15,95	3,1	49,44	47,5	16,32	2,0	32,64
17	15.30	B	633	42,1	16,02	1,7	27,23	47,5	16,99	3,6	61,16	49,1	15,76	2,3	36,25
18	16.00	B	591	40,5	16,07	1,2	19,28	45,2	16,74	2,7	45,2	45,6	16,57	1,7	28,17
19	16.30	B	644	39	15,34	1,6	24,54	45,6	16,94	2,5	42,35	46,8	16,2	1,8	29,16
20	17.00	B	599	36,5	15,34	0,7	10,74	44,3	18,14	2,2	39,91	47,2	15,45	1,6	24,72
	Total		14563	864,1	308,19	34,4	477,37	938,8	328,37	55,8	971,88	918,3	328,65	33,7	592,12
	Rata-rata		728,15	43,2	15,40	1,72	26,52	46,9	16,41	2,79	48,59	45,9	16,43	1,68	29,60

Hasil Pengujian Ke 5 Tanggal 08 Mei 2019

No.	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	1311	29,1	15,84	0,3	4,752	30,3	15,15	0,5	7,57	30,2	15,78	0,3	4,73
3	08.30	T	257	30,8	15,82	0,5	7,91	31,2	15,55	0,8	12,44	32,6	16,18	0,5	8,09
4	09.00	T	278	31,6	16,2	0,6	9,72	34,2	16,35	0,9	14,71	33,9	16,24	0,5	8,12
5	09.30	T	407	32,6	16,43	0,9	14,78	35,6	16,46	1,4	23,04	35,9	16,28	0,9	14,65
6	10.00	T	636	35,4	16,17	1,4	22,63	43,4	17,25	2,7	46,57	43,4	16,15	1,8	29,07
7	10.30	T	834	42,1	17,71	2,0	35,42	49,8	16,66	3,5	58,31	48,2	17,76	2,1	37,29
8	11.00	T	791	47,4	16,25	1,9	30,87	48,5	16,45	3,2	52,64	48,8	16,3	1,8	29,34
9	11.30	T	585	48,5	13,32	1,4	18,64	47,2	17,34	2,0	34,68	47,1	16,63	1,1	18,29
10	12.00	T	903	58,5	15,32	3,1	47,49	54,3	16,35	4,1	67,03	51,6	16,26	2,0	32,52
11	12.30	T	624	54,9	15,32	0,9	13,78	50,3	16,45	1,6	28,32	58,5	15,14	0,7	10,59
12	13.00	T	784	51,6	15,76	2,8	44,12	49,5	16,61	3,1	51,49	43,7	16,45	1,2	19,74
13	13.30	T	244	39,1	16,89	0,5	8,445	37,4	16,67	0,7	11,66	57,5	15,77	0,4	6,30
14	14.00	T	925	42	15,36	2,6	39,93	45,3	16,46	2,3	37,85	38,5	19,45	0,7	13,61
15	14.30	B	520	46,3	16,34	2,2	35,94	42,5	15,6	3,7	58,81	37,8	20,7	2,3	47,61
16	15.00	B	692	47,1	16,06	2,7	43,36	50,8	16,46	3,0	49,36	50,6	14,88	1,9	28,27
17	15.30	B	284	37,5	15,85	0,7	11,09	38	16,2	1,0	16,2	37,6	15,98	0,6	9,58
18	16.00	B	237	33	14,45	0,4	5,78	33,6	16,24	0,8	12,99	34,5	16,25	0,5	8,12
19	16.30	B	628	38,8	15,46	1,0	15,46	43,2	16,24	2,5	40,5	43,6	16,19	1,7	27,52
20	17.00	B	402	35,4	16,65	0,3	4,99	39,5	16,11	1,5	24,16	41,8	16,66	1,0	16,66
Total			11342	781,7	284,77	26,2	415,15	804,65	310,6	39,3	647,79	815,8	315,05	22	370,1
Rata-rata			567,1	39,08	14,98	1,31	20,75	40,2	15,53	1,96	32,38	40,79	15,75	1,1	18,50

Hasil Pengujian Ke 6 Tanggal 09 Mei 2019

No.	Jam	Arah	L	Posisi Sudut Panel 0 ⁰				Posisi Sudut Panel 40 ⁰				Posisi Sudut Panel 60 ⁰			
				Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp per)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)	Temp eratur °C	Tegan gan (Volt)	Arus (Amp er)	Daya (Watt)
1	07.30	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	08.00	T	307	30,3	15,42	0,3	4,626	35,4	16,04	1,3	20,85	38	16,27	1,0	16,27
3	08.30	T	612	33,8	16,30	1,0	16,30	39,9	16,2	2,7	43,74	43,3	16,18	1,9	30,74
4	09.00	T	736	36,8	16,51	1,3	21,46	44,9	16,77	3,1	51,98	46	16,97	2,1	35,63
5	09.30	T	901	45	16,53	1,8	29,75	52,8	17,72	3,8	67,33	52,8	16,32	2,3	37,53
6	10.00	T	797	46,1	16,17	1,7	27,48	49,6	16,25	3,4	55,25	49,3	15,93	2,0	31,86
7	10.30	T	583	44,4	15,84	2,3	36,43	47,6	15,17	2,4	36,40	47,1	15,75	0,9	14,17
8	11.00	T	450	47	16,4	0,9	14,76	47,7	16,53	1,4	23,14	46,6	16,3	0,9	14,67
9	11.30	T	364	47,4	15,86	0,8	12,68	46,8	16,01	1,2	19,21	45,4	15,44	1,7	26,24
10	12.00	T	360	40,5	16,54	1,6	26,46	39,3	16,08	1,3	20,90	40,3	14,74	0,7	10,31
11	12.30	T	918	51,9	16,68	2,4	40,03	51,6	19,97	3,0	59,91	45,8	19,96	1,2	23,95
12	13.00	T	884	52,3	16,33	2,4	39,19	47,2	16,43	2,7	52,46	43,8	16,9	0,9	15,21
13	13.30	T	913	48,2	16,8	2,4	40,32	42,9	20,1	2,4	48,24	38	20,10	0,6	12,06
14	14.00	T	920	49,8	14,86	2,4	35,66	43,1	13,79	2,0	27,58	36,9	18,2	0,3	5,46
15	14.30	B	869	45,7	16,51	2,2	36,32	50,8	20,6	3,8	78,28	50,4	21,7	2,3	49,91
16	15.00	B	802	44,6	16,86	1,9	32,03	50,8	21,5	3,9	83,85	51,1	20,3	2,5	50,75
17	15.30	B	826	44	15,2	1,8	27,36	49,2	17,73	3,6	63,82	49,3	16,18	2,3	37,21
18	16.00	B	774	39,3	14,98	1,3	19,47	47	15,92	3,2	50,94	49,2	16,8	2,1	35,28
19	16.30	B	680	38	16,85	1,0	16,85	45,3	20,1	2,6	52,26	47	20,7	1,9	39,33
20	17.00	B	630	36	16,66	0,4	6,66	42,9	19,5	0,6	11,7	45,1	15,59	1,3	20,26
Total			133 26	821, 1	307,3	29,9	483,8 8	874, 8	332,4 1	48,4	867,8 8	865, 4	330,3 3	28,9	506,8
Rata-rata			666, 3	41,0 5	15,36 5	1,49	24,19	43,7 4	16,62	2,42	43,39	43,2 7	16,51	1,4	25,34

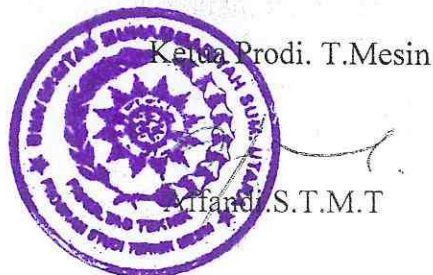
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Bayu Anggara
 NPM : 1507230163
 Judul Tugas Akhir : Analisis Pemanfaatan Panel Surya dalam Penghematan Daya Listrik Di Gedung Fakultas TeknikUMSU.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Pembanding – II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230104	Farhan Zahari	
2	1507230020	ARIF MUHAMMAD	
3	1507230175	Muhammad Satro	
4	1507230027	Amos Kurniawan	
5	1507230137	FAHKRUL ROZI	
6	1507230182	RIZKI FADILLAH	
7	1507230130	YUSUF FADILLAH	
8	1507230116	BAYU DARMAWAN	
9	1507230014	JERRY RAMADANI SAPUTRA	
10	1507230194	YOGH PRADANA	

Medan, 17 Muharram 1440 H
17 September 2019 M



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Bayu Anggara
NPM : 1507230163
Judul T.Akhir : Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik Di Gedung Fakultas Teknik UMSU.

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Cihat buku skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 17 Muharram 1440H
17 September 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Bayu Anggara
NPM : 1507230163
Judul T.Akhir : Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik Di Gedung Fakultas Teknik UMSU.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....*lihat pada berkas tugas akhir*.....
.....
.....


3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 17 Muharram 1440H
17 September 2019 M



Dosen Pembanding- II



Bekti Suroso.S.T.M.Eng



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 190/3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 09 Februari 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : BAYU ANGGARA
Npm : 1507230163
Program Study : TEHNIK MESIN
Semester : V111 (Delapan)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PEMANFAATAN PANEL SURYA DALAM PENGHEMATAN
DAYA LISTRIK DI GEDUNG D FAKULTAS TEHNIK UMSU

Pembimbing 1 : MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST.MT
Pembimbing . 11 : CHANDRA A. SIREGAR ST . MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.



Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 04 Jumadil Akhir 1440 H
09 Februari 2019 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

Cc. File

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Pemanfaatan Panel Surya Dalam Penghematan Daya Listrik Di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Nama : Bayu Anggara
NPM : 1507230163

Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	23/02-2019	perbaiki bab I	
2.	8/7-2019	Perbaiki laras belahay serta judul.	
3.	11/7-2019	lanjutan babasan masalah tjua serta dgn laras belahay dan judul	
4.	30/7-2019	Perbaiki Babasan masalah dan tjua	
5.	2/8-2019	lanjutan ke pembimbing II	
6.	6/8-2019	perbaiki hitungan Bab IV	
7.	10/8-2019	Tambahkan pengaliran perbaiki b.	
8.	20/8-2019	Tambahkan literatur	
9.	22/8-2019	Acc, Seminar kembali ke pembimbing I	

Acc di seminarkan 29-2019.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Data Pribadi

1. Nama : Bayu Anggara
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Sei Kelapa, 09 Januari 1997
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Menikah
6. Tinggi / Berat Badan : 163 cm / 75 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Dusun Sei Kelapa II Desa Tanjung Haloban
Kec. Bilah Hilir
Kab. Labuhan Batu
9. No. Hp : +6282275439513
10. Email : bayuanggara9709@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. 2003 – 2009 : SD N 117483 Indra Kaya
2. 2009 – 2012 : SMP N3 Bilah Hilir
3. 2012 – 2015 : SMK N1 Pangkatan
4. 2015 – 2019 : Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara, Fakultas Teknik,
Program Studi Teknik Mesin S1