

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG D FAKULTAS TEKNIK UMSU

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

Disusun Oleh:

RIZKI FADILLAH
1507230182



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Rizki Fadillah
NPM : 1507230182
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 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

Bekti 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,



Alfandi, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Rizki Fadillah
Tempat /Tanggal Lahir: Medan/30 Mei 1997
NPM : 1507230182
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung D Fakultas Teknik UMSU”,

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,



Rizki Fadillah

ABSTRAK

Saat ini sangat banyak bagaimana pemanfaatan matahari untuk kebutuhan energi sangat berpotensi di kehidupan sehari-hari sebagai sumber energi alternatif. Matahari merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di Bumi. Matahari merupakan energi yang dihasilkan atau dipancarkan dari sumber cahaya. Seperti kita ketahui, matahari merupakan sumber dari energi penerangan yang paling besar di dunia. Terkadang energi ini juga disebut sebagai energi surya karena sebenarnya sumber dari penerangan berasal dari tenaga surya atau matahari. Matahari memancarkan sebagian besar radiasi yang dinamakan elektromagnetik. Dalam hal tersebut energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain yang berperan dan bisa menghasilkan dari energi matahari menjadi energi listrik, dengan menggunakan panel surya, panel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik atau teknologi energi yang bersifat langsung, panel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energi matahari yang sampai ke bumi selain itu panel surya paling menjanjikan dan memiliki potensi terbesar dibandingkan dengan sumber energi lain. Panel surya memiliki ketergantungan pada cuaca saat mendung. Untuk meningkatkan kinerja panel surya, maka panel surya harus selalu mengarah ke pancaran matahari dimana posisi matahari selalu berubah seiring berjalannya waktu terhadap permukaan bumi. Dari penjelasan di atas maka dibuat suatu perencanaan pembangkit listrik tenaga surya di gedung D Fakultas Teknik UMSU dengan menggunakan panel surya 50 wp sebanyak 3 buah, baterai 12V 35Ah, inverter 500W 12V, dan charger controller dengan nilai tegangan 12V/24V dan maksimal input arus surya 30 Ampere sebanyak 3 buah dan pembuatan alat PLTS menggunakan besi siku (30x30mm) dan besi hollow (25x25) dan besi plat strip (4x2,5mm) dan untuk melakukan penyambungan rangka menggunakan mesin Las. Dikarenakan energi matahari merupakan sumber energi utama untuk proses yang terjadi di bumi dan kehidupan sehari-hari, maksud dari perencanaan ini untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari panel surya terhadap penyerapan radiasi matahari.

Kata Kunci: Panel surya, pembangkit listrik, pembuatan dan perencanaan.

ABSTRACT

At present there are very many ways that the use of the sun for energy needs has the potential in daily life as an alternative energy source. the sun is the main energy source for the processes that occur on Earth. The sun is the energy produced or emitted from a light source. As we know, the sun is the biggest source of lighting energy in the world. Sometimes this energy is also referred to as solar energy because the source of lighting actually comes from solar or solar power. the sun emits most of the radiation called electromagnetism. In this case solar energy can be utilized with the help of other equipment that plays a role and can produce from solar energy into electrical energy, using solar panels, solar panels are devices that can convert sunlight energy into electrical energy or direct energy technology, solar panels can be called as the main actor to maximize the potential of solar energy reaching the earth besides the most promising solar panels and has the greatest potential compared to other energy sources. Solar panels have a dependency on the weather when it is cloudy. To improve the performance of solar panels, solar panels must always lead to solar rays where the sun's position always changes with time over the surface of the earth. From the explanation above, a solar power plant plan was made in the D building of the Umsu Faculty of Engineering using 3 50 wp solar panels, 35Ah 12V batteries, 500W 12V inverters, and a charger controller with a 12V / 24V voltage value and a maximum input of 30 solar currents. Amperes as much as 3 pieces and making PLTS tools using angle iron (30x30mm) and hollow iron (25x25) and iron plate strips (4x2.5mm) and to do the connection using a welding machine. Because solar energy is the main energy source for the processes that occur on earth and everyday life, the purpose of this plan is to know the power generated from solar panels on the absorption of solar radiation.

Keywords: Solar panels, generation electricity, manufacturing and planning

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 “Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung D Fakultas Teknik UMSU” 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 mengucapkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury iregar, 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. ST., 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 yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Joni Afri dan Rustiani Tarigan, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Rendy Kuswari, Bayu Anggara, Yoga Pradona, Fakhrul Rozi, 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 konstruksi Teknik Mesin

Medan, 25 September 2019



Rizki Fadillah

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	
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. Landasan Teori	3
2.2. Panel Surya	4
2.2.1. Prinsip Kerja Panel Surya	5
2.2.2. Jenis Panel Surya	7
2.2.2.1. Monokristal	7
2.2.2.2. polikristal	8
2.2.2.3. Gallium arsenide	8
2.2.3 Karakteristik Solar Cell	9
2.3. Radiasi Harian Matahari Pada Permukaan Bumi	9
2.4. Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi Yang Diterima	10
2.5. Komponen Utama PLTS	11
2.6. Konfigurasi Sistem PLTS	12
2.6.1 Sistem PLTS Off Grid	12
2.6.2 Sistem PLTS On Grid	13
2.7. Charger controller	14
2.8. Inverter	15
2.9. Baterai	16
2.10. Depth Of Discharge	17
2.11. Gaya	18
2.12. Tumpuan	18
2.13. Sambungan Las	20
2.13.1. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las	20
2.13.2. Jenis – Jenis Sambungan Dalam Pengerelasan	22
2.14. Kebutuhan Listrik Dgedung D	26

BAB 3	METODOLOGI	29
3.1	Tempat dan Waktu	29
3.1.1	Waktu	29
3.1.2	Bahan	29
3.2	Bahandan Alat	29
3.2.1	Bahan	29
3.2.2	Alat	33
3.3	Bagan Alir Penelitian	36
3.4	Rancangan Alat Penelitian	37
3.5	Prosedur Percobaan	39
3.5.1	Langkah - Langkah Pembuatan Rangka PLTS	39
3.5.2	Langkah - Langkah Perakitan PLTS	41
3.5.3	Langkah - Langkah Pengambilan Data	43
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Hasil penyerapan Panel Surya Terhadap Matahari	45
4.1.1	Perhitungan Daya Dengan Sudut Kemiringan 0°	45
4.1.2	Perhitungan Daya Dengan Sudut Kemiringan 40°	46
4.1.3	Perhitungan Daya Dengan Sudut Kemiringan 60°	46
4.2	Hasil Pengujian alat Panel Surya Dengan Variasi Sudut Kemiringan	46
4.2.1	Perbandingan waktu dengan Arus, Tegangan dan Daya	47
4.2.2	Perbandingan Tegangan, Arus, dan Daya Dengan Hari	51
4.3	Perhitungan Tumpuan Beban Pada Alat Panel Surya	54
4.4	Perhitugan Sambungan Pengelasan	55
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1.	Kesimpulan	57
5.2.	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	58
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Jadwal Kegiatan Penelitian	28
Tabel 4.1	Waktu dengan Daya (Watt)	44
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Tanggal 07 Mei 2019	46
Tabel 4.3	Hubungan Hari dengan Tegangan (Volt)	50
Tabel 4.4	Hubungan Hari dengan Arus (Ampere)	51
Tabel 4.5	Hubungan Hari dengan Daya (Watt)	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Panel surya	5
Gambar 2.2	Ilustrasi Pembuatan silikon Jenis p dan n	6
Gambar 2.3	Prinsip Kerja Sel Surya	6
Gambar 2.4	Panel Surya Monokristaline	7
Gambar 2.5	Panel Surya Polikristaline	8
Gambar 2.6	panel Surya Galium	8
Gambar 2.7	Radiasi Sorotan dan Radiasi Sebaran Yang mengenai permukaan Bumi	10
Gambar 2.8	Grafik Besar Radiasi Harian Matahari Yang Mengenai Permukaan Bumi	10
Gambar 2.9	Arah Sinar Datang Membentuk sudut Terhadap Normal Bidang Panel Surya	11
Gambar 2.10	Diagram Dasar PLTS Off Grid	13
Gambar 2.11	Diagram Dasar PLTS On Grid	13
Gambar 2.12	Charge Controller	14
Gambar 2.13	Inverter	16
Gambar 2.14	Baterai	17
Gambar 2.15	Tumpuan Jepit	19
Gambar 2.16	Tumpuan Rol	19
Gambar 2.17	Tumpuan Sendi	20
Gambar 2.18	Sambungan Las	20
Gambar 2.19	Sambungan Las Tumpu	21
Gambar 2.20	Sambungan Tumpu	21
Gambar 2.21	Jenis-jenis Sambungan Pada Proses Pengelasan	22
Gambar 2.22	Arc welding	23
Gambar 2.23	Sirkuit Las Listrik	23
Gambar 2.24	Pemindahan Cairan Logam dari Elektroda ke Base Metal	23
Gambar 2.25	Posisi Dibawah Tangan	24
Gambar 2.25	Las SMAW	24
Gambar 2.26	Posisi dibawah tangan	25
Gambar 2.27	Posisi tegak	25
Gambar 2.28	Posisi diatas Kepala	26
Gambar 3.1	Panel Surya	29
Gambar 3.2	Charger Controller	29
Gambar 3.3	Baterai	30
Gambar 3.4	Inverter	30
Gambar 3.5	Lampu	30
Gambar 3.6	Kabel	31
Gambar 3.7	Besi	31
Gambar 3.8	Baut dan Mur	31
Gambar 3.9	Mesin Las	32
Gambar 3.10	Mesin Gerinda	32
Gambar 3.11	Mesin Bor	33
Gambar 3.12	Meteran	33
Gambar 3.13	Cat dan Kuas	33

Gambar 3.14	Obeng	34
Gambar 3.15	Kunci Pas Ring	34
Gambar 3.16	Multimeter	34
Gambar 3.17	Bagan Alir Penelitian	35
Gambar 3.18	Tampak atas	36
Gambar 3.19	Tampak Depan	36
Gambar 3.20	Tampak Samping	36
Gambar 3.21	Pembangkit Listrik Tenaga Surya	37
Gambar 3.22	Mengukur Besi	38
Gambar 3.23	Pemotongan Besi	38
Gambar 3.24	Pengelasan	39
Gambar 3.25	Melubangi Besi	39
Gambar 3.26	Mengerinda Rangka	39
Gambar 3.27	Pembuatan sudut	40
Gambar 3.28	Pengecatan Rangka	40
Gambar 3.29	Memasang Triplek	40
Gambar 3.30	Memasang Tiang Panel	41
Gambar 3.31	Memasang Panel	41
Gambar 3.32	Memasang Charge Controller	41
Gambar 3.33	Memasang Baterai	42
Gambar 3.34	Mengatur Sudut Kemiringan	42
Gambar 3.35	Pengujian Panel di Tempat Terbuka	42
Gambar 3.36	Pengambilan Data Intensitas Matahari	43
Gambar 3.37	Pengambilan Data Temperatur	43
Gambar 3.38	Mencatat Hasil Pengujian	43
Gambar 4.1	Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Sudut 0° , 40° dan 60°	45
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Tegangan	47
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Arus	48
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Daya	49
Gambar 4.5	Grafik hubungan Antara Tegangan Dengan Hari	50
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Arus Dengan Hari	51
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Daya Dengan Hari	52
Gambar 4.8	Tumpuan Tetap	53
Gambar 4.9	Sambungan Pengelasan	55

DAFTAR NOTASI

No	Simbol	Besaran	Satuan
1	A	Luas	m^2
2	A	Percepatan	m/s^2
3	F	Gaya	Newton
4	F _s	Gaya geser	N
5	G	Intensitas matahari	W/m^2
6	I	Daya	Ampere
7	L	Lebar	M
8	L _x	Pencahayaan	Lux
9	M	massa	Kg
10	P	Panjang	M
11	P	Daya	Watt
12	P _{in}	Daya input	Watt
13	R _a	Beban di titik A	Kg
14	R _b	Beban di titik b	Kg
15	T	Temperatur	°C
16	T	Waktu	Sekon
17	T	Tebal	M
18	V	Tegangan	Volt
19	V	Volume	m^3
20	σ_t	Tegangan geser	
21	θ	Sudut	Derajad (°)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahwa saat ini sangat banyak bagaimana pemanfaatan matahari untuk kebutuhan energy sangat berpotensi di kehidupan sehari-hari sebagai sumber energy alternatif. Matahari merupakan sumber energi utama untuk proses-proses yang terjadi di Bumi. Matahari merupakan energi yang dihasilkan atau dipancarkan dari sumber cahaya. Seperti kita ketahui, matahari merupakan sumber dari energi penerangan yang paling besar di dunia. Terkadang energi ini juga disebut sebagai energi surya karena sebenarnya sumber dari penerangan berasal dari tenaga surya atau matahari. Matahari memancarkan sebagian besar radiasi yang dinamakan elektromagnetik. Dalam hal tersebut energi matahari dapat dimanfaatkan dengan bantuan peralatan lain yang berperan dan bisa menghasilkan dari energi matahari menjadi energi listrik, yaitu dengan menggunakan panel surya.

Panel adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik atau teknologi energi yang bersifat langsung. Panel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi energi matahari yang sampai ke bumi selain itu panel surya paling menjanjikan dan memiliki potensi terbesar dibandingkan dengan sumber energi lain, Namun panel surya memiliki ketergantungan pada cuaca saat mendung. Untuk meningkatkan kinerja panel surya, maka panel surya harus selalu mengarah ke pancaran matahari dimana posisi matahari selalu berubah seiring berjalannya waktu terhadap permukaan bumi.

Biasanya panel surya dijual di pasaran dengan berbagai macam kebutuhan waktu dan penyerapannya. Sebagai hal pendukung Dalam pembuatan alat ini menggunakan komponen-komponen seperti charger controller yang berfungsi untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari panel surya dan daya yang masuk ke baterai, baterai berfungsi sebagai media penyimpanan daya yang dihasilkan dari panel surya, dan inverter berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC). Dari komponen-komponen yang digunakan, sangat memberi kontribusi daya yang dihasilkan dari

panel surya. Sehingga perlu dibutuhkan suatu perencanaan yang mampu menghasilkan daya dari penyerapan panel surya selama proses waktu pengujian.

Berdasarkan latar belakang diatas untuk itu saya mengambil judul. Perencanaan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga surya di Gedung D Fakultas Teknik UMSU.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merencanakan dan pembuatan pembangkit listrik di Gedung D dengan kapasitas 50 wp?
2. Bagaimana daya yang dihasilkan dari panel surya?

1.3 Ruang Lingkup

Dalam tugas akhir ini akan melakukan perencanaan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya di gedung D Fakultas Teknik dengan kapasitas daya listrik $\pm 45,565$ kW menggunakan panel surya 50 WP sebanyak tiga buah dengan sudut 0° , 40° , 60° .

1.4 Tujuan

1. Untuk mendapatkan hasil pada penyerapan panel surya terhadap matahari.
2. Untuk mendapatkan hasil dari alat panel surya dengan variasi sudut kemiringan.
3. Untuk menempatkan alat pembangkit listrik tenaga surya di gedung D.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini untuk kebutuhan daya listrik di gedung D serta dikehidupan sehari sehari terkait panel surya terhadap potensi penyerapan radiasi matahari.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

(Yohanes Erwin S,2009) dalam penelitian ini adalah desain dan instalasi *solar home* sistem 50 WP. Dasar perencanaan *solar home* sistem pada penelitian ini mengarah pada fungsi dari dudukan atau penyangga modul surya yang mampu ditempatkan dikampus. Modul surya ini adalah untuk membuat dudukan atau penyangga yang mampu mengakomodasi kebutuhan modul surya untuk menerima radiasi matahari secara maksimal. Untuk itu dibuat desain modul surya yang mampu mengakomodasika kenaikan kemiringan modul surya setiap 5° dengan sudut minimal 15° sampai dengan sudut 60° selain tingkat kemiringan dudukan modul surya yang bisa diputar untuk arah datangnya sinar matahari yang diterima modul surya.

(Sandro Putra dan Ch. Rangkuti,2016) dalam penelitian ini adalah perencanaan pembangkit listrik tenaga surya secara mandiri untuk rumah tinggal. Energi listrik adalah salah satu kebutuhan masyarakat modern yang sangat penting, ketiadaan energi listrik akan sangat mengganggu keberlangsungan aktivitas manusia. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi surya dengan insolasi harian rata – rata 4,5 – 4,8 kWh/m² / hari. Sehingga energi surya menjadi sumber energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. PLTS pada penelitian ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri pada rumah tinggal yang akan digunakan siang dan malam hari. Tipe rumah tinggal yang digunakan adalah tipe 36, dengan total kebutuhan daya listrik perharinya diperkirakan adalah 2876 Wh. Panel surya yang digunakan menghasilkan daya sebesar 300 Wp. Dengan asumsi 1 hari tanpa sinar matahari, maka diperoleh biaya investasi awal PLTS rumah tinggal secara mandiri ini adalah sebesar Rp. 98.946.000 dan biaya tahunan PLTS selama umur pakai 25 tahun adalah Rp. 11.637.840

(Hasan Hasnawiyah,2012) dalam penelitian ini adalah perancang pembangkit listrik tenaga surya di pulau saugi. Energi surya selain mudah didapatkan dari alam, juga ramah lingkungan sehingga menjadi teknologi andalan di dunia. Selain daripada itu teknologi surya telah dirancang untuk mudah dalam instalasi, operasi,

dan perawatan. Namun kekurangannya adalah teknologi surya ini membutuhkan investasi awal yang lebih mahal dibandingkan generator, tetapi untuk pemakaian jangka panjang penggunaan teknologi surya tetap menjadi lebih hemat. Teknologi surya yang disebut juga dengan photovoltaic dibentuk dalam sebuah modul surya yang terbentuk dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor mampu menghantarkan arus listrik ketika ada energi kinetik yang menggerakkan partikel elektron di dalamnya ke pita konduksi. Dalam hal ini cahaya matahari mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton yang mampu menghasilkan energi kinetik untuk melepaskan ikatan elektron pada semikonduktor sehingga menimbulkan arus listrik.

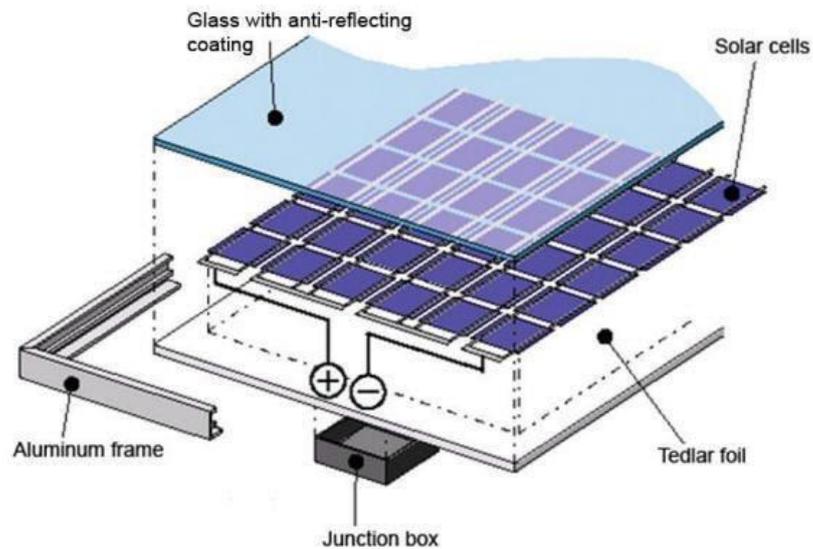
Dari tinjauan diatas hal –hal yang menurut penulis lakukan adalah menentukan ukuran dan menentukan alat dan bahan yang akan digunakan dalam perencanaan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya serta menerapkan variasi sudut kemiringan terhadap panel surya.

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.



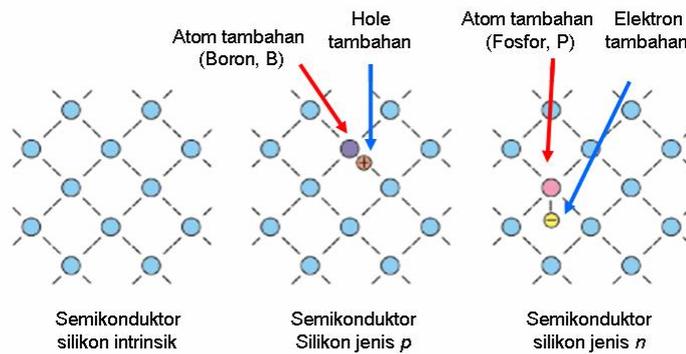
Gambar 2.1. panel surya (<https://sites.google.com/site/reecetech/mbipv/pick-and-design-a-pv>, 2019)

2.2.1. Prinsip kerja Sel Surya

Struktur sel surya yaitu berupa dioda sambungan (*junction*) 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.

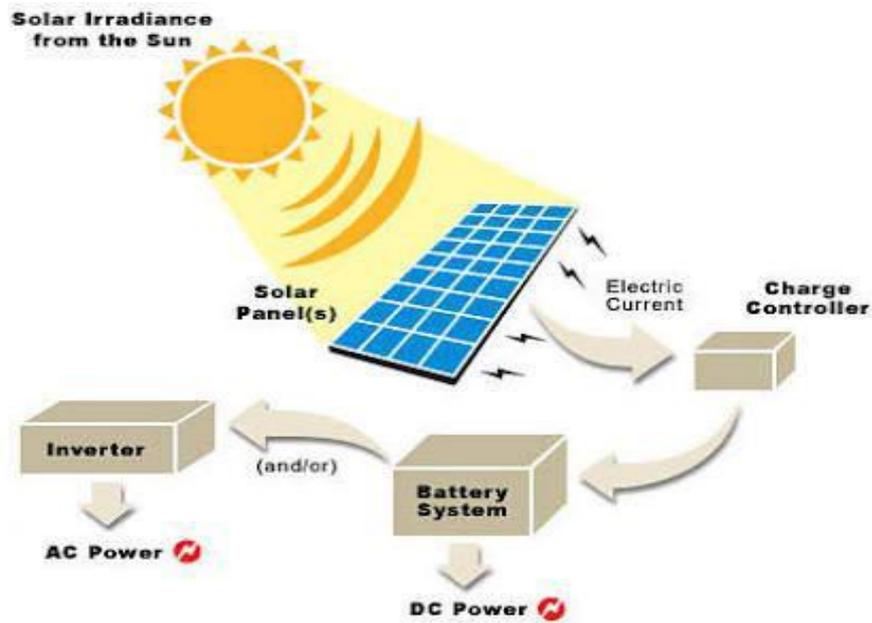
Sehingga prinsip kerja sel surya akan berfungsi dengan bantuan cahaya akan menghasilkan suatu tegangan listrik. Satu buah sel surya menghasilkan tegangan listrik. Sel surya yang dihubung bersama-sama akan membentuk sebuah modul surya. Sedangkan beberapa modul surya yang dihubung secara seri ataupun paralel membentuk sebuah generator surya.

Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini karena divais sel surya memiliki struktur dioda, karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor yang 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)

Didalam 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 Poly Crystalline Silicon sebagai material semikonduktor *photo cell* mereka. Prinsipnya sama dengan prinsip dioda *p-n*. 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:

1. Foton dari cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.

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

2.2.2. 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:

2.2.2.1. 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)

2.2.2.2. 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)

2.2.2.3. 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)

2.2.3. Karakteristik Solar Cell (Photovoltaic)

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

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

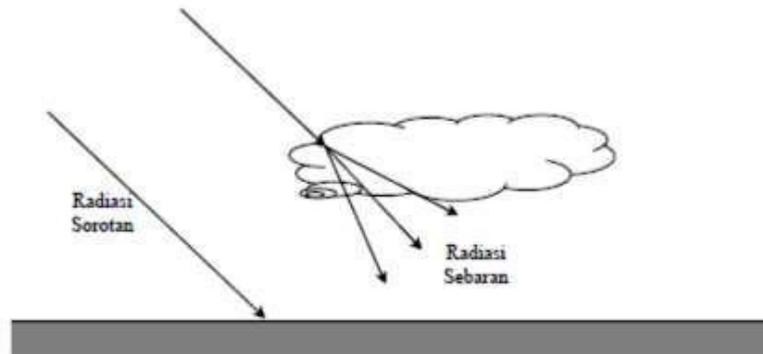
Spesifikasi keseluruhan dari Solar Cell yang digunakan adalah:

- Maks. Daya (Pmax) : 50W
- Maks. Tegangan Listrik (Vmp) : 16.5V
- Maks. Arus Daya (Imp) : 3.34A
- Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc) : 21.1V
- Arus Sirkuit Pendek (Isc) : 4.23A
- Nominal Operating Cell Temp (NOCT) : 45 ± 2 ° C
- Maks. Tegangan Sistem : 1000V
- Maks. Seri Fuse : 16A
- Berat : 6.5Kg
- Dimensi : 775 x 680 x 28 mm

2.3 Radiasi Harian Matahari pada Permukaan Bumi

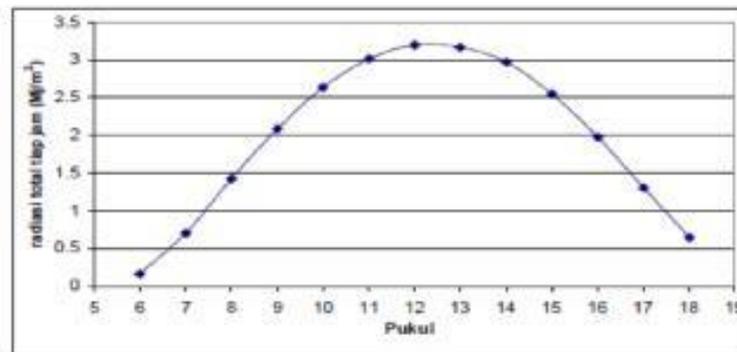
Besarnya energi radiasi matahari persatuan waktu yang diterima, permukaan luas tegak lurus terhadap arah radiasi matahari pada jarak rata rata bumi dan matahari diluar atmosfer dinamakan konstanta. Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m² dikurangi intesitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh 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 2.7 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi
(Yuwono Budi, 2015)

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.8. 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.

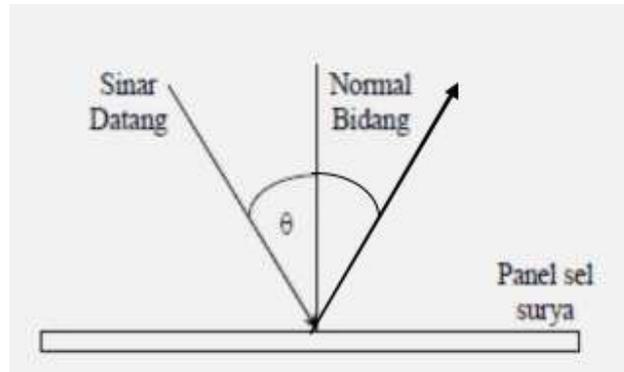


Gambar 2.8 Grafik besar radiasi harian matahari yang mengenai permukaan bumi
(Yuwono Budi, 2015)

2.4 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang diterima

Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh sel surya maka dibutuhkan pengaruh sudut datang terhadap radiasi matahari yang diterima oleh sel surya.

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



Gambar 2.9 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 2.9 maka panel akan menerima radiasi lebih kecil dengan faktor $\cos \theta$.

2.5 Komponen Utama PLTS

Fotovoltaik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi surya (foton) menjadi listrik arus searah. Kemudian listrik arus searah diubah menjadi arus bolak-balik sesuai dengan sistem tegangan dan frekuensi setempat. Suatu PLTS memiliki komponen utama yaitu: panel surya (fotovoltaik), inverter dan baterai. PLTS tidak memiliki daya konstan (non capacity value generation system) karena kapasitas keluarannya tergantung pada tingkat radiasi matahari yang selalu berubah setiap waktu.

PLTS dinilai dari seberapa banyak energi yang bisa dihasilkan, bukan seberapa besar dayanya, kecuali pada sistem yang memiliki storage system. Oleh sebab itu, kapasitas suatu PLTS ditentukan oleh besarnya konsumsi energi suatu beban dalam suatu periode, yaitu dengan menggunakan harga rata-rata suatu beban pada suatu lokasi dalam periodenya. Kapasitas komponen utama ditentukan sesuai tipe dan desain dari PLTS yang akan dibangun. Pada sistem PLTS, menghitung kapasitas masing-masing komponen atau disebut juga sizing, sangat penting karena jika kapasitas komponen terlalu kecil, maka sistem tidak dapat

memenuhi kebutuhan energi yang diinginkan, tetapi jika kapasitasnya terlalu besar, maka biaya untuk PLTS akan sangat besar. Sistem PLTS memiliki komponen utama yaitu: modul surya, inverter/power conditioner unit (PCU), solar charge controller (SCC)/battery charge controller (BCC) dan storage system (Battery).

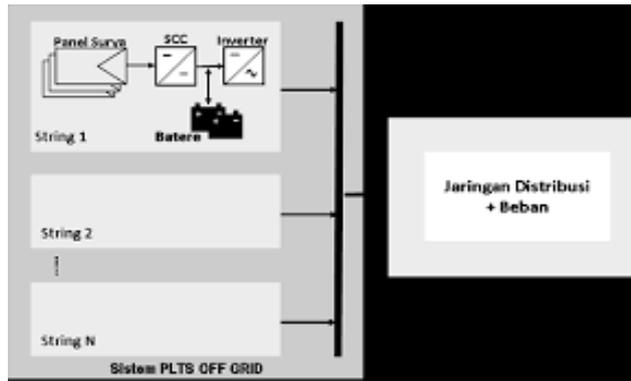
2.6 Konfigurasi sistem PLTS

Pada umumnya ada 3 (tiga) tipe disain PLTS, yaitu PLTS Off Grid/stand alone, suatu sistem PLTS yang tidak terhubung dengan grid/berdiri sendiri, PLTS On Grid, suatu sistem PLTS yang dihubungkan pada grid/sistem eksisting dan PLTS Hibrid, suatu sistem PLTS terintegrasi dengan satu atau beberapa pembangkit listrik dengan sumber energi primer yang berbeda, dengan pola operasi terpadu.

2.6.1 Sistem PLTS Off Grid

PLTS Off Grid sering disebut juga PLTS Stand Alone artinya sistem hanya disuplai oleh panel surya saja tanpa ada pembangkit jenis lain misalnya PLTD. Sistem tipe ini hanya tergantung pada matahari seutuhnya. Karena panel tidak mungkin mendapatkan sinar matahari terus menerus terutama malam hari, maka sistem ini membutuhkan media penyimpanan yaitu baterai. PLTS Off Grid umumnya dimaksudkan untuk melistriki daerah yang sangat terisolasi dimana sarana transportasi sangat sulit, sehingga jika membangun PLTD, akan timbul kesulitan untuk membawa BBM.

Dalam perencanaan, kapasitas PV harus menyuplai beban minimal pada tingkat radiasi rata-rata 1 kW/m² dan secara bersamaan, mampu mengisi baterai dengan jumlah energi yang dibutuhkan dalam periode discharge. Waktu pengisian sekitar peak sun hour (PSH) periode, yaitu lamanya penyinaran matahari secara efektif, di Indonesia sekitar 3-4 jam/hari. Kapasitas panel (kWp) harus memperhitungkan round trip efisiensi baterai.

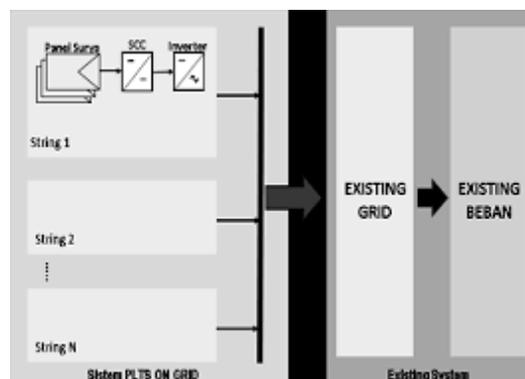


Gambar 2.10 diagram dasar PLTS off Grid (Sianipar Rafael,2014)

Dalam merencanakan sistem PLTS Off Grid pada suatu daerah belum berlistrik, untuk menghitung beban, beberapa asumsi untuk indikator-indikator kelistrikannya, antara lain Load factor (LF), sehubungan daerah baru belum ada data LF, maka LF dapat diasumsikan sama dengan LF lokasi berlistrik terdekat lokasi. Atau menggunakan LF tipikal yaitu 0,5 - 0,6, 2) Demand factor (DF), umumnya untuk daerah pedesaan di Indonesia DF rata-rata adalah 0,35.

2.6.2 Sistem PLTS on Grid

PLTS dengan konfigurasi On Grid dimaksudkan untuk lokasi sudah berlistrik dan sistem di lokasi memiliki periode operasi siang hari. Disebut On Grid karena PLTS dihubungkan (tied) pada sistem eksisting. Tujuan dari pembangunan PLTS adalah untuk mengurangi konsumsi BBM. PLTS tipe On Grid tidak dilengkapi baterai. Agar PLTS tidak mempengaruhi stabilitas sistem induknya, maka kapasitasnya dibatasi maksimum sebesar 20% dari beban rata-rata siang hari. Inverter untuk PLTS On Grid disebut juga On Grid Inverter. Jenis ini memiliki kemampuan melepaskan hubungan (islanding system) saat grid kehilangan tegangan.



Gambar 2.11 Diagram dasar PLTS on Grid (Sianipar Rafael,2014)

2.7 Charger Controller

Charge controller berfungsi memastikan agar baterai tidak mengalami kelebihan pelepasan muatan (over discharge) atau kelebihan pengisian muatan (over charge) yang dapat mengurangi umur baterai. Charge controller mampu menjaga tegangan dan arus keluar masuk baterai sesuai kondisi baterai. Charge controller sering disebut dengan solar charge controller atau battery charge controller. Jika charge controller menghubungkan panel surya ke baterai atau peralatan lainnya seperti inverter maka disebut solar charge controller. Jika bagian ini terhubung dari inverter ke baterai lazim disebut battery charge controller, namun hal tersebut tidak baku. Walaupun kedua alat ini berfungsi sama, berbeda dengan SCC, BCC tidak dilengkapi oleh PWM-MPPT (Pulse Width Modulation Maximum Power Point Tracking), yaitu kemampuan untuk mendapatkan daya listrik dari panel surya pada titik maksimumnya.



Gambar 2.12 Charger controller (<https://www.amazon.co.uk>)

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (Pulse Wide Modulation)

Seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form. Charge controller PWM (Pulse Width Modulation) adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecaskan aki dari panel surya dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Ketika aki mendekati kondisi terisi penuh, alat PWM akan perlahan-lahan menurunkan jumlah daya yang masuk ke baterai demi untuk mengurangi stres pada aki tersebut. Alat pengecaskan PWM banyak terdapat di pasaran, harganya juga lebih murah, dan tersedia dalam berbagai ukuran untuk aplikasi yang luas.

Keterbatasan kontroler PWM antara lain yaitu ukuran tegangan alat pengecas harus sesuai dengan tegangan bank baterai, dan kapasitas alat PWM biasanya terbatas pada 60 amper.

2. MPPT (Maximum Power Point Tracker)

MPPT adalah singkatan Maximum Power Point Tracking merupakan perangkat elektronik yang terdapat pada alat pengatur pengisian aki yang dapat mengoptimalkan kinerja antara array surya (panel PV) dan bank aki. Dengan kata lain, alat ini mampu mengkonversi tegangan tinggi output DC dari panel surya ke tegangan lebih rendah yang diperlukan aki / bank aki. Dalam proses pengisian ini, mekanisme MPPT juga melakukan peningkatan arus DC (amper) yang dicas ke aki / bank aki. Kembali lagi ke contoh perhitungan di atas.

Dengan MPPT, alat pengatur pengisian aki menjaga kestabilan tegangan 29,7V, sehingga tenaga yang ditarik dari modul surya tetap 240W dan controller pengecas aki ini kemudian mengkonversi tegangan yang 29,7V ke 12V untuk menyesuaikan dengan voltase aki. Dengan demikian arus yang masuk ke aki menjadi 20A ($240W / 12V$). Jadi daya arus yang diperoleh aki adalah 20A dan bukan lagi 8,1A seperti yang dihasilkan oleh alat pengatur pengisian jenis PWM. Perbedaan antara kedua jenis controller pengisian aki sudah sangat jelas. Dengan peningkatan daya arus sebesar 11,9A (20A-8,1A), MPPT jauh lebih efisien dari pada PWM.

2.8 Inverter

Inverter adalah “jantung” dalam sistem suatu PLTS. Inverter berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak balik (AC). Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh inverter menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada, misalnya jaringan PLN.

Parameter tegangan dan arus pada keluaran inverter pada umumnya sudah disesuaikan dengan standar baku nasional/internasional. Saat ini, seluruh inverter menggunakan komponen elektronika dibagian dalamnya. Teknologi terkini suatu inverter telah menggunakan IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) sebagai komponen utamanya menggantikan komponen lama BJT, MOSFET, J-FET, SCR

dan lainnya. Karakteristik IGBT adalah kombinasi keunggulan antara MOSFET dan BJT. Pemilihan jenis inverter dalam merencanakan PLTS disesuaikan dengan desain PLTS yang akan dibuat.

Jenis inverter untuk PLTS disesuaikan apakah PLTS On Grid atau *Off Grid* atau *Hibrid*. Inverter untuk sistem *On Grid* (*On Grid Inverter*) harus memiliki kemampuan melepaskan hubungan (*islanding system*) saat grid kehilangan tegangan. Inverter untuk sistem PLTS hibrid harus mampu mengubah arus dari kedua arah yaitu dari DC ke AC dan sebaliknya dari AC ke DC. Oleh karena itu inverter ini lebih populer disebut *bi-directional inverter*.

Kelengkapan suatu inverter belum memiliki standard, sehingga produk yang satu dengan lain tidak sepenuhnya kompatibel. Ada inverter yang telah dilengkapi fungsi SCC dan atau BCC dan fungsi lainnya secara terintegrasi. Alat ini lazim disebut juga PCS (Power Conditioner System) atau Power Conditioner Unit (PCU). Dibutuhkannya SCC atau BCC tergantung dari kelengkapan inverter tersebut. Jika inverter telah dilengkapi dengan charge controller (SCC dan BCC) dibagian internalnya, maka charge controller eksternal sangat mungkin tidak diperlukan lagi.



Gambar 2.13 inverter (<http://warunglistrik.com>)

2.9 Baterai

Mengingat PLTS sangat tergantung pada kecukupan energi matahari yang diterima panel surya, maka diperlukan media penyimpanan energi sementara bila sewaktu-waktu panel tidak mendapatkan cukup sinar matahari atau untuk

penggunaan listrik malam hari. Baterai harus ada pada sistem PLTS terutama tipe Off Grid. Beberapa teknologi baterai yang umum dikenal adalah lead acid, alkalin, NiFe, Ni-Cad dan Li-ion. Masing-masing jenis baterai memiliki kelemahan dan kelebihan baik dari segi teknis maupun ekonomi (harga).

Baterai adalah komponen utama PLTS yang membutuhkan biaya investasi awal terbesar setelah panel surya dan inverter. Namun, pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang tepat dapat menyebabkan umur baterai berkurang lebih cepat dari yang direncanakan, sehingga meningkatkan biaya operasi dan pemeliharaan. Atau dampak yang paling minimal adalah baterai tidak dapat dioperasikan sesuai kapasitasnya.

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



Gambar 2.14 Baterai (<http://solarsuryaindonesia.com>)

2.10 Depth of discharge

Depth of discharge adalah jumlah muatan/energi yang dikeluarkan atau dipakai dari baterai. DoD dinyatakan dengan persentase dari kapasitas nominal baterai. DoD 80% artinya bahwa baterai tersebut telah melepaskan muatannya 80% dari 100% ratingnya. Pada kondisi ini baterai tinggal memiliki muatan

sekitar 20% yang disebut juga dengan SOC atau *stated of charge*. Semakin besar DoD suatu baterai semakin pendek umur baterai tersebut. Dalam perhitungan, baterai dinyatakan dengan 2 (dua) angka DoD yaitu DoD maksimal dan DoD harian. DoD maksimal adalah DoD terbesar yang dapat dicapai baterai. Jika DoD maksimal dicapai, charge controller akan memutuskan hubungan baterai dengan beban (cut-off). Sedangkan DoD harian adalah batas DoD rata-rata yang akan dicapai dalam setiap siklus normalnya. Umumnya baterai sistem PLTS direncanakan untuk DOD 25% hingga 30% sehingga umur baterai sekitar 5 tahun. Ini berarti, kapasitas baterai harus beberapa kali jumlah energi yang akan dilepas dalam satu siklus. Umur baterai berpengaruh langsung dengan DoD dalam setiap siklusnya. Baterai dengan DoD 50% akan memiliki umur lebih panjang dua kali.

2.11 Gaya

Gaya adalah suatu bentuk interaksi, tau benda yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan gerak dalam bentuk arah. Gaya biasa dilambangkan sebagai besaran yang mempunyai arah dan digambarkan dalam ilmu fisika seperti vector. Vector yaitu suatu besaran yang mempunyai besar dan arah. Untuk menghitung jumlah (resultan) dua buah vektor atau lebih, maka harus diperhatikan besar dan arah semua gaya yang menjadi komponennya. Beberapa besaran lain yang merupakan besaran vektor, antara lain kecepatan, percepatan, momen dan lain-lain. Satuan gaya ialah (Newton, Kg, Ton).

2.12 Tumpuan

Dalam sebuah perhitungan struktur kita mengenal istilah tumpuan. Tumpuan adalah tempat bersandarnya konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi. Jenis tumpuan yang digunakan berpengaruh terhadap jenis konstruksi. Dalam ilmu mekanika rekayasa, dikenal ada tiga jenis tumpuan, yaitu tumpuan jepit, tumpuan rol, dan tumpuan sendi

Dengan rumus tumpuan:

$$R_{VB} = \frac{F \cdot A}{L} \text{ atau } \left(\frac{a}{L} F \right)$$

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow F \cdot b - R_{VA} \cdot L = 0$$

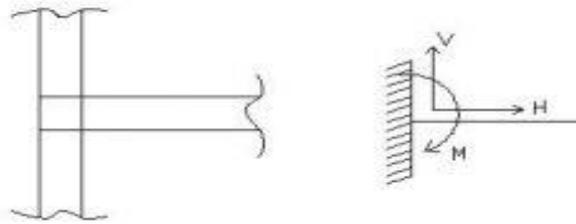
$$R_{VA} = \frac{b}{L} F$$

$$R_{va} = \left(\frac{b}{L} F \right) + \left(\frac{c}{L} F \right) + \left(\frac{d}{L} F \right)$$

$$R_{vb} = \left(\frac{c}{L} F\right) - \left(\frac{b}{L} F\right) - \left(\frac{a}{L} F\right)$$

A. Tumpuan Jepit

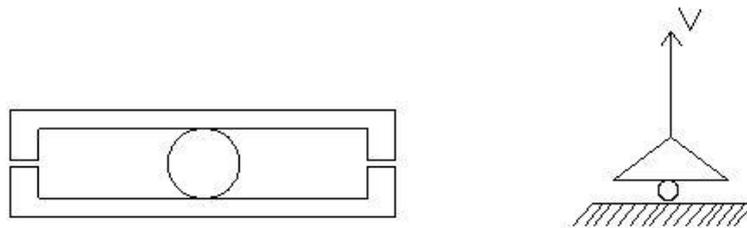
Tumpuan jepitan merupakan tumpuan yang dapat menahan momen dan gaya dalam arah vertikal maupun horizontal. Pada gambar dibawah ditunjukkan gaya-gaya dan momen pada jepitan.



Gambar 2.15 tumpuan jepit (guru sipil,2018)

B. Tumpuan rol

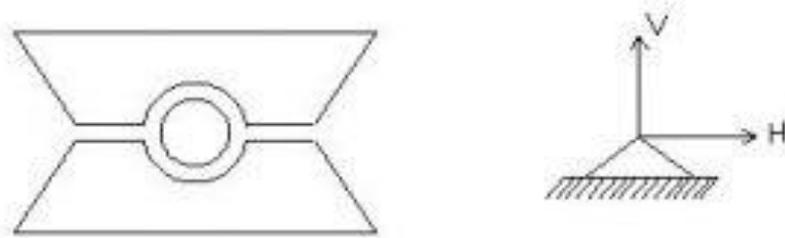
Tumpuan rol dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik secara vertikal yang bekerja padanya. Pada gambar dibawah ditunjukkan gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan.



Gambar 2.16 tumpuan rol (guru sipil,2018)

C. Tumpuan sendi

Tumpuan sendi merupakan tumpuan yang dapat menahan gaya horizontal disamping gaya vertikal yang bekerja padanya. Tumpuan sendi tidak dapat menahan momen atau meneruskan momen. Pada gambar dibawah ditunjukkan gaya-gaya reaksi pada tumpuan sendi.



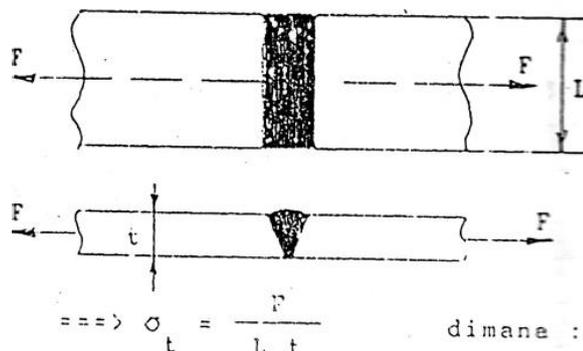
Gambar 2.17.tumpuan sendi (guru sipil,2018)

2.13 Sambungan las

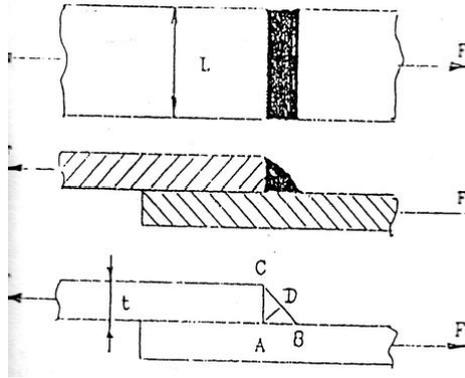
Pengelasan (Welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Pengelasan atau Welding didefinisikan oleh DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan. Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik.

Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antar logam.

2.13.1 Perhitungan kekuatan sambungan las



Gambar 2.18 sambungan las (Yefri chan.2017)



Gambar 2.19 Sambungan Las Tumpu(Yefri chan.2017)

Bila sambungan las ini menerima gaya luar (gambar diatas), maka sambungan tersebut akan putus tertarik, sehingga tegangan yang terjadi pada bahan las :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{L \cdot t}$$

Luas penampang yang akan putus:

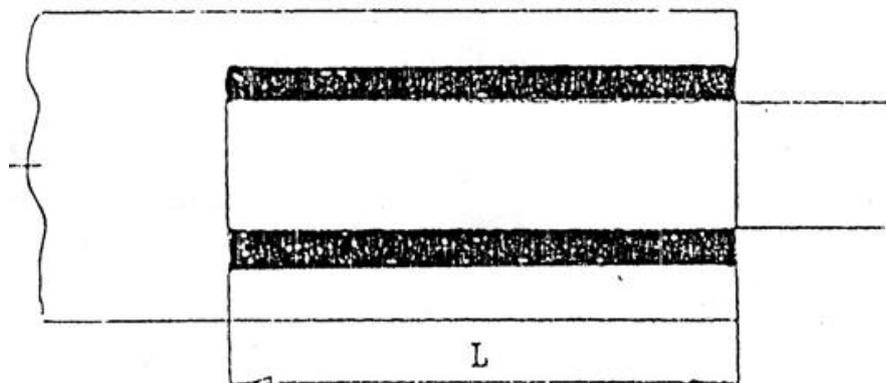
$$A = L \cdot t$$

Dimana :

L = lebar yang dilas.

T = tebal plat yang dilas.

Sambungan las sudut.



Gambar 2.20 Sambungan Tumpu(Yefri chan.2017)

Untuk sambungan las sudut ini, kemungkinan akan putus akibat gaya luar adalah tertarik maka :

Untuk menentukan las penampang yang akan putus pada sambungan sudut ini pada luas penampang yang paling kecil, untuk ini dicari jarak yang terpendek dari segitiga ABC (lihat gambar). Perhatikan gambar :

$$AC = AB = \text{leher las} = t$$

Gaya geser maksimal double paralel fillet

$$F_s = 2 \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t$$

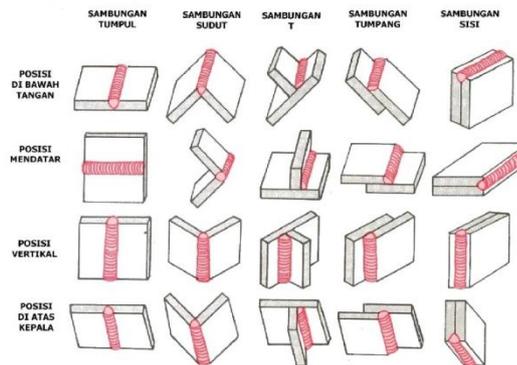
Dimana:

$$\frac{t \times L}{\sqrt{2}} = 0,707 \times t \times L$$

σ_t = tegangan geser ingin bahan las

2.13.2 Jenis-Jenis Sambungan Dalam Pengelasan

sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang”.



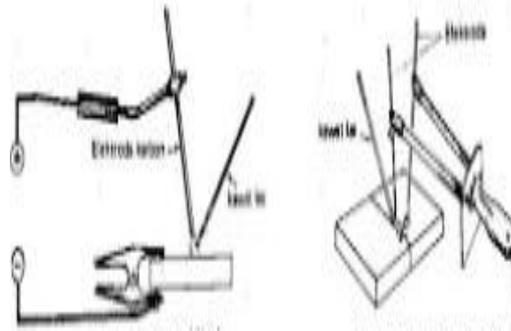
Gambar 2.21 Jenis-jenis sambungan Pada proses pengelasan terdapat lima (Harsono & Thoshie.2000)

Jenis desain dasar sambungan las. Kelima jenis dasar sambungan tersebut adalah sambungan Tumpul (Butt), Sudut (Corner), T (Tee), Tumpang (Lap), dan Sisi (Edge), seperti terlihat Gambar 9. Lima jenis dasar sambungan las dapat dibuat dalam empat posisi pengelasan yang berbeda, yaitu posisi flat (datar), vertikal, horizontal, dan diatas kepala seperti ditunjukkan pada gambar diatas. Dalam merencanakan konstruksi yang memiliki sambungan pengelasan, harus dipilih secara benar dan tepat mengenai jenis-jenis sambungan las, yang disesuaikan dengan fungsi dan kegunaannya.

Macam-Macam Proses Las Busur Listrik

1. Las listrik dengan elektroda karbon (arc welding)

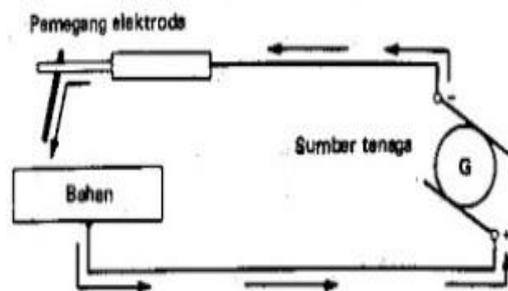
Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda karbon dan logam ataudiantara dua ujung elektroda karbon akan memanaskan dan mencairkan logam yang akan dilas. Sebagai bahan tambah dapat dipakai elektroda dengan fluksi atau elektroda yang berselaput fluksi



Gambar. 2.22 Arc Welding (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

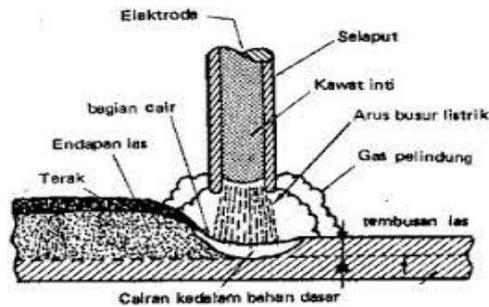
2. Las Listrik dengan ekktroda berselaput

Las Listrik ini menggunakan elektrodaberselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawat las busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupipermukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.Sirkuit las listrik dengan elektroda berselaput dimana G adalah sumber tenaga arus searah dan elektroda dihubungkan ke terminal negetif sedang bahan ke terminal positif seperti gambar berikut.



Gambar 2.23 Sirkuit Las Listrik (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

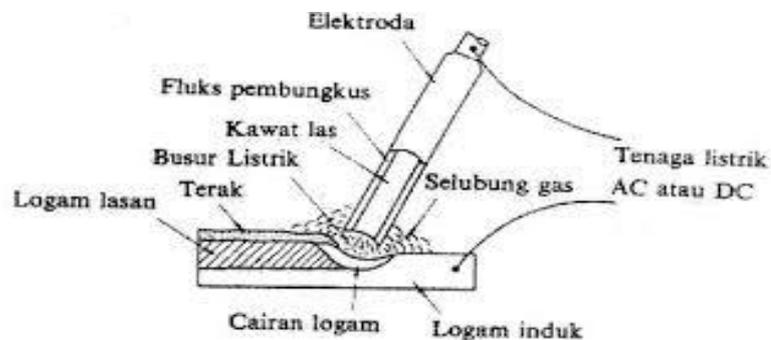
Pada gambar. dibawah ini ditunjukkan pemindahan cairan logam dari elektroda ke bahan dasar dimana gas dari pembakaran selaput elektroda melindungi daerah ini.



Gambar 2.24 Pemindahan cairan logam dari elektroda ke base metal (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

Las listrik TIG menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar adalah merupakan sumber panas untuk pengelasan. Titik cair dari alektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410o sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Tangkai Ias dilengkapi dangan nosel keramik untuk penyembur gas pelindung yang melindungi daerah Ias dari pengaruh luar pada saat pangelasan.

Sebagai bahan tambah dipakai elektroda tanpa selaput yang digerakkan dan didekatkan ke busur listrik yang terjadi antara elektroda wolfram dengan bahan dasar. Sebagai gas pelindung dipakai argon, helium ateaau campuran dari kedua gas tersebut yang pemekaiannya tergsntung dari jenis logem yang akan dilas. Tangkai las TIG biasanya didinginkan dengan air yang bersirkulasi. Proses Ias listrik TIG ditunjukkan pada Gbr dibawah ini

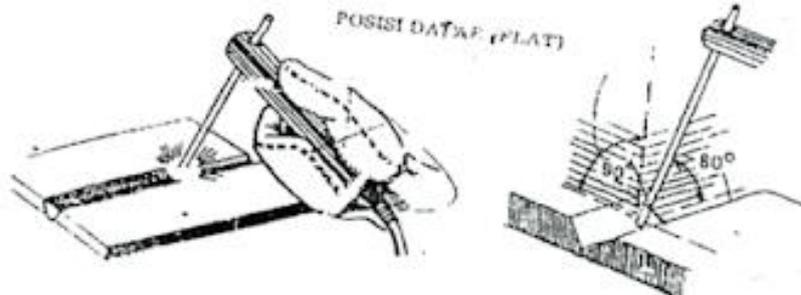


Gambar 2.25 Las SMAW (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

Posisi mengelas terdiri dari empat macam yaitu:

3. Posisi di bawah tangan

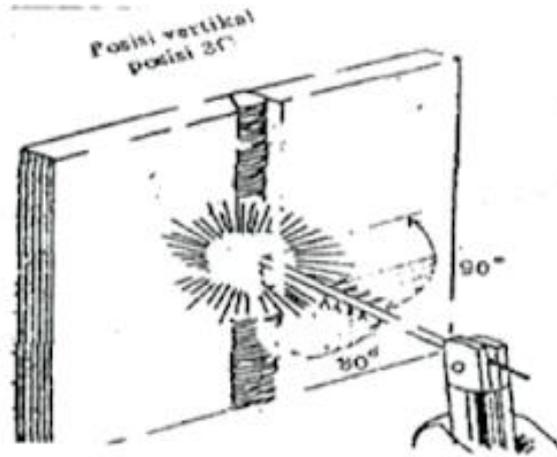
Posisi di bawah tangan yaitu suatu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata/datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° terhadap benda kerja.



Gambar 2.26 Posisi di bawah tangan (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

4. Posisi tegak (Vertikal)

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya keatas atau kebawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah

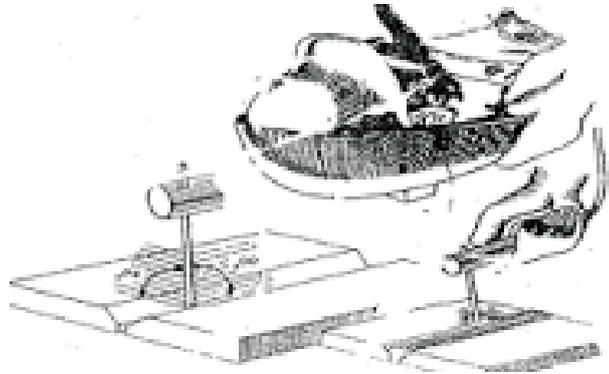


Gambar 2.27 Posisi tegak Vertikal (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

5. Posisi diatas kepala (Over Head)

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dapat mengenai juru las, oleh karena itu diperlukan perlengkapan yang serba lengkap antara lain: Baju las, sarung tangan, sepatu kulit dan sebagainya. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan

kedudukan elektroda sekitar 5°-20° terhadap garis vertikal dan 75°-85° terhadap benda kerja.



Gambar 2.28 Posisi diatas kepala (Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara.2017)

2.14 Kebutuhan listrik Dgedung 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 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.

Dalam penelitian ini akan dilakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya pada panel surya. Dengan kapasitas 50 WP untuk diterapkan digedung D Fakultas Teknik. Dengan tujuan untuk mengetahui daya maksimal yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya.

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

No	Judul	Nama Penulis	NPM
1	Percanaan 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	Ags	
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Litelatur	■							
3	Desain Alat		■						
4	Perakitan Alat			■					
5	Pengujian Alat				■				
6	Pengolahan Data				■	■			
7	Penulisan Laporan				■	■	■		
8	Seminar dan Sidang					■	■	■	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

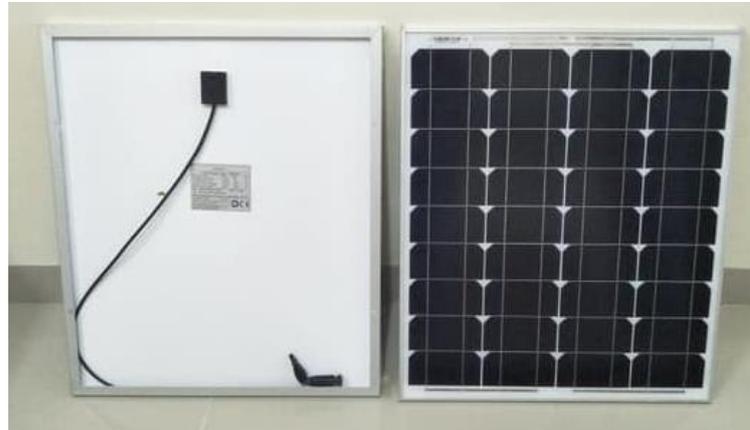
Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

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) : 50Watt
- Maks. Tegangan Listrik (Vmp) : 18 Volt
- Tegangan Sirkuit Terbuka (Voc) : 21 Volt

- Maks. Arus Daya (Imp) : 2.7 Ampere
- Modul Operasi Temperatur : -40°C hingga +85°C
- Dimensi : 630×540×18 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 (Suoer 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 nyyhy (2x2,5mm).



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 3.11Mesin 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 bewarna 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

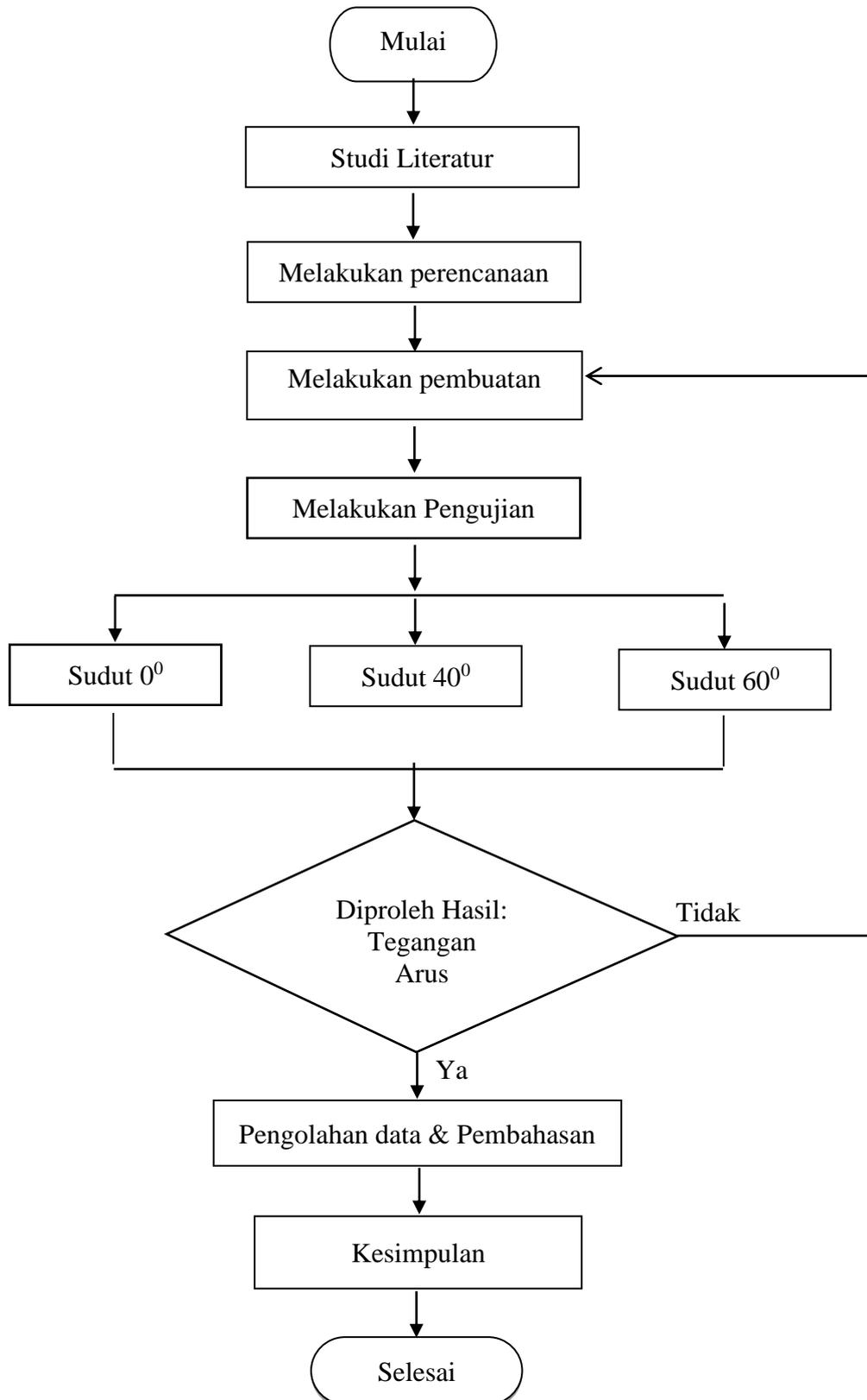
8. Multimeter

Multimeter digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya pada saat pengujian.



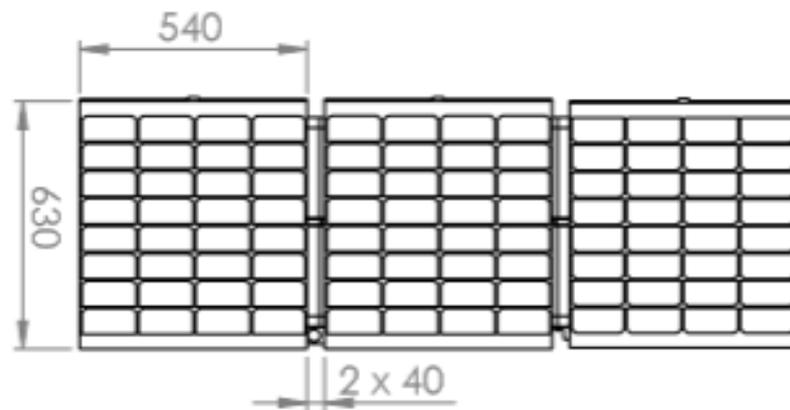
Gambar 3.16 Multimeter

3.3. Bagan Alir Penelitian

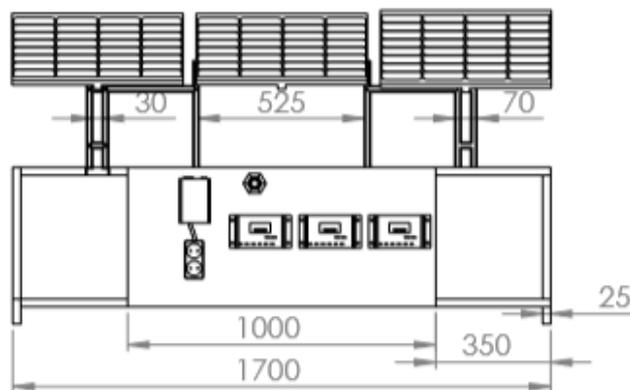


Gambar 3.17 Bagan Alir Penelitian

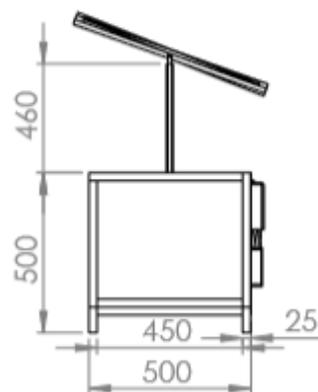
3.4. Rancangan Alat Penelitian



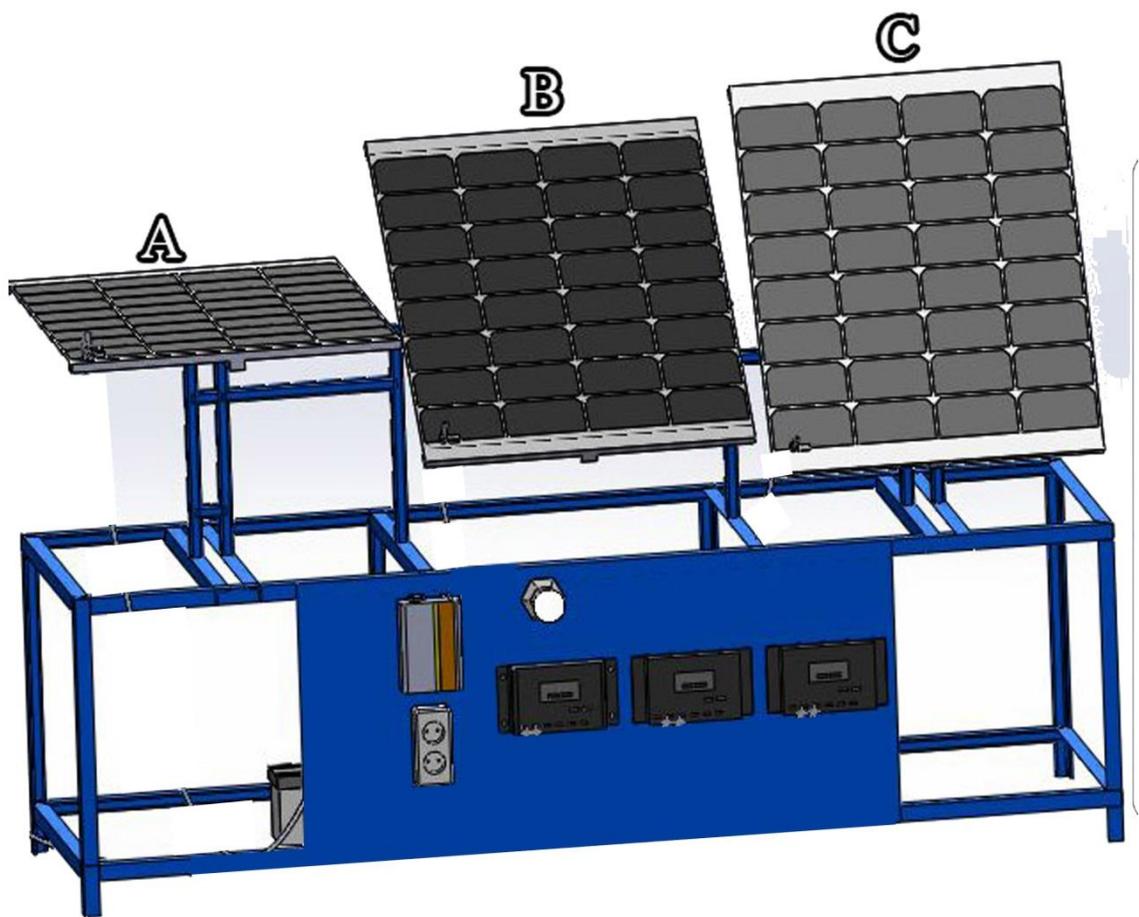
Gambar 3.18 Tampak atas



Gambar 3.19 Tampak depan



Gambar 3.20 Tampak samping



Gambar 3.21 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Keterangan :

- A. Panel surya dengan sudut 0°
- B. Panel surya dengan sudut 40°
- C. Panel surya dengan sudut 60°

Bahan yang digunakan:

1. Panel Surya
2. Charger Controler
3. Baterai
4. Inverter
5. Lampu

3.5. Prosedur Percobaan

3.5.1. Langkah-langkah Pembuatan Rangka PLTS

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan rangka PLTS adalah sebagai berikut :

1. Proses Pengukuran besi-besi menggunakan meteran dengan ukuran yang telah ditentukan sebelum dilakukan pemotongan besi seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.22 Mengukur Besi

2. Proses pemotongan besi-besi menggunakan mesin gerinda setelah di lakukan pengukuran sebelumnya seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.23 Pemotongan Besi

3. Proses menyatukan besi-besi setelah di potong atau disebut proses pengelasan seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.24 Pengelasan

4. Proses pengeboran atau pembuatan lubang di bagian-bagian rangka panel untuk peletakan komponen-komponen PLTS, seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.25 Melubangi Besi

5. Proses pembersihan rangka menggunakan mesin gerinda, amplas dari sisa-sisa kotoran dari pengelasan dan pengeboran lubang seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.26 Mengerinda Rangka

6. Proses pembuatan sudut 0° 40° 60°

Proses pembuatan sudut dilakukan dengan busur derajat dengan kemiringan sudut 0° 40° dan 60°



Gambar 3.27 pembuatan sudut

7. Proses pengecatan rangka menggunakan cat berwarna biru tujuan agar batang besi tidak berkarat dan agar terlihat berwarna seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.28 Pengecatan Rangka

3.5.2. Langkah-langkah Perakitan PLTS

Adapun langkah-langkah perakitan komponen-komponen PLTS adalah sebagai berikut :

1. Memasang triplek sebagai dudukan charger controller, inverter, dan komponen lainnya seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3.29 Memasang Triplek

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



Gambar 3.30 Memasang Tiang Panel

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



Gambar 3.31 Memasang Panel

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



Gambar 3.32 Memasang Charger Controller

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



Gambar 3.33 Memasang Baterai

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



Gambar 3.34 Mengatur Sudut Kemiringan

3.5.3. Langkah-Langkah Pengambilan Data

Adapun langkah-langkah pengambilan data pada pengujian PLTS adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian panel surya di tempat terbuka yang mendapat sinar matahari, pengujian dilakukan dari jam 07.30 wib hingga 17.00 wib.



Gambar 3.35 Pengujian Panel di Tempat Terbuka

2. Mengukur intensitas radiasi matahari yang di hasilkan pancaran sinar matahari seperti di tunjukan pada gambar.



Gambar 3.36 Pengambilan Data Intensitas Matahari

3. Mengukur temperatur pada panel surya seperti di tunjukan pada gambar.



Gambar 3.37 Pengambilan Data Temperatur

4. Mencatat hasil pengujian panel surya dengan sudut 0° , 40° , 60° dari jam 08.00 wib hingga 18.00 wib hingga selesai.



Gambar 3.38 Mencatat Hasil Pengujian Panel Surya

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

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penyerapan panel surya terhadap matahari

Hasil penyerapan panel surya terhadap matahari didapat dari pengujian dalam sehari. Pengujian dilakukan dari pukul 07.30 s/d 17.00, dengan posisi sudut panel pada kemiringan 0° , 40° dan 60° . Dan panel surya dari pukul 07.30 s/d 14.00 berada pada arah timur dan pada pukul 14.30 s/d 17.00 panel surya berpindah ke arah barat. Untuk Pengambilan data dilakukan dalam setengah jam sekali dalam sehari.

Tabel 4.1 waktu dengan daya (Watt)

Jam	sudut 0°	sudut 40°	sudut 60°
07,30	0	0	0
08,00	13,03	14,95	37,95
08,30	16,35	42,67	34,5
09,00	16,23	39,43	26,69
09,30	25,24	56,89	36,23
10,00	33,58	64,75	45,56
10,30	33,02	69,89	41,54
11,00	38,68	73,07	41,83
11,30	42,9	69,05	39,64
12,00	43,49	71,24	31,82
12,30	42,55	48,9	21,03
13,00	39,4	48,49	15,53
13,30	38,73	40,56	10,67
14,00	29,63	26,94	6,48
14,30	39,94	66,99	51,71
15,00	24,98	49,44	32,64
15,30	27,23	61,16	36,25
16,00	19,28	45,2	28,17
16,30	24,54	42,35	29,16
17,00	10,74	39,91	24,72
Total	477,3	971,8	592,1
Rata Rata	27,97	48,59	29,60

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari panel surya dilakukan dengan persamaan perkalian tegangan (V) dengan arus (A) .

4.1.1 Perhitungan Daya Dengan Sudut Kemiringan 0°

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

$$P = V \times I$$

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

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

4.1.2 Perhitungan Daya Dengan Sudut Kemiringan 40°

➤ Kemiringan 40°, pada pukul 08.00 wib diperoleh daya sebesar

$$P = V \times I$$

$$= 16,61 \text{ V} \times 0,9 \text{ A}$$

$$= 14,95 \text{ watt}$$

4.1.3 Perhitungan Daya Dengan sudut Kemiringan 60°

➤ Kemiringan 60°, pada pukul 08.00 wib diperoleh daya sebesar

$$P = V \times I$$

$$= 16,50 \text{ V} \times 2,3 \text{ A}$$

$$= 37,95 \text{ watt}$$

4.2 Hasil Pengujian Alat Panel Surya Dengan Variasi Sudut Kemiringan

Pengujian ini dilakukan dengan pengaruh sudut kemiringan, Dengan menggunakan sudut 0°, 40°, 60°, terhadap penyerapan radiasi matahari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh sudut kemiringan yang berbeda terhadap penyerapan matahari dan mengetahui perbandingan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dari panel surya. Pengambilan data dengan menggunakan variasi sudut kemiringan sangat diperlukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pergeseran sudut matahari pada selang waktu setiap setengah jam sekali, Pengujian ini dilakukan pukul 07.30 hingga pukul 17.00. sampai enam hari pengujian.



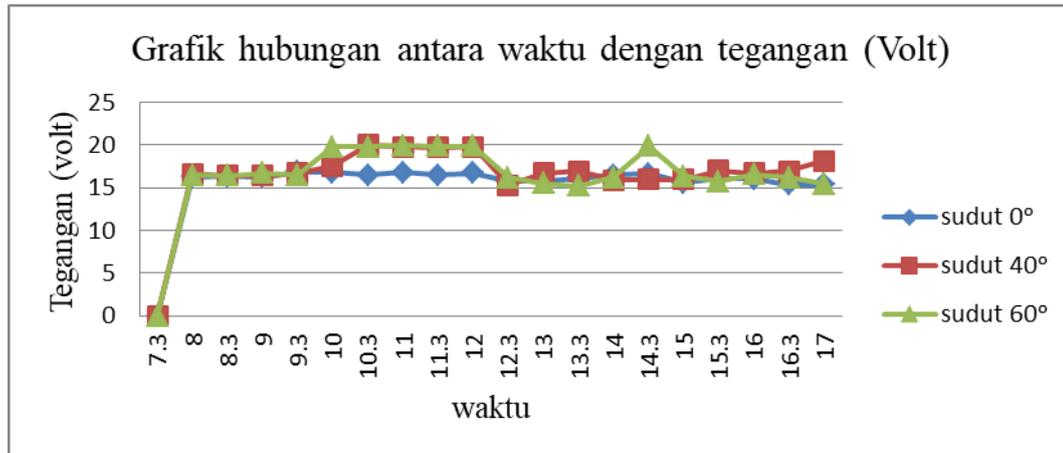
Gambar 4.1 Pembangkit listrik tenaga surya dengan sudut 0°, 40°, 60°.

Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Tanggal 07 Mei 2019

No.	Jam	Posisi Sudut Panel 0 ⁰			Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Aampere)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	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	16,35	16,41	2,6	42,67	16,43	2,1	34,50
4	09.00	16,23	1	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	33,58	17,50	3,7	64,75	19,81	2,3	45,56
7	10.30	16,51	2	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	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	39,4	16,72	2,9	48,49	15,53	1	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	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		308,1	34,4	477,3	328,3	55,8	971,8	328,6	33,7	592,1
Rata-rata		15,40	1,72	27,97	16,41	2,79	48,59	16,43	1,68	29,60

Tabel di atas adalah tabel hasil pengujian dalam sehari. Pengujian dilakukan dari pukul 07.30s/d 17.00, dengan posisi sudut panel pada kemiringan 0⁰ 40⁰ dan 60⁰.Dan panel surya dari pukul 07.30 s/d 14.00 berada pada arah timur dan pada pukul 14.30 s/d 17.00 panel surya berpindah ke arah barat. Pengambilan data dilakukan dalam setengah jam sekali dalam sehari.

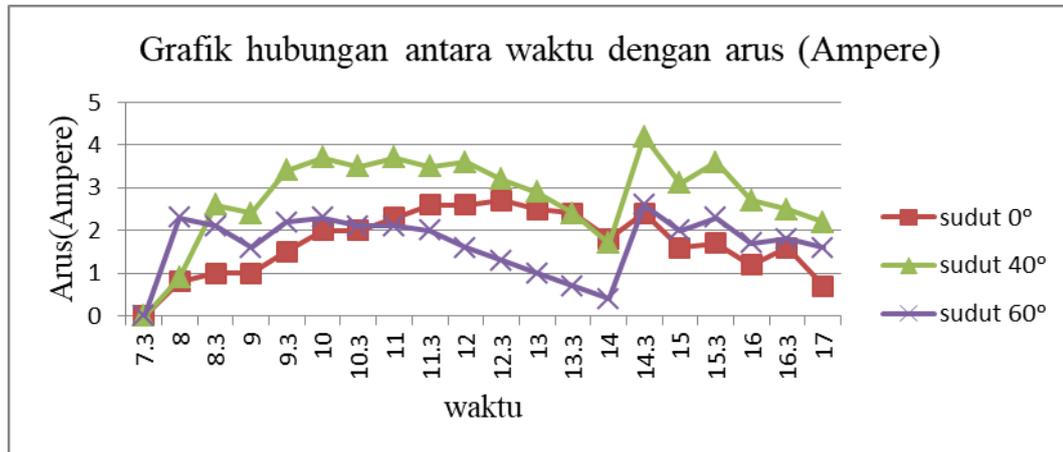
4.2.1 Perbandingan waktu dengan Arus (A), Tegangan (V) dan Daya (W)



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu dengan tegangan

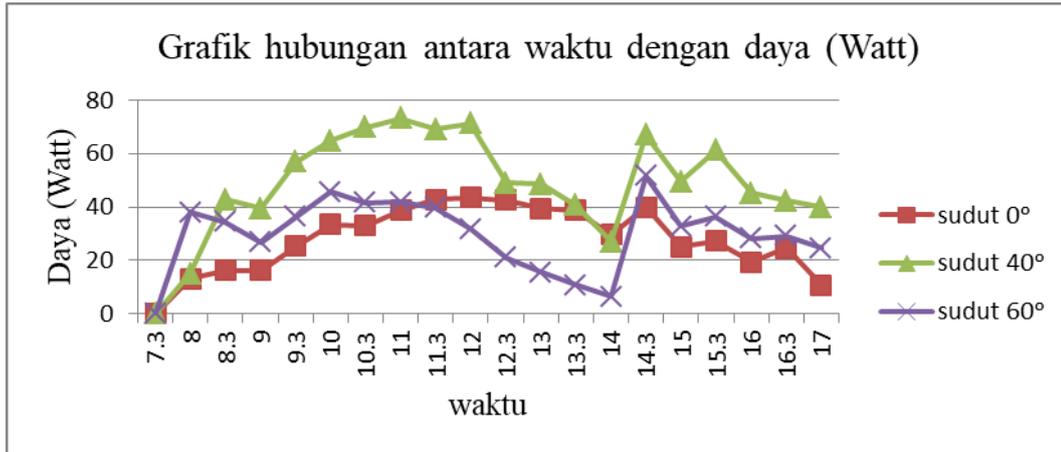
Grafik diatas menggambarkan kondisi perbandingan waktu dengan tegangan berdasarkan 3 sudut yaitu 0° 40° dan 60° . Dapat dijelaskan bahwa tegangan yang dihasilkan dari sudut 0° naik pada pukul 09.30 sampai dengan pukul 11.00 namun tegangan mengalami penurunan pada pukul 11.30 namun tegangan naik kembali pada pukul 12.00 sampai pukul 13.00, Dari pengolahan data yang diambil setiap setengah jam sekali selama 1 hari dan di dapatkan tegangan maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut kemiringan 0° adalah 16,83 V dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,34 V, pada tegangan yang di hasilkan pada sudut 0° tidak begitu tinggi di bandingkan sudut 40° dan 60° . Sedangkan tegangan yang dihasilkan oleh sudut 40° naik pada pukul 10.00 sampai dengan pukul 12.00, namun tegangan mengalami penurunan dari pukul 12.30 sampai pukul 13.00 namun tegangan menaik dari pukul 14.00 karena posisi panel berubah dan berpindah yang awalnya berada di arah timur berpindah ke arah barat. Dari pengolahan data yang diambil setiap setengah jam sekali selama 1 hari dan di dapatkan tegangan maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut kemiringan 40° adalah 19,97 V sedangkan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,28 V,. Dan tegangan yang di hasikan dari sudut 60° naik sekitar pukul 10.00 sampai dengan 12.00, namun turun dari pukul 12.30 sampai 13.00 dan naik lagi tegangan pukul 14.00 karena panel surya pindah posisi sudut ke arah barat, di dapatkan tegangan maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut 60° adalah 19,92 V sedangkan tegangan minimum yang dihasilkan adalah 15,45 V. Sedangkan tegangan rata-rata yang

dihasilkan dari sudut $0^{\circ}= 15,41$ V, $40^{\circ}= 16,41$ V dan $60^{\circ}= 16,43$ V. Maka tegangan yang dihasilkan dari 3 sudut yang maksimal dari hasil pengujian adalah sudut kemiringan 60° .karena tegangan yang dihasilkan sudut 60° yang tertinggi dibandingkan sudut lainnya.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara waktu dengan arus

Grafik diatas menggambarkan kondisi perbandingan waktu dengan arus berdasarkan 3 sudut yaitu 0° 40° dan 60° . dapat di lihat pada grafik bahwa arus yang dihasilkan oleh sudut 0° dari pukul 08.00 sampai 12.30 meningkat, namun dari pukul 12.30 sampai 17.00 arus yang dihasilkan mengalami penurunan,dan arus maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut 0° 2,7 A sedangkan arus minimum yang dihasilkan adalah 0,6 A.Sedangkan arus maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut 40° pada pukul 14.30 sebesar 4,2 A, arus yang minimum di hasilkan pada pukul 08.00 adalah 0,9 A, Dan arus maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut 60° pada pukul 14.30 sebesar 2,6 A, sedangkan arus minimum yang dihasilkan pada pukul 14.00 sebesar 0,4 A.Sedangkan arus rata-rata yang dihasilkan dari sudut $0^{\circ}= 1,72$ A, $40^{\circ}= 2,79$ A dan $60^{\circ}= 1,68$ A. Maka arus yang dihasilkan dari 3 sudut yang optimal dari hasil pengujian adalah sudut kemiringan 40° .karena arus yang dihasilkan sudut 40° yang tertinggi dibandingkan sudut lainnya..



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara waktu dengan daya

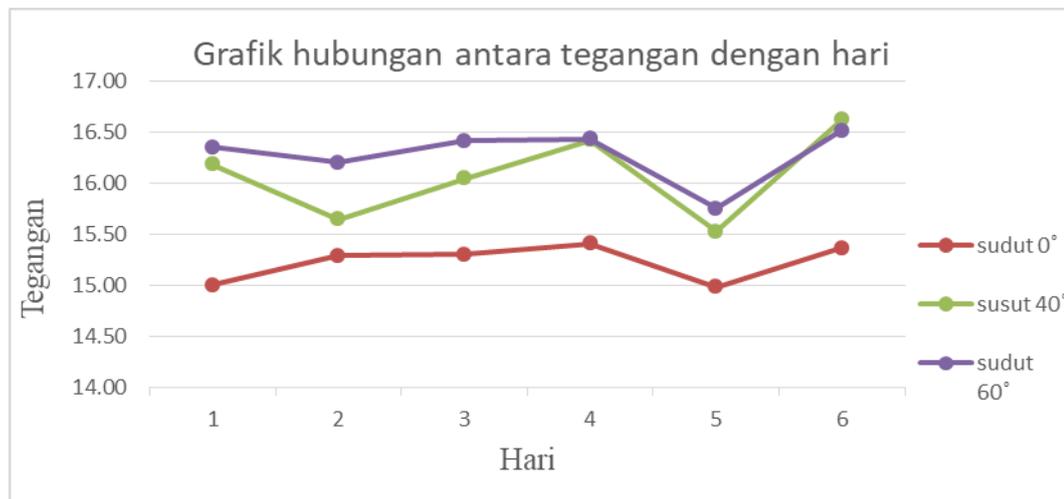
Grafik diatas menggambarkan kondisi perbandingan waktu dengan daya berdasarkan 3 sudut yaitu 0° 40° dan 60° dapat di lihat pada grafik bahwa daya yang dihasilkan oleh sudut 0° dari pukul 08.00 sampai 12.00 selalu meningkat, namun dari pukul 12.00 sampai 17.00 mengalami penurunan daya yang hasilkan hanya naik pada pukul 14.30. daya maksimal yang didapat dari hasil pengujian oleh sudut 0° adalah 43,49 watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 13,03 watt. Dan untuk daya yang di hasilkan pada sudut 40° mengalami kenaikan dari pukul 08.00 sampai 11.00, sedangkan dari pukul 11.30 daya yang di hasilkan mengalami penurunan hingga pukul 14.00, namun pukul 14.30 daya manaik lagikarena posisi panel berubah dan berpindah yang awalnya berada di arah timur berpindah ke arah barat, daya maksimal yang didapat dari hasil pengujian ole sudut 40° adalah 73,07 watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 14,95 watt, Sedangkan daya yang dihasilkan pada sudut 60° tidak begitu maksimal dapat lihat pada grafik bahwa daya maksimal yang didapat dari hasil pengujian adalah 51,71 watt sedangkan daya minimum yang dihasilkan adalah 6,48 watt. Sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan dari sudut 0°= 26,52 watt, 40°=48,59 watt dan 60°= 29,60 watt. Maka daya yang dihasilkan dari 3 sudut yang optimal dari hasil pengujian adalah sudut kemiringan 40°. karena arus yang dihasilkan sudut 40° yang tertinggi dibandingkan sudut lainnya.

4.2.1 Perbandingan Hari dengan Tegangan (V), Arus (A), dan Daya (W)

Tabel 4.3 Hubungan Antara Hari dengan Tegangan (Volt)

Hari	sudut 0°	sudut 40°	sudut 60°
1	15.01	16.18	16.36
2	15.29	15.65	16.20
3	15.30	16.05	16.41
4	15.40	16.41	16.43
5	14.99	15.53	15.75
6	15.37	16.62	16.52

Tabel di atas menjelaskan tentang hubungan antara tegangan dengan hari yang diambil dari hasil proses pengujian selama 6 hari dengan sudut 0° 40° 60°. Data pada tabel diatas ditiap masing masing sudut diambil dari nilai rata rata yang dihasilkan selama proses pengujian 6 hari.



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara tegangan dengan hari

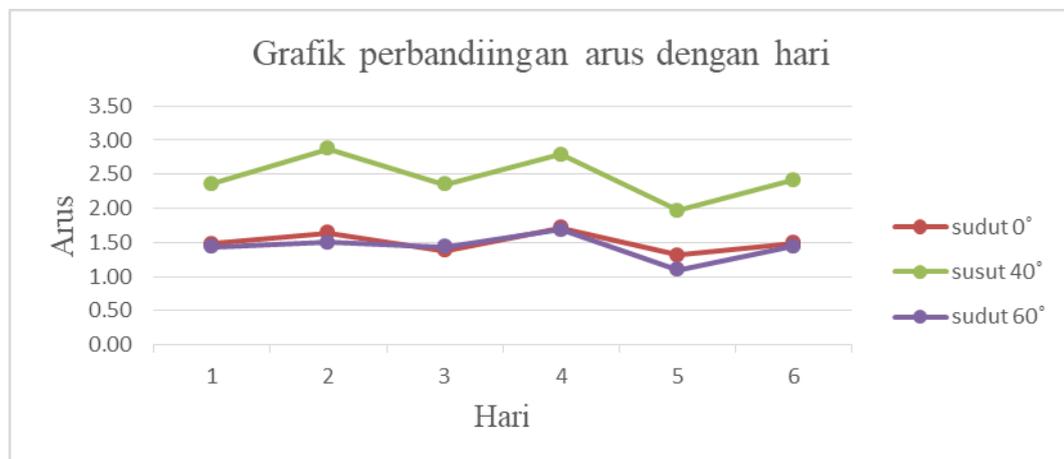
Grafik diatas menggambarkan kondisi hubungan antara tegangan dengan hari berdasarkan 3 sudut yaitu 0° 40° dan 60°. Dapat dilihat pada grafik Sudut 0° dihari pertama tegangan yang dihasilkan 15.01 V, dihari ke 2 tegangan meningkat 15.29 V sedangkan dihari ke 3 tegangan yang dihasilkan setara dengan hari ke 2 dan dihari 4 tegangan meningkat sebesar 15.41 V, dihari ke 5 tegangan mengalami penurunan hingga 14.99 V dan di hari terakhir atau hari ke 6 tegangan setara dengan tegangan di hari 2 dan 3. Sedangkan Sudut 40° Dihari pertama tegangan yang dihasilkan 15.0 V, dihari ke 2 tegangan mengalami penurunan menjadi 15.65 V dan dihari ke 3 tegangan mengalami kenaikan sebesar 16.05 V, dihari ke 4 tegangan mengalami peningkatan lagi sebesar 16.45 V. sedangkan dihari ke 5

mengalami penurunan menjadi 15.53 V dan di hari terakhir atau ke 6 tegangan mengalami kenaikan lagi menjadi 16.62 V. Sedangkan Sudut 60° di hari pertama tegangan yang dihasilkan 16.36 V, di hari ke 2 tegangan menurun menjadi 16.20 V, di hari ke 3 tegangan mengalami kenaikan sebesar 16.41 V dan di hari ke 4 tegangan meningkat menjadi 16.43 V, sedangkan di hari ke 5 tegangan mengalami penurunan menjadi 15.75 V, dan di hari terakhir atau ke 6 tegangan mengalami peningkatan menjadi 16.52 V.

Tabel 4.4 Hubungan Antara Hari dengan Arus (Ampere)

Hari	sudut 0°	sudut 40°	sudut 60°
1	1.48	2.36	1.44
2	1.64	2.87	1.51
3	1.38	2.35	1.44
4	1.72	2.79	1.68
5	1.31	1.97	1.10
6	1.50	2.42	1.45

Tabel di atas menjelaskan tentang hubungan antara arus dengan hari yang diambil dari hasil proses pengujian selama 6 hari dengan sudut 0° 40° 60° . Data pada tabel di atas di tiap masing masing sudut diambil dari nilai rata-rata yang dihasilkan selama proses pengujian 6 hari.



Gambar 4.6 Grafik perbandingan arus dengan hari

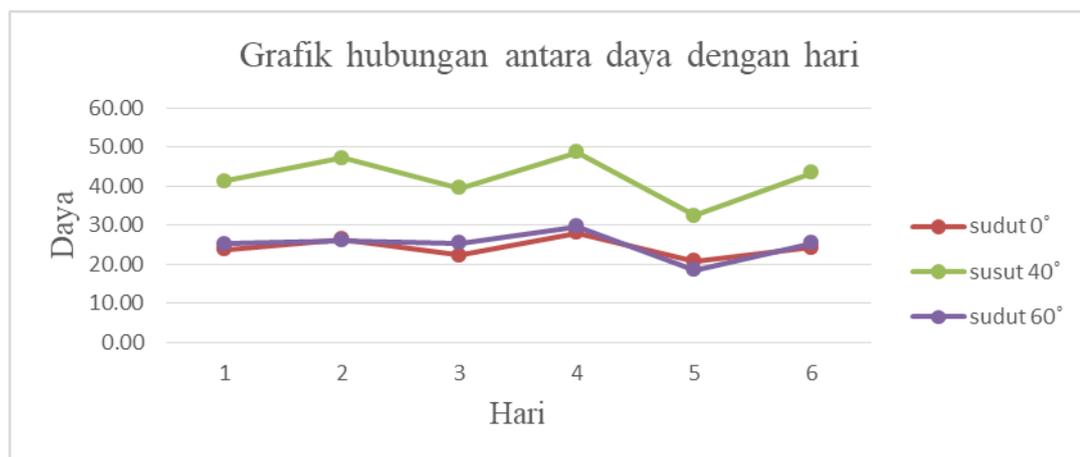
Grafik di atas menggambarkan kondisi hubungan antara arus dengan hari berdasarkan 3 sudut yaitu 0° 40° dan 60° . Dapat dilihat pada grafik Sudut 0° hari pertama arus 1.48 A di hari ke 2 arus mengalami kenaikan menjadi 1.64 A, di hari ke 3 arus mengalami penurunan menjadi 1.38 A dan di hari ke 4 arus mengalami kenaikan menjadi 1.72 A sedangkan di hari 5 arus mengalami penurunan hingga

1.31 A dandihari terahir atau ke 6 arusmengalami penurunan menjadi 1.30 A. Sudut 40^0 dihari pertama arus 2.36 A, dihari ke 2 arus mengalami kenaikan menjadi 2.87 A, dihaari ke 3 arus mengalami penurunan 2.35 A, dan dihari ke 4 arus mengalami peningkatan menjadi 2.79 A, sedangkan dihari ke 5 arus mengalami penurunan menjadi 1.97 A. dan dihari terahir atau ke 6 arusmeningkat kembali menjadi 2.42 A. Sudut 60^0 di hari pertama arus 1.44 A, di hari ke 2 arusmengalami kenaikan menjadi 1.51 A. dihari hari ke 3 arus kembali setara dengan arus di hari pertama 1.44 A, sedangkan dihari ke 4 arus meningkat menjadi 1.69 A, dan dihari ke 5 arus mengalami penurunan menjadi 1.10 A, dan dihari terahir atau ke 6 arus meningkat 1.45 A.

Tabel 4.5 Hubungan Antara Hari dengan Daya (Watt)

Hari	sudut 0°	sudut 40°	sudut 60°
1	23,70	41,23	25,24
2	26,34	47,16	25,99
3	22,28	39,39	25,29
4	27,97	48,59	29,60
5	20,76	32,39	18,51
6	24,19	43,39	25,34

Tabel di atas menjelaskan tentang hubungan antara daya dengan hari yang diambil dari hasil proses pengujian selama 6 hari dengan sudut 0^0 40^0 60^0 . Data tabel diatas ditiap masing masing sudut diambil dari nilai rata rata yang dihasilkan selama proses pengujian 6 hari.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan daya dengan hari

Grafik diatas menggambarkan kondisi hubungan antara daya dengan hari berdasarkan 3 sudut yaitu 0^0 40^0 dan 60^0 . Dapat dilihat pada grafik Sudut 0^0 di

hari pertamanya 23,70 watt. Di hari ke 2 daya mengalami kenaikan menjadi 26,34 watt, di hari ke 3 daya mengalami penurunan 22,28 watt, dan di hari ke 4 daya mengalami kenaikan lagi menjadi 27,98 watt, sedangkan di hari ke 5 daya menurun menjadi 20,76 watt, dan di hari terakhir atau ke 6 daya meningkat menjadi 24,19 watt. Sudut 40° di hari pertama daya yang dihasilkan 41,23 watt, di hari 2 daya mengalami kenaikan menjadi 47,16 watt, di hari 3 daya menurun 39,3 watt dan di hari ke 4 daya meningkat 48,59 Watt, sedangkan di hari 5 daya menurun 32,39 watt. dan di hari terakhir atau ke 6 daya meningkat menjadi 43,39 Watt. Sudut 60° di hari pertama daya yang dihasilkan 25,24 watt, di hari 2 daya meningkat 25,99 watt, di hari ke 3 daya menurun 25,29 watt, dan di hari 4 daya mengalami kenaikan menjadi 29,61 watt, sedangkan di hari ke 5 daya menurun menjadi 18,51 watt, dan di hari terakhir atau ke 6 daya mengalami kenaikan lagi menjadi 25,34 Watt.

4.3 Perhitungan Tumpuan Beban pada alat panel surya

Tumpuan tetap pada alat panel surya, dimana terdapat 3 panel surya masing-masing beban panel surya 3.3 kg. Dengan total keseluruhan beban 9,9 kg. Dan panjang tumpuan 170 cm (1,7m)

Dimana :

$$F_1 = 3,3 \text{ kg}$$

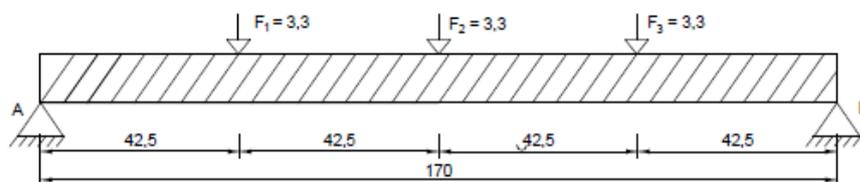
$$F_2 = 3,3 \text{ kg}$$

$$F_3 = 3,3 \text{ kg}$$

$$L = 170 \text{ cm (1,7 m)}$$

A = Tumpuan A

B = Tumpuan B



Gambar 4.8 Tumpuan tetap

Dengan menggunakan rumus tumpuan :

$$R_{VB} = \frac{F \cdot A}{L} \text{ atau } \left(\frac{a}{L} F \right)$$

$$\Sigma M_B = 0 \rightarrow F \cdot b - R_{VA} \cdot L = 0$$

$$R_{VA} = \frac{b}{L} F$$

$$R_{va} = \left(\frac{b}{L} F\right) + \left(\frac{c}{L} F\right) + \left(\frac{d}{L} F\right)$$

$$R_{vb} = \left(\frac{c}{L} F\right) - \left(\frac{b}{L} F\right) - \left(\frac{a}{L} F\right)$$

Penyelesaian:

Ra = beban titik A

Rb = beban titik B

Maka

$$\begin{aligned} R_a &= \left(\frac{127,5}{120} 3,3\right) + \left(\frac{85}{120} 3,3\right) + \left(\frac{42,5}{120} 3,3\right) \\ &= 4,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka $R_b = R_a$ dimana masing – masing beban sama dengan jarak yang sama pula.

4.5 Perhitungan sambungan pengelasan

Dengan menggunakan jenis besi ASTM R36

Dengan ukuran 30mm x 30mm x 3mm

$F = m \cdot a$

Dimana massa = 1 panel 3,3 kg terdapat 3 panel maka total massa $m_{total} = 9,9 \text{ kg}$

Percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$

Dimana :

F = Gaya (N)

M = Massa (kg)

A = Percepatan $\{m/s^2\}$

Maka :

$$F = m \cdot a \rightarrow = 9,9 \text{ N} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 97,12 \text{ N}$$

$$F = 97,12 \times 10^3 \text{ KN}$$

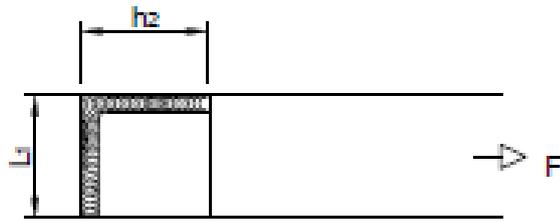
Sambungan las sudut sampung (paralel fillet lasan sendi)

Dimana :

$$F = 97,12 \text{ N}$$

$$L = \text{panjang } 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$$

$$T = \text{tebal } 3 \text{ mm} = 0,03 \text{ cm} = 0,003 \text{ m}$$



Gambar 4.9 sambungan pengelasan

Maka rumus yang digunakan

Gaya geser maksimal double paralel fillet

$$F_s = 2 \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t \quad (4.1)$$

Dimana:

$$\frac{t \times L}{\sqrt{2}} = 0,707 \times t \times L \quad (4.2)$$

σ_t = tegangan geser ingin bahan las

$$\sigma_t = \frac{F}{A} = \frac{F}{L \times t} \quad (4.3)$$

$$\sigma_t = \frac{F}{L \times t}$$

$$\sigma_t = \frac{97,12}{0,03 \times 0,003}$$

$$\sigma_t = 1079111,1$$

Diperoleh hasil $\sigma_t = 1079111,1$

Tegangan geser pada sambungan pengelasan dapat dicari dengan persamaan 4.1

$$F_s = 2 \frac{t \times L}{\sqrt{2}} \times \sigma_t$$

$$= 2 \times 0,707 \times t \times L \times \sigma_t$$

$$= 2 \times 0,707 \times 0,003 \times 0,03 \times 1079111,1$$

$$= 13,732766 \text{ N atau } = 13,732766 \text{ kg}^m/s^2$$

Tegangan geser maksimum sebesar $13,732766 \text{ N atau } = 13,732766 \text{ kg}$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Dari hasil pengujian didapatkan daya dalam sehari pada sudut $0^{\circ}= 27,97\text{W}$ pada sudut $40^{\circ}= 48,59 \text{ W}$ dan pada sudut $60^{\circ}= 29,60 \text{ W}$
2. Dari hasil pengujian didapatkan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan panel surya. Dan tegangan yang dihasilkan pada kemiringan $0^{\circ}= 15,40 \text{ V}$, $40^{\circ}= 16,41 \text{ V}$, $60^{\circ}= 16,43$. Dan arus yang dihasilkan pada kemiringan $0^{\circ}= 1,72 \text{ A}$, $40^{\circ}= 2,79 \text{ A}$, $60^{\circ}= 1,68 \text{ A}$. Dan daya yang dihasilkan pada kemiringan $0^{\circ}= 27,97\text{W}$, $40^{\circ}= 48,59 \text{ W}$, $60^{\circ}= 29,60 \text{ W}$.

5.2 Saran

1. Agar dapat memperoleh perencanaan dan pembuatan yang memberikan kemudahan dalam pengoprasian, perbaikan dan perawatan maka perancang harus mengetahui lokasi dan tempat pemasangan
2. Agar memperoleh penyerapan yang baik dan optimal dari penyerapan panel surya, sebaiknya dudukan panel surya menggunakan kemiringan atau disesuaikan pada daerah atau lokasi pemasangan.
3. Agar pemasangan komponen-komponen utama pada panel surya, diharapkan menggunakan sesuai dengan kebutuhan penggunaan dan jarak pemasangan komponen agar tidak berjauhan dari panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, D. dan NA, Handayani. (2012) *Potency of Solar Energy Applications in Indonesia*. Int. Journal of Renewable Energy Development, Semarang: Faculty of Engineering, Diponegoro.
- 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 Diponegoro.
- Hasan Hasnawiyah. (2012) *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi*, Jurnal Riset Teknologi Kelautan, Makasar: Fakultas Teknik Universitas Hassanudin.
- Mintorogo, D S. (2000) *Strategi Aplikasi Sel Surya (Photovoltaic Cells) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial*. Jurnal, Surabaya: Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Arsitektur , Universitas Kristen Petra.
- Nur muhammad, Naharuddin, Syahrani awal. (2018) *Analisis Kekuatan Tarik Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Stainless Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik*, Jurnal mekanikal, Universita Tadulako.
- Ramadhan Anwar Ilmar, Ery, D. Sony Hari Mukti. (2016) *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP*, Jurnal. Jakarta: Fakultas Teknik, UMJ.
- Subekti Yuliananda, Gede Sarya, RA Retno Hastijanti. (2015) *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya*. Jurnal Pengabdian LPPM, Surabaya: Fakultas Teknik, UNTAG.
- Sianipar rafael. (2014) *Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Jurnal JETri, jakarta Barat, Universitas Trisakti
- Sandro Putra, Ch. Rangkuti (2016) *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal*, Jurnal Seminar Nasional Cendekiawan, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti.
- Yuspian Gunawan, Nanang Endriatno, Bayu Hari Anggara. (2017) *Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah*

Dan Baja Karbon Tinggi, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Halu Oleo

Yohanes Erwin S. (2009) *Desain dan Instalasi Solar Home System 50 Wp*,
Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

LAMPIRAN

Jam	Intensitas Cahaya Lux	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	238	32.9	T	15.13	0.4	6.05	32.9	T	13.06	0.8	10.448	34	T	15.49	0.5	7.745
8.3	312	32.9	T	15.39	0.4	6.16	32.7	T	16.33	0.8	13.064	35.5	T	15.31	0.5	7.655
9	873	40.8	T	17.43	1.8	31.37	47.3	T	17.24	4.4	75.856	48.8	T	16.65	2.7	44.955
9.3	463	35	T	14.31	0.9	12.88	37.8	T	17.75	1.9	33.725	38.9	T	13.5	1.2	16.2
10	505	44.2	T	15.46	1.1	17.006	45.8	T	16.39	1.8	29.502	44.4	T	16.34	1.1	17.974
10.3	923	54.4	T	16.05	2.2	35.31	55.9	T	17.42	4.1	71.422	51.5	T	16.04	2.2	35.288
11	582	46.1	T	13.45	1.4	18.83	46	T	14.14	2.1	29.694	43.5	T	13.82	1.2	16.584
11.3	697	50.5	T	15.41	3.2	49.31	51	T	14.77	3.1	45.787	48	T	20.1	1.1	22.11
12	385	47.9	T	16.61	0.8	13.29	46.6	T	16.25	1.1	17.875	46.6	T	15.61	0.5	7.805
12.3	946	52.2	T	17.51	3	52.53	48.8	T	17.21	0.9	15.489	47.1	T	18.64	1.4	26.096
13	871	46.2	T	16.76	0.7	11.73	43	T	15.19	0.8	12.152	40.9	T	19.08	0.3	5.724
13.3	797	48.5	T	15.18	1.9	28.84	43.7	T	17.46	2.1	36.666	41,8	T	19.71	0.6	11.826
14	823	51.6	T	17.12	2.5	42.8	45.8	T	19.97	1.8	35.946	40.3	T	16.47	0.4	6.588
14.3	871	49.6	B	15.27	2.4	36.65	51.5	B	20.2	4.3	86.86	52.8	B	19.97	2.6	51.922
15	896	50	B	16.73	2.2	36.81	53.2	B	19.99	4.2	83.958	54	B	15.62	2.7	42.174
15.3	775	44	B	16.21	1.9	30.68	49.1	B	17.5	4.2	73.5	55.4	B	20.2	2.7	54.54
16	813	43.5	B	16.15	1.5	24.22	49.1	B	16.11	3.7	59.607	55.6	B	19.98	2.5	49.95
16.3	585	37.8	B	15.19	0.6	9.114	43.8	B	20.4	2.4	48.96	45.7	B	17.68	2.5	44.2
17	715	33.4	B	14.82	0.7	10.37	40.8	B	16.3	2.7	44.01	43.4	B	16.9	2.1	35.49
total	13070	841.5		300.18	29.6	473.95	865		323.68	47.2	824.521	826.4		327.11	28.8	504.826
rata2	653.5	42.08		15.009	1.48	23.698	43.2		16.184	2.36	41.2261	43.49		16.3555	1.44	25.2413

PENGUJIAN 1, RABU 1 MEI 2019

Jam	Intensitas Cahaya Lux	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰			Suhu 0C	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	903	33.7	T	16.33	0.6	9.798	36.7	T	16.34	1	16.34	38.5	T	16.43	1.4	23.002
8.3	521	35.7	T	15.15	0.6	9.09	40.2	T	16.55	1.5	24.825	42.5	T	15.33	1.1	16.863
9	939	45.2	T	16.55	1.2	19.86	51.4	T	16.37	2.6	42.562	52.9	T	16.54	1.7	28.118
9.3	792	46.6	T	16.57	1.8	29.826	53.9	T	15.45	3.8	58.71	53.6	T	16.64	2.5	41.6
10	745	48.7	T	16.11	2.2	35.442	54.8	T	17.42	4.1	71.422	53.9	T	16.33	2.5	40.825
10.3	249	38.3	T	16.55	0.6	9.93	40.6	T	15.36	4	61.44	39.9	T	16.26	0.6	9.756
11	307	38.9	T	16.38	0.9	14.742	40.7	T	16.64	1.7	28.288	39.9	T	16.27	1	16.27
11.3	550	55.1	T	15.61	2.8	43.708	56.4	T	16.1	4	64.4	53.7	T	16.61	2.1	34.881
12	834	56.5	T	15.57	2.7	42.039	54.8	T	16.16	3.6	58.176	50.8	T	16.02	1.7	27.234
12.3	834	55.3	T	16.11	2.7	43.497	52.2	T	17.36	3.2	55.552	49.3	T	15.42	1.3	20.046
13	738	53.4	T	15.4	2.6	40.04	49.4	T	16.38	2.8	45.864	43.8	T	16.63	1	16.63
13.3	830	52.5	T	16.19	2.6	42.094	46.5	T	15.74	2.4	37.776	40.7	T	16.18	0.5	8.09
14	877	65.4	T	16.68	2.4	40.032	58.5	T	15.75	1.9	29.925	55	T	16.02	0.2	3.204
14.3	849	50.4	B	16.23	2.3	37.329	51.5	B	16.09	4.2	67.578	53.1	B	16.3	2.5	40.75
15	901	48.7	B	16.04	2	32.08	52.6	B	17.27	3.9	67.353	52.8	B	16.95	2.5	42.375
15.3	728	46.5	B	15.93	1.7	27.081	51.5	B	16.24	3.7	60.088	53.8	B	19.92	1.3	25.896
16	860	43.9	B	16.65	1.4	23.31	49.8	B	16.45	3.5	57.575	55.1	B	19.9	2.3	45.77
16.3	720	40.6	B	15.33	1	15.33	46.6	B	15.22	3.1	47.182	50.3	B	20	2.2	44
17	540	36.3	B	16.42	0.7	11.494	45.7	B	20.1	2.4	48.24	46.2	B	20.3	1.7	34.51
total	13717	891.7		305.8	32.8	526.72	934		312.99	57.4	943.296	925.8		324.05	30.1	519.82
rata2	685.85	44.59		15.29	1.64	26.34	46.7		15.6495	2.87	47.16	46.29		16.2025	1.505	25.991

PENGUJIAN 2, KAMIS 2 MEI 2019

Jam	Intensitas Cahaya	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	DayaP (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	617	30.8	T	14.25	0.7	9.975	37.2	T	14.72	1.3	19.136	40.8	T	14.31	1.5	21.465
8.3	407	35.5	T	16.07	0.6	9.642	38.4	T	16.23	1.4	22.722	39.9	T	15.5	0.9	13.95
9	606	40.6	T	16.71	1.3	21.723	44.9	T	16.61	3.2	53.152	48.7	T	16.66	2.2	36.652
9.3	732	42.7	T	16.24	1.6	25.984	53.2	T	16.46	3.5	57.61	49.8	T	16.82	2.2	37.004
10	915	47.6	T	16.97	2.1	35.637	57.9	T	16.52	4	66.08	55.3	T	16.7	2.4	40.08
10.3	727	49.9	T	16.83	1.7	28.611	52.6	T	16.94	3.9	66.066	50.9	T	17.02	0.9	15.318
11	830	43.8	T	15.31	1.2	18.372	45.5	T	19.59	1.8	35.262	44.6	T	16.4	1	16.4
11.3	839	51.1	T	16.23	2.5	40.575	51.3	T	17.51	3.6	63.036	49.2	T	16.5	2.9	47.85
12	320	45.6	T	15.57	2.3	35.811	44.6	T	16.32	3.1	50.592	44.4	T	16.63	1.6	26.608
12.3	597	47.1	T	15.78	1.9	29.982	45.2	T	16.74	2.6	43.524	44.3	T	16.3	1.2	19.56
13	832	52.6	T	16.39	2.8	45.892	47.3	T	15.41	3.2	49.312	43.1	T	16.91	1.2	20.292
13.3	889	52	T	15.54	2.6	40.404	46.8	T	15.57	2.6	40.482	42.7	T	16.92	0.9	15.228
14	499	39.2	T	15.72	0.1	1.572	38.2	T	14.48	0.2	2.896	37	T	14.05	0.1	1.405
14.3	293	34.3	B	16.64	1	16.64	35.8	B	17.65	2.2	38.83	36.1	B	21.2	2.5	53
15	623	45	B	15.49	1.3	20.137	51.4	B	19.67	1.9	37.373	48.9	B	16.51	1.4	23.114
15.3	435	38.5	B	16.29	1	16.29	41.8	B	20.27	0.7	14.189	43	B	19.65	0.9	17.685
16	578	41.5	B	16.48	1.2	19.776	50.1	B	19.85	3.1	61.535	51.2	B	19.87	2.1	41.727
16.3	568	37.7	B	16.84	0.9	15.156	43.4	B	10.3	2.9	29.87	46.3	B	20.1	2	40.2
17	410	36.8	B	16.71	0.8	13.368	43.2	B	20.1	1.8	36.18	44.6	B	20.2	0.9	18.18
total	11717	812.3		306.06	27.6	445.55	869		320.94	47	787.847	860.8		328.25	28.8	505.718
rata2	585.85	40.62		15.303	1.38	22.277	43.4		16.047	2.35	39.3924	43.04		16.4125	1.44	25.2859

PENGUJIAN 3, SABTU 4 MEI 2019

Jam	Intensitas Cahaya	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	751	34.3	T	16.29	0.8	13.03	45.1	T	16.61	0.9	14.95	49.4	T	16.5	2.3	37.95
8.3	787	39.3	T	16.35	1	16.35	51	T	16.41	2.6	42.67	52.6	T	16.43	2.1	34.5
9	266	37.7	T	16.23	1	16.23	42.7	T	16.43	2.4	39.43	45.2	T	16.68	1.6	26.69
9.3	742	43.7	T	16.83	1.5	25.24	50.1	T	16.72	3.4	56.89	49.5	T	16.47	2.2	36.23
10	883	48.8	T	16.79	2	33.58	53.7	T	17.5	3.7	64.75	57.7	T	19.81	2.3	45.56
10.3	882	51.3	T	16.51	2	33.02	52.7	T	19.97	3.5	69.89	52.7	T	19.78	2.1	41.54
11	889	50.8	T	16.82	2.3	38.68	57.4	T	19.75	3.7	73.07	52.7	T	19.92	2.1	41.83
11.3	746	53.4	T	16.5	2.6	42.9	56.6	T	19.73	3.5	69.05	54.4	T	19.82	2	39.64
12	923	54.4	T	16.73	2.6	43.49	56.3	T	19.79	3.6	71.24	49.4	T	19.89	1.6	31.82
12.3	899	53	T	15.76	2.7	42.55	51.9	T	15.28	3.2	48.9	46.2	T	16.18	1.3	21.03
13	897	48.7	T	15.76	2.5	39.4	46.2	T	16.72	2.9	48.49	41	T	15.53	1	15.53
13.3	814	50.3	T	16.14	2.4	38.73	48	T	16.9	2.4	40.56	40.6	T	15.24	0.7	10.67
14	647	44	T	16.46	1.8	29.63	40.2	T	15.85	1.7	26.94	36.1	T	16.21	0.4	6.48
14.3	912	50.7	B	16.64	2.4	39.94	54.3	B	15.95	4.2	66.99	54.6	B	19.89	2.6	51.71
15	667	45.6	B	15.61	1.6	24.98	50	B	15.95	3.1	49.44	47.5	B	16.32	2	32.64
15.3	633	42.1	B	16.02	1.7	27.23	47.5	B	16.99	3.6	61.16	49.1	B	15.76	2.3	36.25
16	591	40.5	B	16.07	1.2	19.28	45.2	B	16.74	2.7	45.2	45.6	B	16.57	1.7	28.17
16.3	644	39	B	15.34	1.6	24.54	45.6	B	16.94	2.5	42.35	46.8	B	16.2	1.8	29.16
17	599	36.5	B	15.34	0.7	10.74	44.3	B	18.14	2.2	39.91	47.2	B	15.45	1.6	24.72
tptal	14172	864.1		308.19	34.4	559.54	939		328.37	55.8	971.88	918.3		328.65	33.7	592.12
rata2	708.6	43.21		15.4095	1.72	27.977	46.9		16.4185	2.79	48.594	45.92		16.4325	1.685	29.606

PENGUJIAN 4, SELASA 7 MEI 2019

Jam	Intensitas Cahaya	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰			Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 60 ⁰		
				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			°C	Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	1311	29.1	T	15.84	0.3	4.752	30.3	T	15.15	0.5	7.57	30.2	T	15.78	0.3	4.73
8.3	257	30.8	T	15.82	0.5	7.91	31.2	T	15.55	0.8	12.44	32.6	T	16.18	0.5	8.09
9	278	31.6	T	16.2	0.6	9.72	34.2	T	16.35	0.9	14	33.9	T	16.24	0.5	8.12
9.3	407	32.6	T	16,43	0.9	14.787	35.6	T	16.46	1.4	23.04	35.9	T	16.28	0.9	14.65
10	636	35.4	T	16.17	1.4	22.638	43.4	T	17.25	2.7	46.57	43.4	T	16.15	1.8	29.07
10.3	834	42.1	T	17.71	2	35.42	49.8	T	16.66	3.5	58.31	48.2	T	17.76	2.1	37.29
11	791	47.4	T	16.25	1.9	30.875	48.5	T	16.45	3.2	52.64	48.8	T	16.3	1.8	29.34
11.3	585	48.5	T	13.32	1.4	18.648	47.2	T	17.34	2	34.68	47.1	T	16.63	1.1	18.29
12	903	58.5	T	15.32	3.1	47.492	54.3	T	16.35	4.1	67.03	51.6	T	16.26	2	32.52
12.3	624	54.9	T	15.32	0.9	13.788	50.3	T	16.45	1.6	28.32	58.5	T	15.14	0.7	10.59
13	784	51.6	T	15.76	2.8	44.128	49.5	T	16.61	3.1	51.49	43.7	T	16.45	1.2	19.74
13.3	244	39.1	T	16.89	0.5	8.445	37.4	T	16.67	0.7	11.66	57.5	T	15.77	0.4	6.3
14	925	42	T	15.36	2.6	39.93	45.3	T	16.46	2.3	37.85	38.5	T	19.45	0.7	13.61
14.3	520	46.3	B	16.34	2.2	35.94	42.5	B	15.6	3.77	58.81	37.8	B	20.7	2.3	47.61
15	692	47.1	B	16.06	2.7	43.36	50.8	B	16.46	3	49.36	50.6	B	14.88	1.9	28.27
15.3	284	37.5	B	15.85	0.7	11.09	38	B	16.2	1	16.2	37.6	B	15.98	0.6	9.58
16	237	33	B	14.45	0.4	5.78	33.6	B	16.24	0.8	12.99	34.5	B	16.25	0.5	8.12
16.3	628	38.8	B	15.46	1	15.46	43.2	B	16.24	2.5	40.5	43.6	B	16.19	1.7	27.52
17	402	35.4	B	16.65	0.3	4.99	39.6	B	16.11	1.5	24.16	41.8	B	16.66	1	16.66
total	11342	781.7		284.77	26.2	415.15	805		310.6	39.37	647.795	815.8		315.05	22	370.1
rata2	567.1	39.09		14.9879	1.31	20.758	40.2		15.53	1.9685	32.3898	40.79		15.7525	1.1	18.505

PENGUJIAN 5, RABU 8 MEI 2019

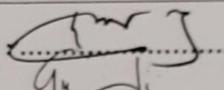
Jam	Intensitas Cahaya	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 40 ⁰	Suhu	Arah	Posisi Sudut Panel 180 ⁰
-----	-------------------	------	------	-------------------------------------	------	------	------------------------------------	------	------	-------------------------------------

				Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)			Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Daya P (watt)
7.3	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0	0
8	307	30.3	T	15.42	0.3	4.626	35.4	T	16.04	1.3	20.852	38	T	16.27	1	16.27
8.3	612	33.8	T	16.3	1	16.3	39.9	T	16.2	2.7	43.74	43.3	T	16.18	1.9	30.742
9	736	36.8	T	16.51	1.3	21.463	44.9	T	16.77	3.1	51.987	46	T	16.97	2.1	35.637
9.3	901	45	T	16.53	1.8	29.754	52.8	T	17.72	3.8	67.336	52.8	T	16.32	2.3	37.536
10	797	46.1	T	16.17	1.7	27.489	49.6	T	16.25	3.4	55.25	49.3	T	15.93	2	31.86
10.3	583	44.4	T	15.84	2.3	36.432	47.6	T	15.17	2.4	36.408	47.1	T	15.75	0.9	14.175
11	450	47	T	16.4	0.9	14.76	47.7	T	16.53	1.4	23.142	46.6	T	16.3	0.9	14.67
11.3	364	47.4	T	15.86	0.8	12.688	46.8	T	16.01	1.2	19.212	45.4	T	15.44	1.7	26.248
12	360	40.5	T	16.54	1.6	26.464	39.3	T	16.08	1.3	20.904	40.3	T	14.74	0.7	10.318
12.3	918	51.9	T	16.68	2.4	40.032	51.6	T	19.97	3	59.91	45.8	T	19.96	1.2	23.952
13	884	52.3	T	16.33	2.4	39.192	47.2	T	16.43	2.7	52.461	43.8	T	16.9	0.9	15.21
13.3	913	48.2	T	16.8	2.4	40.32	42.9	T	20.1	2.4	48.24	38	T	20.1	0.6	12.06
14	920	49.8	T	14.86	2.4	35.664	43.1	T	13.79	2	27.58	36.9	T	18.2	0.3	5.46
14.3	869	45.7	T	16.51	2.2	36.322	50.8	T	20.6	3.8	78.28	50.4	T	21.7	2.3	49.91
15	802	44.6	T	16.86	1.9	32.034	50.8	T	21.5	3.9	83.85	51.1	T	20.3	2.5	50.75
15.3	826	44	B	15.2	1.8	27.36	49.2	B	17.73	3.6	63.828	49.3	B	16.18	2.3	37.214
16	774	39.3	B	14.98	1.3	19.474	47	B	15.92	3.2	50.944	49.2	B	16.8	2.1	35.28
16.3	680	38	B	16.85	1	16.85	45.3	B	20.1	2.6	52.26	47	B	20.7	1.9	39.33
17	630	36	B	16.66	0.4	6.664	42.9	B	19.5	0.6	11.7	45.1	B	15.59	1.3	20.267
total	13326	821.1		307.3	29.9	483.89	875		332.41	48.4	867.884	865.4		330.33	28.9	506.889
rata2	666.3	41.06		15.365	1.495	24.194	43.7		16.6205	2.42	43.3942	43.27		16.5165	1.445	25.3445

PENGUJIAN 6, KAMIS 9 MEI 2019

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

Peserta Seminar
 Nama : Rizki Fadillah
 NPM : 1507230182
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Gedung D Fakultas Teknik UMSU.

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	1507230163	BAYU ANGGARA	
2	1507230137	FAHKRUL ROZI	
3	1507230149	YOGA PRADONA	
4	1507230146	BAYU DARMAWAN	
5	1507230076	ARIF MUIHAMMAD	
6	1507230175	Maulana Satrio	
7	1507230014	JERRY PANIGRANA S.P.T	
8			
9			
10			

Medan, 17 Muharram 1440 H
 17 September 2019 M



T.Mesin

T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Rizki Fadillah
NPM : 1507230182
Judul T.Akhir : Perencanaan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
Di Gedung D 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)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Lihat 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 : Rizki Fadillah
NPM : 1507230182
Judul T.Akhir : Perencanaan Dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
Di Gedung D 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 :

Miss pada masalah yang aliter

.....

.....

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- II


Bekti Suroso.S.T.M.Eng



UMSU

Unggul / Cendekia Terpercaya

Agar mengawasi surat ini agar tidak ditukarkan
dengan yang lainnya

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

Jalan Kapten Muchtar 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 189/3AU/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 : **RIZKI FADILLAH**
Npm : 1507230182
Program Study : **TEHNIK MESIN**
Semester : **V111 (Delapan)**
Judul Tugas Akhir : **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA DI GEDUNG D FAKULTAS TEHNIK UMSU**

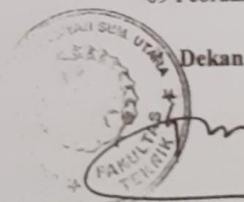
Pembimbing 1 : **MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST.MI**
Pembimbing 11 : **CHANDRA A SIREGAR ST.MT.**

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

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DI GEDUNG D FAKULTAS TEKNIK UMSU

Nama : Rizki Fadillah
 NPM : 1507230182

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	Sabtu, 23/0-2019	lanjutkan bab II perbaiki bab I	f
1.	8/7-2019	Pendahuluan, Tujuan dan masalah masalah dan judul	f
2	11/7-2019	Perbaiki kembali	f
3.	30/7-2019	Liberal (Baca kembali) pendahuluan	f
4.	2/8-2019	Anggota ke pembimbing II	f
5.	6/8-2019	Tambah ke perhitungan tabel	f
6.	10/8-2019	lanjutkan bab II	f
7.	20/8-2019	perbaiki kesimpulan	f
8.	22/8-2019	ACC, seminar kegiatan kembali ke pembimbing I	f

ACC diseminarkan 8⁶ - 2019
 9

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : RIZKI FADILLAH
NPM : 1507230182
Tempat/TanggalLahir : Medan, 26-05-1997
JenisKelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belumnikah
Alamat : JlnBalaiDesaGg. Arseto
Kecamatan : Medan Amplas
Kabupaten : Kota Medan
Provinsi : Sumatera Utara
NomorHp : 0859-4302-9401
E-mail : fadillahrizki707@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Joni Afri
Ibu : RustianiTarigan

PENDIDIKAN FORMAL

2003-2009 : SD Taman Pendidikan Islam
2009-2012 : SMP Negeri 06 Medan
2012-2015 : SMK Negeri 02 Negeri Medan
2015-2019 : S1 Program StudiTeknikMesinFakultasTeknik
UniversitasMuhammadiyah Sumatera Utara