

TUGAS AKHIR

**STUDI EXPERIMENTAL PENINGKATAN EFEKTIVITAS PANEL
SURYA DENGAN PENAMBAHAN LAPISAN KACA**

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

Disusun Oleh:
IQBAL ZHAFRAN
1607230126



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

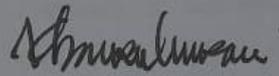
Nama : Iqbal Zhafran
NPM : 1607230126
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Studi Experimental Peningkatan Efektifitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca
Bidang Ilmu : Konversi Energi

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, 13 November 2020

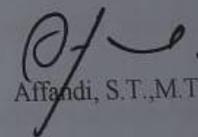
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



Khairul Umurani, S.T.,M.T

Dosen Peguji



Affandi, S.T.,M.T

Dosen Penguji



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

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Iqbal Zhafran
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 05 Mei 1999
NPM : 1607230126
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Studi Experimental Peningkatan Efektivitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca”,

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 ketidak sesuaian 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, 13 November 2020

Saya yang menyatakan,



Iqbal Zhafran

ABSTRAK

Kemajuan teknologi saat ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi. Energi yang dimaksud adalah energi minyak bumi, batu bara, dan gas bumi, dengan meningkatnya kebutuhan maka mengeksplorasi sumber energi pun terus meningkat. Untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik diperlukan alat yang bernama *solar cell* sedangkan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi listrik langsung menggunakan teknologi *photovoltaic*. Cara kerja *solar cell* adalah dengan diserapnya cahaya matahari oleh silikon kemudian energy yang diserap akan di transfer ke bahan semi konduktor yang berbentuk silikon. *Solar cell* merupakan pembangkit listrik terbarukan dan sangat potensial dimasa yang akan datang. Tegangan keluaran dari *solar cell* selama ini kurang dapat dioptimalkan, oleh karena itu diperlukan solusi untuk mengoptimalkan keluaran dari *solar cell*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui peningkatan efektifitas panel surya ketika diberi lapisan kaca, membandingkan daya keluaran dari panel menggunakan lapisan kaca dan panel tidak menggunakan lapisan kaca. Penelitian ini dilakukan di kota medan dengan menggunakan dua buah panel surya dengan satu panel menggunakan lapisan kaca dan satu panel lain tidak menggunakan lapisan kaca, pengujian dilakukan dari pukul 08.00 sampai pukul 17.00 di area terbuka yang terkena sinar matahari. Tegangan tertinggi dihasilkan dari panel menggunakan lapisan kaca sebesar 13,9 Volt, Daya sebesar 49,4 Watt, dan Arus sebesar 3,8 Ampere, sedangkan panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapat tegangan tertinggi sebesar 13,8 Volt, Daya sebesar 48,1 Watt, dan Arus sebesar 3,7 Ampere. Maka, panel menggunakan lapisan kaca efektif digunakan untuk meningkatkan daya keluaran dari panel surya.

Kata Kunci : Menggunakan lapisan kaca, Efektifitas, Daya keluaran, Panel Surya.

ABSTRACT

Nowadays, the advance of technology is increasing the demand of energy. There are energy of oil, coal and natural gas, so that the exploration sources of energy will continue to increase. To convert the sunlight into electricity requires a device called a solar cell, while converting solar radiation into direct electricity uses technology of photovoltaic. The solar cell works by absorbing sunlight to the silicon then the energy is absorbed will be transferred to a semi-conducting material in the form of silicon. Solar cell is the latest of power plants and have great potential in the future. The output of voltage from solar cells has not been optimized, therefore a solution is needed to optimize the output of the solar cell. The purpose of this study was to determine the increases of effectiveness of solar panels when given a layer of glass, to compare the output power of panels using a layer of glass and panels without using a layer of glass. this research was done in Medan by using two solar panels, one panel with glass coating and the other one without glass coating. The test performed on 8 am until 5 pm in an open area that exposed to the sunlight. The highest voltage was generated from the panel using a glass layer about 13.9 volts, 49.4 watts of power, and 3.8 amperes of current, while the panel without using a glass layer got the highest voltage about 13.8 Volts, 48.1 watts of power, and 3.7 ampere of current. Therefore, panels using a layer of glass were effectively used to increase the output power of solar panels.

Keywords: Using a layer of glass, effectiveness, output power, solar panels

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Experimental Peningkatan Efektivitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

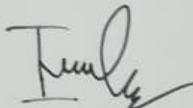
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing dan penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekertatis Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Affandi, S.T., M .T selaku Dosen Pembanding II, sekaligus Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
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: Arman, S.E , Henry Yani, S.H, 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: Muhammad faried, Muhammad Abdillah, Ananda risky Mahessa, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 13 November 2020


Iqbal Zhafran

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Energi Surya	3
2.2. Letak Geografis	4
2.3. Upaya Pemanfaatan Energi Surya	5
2.4. Sel Surya / Photovoltaic	5
2.4.1 Cara Kerja Panel Surya	6
2.4.2 Kelebihan Sel Surya	6
2.4.3 Jenis Sel Surya	7
2.4.4.1 Monokristal (Mono-crystalline)	7
2.4.4.2 Gallium Arsenide (GaAs)	8
2.4.4.3 Polikristal (Poly-crystalline)	8
2.5. Pengaruh Temperatur Terhadap Sel Surya	9
2.6. Maximum Power Point	9
2.7. Efisiensi Sel Surya	9
2.8. Kaca	10
2.8.1 Sifat Kaca	10
2.9. Pengaruh Kaca Terhadap MPP	11
2.10. Radiasi Matahari	11
2.11. Hari-hari Matahari Pada Permukaan Bumi	12
2.12. Deklinasi	12
2.13. Arus Dan Tegangan	13
2.14. Rumus-Rumus Perhitungan	13
2.14.1 Perhitungan Suhu Udara Pada Ketinggian Tempat Tertentu	14
2.14.2 Perhitungan Daya Yang Dihasilkan	15
2.14.3 Perhitungan sudut deklinasi selama 5 hari pengujian	14
2.14.4 Intensitas Radiasi Matahari Pada Permukaan Datar kota Medan.	14

2.15	Road Map Penelitian	15
BAB 3	METODOLOGI	16
3.1	Tempat dan Waktu	16
3.1.1	Tempat Penelitian	16
3.1.2	Waktu Penelitian	16
3.2	Bahan dan Alat	16
3.2.1	Bahan Penelitian	16
3.2.2	Alat Penelitian	20
3.3	Bagan Alir Penelitian	24
3.4	Rancangan Alat Penelitian	25
3.5	Prosedur Penelitian	26
3.5.1	Langkah-Langkah Pemasangan Alat	26
3.5.2	Langkah-Langkah Pengujian	28
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1	Hasil Tegangan, Arus Dan Daya	31
4.2	Hasil Pengujian 5 Hari Untuk Mengetahui Efektif Atau Tidak Menggunakan Lapisan Kaca	35
4.3	Perhitungan Daya Yang Dihasilkan	37
4.4	Perhitungan Sudut Deklinasi Selama 5 Hari Pengujian	39
4.5	Intensitas Radiasi Matahari Pada Permukaan Datar Kota Medan	41
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
	DAFTAR PUSTAKA	44
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Nilai n Pada Hari Berdasarkan Bulan (Duffie, 1991)
- Tabel 2.2 Road Map Penelitian
- Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian
- Tabel 4.1 Pengujian Tanggal 17 Agustus 2020
- Tabel 4.2 Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Tegangan (Volt)
- Tabel 4.3 Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Arus (A)
- Tabel 4.4 Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Daya (Watt)
- Tabel 4.5 Nilai n Pada Hari Berdasarkan Bulan (Duffie, 1991)
- Tabel 4.6 Sudut Deklinasi Selama 5 Hari
- Tabel 4.7 Faktor koreksi iklim (Beckman,1991)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Kerja Photovoltaic	7
Gambar 2.2 Panel Monokristal	8
Gambar 2.3 Panel Surya Gallium Arsenide	8
Gambar 2.4 Panel Surya Polikristalin	8
Gambar 2.5 Radiasi sorotan dan sebaran yang mengenai permukaan bumi	12
Gambar 3.1 Panel Surya	17
Gambar 3.2 Charger Controller	18
Gambar 3.3 Baterai	18
Gambar 3.4 Inverter	19
Gambar 3.5 Lampu	19
Gambar 3.6 Kabel	19
Gambar 3.7 Kaca	20
Gambar 3.8 Multimeter	21
Gambar 3.9 Infrared Thermometer	21
Gambar 3.10 Digital Lux Meter	22
Gambar 3.11 Mesin Las	22
Gambar 3.12 Mesin Gerinda	23
Gambar 3.13 Mesin Bor	23
Gambar 3.14 Bagan Alir Penelitian	24
Gambar 3.15 Pandangan Atas	25
Gambar 3.16 Pandangan Samping	25
Gambar 3.17 Pandangan Depan	25
Gambar 3.18 Rancangan PLTS	26
Gambar 3.19 Pemasangan Triplek	26
Gambar 3.20 Pemasangan Charger Controller	27
Gambar 3.21 Pemasangan Inverter	27
Gambar 3.22 Pemasangan Penyangga Panel	27
Gambar 3.23 Pemasangan Panel Surya	28
Gambar 3.24 Pemasangan Baterai Dan Kabel-Kabel Penghubung	28
Gambar 3.25 Pemasangan Lapisan Kaca	28
Gambar 3.26 Peletakan PLTS Di Tempat Terbuka	39
Gambar 3.27 Mengukur Intensitas Radiasi Matahari	39
Gambar 3.28 Mengukur Temperature Panel	39
Gambar 3.29 Mengukur arus Pada Panel Surya	30
Gambar 4.1 Pengujian Efektifitas Lapisan Kaca Pada Panel Surya Terhadap Keluaran Sel Surya	31
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Intensitas Cahaya Dengan Tegangan	33
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Arus	33
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Daya	34
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Tegangan	35
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Arus	36
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Daya	38

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
A	Luas Penampang	m ²
G	Intensitas Radiasi	Watt/m ²
I	Arus	Ampere
P	Daya	Watt
V	Tegangan	Volt
FF	Fill factor	-
T	Suhu udara	C ^o
h	Tinggi	m
d1	Jarak titik pada peta	-
d2	Jarak titik pada peta	-
C1	Kontur Interval	-
tc	Tinggi Kontur	-
δ	Kemiringan sumbu matahari terhadap garis normalnya.	-
P _{out}	Daya keluar	Watt
P _{in}	Daya masuk	Watt
V _{oc}	Tegangan rangkaian terbuka	Volt
I _r	irradiance yang diterima oleh permukaan sel surya	-
A	Ketinggian diatas permukaan laut	Mdpl
τ _b	Intensitas Radiasi Matahari Pada Permukaan Datar	-
μ	Efisiensi	%
a ₀ a ₁ k	Standart atmosfer	-
G _{on}	Radiasi matahari diluar dan sebelum masuk atmosfer	W/m ²
G _{cnb}	Radiasi radiasi datang	W/m ²
G _{cb}	radiasi beam langit cerah pada bidang horizontal horizontal	W/m ²
G _d	Radiasi difusi	W/m ²

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi. Energi yang dimaksud adalah energi minyak bumi, batu bara, dan gas bumi. Dengan meningkatnya kebutuhan maka mengeksplorasi sumber energi pun terus meningkat. Karena terbatasnya jumlah persediaan, melakukan pengembangan sumber energi seperti energi gelombang, energi angin, energi matahari, energi pasang surut. (Handoyo, 2001).

Untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik diperlukan alat yang bernama *solar cell*. Sedangkan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi listrik langsung menggunakan teknologi *Photovoltaic*. Cara kerja *solar cell* adalah dengan diserapnya cahaya matahari oleh sel silikon, kemudian energi yang diserap akan ditransfer ke bahan semi konduktor yang berbentuk silikon. Medan elektrik yang berada di semua sel *Photovoltaic* memaksa elektron yang lepas untuk mengalir ke arah tertentu (Supranto, 2015).

Banyak sedikitnya cahaya matahari mempengaruhi besar kecilnya tegangan yang dihasilkan oleh *solar cell*. Karena pergerakan matahari menyebabkan cahaya matahari yang berubah-ubah. Maka dilakukan modifikasi modul *solar cell* agar akibat pergerakan matahari membuat cahaya yang dihasilkan berubah-ubah, untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya matahari maka diperlukan modifikasi modul *solar cell* agar cahaya yang masuk semikonduktor bisa merata untuk itu diperlukan *reflector* yang berupa cermin datar agar *solar cell* mampu menangkap cahaya secara efektif sehingga tegangan yang dihasilkan bisa maksimal, dengan menyesuaikan pergerakan matahari maka posisi *reflector* harus disesuaikan dengan sudut-sudut tertentu untuk memperoleh hasil yang maksimal. Reflektor adalah permukaan yang dapat memantulkan atau mencerminkan gelombang cahaya (M.Isa,2015).

Solar cell merupakan salah satu pembangkit listrik terbarukan yang sangat potensial untuk digunakan di masa mendatang. Tegangan keluaran dari *solar cell* selama ini kurang dapat dioptimalkan. Oleh karena itu diperlukan solusi yang dapat mengoptimalkan tegangan keluaran dari *solar cell*. (Prastica, R, H.,2016).

Sudut yang paling efektif untuk memasang posisi panel surya ada pada sudut 40° dikarenakan dapat menerima radiasi sinar matahari secara menyeluruh pada permukaan panel. (Pradona, Y.2019)

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan pengujian dengan perbandingan daya keluran yang dihasilkan oleh panel surya yang di lapisan kaca dan panel surya yang tidak dilapisi kaca sehingga diharapkan dapat menghasilkan daya yang lebih optimal.

1.2 Rumsan Masalah

Apakah ada perbedaan tegangan output yang dihasilkan dari panel surya yang dilapisi oleh kaca dengan panel surya yang tidak dilapisi oleh kaca.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan oleh Panel Surya ketika dilapisi kaca. Dengan spesifikasi panel $630 \times 540 \times 18$ mm dengan tipe *monocrystalline* 50 watt, dan dengan lebar kaca 630×540 , dengan tebal 5 mm.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengevaluasi tegangan maksimal yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan lapisan kaca.
2. Untuk mengevaluasi arus maksimal yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan lapisan kaca.
3. Untuk mengevaluasi daya keluaran maksimal yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan lapisan kaca.
4. Untuk mengetahui seberapa efektif panel surya yang menggunakan lapisan kaca.

1.5 Manfaat

Dari hasil penelitian ini maka akan memberikan informasi kepada masyarakat dan institusi terkait perbandingan hasil daya keluaran panel surya ketika dilapisi oleh lapisan kaca dan tidak dilapisi oleh kaca.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara yang berlainan bahan bakar minyak adalah hasil fotosintesis, tenaga hidro elektrik adalah hasil sirkulasi hujan tenaga angin adalah hasil perbedaan suhu antar daerah dan sel surya (sel otovoltaiik) yang menjanjikan masa depan yang cerah sebagai sumber energi listrik (Manan 2015).

Energi surya yang diterima kolektor surya sebagian diserap oleh kaca penutup, sebagian dipantulkan kembali ke udara dan sebagian besar diteruskan ke plat kolektor. Dengan demikian, energi surya dikonversi menjadi panas. Dengan menyerap panas, temperatur kaca penutup naik, begitu pula dengan temperatur plat kolektor. Namun, temperatur plat kolektor lebih tinggi daripada kaca penutup karena energi surya yang diserap plat lebih banyak daripada yang diserap kaca penutup. Apalagi umumnya plat kolektor dicat hitam dan terbuat dari bahan dengan konduktivitas panas tinggi. Karena temperatur plat lebih tinggi dari temperatur udara sekitar, maka ada perpindahan panas yang tidak diinginkan dari plat ke udara sekitar. Hal ini membuat fluida yang dialirkan dalam kolektor surya keluar pada temperatur lebih rendah. Panas yang hilang dari plat ke permukaan sebelah dalam

kaca penutup, dalam bentuk konveksi bebas dan radiasi. Sedang dari permukaan luar kaca penutup panas hilang secara konveksi ke udara sekitar.

Sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi tergantung pada jenis dan kecepatan aliran fluida, bentuk geometri permukaan dan sifat fisis fluida seperti konduktivitas termal, viskositas, massa jenis.

Pada penelitian ini, perhatian lebih dipusatkan kepada perpindahan panas konveksi bebas di antara panel dengan kaca penutup. Hal ini disebabkan perpindahan panas konveksi memerlukan media (dalam hal ini udara) sedangkan perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media. Banyaknya media penghantar panas mempengaruhi besar perpindahan panas konveksi tetapi tidak untuk radiasi. Menurut Frank Kreith & Jan F. Kreider, konveksi bebas di antara 2 bidang datar sejajar dengan kemiringan sudut β dari horisontal, dalam hal ini antara plat kolektor dengan permukaan dalam kaca penutup.

Tegangan keluaran dari solar cell selama ini kurang dapat dioptimalkan. Oleh karena itu diperlukan solusi yang dapat mengoptimalkan tegangan keluaran dari solar cell. Penggunaan kaca diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengoptimalkan tegangan keluaran dari solar cell (Handoyo 2001).

2.2 Letak Geografis

Kota Medan terletak antara $2^{\circ} .27' - 2^{\circ} .47'$ Lintang Utara dan $98^{\circ} .35' - 98^{\circ} .44'$ Bujur Timur. Kota Medan 2,5-3,75 meter di atas permukaan laut. Kota Medan mempunyai iklim tropis dengan suhu minimum berkisar antara $23,0^{\circ}\text{C} - 24,1^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum berkisar antara $30,6^{\circ}\text{C} - 33,1^{\circ}\text{C}$ serta pada malam hari berkisar $26^{\circ}\text{C} - 30,8^{\circ}\text{C}$. Selanjutnya mengenai kelembaban udara di wilayah Kota Medan rata-rata 78%-82%. Sebagian wilayah di Medan sangat dekat dengan wilayah laut yaitu pantai Barat Belawan dan daerah pedalaman yang tergolong dataran tinggi, seperti Kabupaten Karo. Akibatnya suhu di Kota Medan menjadi tergolong panas. Kecepatan angin rata-rata sebesar 0,42 m/sec sedangkan rata-rata total laju penguapan tiap bulannya 100,6 mm. Kota Medan memiliki luas 26.510 hektar ($265,10\text{ km}^2$) atau 3,6% dari keseluruhan wilayah Sumatera Utara. Dengan demikian, dibandingkan dengan kota/kabupaten lainnya, Medan memiliki luas wilayah yang relatif kecil dengan jumlah penduduk yang relatif besar. Secara

geografis kota Medan terletak pada $3^{\circ} 30' - 3^{\circ} 43'$ Lintang Utara dan $98^{\circ} 35' - 98^{\circ} 44'$ Bujur Timur. Untuk itu topografi kota Medan cenderung miring ke utara dan berada pada ketinggian 2,5-37,5 meter di atas permukaan laut.

2.3 Upaya Pemanfaatan Energi Surya

Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya (tegak lurus) terhadap sinar matahari selain itu juga tergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Ini berarti bahwa sebuah sel surya akan menghasilkan daya $0.6 \text{ V} \times 20 \text{ mA} = 12 \text{ mW}$. Jika matahari memancarkan energinya ke permukaan bumi sebesar atau , maka bisa dibayangkan energi yang dihasilkan sel surya yang rata-rata mempunyai luas dibandingkan dengan bahan bakar fosil (BBM) dengan proses fotosintesis yang memakan waktu jutaan tahun.

Karena sel surya sanggup menyediakan energi listrik bersih tanpa polusi, mudah dipindah, dekat dengan pusat beban sehingga penyaluran energi sangat sederhana serta sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai karakteristik cahaya matahari yang baik (intensitas cahaya tidak fluktuatif) dibanding tenaga angin seperti di negara-negara 4 musim, utamanya lagi sel surya relatif efisien, tidak ada pemeliharaan yang spesifik dan bisa mencapai umur yang panjang serta mempunyai keandalan yang tinggi.

2.4 Sel surya / Photovoltaic

Listrik tenaga matahari dibangkitkan oleh komponen yang disebut *solar cell*, kom-ponen ini mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik Solar cell meru-pakan komponen vital yang terbuat dari bahan semi konduktor. Tenaga listrik dihasilkan oleh satu solar cell sangat kecil, maka beberapa solar cell harus digabung sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut module. Pada aplikasinya karena tenaga listrik yang dihasilkan oleh module ini masih kecil, maka dalam pemanfaatannya beberapa modul digabung-kan sehingga terbentuklah apa yang disebut array.

Sel surya atau sel photovoltaic, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah besar dioda p-n junction, dimana dalam hadirnya cahaya matahari mampu menghasilkan energi listrik yang berguna. Perubahan ini disebut dengan efek photovoltaic. Bidang riset yang berhubungan dengan sel surya dikenal sebagai photovoltaics. Sel surya memiliki banyak aplikasi, terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, kalkulator genggam, pompa air, dan lain-lain. Sel surya (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung dimana terhubung dengan inverter ke grid listrik dalam sebuah pengaturan net metering. Banyak bahan semikonduktor yang dapat dipakai untuk membuat sel surya diantaranya Silikon, Titanium Oksida, Germanium, dan lain-lain. Sel surya terdiri dari dua jenis, yaitu terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p (positif) dan n (negatif) (p-n junction semiconductor) yang apabila terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

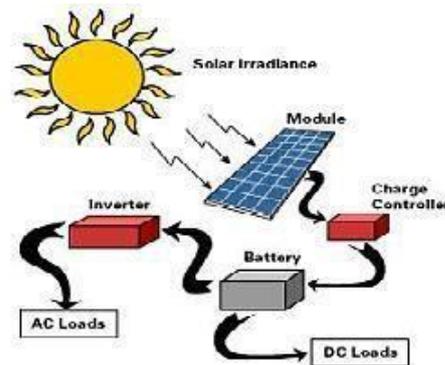
2.4.1 Cara Kerja Panel Surya dapat dilihat pada gambar 2.1 :

1. Cara kerja sistem pembangkit listrik tenaga surya menggunakan grid connected panel sel surya photovoltaic
2. Modul sel surya photovoltaic mengubah energi surya menjadi arus listrik DC. Arus listrik DC yang dihasilkan ini akan dialirkan melalui inverter (konversi daya) yang mengubahnya menjadi arus listrik AC, yang secara otomatis juga akan mengatur seluruh system.
3. Listrik AC akan didistribusikan melalui panel distribusi indoor yang akan mengalirkan listrik sesuai kebutuhan alat elektronik (televisi, radio, AC, dan lain-lain). Besar dan biaya konsumsi listrik yang dipakai akan diukur dalam Watt-Hour-Meters

2.4.2 Kelebihan Sel Surya :

1. Bersih dan bebas polusi
2. Beroperasi tanpa ada bagian yang perlu dibongkar pasang
3. Minim perawatan

4. Listrik yang dihasilkan dapat dipergunakan untuk keperluan apapun dan dimana pun, tidak perlu investasi besar ataupun pengecekan keamanan seperti industri nuklir
5. Tidak memerlukan biaya transportasi seperti minyak, batubara, uranium dan plutonium.
6. Awet dan tahan lama (bisa mencapai 25 tahun)



Gambar 2.1 siklus kerja photovoltaic (Yoga Pradona, 2019)

2.4.3 Jenis Sel Surya

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

2.4.4.1 Monokristal (Mono-crystalline)

Panel pada gambar 2.2 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 cahayanya matahari kurang (teduh), kestabilannya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2.2 Panel Monokristal (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

2.4.4.2 Gallium Arsenide (GaAs)

Panel surya pada gambar 2.3 terbuat dari GaAs (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi. Sel Surya III-V semikonduktor yang sangat efisien sekitar 25%.



Gambar 2.3 Panel Surya Gallium Arsenide (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

2.4.4.3 Polikristal (Poly-crystalline)

Panel surya pada gambar 2.4 memiliki susunan kristal acak. 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 2.4 Panel Surya Polikristalin (Mintorogo Danny Santoso, 2000)

2.5 Pengaruh Temperatur Terhadap Sel Surya

Irradiance bukan satu-satunya parameter eksternal yang memiliki pengaruh penting terhadap kurva daya sel surya, ada juga pengaruh suhu. Komponen semikonduktor seperti dioda sensitif terhadap perubahan suhu, begitu pula dengan sel surya. Pada gambar 2.8 terlihat perubahan suhu berpengaruh besar terhadap V_{oc} , hal ini berlawanan dengan pengaruh irradiance. Kenaikan irradiance berbanding lurus dengan kenaikan suhu.

2.6 Maximum Power Point (MPP)

Perkalian antara tegangan dan arus yang menghasilkan daya tertinggi diantara perkalian V-I lainnya pada irradiance yang sama, Tegangan titik daya maksimum atau VMPP biasanya kurang dari tegangan rangkaian terbuka dan arusnya, IMPP lebih rendah dibandingkan dengan arus rangkaian pendek.

2.7 Efisiensi Sel Surya

Untuk melihat performa dari satu modul sel surya dengan sel surya yang lain umumnya dengan melihat efisiensinya. Efisiensi dalam sel surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya yang diterima. Daya yang diterima dalam sel surya adalah irradiance yang diterima oleh permukaan sel surya

$$P_{in} = I_r \cdot A \quad (2.1)$$

Sedangkan untuk besarnya daya keluaran pada solar cell (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan fill factor (FF) yang dihasilkan oleh sel photovoltaic yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (2.2)$$

dengan FF adalah fill factor, yaitu parameter yang menyatakan seberapa jauh $I_{sc} \cdot V_{oc}$ dari daya maksimal $V_m \cdot I_m$ yang dihasilkan sel surya.

$$FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{sc} \cdot V_{oc}} \quad (2.3)$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya merupakan perbandingan daya yang didapat dibandingkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari radiasi matahari [4]. Berikut merupakan rumus efisiensi:

$$\mu = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\% \quad (2.4)$$

2.8 Kaca

Kaca adalah amorf (non kristalin) material padat yang bening, transparan (tembus pandang), dan biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari campuran 75% Silikon dioksida (SiO_2), Na_2O , CaO , dan beberapa zat tambahan. Suhu lelehnya adalah 2.000 derajat Celsius.

2.8.1 Sifat Kaca

Sifat kaca yang penting adalah sifat pada saat kaca berbentuk fasa cair dan fasa padatnya. Sifat fasa cair dari kaca digunakan dalam proses pengembangan (floating) dan pembentukan kaca, sedangkan untuk sifat fasa padat dari kaca digunakan di dalam pemakaiannya (kegunaannya). Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari kaca antara lain :

1. Sifat mekanik

Tension strength atau daya tarik adalah sifat mekanik utama dari kaca. Tensile strength merupakan tegangan maksimum yang dialami oleh kaca sebelum terpisahnya kaca akibat adanya tarikan (fracture). Sumber fracture ini dapat muncul jika kaca mempunyai cacat di permukaan, sehingga tegangan akan terkonsentrasi pada cacat tersebut. Kekuatan dari kaca akan bertambah jika cacat di permukaan dapat dihilangkan.

2. Densitas dan Viskositas

Densitas adalah perbandingan antara massa suatu bahan dibagi dengan volumenya. Nilai densitas dari kaca adalah sekitar 2,49 g/cm^3 . Densitas dari kaca akan menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Sedangkan, viskositas merupakan sifat kekentalan dari suatu cairan yang diukur pada rentang temperatur tertentu. Harga viskositas dari kaca merupakan fungsi dari suhu dengan kurva eksponensial.

3. Sifat termal

Konduktivitas panas dan panas ekspansi merupakan sifat thermal yang penting dari kaca. Kedua sifat ini digunakan untuk menghitung besarnya perpindahan panas yang diterima oleh cairan kaca tersebut. Nilai dari tahanan kaca sekitar $1020 - 1\Omega \text{ cm}^3$.

4. Optical properties

- Refractive properties

Kaca mempunyai sifat memantulkan cahaya yang jatuh pada permukaan kaca tersebut. Sebagian sinar dari kaca yang jatuh itu akan diserap dan sisanya akan diteruskan. Apabila cahaya dari udara melewati medium padat seperti kaca, maka kecepatan cahaya saat melewati kaca menurun. Perbandingan antara kecepatan cahaya di udara dengan kecepatan cahaya yang lewat gelas ini disebut dengan indeks bias. Nilai indeks bias untuk kaca adalah $\pm 1,52$.

- Absorptive properties

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam akan berkurang karena adanya penyerapan sepanjang tebal kaca tersebut. Jika kaca semakin tebal, maka energi cahaya yang diserap akan semakin banyak sedangkan intensitas cahaya yang masuk melalui kaca akan semakin rendah.

5. Stabilitas kimia

Stabilitas kimia adalah ketahanan suatu bahan terhadap pengaruh zat kimia. Stabilitas kimia banyak dipengaruhi oleh bahan-bahan pembentuk kaca.

2.9 Pengaruh kaca terhadap MPP

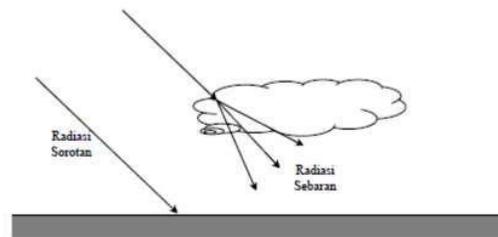
Daya listrik yang dihasilkan oleh photovoltaic dipengaruhi oleh iradiasi dan temperatur. Pengaruh dari semakin tingginya iradiasi matahari adalah semakin besarnya arus listrik yang dapat dihasilkan oleh photovoltaic. Semakin besar arus yang dihasilkan maka semakin besar daya yang dapat dibangkitkan. Untuk menambah iradiasi yang diterima panel surya, akan dimanfaatkan penyerapan cahaya menggunakan lapisan kaca yang di letakkan melapisi photovoltaic sehingga dapat meningkatkan daya keluaran yang dihasilkan photovoltaic.

2.10 Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada current (I) sedikit pada tegangan.

2.11 Harian Matahari pada Permukaan Bumi

Konstanta radiasi matahari sebesar 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan oleh atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi. Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Radiasi sorotan dan radiasi sebaran yang mengenai permukaan bumi
(Yoga pradona, 2019)

Besarnya radiasi harian yang diterima permukaan bumi ditunjukkan pada grafik gambar 2.5. 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.

2.12 Deklinasi

Yang disebut dengan deklinasi (declination) adalah jarak sudut antara sebuah benda langit dengan khatulistiwa langit. Data astronomi tentang deklinasi dan equation of time ada yang diterbitkan dalam bentuk buku seperti Nautical Almanac, Ephemeris Hisab Rukyat, dan lain-lain. Tetapi karena memuat data astronomi yang banyak maka bukunya pun tebal dan “tidak enak” untuk dibawa kemana-mana. Padahal bagi seorang yang dipandang mengerti ilmu falak sewaktu-waktu bisa diminta membantu masyarakat untuk melakukan perhitungan terkait dengan keperluan ibadah, seperti waktu shalat, arah kiblat dan sebagainya. Tanpa buku

yang memuat data astronomi tersebut tentu akan kesulitan menentukan nilai-nilai yang akan di input ke dalam rumus-rumus perhitungan

2.13 Arus dan Tegangan

Atom adalah partikel terkecil penyusun materi, atom terdiri dari partikel-partikel sub-atom yang tersusun atas elektron, proton, dan neutron dalam berbagai gabungan. Elektron adalah muatan listrik negatif (-) yang paling mendasar. Elektron dalam cangkang terluar suatu atom disebut elektron valensi. Apabila energi eksternal seperti energi kalor, cahaya, atau listrik diberikan pada materi, elektron valensinya akan memperoleh energi dan dapat berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Jika energi yang diberikan telah cukup, sebagian dari elektron-elektron valensi terluar tadi akan meninggalkan atomnya dan statusnya pun berubah menjadi elektron bebas. Gerakan elektron-elektron bebas inilah yang akan menjadi arus listrik dalam konduktor logam. Gerak atau aliran elektron disebut arus (I), dengan satuan ampere. Sebagian atom kehilangan elektron dan sebagian atom lainnya memperoleh elektron. Keadaan ini akan memungkinkan terjadinya perpindahan elektron dari satu objek ke objek lain. Apabila perpindahan ini terjadi, distribusi muatan positif dan negatif dalam setiap objek tidak sama lagi.

2.14 Rumus-Rumus Perhitungan

2.14.1 Perhitungan Suhu Udara Pada Ketinggian Tempat Tertentu

Penentuan suhu udara suatu tempat dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

Jika hanya diketahui ketinggian suatu tempat:

$$T = 26,3 - 0,6.h \quad (2.5)$$

2.14.2 Perhitungan Daya Yang Dihasilkan

Mencari daya yang dihasilkan panel surya dapat menggunakan rumus :

$$P = V \cdot I \quad (2.7)$$

2.14.3 Perhitungan sudut deklinasi selama 5 hari pengujian

Untuk mencari nilai sudut deklinasi menggunakan rumus cooper, n adalah urutan hari pada suatu tahun. Berdasarkan bulan yang diketahui ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai n Pada Hari Berdasarkan Bulan (Duffie, 1991)

Bulan	Nilai n pada hari yang ke-i
Januari	i
Februari	31+i
Maret	59+i
April	90+i
Mei	120+i
Juni	151+i
July	181+i
Agustus	212+i
September	243+i
Oktober	273+i
November	304+i
Desember	334+i

$$\delta = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \quad (2.8)$$

2.14.4 Intensitas Radiasi Matahari Pada Permukaan Datar kota Medan.

Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi. Pada kondisi langit cerah dapat dihitung dengan metode yang diajukan oleh Hottel (1976).

$$\tau_b = (a_0 \times r_0) + (a_1 \times r_1) \times (k / \cos \theta_z) \quad (2.9)$$

Dimana :

$$a_0 = 0.4237 - 0,00821 (6 - A)^2$$

$$a_1 = 0.5055 + 0,00595 (6,5 - A)^2$$

$$k = 0.2711 + 0,01858 (2,5 - A)^2$$

2.15 Road Map Penelitian Variasi Kemiringan Sudut Terhadap Efektivitas kinerja Panel Surya.

Road map penelitian panel surya di Medan, Sumatera Utara.

Tabel 2.2 Road Map Penelitian

No	Judul	Nama Penulis	NPM
1	Perencanaan dan pembuatan pembangkit tenaga surya di Gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Rizki Fadillah	1507230182
2	Variasi kemiringan sudut terhadap efektifitas kinerja panel surya	Yoga Pradona	1507230194
3	Penerapan system otomasi pada panel surya mengikuti arah gerak matahari untuk memaksimalkan kinerja panel surya	Fahrul Rozi	1507230137
4	Analisis pemanfaatan panel surya dalam penghematan daya listrik di gedung D Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Bayu Anggara	1507230163
5	Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik di Wilayah Kabupaten Batu Bara.	Muhammad Anwar	1607230072
6	Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik di Wilayah Pegunungan Sibolangit.	Rifki Ramadani	1607230073
7	Studi Experimental Peningkatan Efektivitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca	Iqbal Zhafran	1607230126

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat di laksanakan nya kegiatan penelitian ini yaitu di Jl marelan 1 pasar 4 barat, kelurahan terjun kecamatan Medan Marelan, Medan, 20256

Waktu pelaksanaan penelitian ini di mulai setelah disetujuinya proposal penelitian terhitung mulai dari bulan Februari 2020 sampai agustus 2020

3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

	1	2	3	4	5	6
1 Pengajuan Judul						
2 Studi Literatur						
3 Desain Alat						
4 Perakitan Alat						
5 Pengujian Alat Dan Pengambilan data						
6 Pengolahan Data						
7 Penyelesaian Penulisan						
8 Sidang						

3.2 Bahan Dan Alat

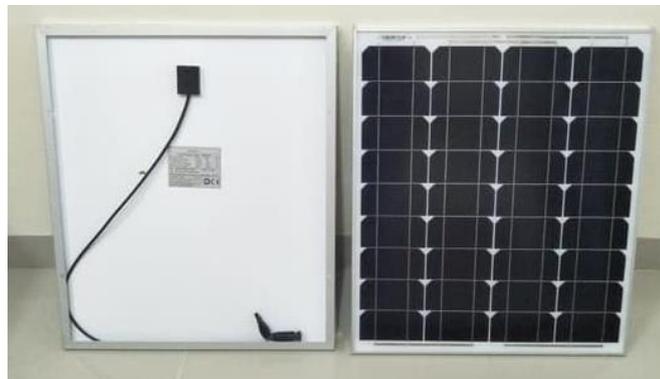
3.2.1 Bahan Penelitian

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

1. Panel Surya

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

- Maks. Daya (Pmax) : 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. Charge 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.

Spesifikasi sebagai berikut:

- 30 A / 12 V Charge Controller
- Perlindungan Tegangan Rendah : 11±0.5 V
- Perlindungan Tegangan Tinggi : 14.5±0.5 V



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 digunakan pada penelitian ini inverter 300W 12V type (MS INV300 W) mengubah daya listrik 12V menjadi daya listrik 220V, sehingga cocok untuk penggunaan berbagai alat electronic.

Spesifikasi sebagai berikut:

- Model: MS INV-300W
- Tegangan Masuk: 24V
- Tegangan Keluar: 220V-240V
- Daya Rata-Rata: 300W
- Daya Puncak: 600W
- Efisiensi: >70%



Gambar 3.4 Inverter

5. Lampu

Lampu digunakan sebagai hasil output yang dihasilkan dari baterai setelah proses charging dari panel suryadengan daya lampu sebesar 25 watt.



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. Kaca

Kaca digunakan untuk melapisi panel surya menggunakan ketebalan 5 mm



Gambar 3.7 Kaca

3.2.2 Alat-Penelitian

Adapun alat-alat yang di gunakan pada saat pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Multimeter

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

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 3 1/2 digits LCD, *Max reading of 1999*
- 8 Fungsi, 19 rentang
- Indikator baterai lemah
- Perlindungan beban berlebih
- Kontunuitas audibel

Fungsi Rentang Pengukuran Akurasi DCV 0.5%

- ACV 200-750V 1.2%
- DCA 1.2%
- OHM 1.0%
- *Diode Check 3V / 0.8mA*
- *Square Wave 50Hz*
- hFE Vce3V, Ib10A



Gambar 3.8 Multimeter

2. Infrared Thermometer

Infrared Thermometer adalah alat ukur digunakan untuk mengukur temperatur pada panel surya pada saat pengujian dilakukan. Thermometer yang di gunakan adalah Thermometer Infra Merah Laser 0°C - 305°C . Dapat mengukur suhu mulai dari -50°C hingga 380°C .

Dengan spesifikasi sebagaiberikut :

- Kisaran suhu $-50\sim 330^{\circ}\text{C}$ ($-58\sim 626$ F)
- Akurasi 1.5°C or 1.5%.
- Resolusi 0.1°C or 0.1 F
- Waktu respon 500ms, 95% respon
- Jarak pengukuran 12:1
- Baterai : 2 x AAA battery
- Dimensi : 153x101x43mm



Gambar 3.9 Infrared Thermometer

3. Digital Lux Meter

Digital Lux Meter digunakan untuk mengetahui intensitas radiasi matahari yang dihasilkan dari pancaran sinar matahari pada saat pengujian dilakukan. Digital lux meter yang di gunakan adalah tipe AS803 digital lux meter.

Dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Rentang pengukuran lebar 0-200.000 lux dan pergeseran rentang otomatis / manual
- Unit pengukur dapat dialihkan: Lux atau FC.
- MAX / MIN / Fungsi Data Hold, akurasi tinggi.
- Layar LCD dengan lampu latar untuk pengoperasian mudah dalam kegelapan.
- Indikasi baterai rendah & Mati otomatis, hemat energi.



Gambar 3.10 Digital Lux Meter

4. 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 3.11 Mesin Las

5. 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 3.12 Mesin Gerinda

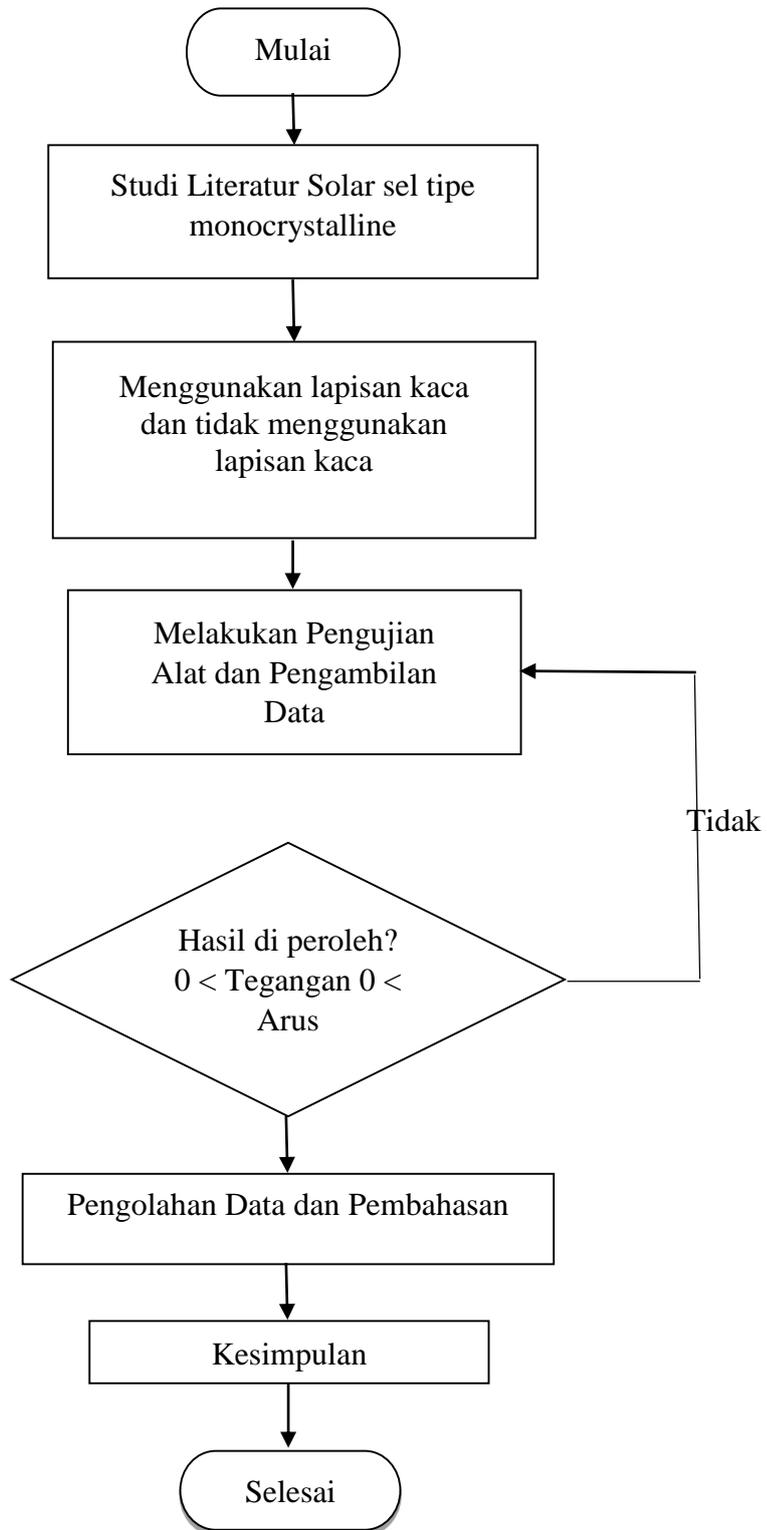
6. Mesin Bor

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.



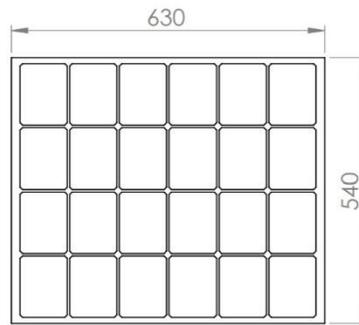
Gambar 3.13 Mesin Bor

3.3 Bagan Alir Penelitian

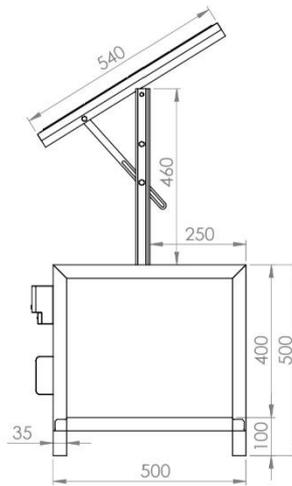


Gambar 3.14 Bagan Alir Penelitian

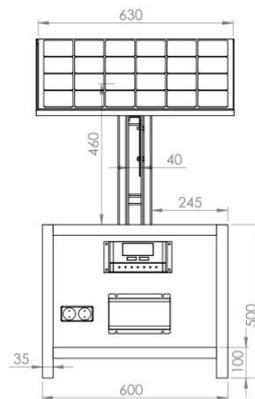
3.4 Rancangan Alat Penelitian



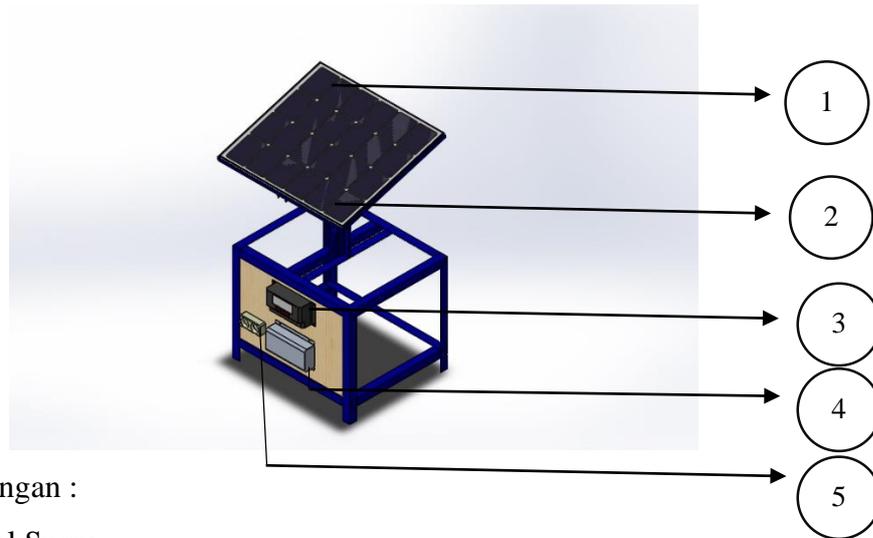
Gambar 3.15 Pandangan atas



Gambar 3.16 Pandangan samping



Gambar 3.17 Pandangan depan



Keterangan :

1. Panel Surya
2. Lapisan Kaca
3. *Charger Controller*
4. Inverter
5. Steker (output)

Gambar 3.18 Rancangan PLTS

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Langkah langkah Pemasangan Alat

Langkah-langkah perakitan komponen adalah sebagai berikut :

1. Memasang triplek untuk meletakkan Inveter, *Charger Controler*, dan komponen lainnya seperti pada gambar.



Gambar 3.19 Pemasangan Triplek

2. Memasang Charger Contoler Pada triplek seperti pada gambar.



Gambar 3.20 Pemasangan *Charger Contoler*

3. Memasang inveter pada triplek seperti pada gambar



Gambar 3.21 Pemasangan Inveter

4. Memasang tiang penyangga panel surya seperti pada gambar.



Gambar 3.22 Pemasangan pengangga panel

5. Memasang panel surya seperti pada gambar



Gambar 3.23 Pemasangan panel surya

6. Pemasangan baterai dan kabel-kabel penghubung



Gambar 3.24 Pemasangan baterai dan kabel-kabel penghubung

7. Pemasangan lapisan kaca yang melapisi panel



Gambar 3.25 pemasangan lapisan kaca

3.5.2 Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujian dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian dengan meletakkan panel ditempat terbuka yang mnedapat sinar matahari langsung, pengujian dilakukan dari jam 09.00 wib sampai 17.00 wib.



Gambar 3.26 Peletakan PLTS di tempat terbuka

2. Mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan Digital Lux Meter.



Gambar 3.27 Mengukur intensitas radiasi matahari

3. Mengukur Temperatur pada panel.



Gambar 3.28 Mengukur temperature panel

4. Mengukur Arus Pada Panel Surya.



Gambar 3.29 Mengukur arus Pada Panel Surya

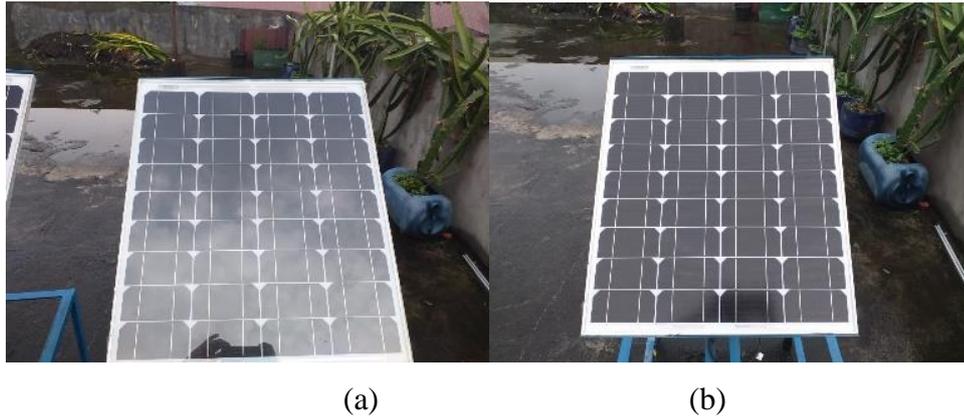
5. Mencatat hasil pengujian yang didapat dari jam 08.00 wib sampai 17.00 wib.
6. Setelah selesai pengujian dilakukan merapikan peralatan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Tegangan, Arus Dan Daya

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pengaruh lapisan kaca pada panel surya terhadap keluaran sel surya. hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan lapisan kaca pada panel surya, dan apakah efektif jika digunakan secara terus menerus. Cara pengujian seperti Gambar 4.1.



(a) (b)

Gambar 4.1 Pengujian efektivitas lapisan kaca pada panel surya terhadap keluaran sel surya.

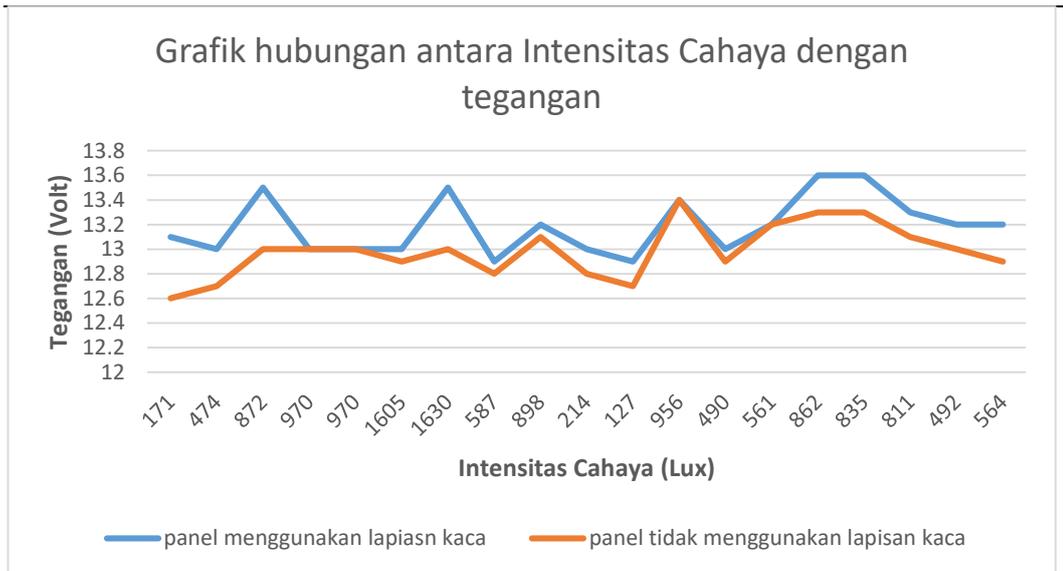
a. Panel menggunakan lapisan kaca, b. panel tidak menggunakan lapisan kaca

Dengan dilapisinya panel surya dengan kaca agar mengetahui hasil keluaran dari sel surya dan dibandingkan dengan panel surya yang tidak menggunakan lapisan kaca, seperti yang dapat dilihat dari gambar diatas. Dengan cara dilapisi kaca tersebut dapat diketahui pengaruh lapisan kaca pada panel surya yang di lapisi oleh kaca. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif pemasangan lapisan kaca pada panel surya. pengambilan data dilakukan dari pukul 08.00 wib hingga pukul 17.00 wib. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1.

Table 4.1 merupakan hasil dari pengujian dan untuk mengetahui hasil keluaran panel surya seperti, arus , daya , dan temperature yang dihasilkan dari panel yang menggunakan lapisan kaca dan panel yang tidak menggunakan lapisan kaca. Untuk melihat perbandingan dapat diperhatikan pada grafik berikut.

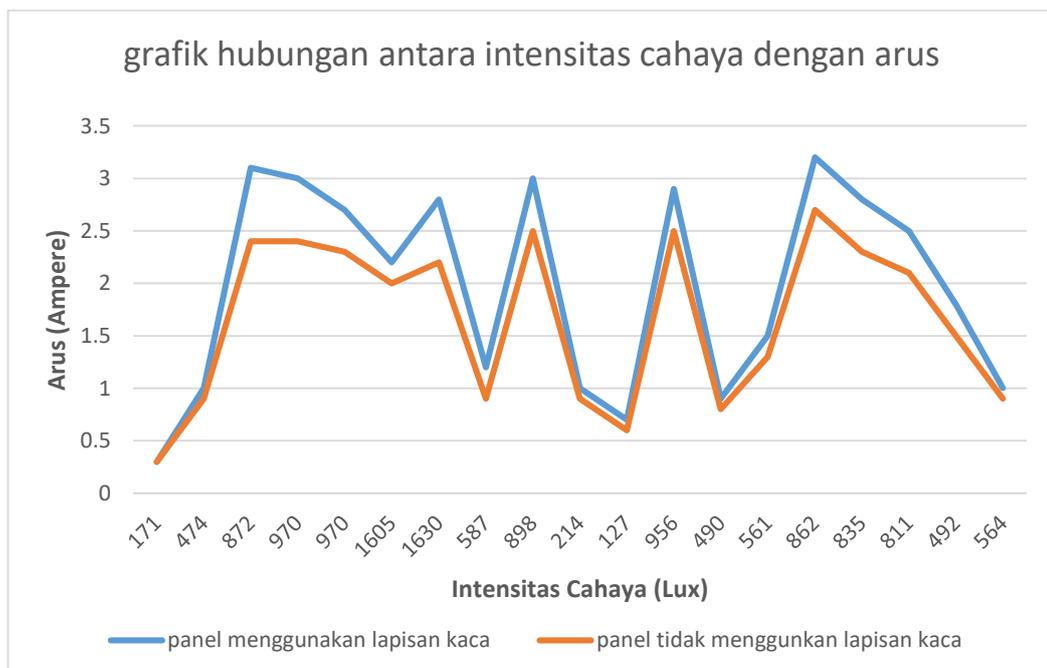
Table 4.1 Pengujian Tanggal 17 Agustus 2020

No.	Jam	L u x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur panel °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur panel °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	171	28.6	12.6	0.3	3.78	27.9	12.6	0.3	3.78
2	08.30	474	34.4	12.7	1.0	12.7	33.2	12.7	0.9	11.43
3	09.00	872	41.5	13.0	3.1	40.3	40.2	13.0	2.4	31.2
4	09.30	970	56.2	13.0	3.0	39	53.4	13.0	2.4	31.2
5	10.00	970	56.2	13.1	2.7	35.37	52.6	13.0	2.3	29.9
6	10.30	1605	60.4	13.0	2.2	28.6	57.5	12.9	2.0	25.8
7	11.00	1630	61.6	13.5	2.8	37.8	59.5	13.0	2.2	28.6
8	11.30	587	53.4	12.9	1.2	15.48	49.7	12.8	0.9	11.52
9	12.00	898	54.5	13.2	3.0	39.6	54.0	13.1	2.5	32.75
10	12.30	214	51.7	13.0	1.0	13	49.3	12.8	0.9	11.52
11	13.00	127	46.2	12.9	0.7	9.03	44.8	12.7	0.6	7.26
12	13.30	956	47.6	13.4	2.9	38.86	49.0	13.4	2.5	33.5
13	14.00	490	51.8	13.0	0.9	11.7	48.3	12.9	0.8	10.32
14	14.30	561	48.2	13.2	1.5	19.8	45.5	13.2	1.3	17.16
15	15.00	862	48.7	13.6	3.2	43.52	49.3	13.3	2.7	35.91
16	15.30	835	49.9	13.6	2.8	38.08	48.3	13.3	2.3	30.59
17	16.00	811	50	13.3	2.5	33.25	46.1	13.1	2.1	27.51
18	16.30	492	46.5	13.2	1.8	23.76	45.3	13.0	1.5	19.5
19	17.00	564	37.9	13.2	1.0	13.2	37.3	12.9	0.9	11.61
Total		14089	925,3	249,4	37,6	496,83	891,2	246,7	31,5	411,6
Rata -Rata		741	48,7	13,1	1,9	26,14	46,9	12,9	1,6	21,66



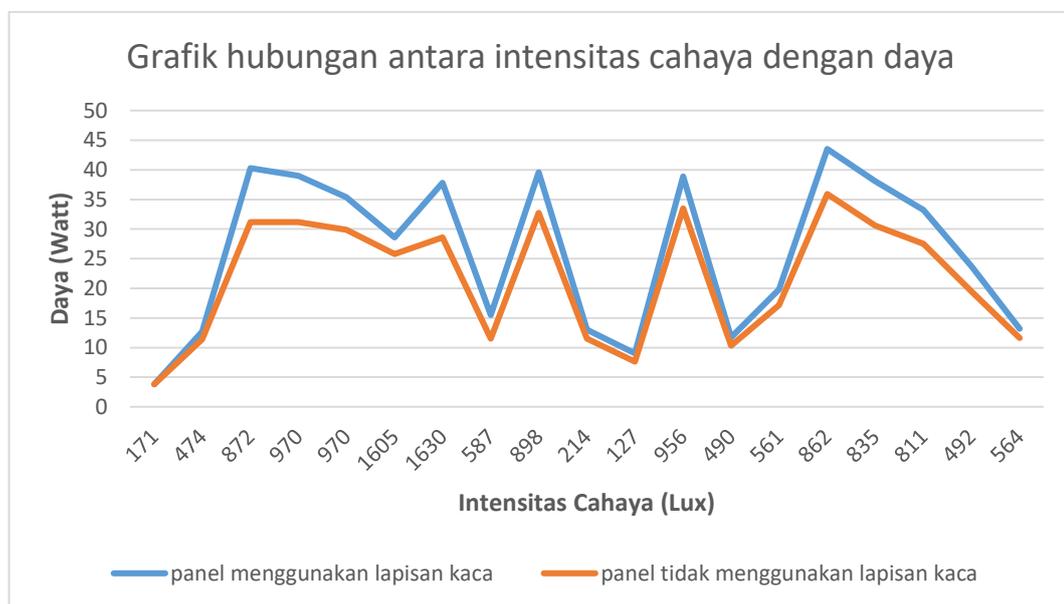
Gambar 4.2 Grafik hubungan intensitas cahaya dengan tegangan.

Pada gambar grafik 4.2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan tegangan yang dihasilkan oleh panel menggunakan lapisan kaca dan panel tidak menggunakan lapisan kaca dengan intensitas cahaya yang sama. Tegangan tertinggi dihasilkan oleh panel menggunakan lapisan kaca sebesar 13,6 V dengan intensitas cahaya 862 Lux, sedangkan tegangan tertinggi panel tidak menggunakan lapisan kaca hanya sebesar 13,4 V, dengan intensitas cahaya 956 Lux.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara intensitas cahaya dengan arus.

Grafik 4.3 menjelaskan pergerakan arus dan Intensitas cahaya yang di dapat dari panel yang dilapisi oleh kaca dan panel yang tidak dilapisi oleh kaca. Dengan pengambilan waktu dari jam 08.00 sampai 17.00 WIB. Didapati hasilnya arus tertinggi panel menggunakan lapisan kaca sebesar 3,2 A dengan intensitas cahaya 862 Lux, sedangkan arus tertinggi dihasilkan oleh panel tidak menggunakan lapisan kaca sebesar 2,7 dengan intensitas cahaya 862 Lux, sedangkan untuk arus terendah panel menggunakan lapisan kaca sebesar 0,7 A sedangkan panel tidak menggunakan lapisan kaca sebesar 0,6 A dengan intensitas cahaya yang sama sebesar 217 Lux.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Intensitas cahaya dengan daya.

Grafik pada gambar 4.4 menjelaskan bahwa terdapat naik turunnya nilai daya ketika dilakukan pengujian dari jam 08.00 sampai 17.00 WIB, selama pengujian didapati panel surya mendapatkan daya tertinggi 43,52 Watt dengan intensitas cahaya 862 Lux, sedangkan panel tidak menggunakan lapisan kaca hanya mendapatkan daya tertinggi sebesar 35,91 Watt dengan intensitas cahaya 862 Lux, sedangkan untuk tegangan terendah panel surya menggunakan lapisan kaca mendapatkan daya sebesar 9,03 Watt sedangkan untuk panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapatkan daya terendah sebesar 7,62 Watt dengan intensitas yang sama sebesar 127 Lux.

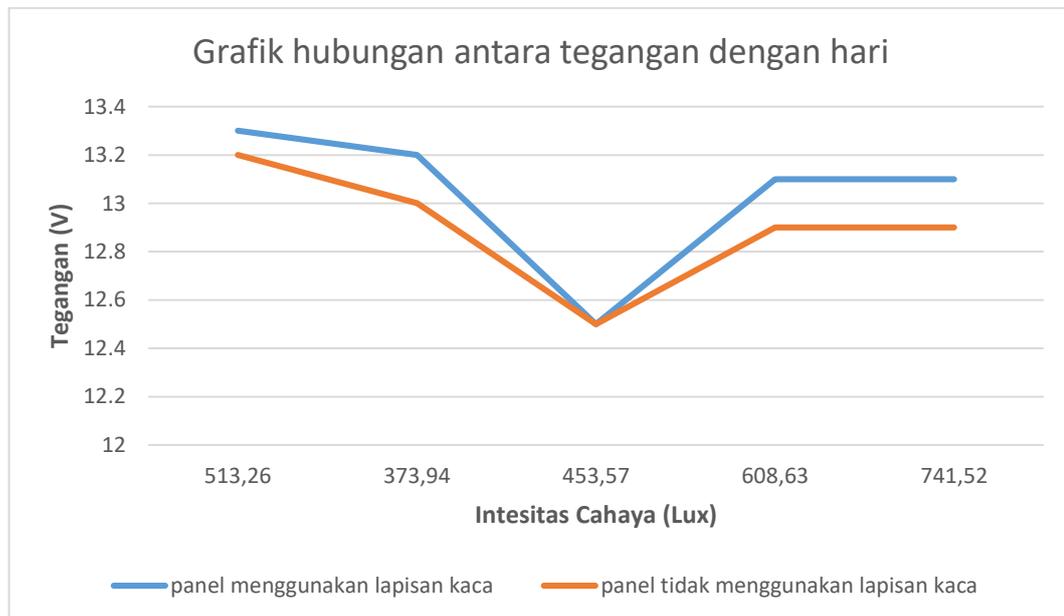
4.2 Hasil pengujian 5 hari untuk mengetahui efektif atau tidak menggunakan lapisan kaca pada panel surya.

Untuk mengetahui ke efektifan lapisan kaca panel surya dengan memasukkan nilai rata-rata pengujian yang dilakukan selama tiga hari pada tegangan, arus dan daya.

Tabel 4.2 Hubungan Antara Intensitas cahaya Dengan Tegangan (Volt).

Hari	Intensitas cahaya	Panel menggunakan lapisan kaca	Panel tidak menggunakan lapisan kaca
1	513,26	13.3	13.2
2	373,94	13.2	13.0
3	453,57	12.5	12.5
4	608,63	13.1	12.9
5	741,52	13.1	12.9

Table diatas menjelaskan hubungan antara tegangan dengan hari yang diambil datanya selama 3 hari, rata-rata yang dihasilkan adalah hasil dari proses pengujian selama 3 hari dari pukul 08.00 sampai 17.00 WIB.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Tegangan.

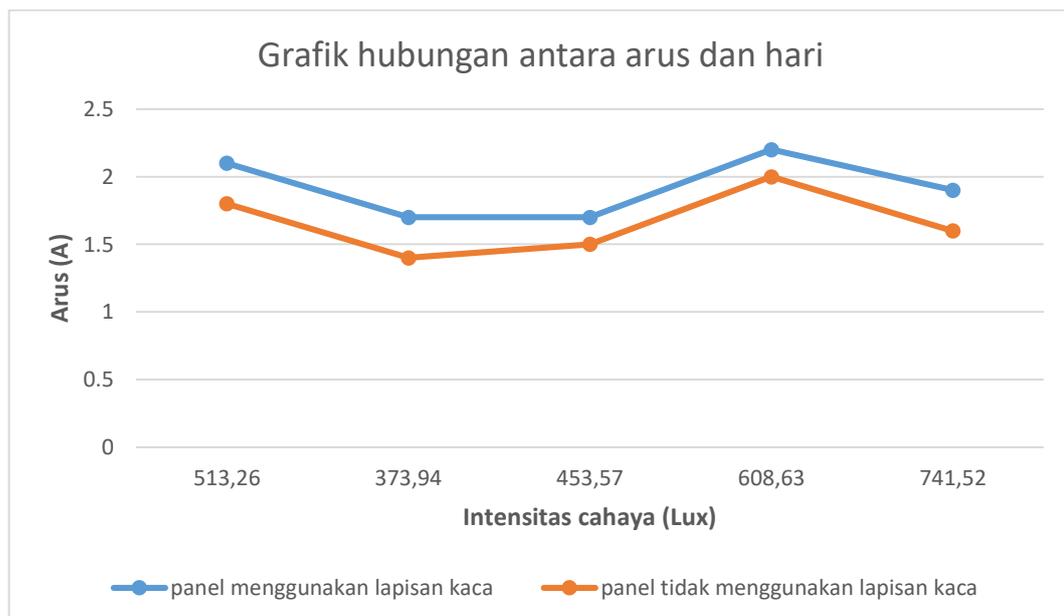
Grafik diatas menjelaskan kenaikan dan turunnya nilai tegangan pada dua percobaan selama 5 hari. Pada panel menggunakan kaca pada hari pertama mendapat nilai tegangan sebesar 13.3 V dan panel tidak menggunakan lapisan kaca 13.2 V Dengan intensitas cahaya sebesar 513,26 Lux, hari kedua panel

menggunakan lapisan kaca mendapat nilai 13.2 V, panel yang tidak menggunakan kaca 13.0 V dengan intensitas cahaya sebesar 373, 94 Lux dan hari ketiga panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai 12.5 V, 12. 5 V pada panel tidak menggunakan lapisan kaca dengan intensitas cahaya 453,53 pada hari ketiga didapati hasil paling rendah dari pada hari lainnya dikarenakan cuaca yang mendung, hari keempat hari panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai 13.1 V, panel yang tidak menggunakan kaca 12.9 V dengan intensitas cahaya 608,63 Lux, hari kelima panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai 13.1 V, panel yang tidak menggunakan kaca 12.9 V dengan intensitas cahaya sebesar 741, 52 Lux.

Tabel 4.7 Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Arus (A).

Hari	Intensitas cahaya	Panel menggunakan lapisan kaca	Panel tidak menggunakan lapisan kaca
1	513,26	2.1	1.8
2	373,94	1.7	1.4
3	453,57	1.7	1.5
4	608,63	2.2	2.0
5	741,52	1.9	1.6

Table diatas menjelaskan hubungan antara tegangan dengan hari yang diambil datanya selama 5 hari, rata-rata yang dihasilkan adalah hasil dari proses pengujian selama 5 hari dari pukul 08.00 sampai 17.00 WIB.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Tegangan Arus.

Grafik diatas menjelaskan naik turunnya nilai arus pada percobaan. Dimana pada hari pertama percobaan panel menggunakan lapisan kaca memiliki nilai arus sebesar 2.1 A dan pada panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 1.8 A dengan intensitas cahaya sebesar 513,26 Lux, pada hari kedua panel menggunakan lapisan kaca mendapatkan nilai arus sebesar 1.7 dan sedangkan panel tidak menggunakan lapisan kaca hanya mendapatkan nilai arus 1.4 A dengan intensitas cahaya sebesar 373,94 Lux, pada hari ketiga percobaan panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 1.7 dan panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 1.5 A dengan intensitas cahaya sebesar 453,57. pada hari keempat percobaan panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 2.2 A dan panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 2.0 A dengan intensitas cahaya sebesar 608,63 Lux, pada hari kelima percobaan panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 1.9 A dan panel tidak menggunakan lapisan kaca mendapat nilai arus sebesar 1.6 A dengan intensitas cahaya 741,52 Lux Dapat diambil kesimpulan bahwa tambahan arus terbesar terdapat pada panel menggunakan lapisan kaca, yang perharinya bisa menghasilkan daya rata-rata sebesar 1.7 A.

4.3 Perhitungan Daya Yang Dihasilkan

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan panel surya berdasarkan panel menggunakan lapisan kaca dan panel tidak menggunakan lapisan kaca diambil dari data pengujian selama 5 hari dapat di lihat pada table 4.8, dari rata-rata tegangan dan arus perhari maka dapat dihasilkan daya pada panel menggunakan lapisan kaca dan panel tidak menggunakan lapisan kaca dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Panel menggunakan lapisan kaca pada hari pertama

Dik : Rata-rata $V = 13,38$

$$I = 2.1$$

$$P = 29,29 \times 2,1 = 61,50 \text{ Watt (rata-rata perhari)}$$

Maka dari panel menggunakan lapisan kaca mendapat daya rata-rata perhari sebesar 61,50 Watt

2. Panel tidak menggunakan lapisan kaca pada hari pertama

Dik : Rata-rata $V = 13,20$

$$I = 1,8$$

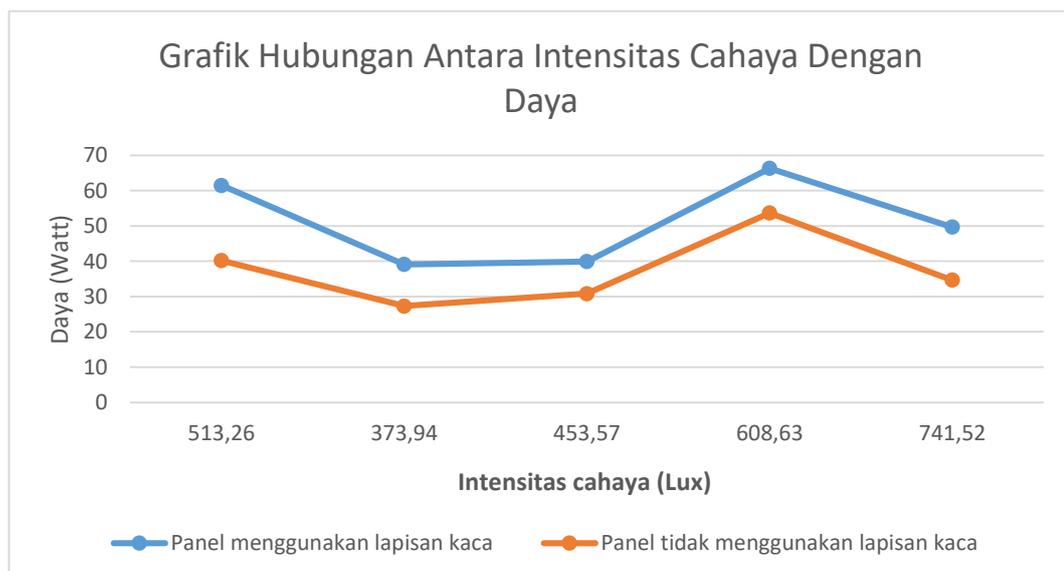
$$P = 22,33 \times 1,8 = 40,19 \text{ Watt (rata-rata perhari)}$$

Dengan metode perhitungan mencari daya di atas maka hasil yang di dapatkan hasil yang dapat dilihat pada table 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Daya.

Hari	Panel menggunakan lapisan kaca			Panel tidak menggunakan lapisan kaca			
	Intensitas Cahaya	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (P)
1	513,26	13.38	2.1	61.50	13.20	1.81	40.19
2	373,94	13.3	1.7	39.08	13.0	1.42	27.32
3	453,57	12.5	1.7	39.91	12.5	1.5	30.85
4	608,63	13.1	2.2	66.30	12.9	2.0	53.66
5	741,52	13.1	1.9	49.66	12.9	1.6	34.65

Table diatas menjelaskan tentang hubungan antara daya dengan hari yang diambil dari data percobaan selama 5 hari dari panbel menggunakan lapisan kaca dan dari panel tidak menggunakan lapisan kaca. Data yang diambil adalah nilai rata-rata selama proses percobaan.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya Dengan Daya.

Grafik diatas menjelaskan naik turunnya nilai daya perhari selama masa percobaan. Percobaan pada panel menggunakan lapisan kaca mendapat nilai daya sebesar 66,30 Watt, sedangkan pada panel tidak menggunakan lapisan kaca didapati nilai daya sebesar 53,66 Watt dengan intensitas Cahaya yang sama sebesar 608,63 Lux. dilihat dari perbandingan kedua panel tersebut dapat diambil kesimpulan nilai daya tertinggi didapat pada panel menggunakan lapisan kaca, dan begitu juga hari kedua dan seterusnya sampai hari ke 5 dimana nilai daya tertinggi didapat dari panel menggunakan lapisan kaca.

Hari ketiga 39,91 Watt, hari keempat 66,30 Watt, dan hari kelima 49,66 Watt. Nilai tersebut lebih tinggi dibanding dengan hari pertama percobaan sampai hari kelima percobaan panel tidak menggunakan lapisan kaca, dengan nilai daya hari pertama sebesar 40,19 Watt, hari kedua 27,32 Watt, hari ketiga 30,85 Watt, hari keempat 53,66 Watt, dan hari kelima 34,65 Watt, dimana nilai daya panel menggunakan lapisan kaca selalu lebih tinggi.

Dapat diambil kesimpulan bahwa panel menggunakan lapisan kaca cukup efektif ketika dipasangkan ke panel surya, keefektifan panel menggunakan lapisan kaca dapat dilihat dari nilai daya yang didapatkan dari hari pertama sampai hari kelima percobaan, dimana hari pertama percobaan didapati daya pada panel menggunakan lapisan kaca sebesar 66,30 Watt dan hari kedua sebesar 53,66 Watt.

4.4 Perhitungan sudut deklinasi selama 5 hari pengujian

Untuk mencari nilai sudut deklinasi menggunakan rumus cooper, n adalah urutan hari pada suatu tahun. Berdasarkan bulan yang diketahui ditampilkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Nilai n Pada Hari Berdasarkan Bulan (Duffie, 1991)

Bulan	Nilai n pada hari yang ke- i
Januari	i
Februari	$31+i$
Maret	$59+i$
April	$90+i$
Mei	$120+i$
Juni	$151+i$
July	$181+i$
Agustus	$212+i$
September	$243+i$
Oktober	$273+i$

November	304+i
Desember	334+i

1. Pengujian pada Tanggal 13 Agustus 2020

Maka $n = 212 + 13$

$$= 225$$

Maka menggunakan rumus cooper II

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (225 - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin(141,12) \\ &= 14,7193^\circ \end{aligned}$$

Maka pada pengujian pertama letak posisi sudut deklinasi yaitu $14,7193^\circ$

2. Pengujian pada Tanggal 14 Agustus 2020

Maka $n = 212 + 14$

$$= 226$$

Maka menggunakan rumus cooper II

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (226 - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin(142,1) \\ &= 14,4049^\circ \end{aligned}$$

Maka pada pengujian ke dua letak posisi sudut deklinasi yaitu $14,4049^\circ$

3. Pengujian pada Tanggal 15 Agustus 2020

Maka $n = 212 + 15$

$$= 227$$

Maka menggunakan rumus cooper II

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (227 - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin(143,08) \\ &= 14,0863^\circ \end{aligned}$$

Maka pada pengujian ke tiga letak posisi sudut deklinasi yaitu $14,0863^\circ$

4. Pengujian pada Tanggal 16 Agustus 2020

Maka $n = 212 + 16$

$$= 228$$

Maka menggunakan rumus cooper II

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (228 - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin(144,06) \\ &= 13,7636^\circ \end{aligned}$$

Maka pada pengujian ke empat letak posisi sudut deklinasi yaitu $13,7636^\circ$

5. Pengujian pada Tanggal 17 Agustus 2020

Maka $n = 212 + 16$

$$= 228$$

Maka menggunakan rumus cooper II

$$\begin{aligned} \delta &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (n - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (229 - 81) \right] \\ &= 23,45^\circ \sin(145,04) \\ &= 13,4369^\circ \end{aligned}$$

Maka pada pengujian ke lima letak posisi sudut deklinasi yaitu $13,4369^\circ$

Tabel 4.10 Sudut Deklinasi Selama 5 Hari

Hari	Tanggal	Jumlah Hari Sepanjang Tahun (n)	Sudut Deklinasi (δ)
1	13 Agustus 2020	225	$14,7193^\circ$
2	14 Agustus 2020	226	$14,4049^\circ$
3	15 Agustus 2020	227	$14,0863^\circ$
4	16 Agustus 2020	228	$13,7636^\circ$
5	17 Agustus 2020	229	$13,4369^\circ$

4.5 Intensitas Radiasi Matahari Pada Permukaan Datar kota Medan.

Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi. Pada kondisi langit cerah dapat dihitung dengan metode yang diajukan oleh Hottel (1976).

$$\tau_b = (a_0 \times r_0) + (a_1 \times r_1) \times (k / \cos \theta_z)$$

Dimana :

$$a_0 = 0.4237 - 0,00821 (6 - A)^2$$

$$a_1 = 0.5055 + 0,00595 (6,5 - A)^2$$

$$k = 0.2711 + 0,01858 (2,5 - A)^2$$

Tabel 4.11 Faktor koreksi iklim (Beckman,1991)

Iklim	r_0	r_1	r_k
Tropical	0,95	0,98	1,02
Mediatude summer	0,97	0,99	1,02
Subarctic summer	0,99	0,99	1,01
Midiatude winter	1,03	1,01	1,00

Ketinggian dari kota Medan adalah $A = 0,030$ m Diperoleh sebagai berikut :

$$a_0 = 0,4237 - 0,00821 (6 - 0,030)^2 = 0,131$$

$$a_1 = 0,5055 + 0,00595 (6,5 - 0,030)^2 = 0,754$$

$$k = 0,2711 + 0,01858 (2,5 - 0,030)^2 = 0,384$$

Lokasi yang sedang dihitung ini dikategorikan Tropical, Maka dengan menggunakan koreksi pada Tabel 4.11 akan didapat:

$$\tau_b = (0,131 \times 0,95) + (0,754 \times 0,98) \times (0,384 \frac{1,02}{0,846}) = 0,466$$

Radiasi Matahari sebelum memasuki atmosfer pada tempat ini dihitung dengan persamaan:

$$G_{on} = G_{sc} (1 + 0,033 \cos \theta \frac{360 \times 234}{365}) = 1339 \text{ W/m}^2$$

Maka radiasi datang dapat dihitung dengan persamaan :

$$G_{cnb} = 1339 \times 0,466 = 623,97 \text{ W/m}^2$$

Radiasi beam langit cerah pada bidang horizontal dihitung dengan persamaan :

$$G_{cb} = 623,97 \times 0,846 = 527,87 \text{ W/m}^2$$

Radiasi difusi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$G_d = 1339 \times 0,754 \times (0,721 - 0,249) \times 0,501 = -11,63 \text{ W/m}^2$$

Maka radiasi total adalah $= 527,87 + (-11,63) = 516,24 \text{ W/m}^2$

Mencari efektifitas :

$$= \frac{p \text{ panel menggunakan lapisan kaca} \times p \text{ panel tidak menggunakan lapisan kaca}}{p \text{ panel tidak menggunakan lapisan kaca}} \times 100\%$$

$$= \frac{51,29 \times 37,33}{37,33} \times 100\%$$

$$= 5,1 \%$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya maksimal yang berasal dari panel menggunakan lapisan kaca sebesar 49,4 Watt, dan dari panel tidak menggunakan lapisan kaca menghasilkan 48,1 Watt.
2. Tegangan maksimal dihasilkan panel menggunakan lapisan kaca sebesar 13,9 Volt, dan pada panel tidak menggunakan kaca di dapatkan hasil sebesar 13,8 Volt.
3. Arus maksimal dari panel menggunakan lapisan kaca sebesar 3,8 Ampere, dan pada panel tidak menggunakan lapisan kaca sebesar 3,7 Ampere.
4. Berdasarkan hasil penelitian didapati nilai Efektifitas sebesar 5,1 %

5.2 Saran

1. Pada saat pengambilan data agar lebih memperhatikan ketelitian pengambilan nilai.
2. Agar lebih memperhatikan cuaca pada saat pengambilan nilai karena dapat mempengaruhi nilai data.
3. Pada saat pengujian agar lebih memperhatikan kesiapan alat uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, B (2019) *Analisis penerapan panel surya dalam penghematan daya listrik di gedung D fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Duffie, Jhon A, Beckman, William A (2006) *Solar Engineering of thermal Processes* United States Of America: Jhon Wiley & Sons, INC.
- Dzulfikar Dafi, Wisnu Broto. (2016) *Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga*. E-Journal SNF2016, Jakarta: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Pancasila Jakarta.
- Halawa, E.E.H, Sugiyatno. (2001) *Estimation of global solar radiation in the Indonesia climatic region*. Bandung : Reserch And Developmen Center For Applied Physics, LIPI.
- Fadhilah, R (2019) *Perencanaan fsn prmbuatan pembangkit tenaga surya di gedung D fakultas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara*. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Fahkrul, R (2019) *Penerapan pada system otomasi pada panel suryamengikuti arah gerak matahari untuk memaksimalkan kinerja panel surya*. Medan : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Handoyo A.K (2001) *Pengaruh jarak kaca ke plat terhadap panas yang diterima suatu kolektor surya plat datar*. Surabaya : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.
- Jatmiko,H.A (2011) *Pemanfaatan sel surya dan lampu LED untuk perumahan*.Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011.ISBN 979-26-0255-0
- Maman, S (2015) *Energi matahari sumber energi alternatif yang efisien, handal dan ramah lingkungan di Indonesia*. Program Diploma III Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Pradona, Y (2019) *Variasi kemiringan sudut terhadap efektifitas kinerja panel surya*.Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- Prastica, R.H (2016) *Analisis pengaruh penambahan reflector terhadap tegangan keluaran modul solar cel*. Surakarta: Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ramadhan Anwar Ilmu, Ery, D. Sony Hari Mukti. (2016) *Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP*, Jurnal. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Subekti Yuliananda, Gede Surya, RA Retno Hastijanti. (2015) *Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya* Jurnal Pengabdian LPPM, Surabaya: Fakultas Teknik, UNTAG.
- Silaban, S (2012) *kajian experimental kolektor surya prismatic dengan variasi jarak kaca terhadap plat absorber dengan menggunakan system penutup untuk pemanas air*. Medan : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara.
- Yenda, D.R (2017) *Investigasi titik daya maksimum photovoltaic dengan peningkatan daya guna cahaya matahari secara bertahap menggunakan reflector*. Padang: Program Studi Teknik Elektro, Universitas Andalas.

LAMPIRAN



UMSU
Majlis / Majelis / Terpercaya

Surat ini agar disebutkan
dan sebagainya

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Mukhtar 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 : 1765/IL3-AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas nama
Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 06 November 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : **IQBAL ZHAFRAN**
NPM : 1607230126
Program Studi : **TEKNIK MESIN**
Semester : **VII (TUJUH)**
Judul Tugas Akhir : **STUDI EXPERIMENTAL PENINGKATAN EFEKTIFITAS PANEL SURYA
DENGAN PENAMBAHAN LAPISAN KACA**
Pembimbing – I : **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. Penulisan 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, 08 Rabi Al-Awwal 1440 H
06 November 2019 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T
NIDN : 0101017202

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Iqbal Zhafran
NPM : 1607230126
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengangkutan Efektivitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

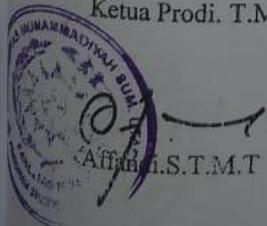
2. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Banday banday hand
berupa

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 21 Rab.Awa 1442H
07 Nopember 2020M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pembimbing- I

Khairul Umurani
Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Iqbal Zhafran
NPM : 1607230126
Judul T.Akhir : Studi Eksperimental Pengangkutan Efektivitas Panel Surya Dengan Penambahan Lapisan Kaca

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Perbandingan - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Perbandingan - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

.....
..... *lihat buku & capur*

3. Harus mengikuti seminar kembali Perbaikan :

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

Medan 21 Rab.Awa 1442H
07 Nopember 2020M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi S.T.M.T

Dosen Perbandingan- II

Affandi
Affandi.S.T.M.T

Pengujian Hari Ke 1 Tanggal 13 Agustus 2020

No.	Jam	L u x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	132	30.2	15,42	0.8	10	30.8	12.5	0.8	10
2	08.30	122	28.3	16,30	0.6	7.44	29.1	12.4	0.6	7.44
3	09.00	521	37.8	16,51	2.3	29.9	42.5	13.5	1.8	24.3
4	09.30	637	35.2	16,53	2.7	36.99	47.9	13.2	2.3	30.36
5	10.00	643	41.9	16,17	2.7	36.99	49.2	13.2	2.2	29.04
6	10.30	688	50.3	15,84	2.9	40.02	51.5	13.5	2.4	32.4
7	11.00	306	45.6	16,4	1.5	20.25	50.1	13.2	1.5	19.8
8	11.30	381	46.0	15,86	1.6	20.8	48.6	13.0	1.0	13
9	12.00	614	45.2	16,54	2.6	35.88	49.8	13.4	2.3	30.82
10	12.30	683	50.8	16,68	2.6	35.88	53.9	13.4	2.1	28.14
11	13.00	406	36.1	16,33	1.7	22.78	40.8	13.3	1.4	18.62
12	13.30	643	44.3	16,8	2.8	38.64	52.2	13.5	2.5	33.75
13	14.00	821	43.4	14,86	3.4	46.92	49.0	13.5	2.6	35.1
14	14.30	522	49.1	16,51	1.7	22.44	46.7	13.2	1.6	21.12
15	15.00	852	54.7	16,86	3.1	43.09	49.5	13.5	2.6	35.1
16	15.30	459	50.0	15,2	2.5	34.5	49.3	13.3	2.0	26.6
17	16.00	438	48.5	14,98	2.5	33.5	46.9	13.4	2.1	28.14
18	16.30	498	52.3	16,85	2.6	34.32	48.8	13.4	2.2	29.48
19	17.00	386	35.7	16,66	0.5	6.3	34.1	12.5	0.5	6.25
Total		9752	82,54	254,3	41,4	555,64	870,7	250,9	34,5	424,36
Rata -Rata		513,26	43,44	13,38	2,1	29,29	45,8	13,20	1,8	22,33

Pengujian Hari Ke 2 Tanggal 14 Agustus 2020

No.	Jam	Lu x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	182	28.9	12.4	0.4	4.8	29.1	12.4	0.4	4.96
2	08.30	195	30.2	12.6	0.5	6.3	30.0	12.6	0.5	6.3
3	09.00	200	34.9	12.9	0.8	10.32	34.9	12.7	0.7	8.89
4	09.30	210	38.1	13.0	0.8	10.4	36.8	13.3	0.7	9.31
5	10.00	267	46.0	13.3	2.1	27.93	47.5	13.5	1.4	18.9
6	10.30	329	48.9	13.4	1.6	21.44	49.6	13.5	1.5	20.25
7	11.00	353	51.6	13.8	2.1	28.98	51.7	13.4	1.5	20.1
8	11.30	389	57.4	13.8	2.3	31.74	56.6	13.4	1.9	25.46
9	12.00	336	47.4	13.0	1.2	15.6	42.4	12.4	1.1	13.64
10	12.30	388	48.7	13.2	1.4	18.48	41.2	12.9	1.4	18.62
11	13.00	329	43.3	13.3	1.1	14.63	40.1	12.3	1.0	42.56
12	13.30	911	46.0	13.6	3.6	48.96	42.8	13.3	3.2	18.62
13	14.00	366	41.0	13.5	1.4	18.9	38.3	13.3	1.4	18.62
14	14.30	350	46.6	13.3	1.4	18.62	44.7	13.0	1.3	16.9
15	15.00	491	48.4	13.8	2.1	28.98	43.3	13.3	2.0	26.6
16	15.30	506	40.6	13.5	2.8	37.8	37.1	13.4	2.3	30.82
17	16.00	471	52.9	13.5	2.4	32.4	50.2	13.3	2.0	26.6
18	16.30	349	44.5	13.4	1.7	22.78	40.0	13.2	1.5	19.8
19	17.00	483	56.4	13.5	2.8	37.8	49.8	13.4	2.3	30.82
Total		7105	851.8	32.5	436.86	436.86	789.1	248.6	27.4	370.89
Rata -Rata		373,94	44.8	1.7	22.99	22.99	41.5	13.0	1.4	19.52

Pengujian Hari Ke 3 Tanggal 15 Agustus 2020

No.	Jam	Lu x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	153	33.6	12.7	0.8	10.16	34.1	12.4	0.7	8.68
2	08.30	201	35.6	13.2	1.1	14.52	34.4	13.3	1.0	13.3
3	09.00	238	37.8	13.0	1.3	16.9	40.0	13.3	1.5	19.95
4	09.30	323	43.6	13.2	1.7	22.44	43.1	13.4	1.4	18.76
5	10.00	797	60.0	13.8	2.8	38.64	53.5	13.3	1.8	23.94
6	10.30	861	63.6	13.5	3.1	41.85	56.5	13.4	3.0	40.2
7	11.00	810	47.0	13.5	2.8	37.8	48.1	13.4	2.3	30.82
8	11.30	479	59.6	13.0	1.8	23.4	57.6	13.4	1.3	17.42
9	12.00	371	53.4	13.4	1.2	16.08	50.4	13.2	1.1	14.52
10	12.30	427	51.7	13.6	1.8	24.48	52.4	13.8	1.8	24.84
11	13.00	461	45.9	13.6	1.8	24.48	45.2	13.4	1.5	20.1
12	13.30	511	46.6	13.2	2.2	29.04	43.8	13.3	2.1	27.93
13	14.00	267	45.4	13.3	1.1	14.63	41.6	13.0	1.0	13
14	14.30	290	43.2	13.2	1.1	14.52	42.7	13.2	0.9	11.88
15	15.00	170	48.9	13.1	0.9	11.79	43.7	13.2	0.8	10.56
16	15.30	730	39.3	13.5	2.8	37.8	37.2	13.6	2.6	35.36
17	16.00	721	40.2	13.5	2.4	32.4	39.6	13.1	2.2	28.82
18	16.30	566	35.0	13.1	1.5	19.65	32.1	13.2	1.3	17.16
19	17.00	242	34.9	13.1	1.2	15.72	33.6	12.4	1.1	13.64
Total		8618	865.3	865.3	33.4	446.3	829.4	239.3	29.4	390.88
Rata -Rata		453,57	45.5	45.5	1.7	23.48	43.6	12.5	1.5	20.57

Pengujian Hari Ke 4 Tanggal 16 Agustus 2020

No.	Jam	Lu x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	192	29.4	12.6	0.8	10.08	28.1	12.6	0.8	10.08
2	08.30	182	30.1	12.8	0.8	10.24	29.2	12.8	0.8	10.24
3	09.00	213	42.1	13.1	1.0	13.1	40.1	13.0	0.9	11.7
4	09.30	810	51.9	13.3	2.9	38.57	52.3	13.3	2.8	37.24
5	10.00	403	54.6	13.2	1.8	23.76	50.8	13.0	1.6	20.8
6	10.30	467	45.7	13.3	1.1	14.63	43.6	13.2	1.1	14.52
7	11.00	720	51.3	13.3	2.6	34.58	49.2	13.2	2.4	31.68
8	11.30	921	63.2	13.4	3.0	40.2	60.5	13.0	2.8	36.4
9	12.00	539	50.6	13.1	2.0	26.2	48.3	13.0	1.8	23.4
10	12.30	621	52.6	13.3	2.2	29.26	48.3	13.0	1.8	23.4
11	13.00	968	53.5	13.5	3.8	51.3	50.2	13.0	3.4	44.2
12	13.30	922	50.3	13.0	3.1	40.3	45.3	12.9	2.7	34.83
13	14.00	406	50.1	13.2	2.8	36.96	47.3	13.0	2.4	31.2
14	14.30	946	48.7	13.0	3.8	49.4	45.1	13.0	3.5	45.5
15	15.00	987	54.8	13.3	3.9	51.8	52.3	13.0	3.7	48.1
16	15.30	581	55.6	13.2	2.0	26.4	54.1	12.9	1.8	23.22
17	16.00	421	48.3	12.9	1.4	18.06	45.3	12.8	1.2	15.36
18	16.30	831	51.0	13.2	3.2	42.24	48.3	13.0	2.7	35.1
19	17.00	434	32.4	13.0	1.2	15.6	30.2	12.9	1.0	12.9
Total		11564	916.2	249.7	43.4	572.68	868.5	246.6	39.2	509.87
Rata –Rata		608,63	48.2	13.1	2.2	30.14	45.7	12.9	2.0	26.83

Pengujian Hari ke 5 Tanggal 17 Agustus 2020

No.	Jam	L u x	Panel Menggunakan Lapisan Kaca				Panel Tidak Menggunakan Lapisan Kaca			
			Temperatur panel °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)	Temperatur panel °C	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
1	08.00	171	28.6	12.6	0.3	3.78	27.9	12.6	0.3	3.78
2	08.30	474	34.4	12.7	1.0	12.7	33.2	12.7	0.9	11.43
3	09.00	872	41.5	13.0	3.1	40.3	40.2	13.0	2.4	31.2
4	09.30	970	56.2	13.0	3.0	39	53.4	13.0	2.4	31.2
5	10.00	970	56.2	13.1	2.7	35.37	52.6	13.0	2.3	29.9
6	10.30	1605	60.4	13.0	2.2	28.6	57.5	12.9	2.0	25.8
7	11.00	1630	61.6	13.5	2.8	37.8	59.5	13.0	2.2	28.6
8	11.30	587	53.4	12.9	1.2	15.48	49.7	12.8	0.9	11.52
9	12.00	898	54.5	13.2	3.0	39.6	54.0	13.1	2.5	32.75
10	12.30	214	51.7	13.0	1.0	13	49.3	12.8	0.9	11.52
11	13.00	127	46.2	12.9	0.7	9.03	44.8	12.7	0.6	7.26
12	13.30	956	47.6	13.4	2.9	38.86	49.0	13.4	2.5	33.5
13	14.00	490	51.8	13.0	0.9	11.7	48.3	12.9	0.8	10.32
14	14.30	561	48.2	13.2	1.5	19.8	45.5	13.2	1.3	17.16
15	15.00	862	48.7	13.6	3.2	43.52	49.3	13.3	2.7	35.91
16	15.30	835	49.9	13.6	2.8	38.08	48.3	13.3	2.3	30.59
17	16.00	811	50	13.3	2.5	33.25	46.1	13.1	2.1	27.51
18	16.30	492	46.5	13.2	1.8	23.76	45.3	13.0	1.5	19.5
19	17.00	564	37.9	13.2	1.0	13.2	37.3	12.9	0.9	11.61
Total		14089	925,3	249,4	37,6	496,83	891,2	246,7	31,5	411,6
Rata –Rata		741,52	48,7	13,1	1,9	26,14	46,9	12,9	1,6	21,66

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Iqbal Zhafran
NPM : 1607230126
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 05-05-1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jalan Marelan 1 Pasar 4 Barat Lingkungan VII
 Kelurahan : Terjun
 Kecamatan : Medan Marelan
 Kota : Medan
 Provinsi : Sumatra Utara
Nomor Hp : 082276223177
E-mail : Iqbalzhafran05@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Arman, S.E
 Ibu : Henry Yani, S.H

PENDIDIKAN FORMAL

2004-2010 : SD 060950 Medan
2010-2013 : SMP Negeri 11 Medan
2013-2016 : SMA Negeri 19 Medan
2016-2020 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara