

TUGAS AKHIR

PENGARUH INTENSITAS DAN TEMPERATUR PERMUKAAN PANEL SURYA PADA BERBAGAI JENIS SEL SURYA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat
Memproleh Gelar Sarjana Teknik (ST)*

Disusun Oleh:

SUHARDI ISTIAWAN

NPM : 1407220028



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Suhardi Istiawan
NPM : 1407220028
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengaruh Intensitas dan Temperatur Permukaan Panel Surya Pada Berbagai Jenis Sel Surya.

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

Medan, 22 Maret 2019

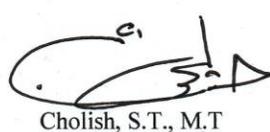
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



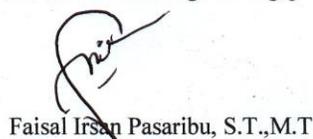
Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji



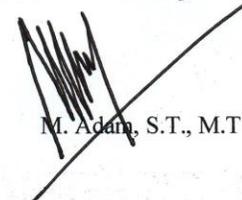
Cholish, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Peguji



M. Adam, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Suhardi Istiawan
Tempat /Tanggal Lahir : Karang Baru 28 Januari 1992
NPM : 1407220028
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Pengaruh Intensitas dan Temperatur Permukaan Panel Surya Pada Berbagai Jenis Sel Surya”,

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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Maret 2019

Saya yang menyatakan


Suhardi Istiawan

ABSTRAK

Kebutuhan akan sumber energi pada saat ini sangat mendesak dibutuhkan berbagai macam produk yang mendukung kinerja dari manusia saat ini semuanya menggunakan tenaga listrik, Kinerja panel sel surya berdasarkan intensitas, semakin besar intensitas lux dan temperatur maka kinerja panel sel surya semakin meningkat. Dalam penelitian ini untuk mendapatkan pengaruh intensitas dan temperatur, dan perbandingan 2 merk panel sel surya dilakukan pengukuran berdasarkan intensitas 1225 dan temperatur 41,1°C. Pengukuran yang dimaksud adalah melihat besarnya tegangan surya 20,3 Volt dan tesla 13,5 volt , arus surya 1,17 Amper dan tesla 1,68 Amper, daya output surya 19,21 Watt dan tesla 16,94 Watt, daya input surya 183 Watt dan tesla 226 Watt antara tiap panel sel surya. Pada pengukuran dua panel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla, dapat disimpulkan bahwa dari kinerja pada panel sel surya dari merk surya dan tesla yang lebih bagus adalah tesla dikarenakan nilai penyerapan pada tesla lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai Imp penyerapan yang berbeda tiap jenis dan tipe. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperatur permukaan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semakin meningkat begitupun sebaliknya.

Kata kunci : Membandingkan antara dua jenis panel sel surya

KATA PENGANTAR



Pujisyukurkehadirat ALLAH.SWT atasrahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kitau capkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad. SAW karena beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kan kita pesan ilahi untuk dijadikan pedoman hidup agar dapat selamat hidup di dunia hingga nanti kembali keakhirat.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah ***“PENGARUH INTENSITAS DAN TEMPERATUR PERMUKAAN PANEL SURYA PADA BERBAGAI JENIS SEL SURYA”***

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besaryakepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Mu saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ayahanda (Sutrisno) dan ibunda (Muharnani) tercinta, yang dengan cintakasih & saying setulus jiwa mengasuh, mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal IrsanPasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro.
6. Bapak Pataonan Harahap S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I Tugas akhir yang selalu sabar membimbing, memberikan arahan serta motivasi kepada penulis.
7. Bapak Cholish S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
8. Bapak Faisal Irsan P.S.T, M.T, selaku dosen pembanding 1 dalam penulisan tugas akhir ini.
9. Bapak M.Adam S.T, M.T, selaku dosen pembanding 2 dalam penulisan tugas akhir ini.
10. Kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik Elektro Joko Sugianto, Muhammad Rafi'i Ma'arif Trg.M.P.D , Agung Sasongko dan yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat, kebersamaan yang luarbiasa.
11. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini di sebabkan ke terbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penuli smengucapkan terima kasih.

Medan, Maret 2019
Penulis

SUHARDI ISTIAWAN

DAFTAR ISI

LEMBARAN PENGESAHAN	ii
LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Relevan.....	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sejarah Sel Surya	7
2.2.2 Sel Surya.....	8
2.2.3 Kristalis Sel Surya	9
2.2.4 Jenis Kristalsilikon Sel Surya	9

2.3	Panel Surya	10
2.3.1	Cara Kerja Panel Surya	14
2.3.2	Faktor Pengoprasian Sel Sury	14
2.3.3	Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari	19
2.3.4	Struktur Sel Surya	20
2.3.5	Energi Listrik	21
2.3.6	Arus dan Teganga.....	22
2.3.7	Daya Input	22
2.3.8	Daya output.....	23
2.3.9	Fill Faktor	23
2.3.10	Efisiensi Sel Surya	24
2.4	Macam-Macam Bahan Pembuatan Sel Surya.....	24
2.5	Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	27
2.5.1	Solar Charger Controller	27
2.5.2	Inverter.....	28
2.5.3	Baterai.....	30

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
3.2	Peralatan dan Bahan	32
3.2.1	Peralatan	32
3.2.2	Bahan.....	34
3.3	Metode Penelitian.....	36
3.3.1	Pengambilan Data	36
3.4	Diagram Penelitian	36

3.4.1 Urutan Penelitian.....	36
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN ANALISA	
4.1 Hasil Penelitian	40
4.2 Pengujian Pertama Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Panel Sel Surya Jenis Polycrystalline Merk Surya	40
4.3 Pengujian Ke dua Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Panel Surya Merk Tesla	41
4.4 Perbandingan Tegangan, Arus Daya Output, Input Panel Surya Merek Surya Dan Tesla.....	42
4.5 Pengaruh Intensitas dan Temperatur Terhadap Tegangan Arus Dan Daya Output, Input Tiap Panel Sel Surya.....	49
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik pada Sel Surya.....	11
2.2	Medan Listrik Didaerah Pengosongan Beratah Dari Kanan Ke Kiri	12
2.3	Arah Gerak Difusi Elektron-hole: Difusi Dari Pembawa Muatan Mayoritas Dan Drift Dari Pembawa Muatan Minoritas.....	12
2.4	Modul Panel Surya	14
2.5	Karakteristik Penurunan Voltage Terhadap Kenaikan Temperatur	15
2.6	Thermometer	17
2.7	Lux Meter.....	18
2.8	Struktur Sel Surya	20
2.9	Soler Sel Jenis <i>Poly-crystalline</i>	25
2.10	Solar Sel Jenis <i>Mono-crystalline</i>	25
2.11	Solar Sel Jenis <i>Gallium Arsenide</i>	26
2.12	Solar Sel Jenis <i>Copper Indium Diselenide</i>	26
2.13	Solar Charge Controller	27
2.14	Inverter.....	29
2.15	Baterai.....	30
3.1	Panel Surya Merek Surya Jenis <i>Polycrystalline</i>	34
3.2	Panel Surya Merek Tesla jenis <i>Polycrystalline</i>	35
4.1	Grafik Perbandingan Tegangan Panel Sel Surya Merek Surya Dan Tesla.....	42

4.2	Grafik Perbandingan Arus Merek Surya Dan Tesla	43
4.3	Grafik Perbandingan Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya Dan Tesla	47
4.4	Grafik Perbandingan Daya Input Panel Sel Surya Merk Surya Dan Tesla	47
4.5	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Surya	49
4.6	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Surya.....	49
4.7	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Tesla.....	50
4.8	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Tesla	50
4.9	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Surya	51
4.10	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Surya.....	51
4.11	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Tesla	52
4.12	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Tegangan Panel Sel Surya.....	52
4.13	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya	53
4.14	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap	

	Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya	53
4.15	Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap	
	Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Tesla	54
4.16	Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap	
	Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Tesla	54

DAFTAR TABEL

4.1	Data Hasil Pengujian Panel Sel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i> Merk Surya.....	41
4.2	Data Hasil Pengujian Panel Sel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i> Merk Tesla	41
4.3	Hasil Daya Output dan Input Modul Panel Surya Merk Surya	44
4.4	Hasil Daya Output dan Input Modul Panel Surya Merk Tesla.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi pada saat ini sangat mendesak dibutuhkan berbagai macam produk yang mendukung kinerja dari manusia saat ini semuanya menggunakan tenaga listrik. Pada saat ini semakin banyak dikembangkan sumber tenaga atau sumber energi alternative. Salah satunya adalah menggunakan tenaga matahari. Pemanfaatan energi matahari digunakan untuk mengkonversikan energi (selsurya) menjadi energi listrik, yang dirancang menjadi panel surya. Panel surya dibangun modul-modul solar sel yang dapat menyerap energi matahari dan merubahnya menjadi sumber listrik atau energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Martawi,2018).

Salah satu pemanfaatan energi cahaya matahari adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang memanfaatkan energi foton cahaya matahari menjadi energi listrik. Indonesia sendiri, sebuah negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari yang lebih banyak dari pada negara lain, mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai alternatif batubara dan diesel sebagai pengganti bahan bakar fosil, yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas (Rotib, 2001).

Sel surya *photovoltaic cell* bekerja dengan menangkap sinar matahari oleh sel-sel semikonduktor untuk diubah menjadi energi listrik. Sel-sel ini termuat dalam panel-panel yang ukurannya dapat disesuaikan dengan keperluannya, apakah untuk rumah tangga, perkantoran atau pembangkit listrik skala besar (Sungkar, 2007).

Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi matahari dan suhu temperatur permukaan sel surya. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan apa bila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang di hasilkan akan bertambah (Deni& Ali, 2016).

Pada pagi hari pukul 6.00 WIB tingkat kelembapan besar yaitu 88% dan terjadi pengembunan sambil menurunkan partikel-partikel padatan akibat polusi kendaraan bermotor dan industri kepermukaan bumi, sehingga pada saat ini konduksi atmosfer mempunyai kebeningan yang tinggi dan langit biru. Fenomena tersebut mengakibatkan pada pagi hari yang cerah pukul 9.00 WIB sel surya memiliki efisiensi terbesar yaitu dengan efisiensi 10%. Pada siang hari partikel-partikel pada padatan akibat polusi kembali ke angkasa, dengan meningkatnya temperatur udara gerakan partikel semakin hebat, sehingga meningkatkan hamburan radiasi surya yang masuk ke bumi. Hal ini mengakibatkan difusi ratio membesar dimana jumlah radiasi difusi lebih besar radiasi langsung, dan efisiensi sel surya pada pukul 12.00 WIB adalah besar 9%, lebih rendah dari pada pagi hari. Pada sore hari akibat terjadi penguapan pada siang hari dan semakin meningkatnya partikel padatan polusi di udara, sehingga indeks kecerahan terendah dimana tampak banyak awan. Selain itu radiasi surya global sangat kecil, sehingga pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB dengan efisiensi 3%, kemampuan sel surya menurun secara drastis (Subandi & Hani, 2014).

Cuaca dan iklim yang tidak stabil menjadi salah satu masalah dalam pengoperasian panel surya, karena ketidak stabilannya mempengaruhi besar tegangan dan arus yang dihasilkan sel surya. Setiap tipe atau merk panel surya memiliki daya hasil yang berbeda dalam mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Susunan dan bahan sel surya tidak selalu sama pada setiap pendistribusi sel surya.

Berdasarkan paparan di atas perlu dilakukannya perbandingan pada beberapa tipe panel surya, untuk mengetahui efisiensi dan kinerja dari beberapa tipe panel surya akibat perubahan intensitas dan temperature radiasi matahari.

Penelitian ini dilakukan dengan bertujuan untuk mengetahui “pengaruh intensitas dan temperature permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya “

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui perbandingan nilai tegangan, arus dan daya output, input pada panel sel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla.
2. Bagaimana mengetahui pengaruh intensitas dan temperatur pada panel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla terhadap tegangan, arus dan daya output, input masing-masing sel surya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perbandingan nilai tegangan, arus dan ourput, input pada panel sel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla.
2. Untuk mengetahui pengaruh intensitas dan temperatur pada panel surya

jenis polycrystalline merek surya dan tesla terhadap daya output, input masing-masing sel surya.

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Penelitian hanya dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
2. Penulis hanya mengukur tegangan, arus dan daya output pada panel surya dengan satu jenis dua merek surya dan tesla.
3. Penulis hanya mengetahui pengaruh intensitas dan temperatur.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa

Bahwa penemuan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi mahasiswa untuk menambah pengetahuan yang berkaitan dengan pengaruh intensitas dan temperatur permukaan sel surya pada berbagai jenis sel surya. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan landasan empiris atau kerangka acuan bagi mahasiswa teknik elektro selanjutnya.

2. Bagi Masyarakat

Agar masyarakat tau memilih panel sel surya yang bagus sebelum membelinya dan bisa sebagai titik acuan bahwa alat yang ditemukan ini bisa digunakan bagi masyarakat untuk pengganti sumber energi cadangan ketika PLN padam.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini dilakukan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini mengenai dasar-dasar ilmu yang berhubungan dengan pokok-pokok pembahasan dan yang mendukung dalam pembahasan.

BAB3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas cara melakukan analisis dan perencanaan, dimulai dari bahan dan perlengkapan pendukung yang harus disiapkan dan tahap yang harus dilakukan sampai akhir penelitian.

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan tentang intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Relevan

Beberapa penelitian yang telah melakukan penelitian serupa adalah Reza Pahlevi (2014) Jurusan Teknik Elektro UMS melakukan penelitian berkaitan dengan pengujian karakteristik panel surya berdasarkan intensitas tenaga surya, dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik panel sel surya berdasarkan intensitas tenaga surya, dan menganalisa kinerja panel sel surya serta mengetahui efisiensi penggunaan sel surya.

Nora Aditayan (2015) Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung Bandar Lampung melakukan penelitian berkaitan dengan karakterisasi panel surya model sr-156p-100 berdasarkan intensitas cahaya matahari, dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik panel surya yang dilakukan dalam pengukuran berdasarkan intensitas cahaya matahari.

Deny Suryana & M. Mahendra Ali (2016) Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri melakukan penelitian pengaruh temperatur / suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis *monocrystalline*, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur atau suhu terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya jenis *monocrystalline* (penelitian ini berdasarkan adanya studi kasus di baristand industri surabaya).

Kho Hie Khwee (2013) Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura melakukan penelitian pengaruh temperatur terhadap kapasitas daya panel surya, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap kapasitas daya

panel surya, penelitian ini dilakukan dengan adanya studi kasus pada wilayah pontianak.

2.2 Landasan Teori

Pembangkit listrik tenaga surya PLTS adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya/energi matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. PLTS terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- Modul Surya, yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah.
- Baterai, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.
- *Solar Charge Controller*, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.
- Inverter, yang berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi arus bolak-balik (Saputro & Yandri & Khwee, 2017).

2.2.1 Sejarah Sel surya

Aliran listrik matahari (surya) pertamakali ditemukan oleh *Aleander Edmond Beequerel* yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektron kimia yang mengakibatkan

peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, *Albert Einstein* mulai mengembangkan penemuan tersebut. Einstein menamai penemuan *Alexander Admond Beequerel* dengan nama "*Photoelectric effect*" yang menjadi dasar pengertian "*Photovoltaic effect*". Einstein melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi foton bersifat gelombang energi cahaya (Pahlevi, 2014).

Dari hasil pengamatan *Einstein* tersebut, maka sekitar tahun 1930, ditemukan konsep baru *Quantum mechanics* yang digunakan untuk mencitakan teknologi *solid state*. Teknologi tersebut dimanfaatkan oleh *Bell Telephone Research Laboratories* untuk membuat sel surya padat pertama. Berkembang zaman pemanfaatan dan desain sel surya semakin berkembang. Hal ini terjadi pada tahun 1950-1960 dimana sel surya siap diaplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Perkembangan sel surya semakin pesat pada tahun 1970-an sel surya diperkenalkan secara besar-besaran diseluruh dunia sebagai energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan (Pahlevi, 2014).

2.2.2 Sel Surya

Sel surya adalah peralatan yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik arus searah *Direct Current*. Bentuk sel surya yang paling umum didasarkan pada efek *photovoltaic* PV. Bila sel surya ditempatkan di bawah cahaya matahari maka foton-foton yang dipancarkan oleh matahari

akan mengenai permukaan sel surya dan terus menembus sambungan p-n. Foton matahari terus menggerakkan elektron bebas dan lubang *hole* tersebut. Di daerah p-n inilah terjadi produksi listrik. Elektron dan hole selanjutnya mengalir melalui kontak-kontak listrik yang dibuat pada bagian atas dan bawah sel (Saputro & Yandri & Khwee, 2017).

2.2.3 *Kristalis Sel Surya*

Sel-sel surya yang dapat dibuat dari berbagai macam bahan semikonduktor dengan jenis *kristal* yang berbeda-beda antara lain:

- ✓ Silikon (Si) – termasuk diantaranya Si *monokristalin*, Si *polikristalin*, dan Si *amorph*.
- ✓ Lapisan tipis polikristalin – diantaranya adalah, *copper indium diselenida* (CIS), Cadmium tellurida, dan lapisan tipis silikon.

Lapisan tipis *thin filmmonokristalin* termasuk diantaranya, bahan berefisiensi tinggi seperti gallium arsenida (GaAs) (Saputro & Yandri & Khwee, 2017).

2.2.4 *Jenis Kristalsilikon Sel surya*

Kristal silikon dapat dibuat dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Semakin tinggi kadar kemurnian silikon yang dipakai untuk pembuatan sel surya maka semakin baik pula efisiensinya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik. Adapun jenis sel surya dengan bahan silikon yaitu:

- ✓ *Sel Silikon Monokristalin*

Sel monokristalin yang berada dipasaran memiliki efisiensi sebesar 15%. *Silikon monokristalin* memiliki kemurnian yang sangat tinggikan struktur kristal yang sangat tinggi dan struktur kristal yang hampir sempurna

✓ *Sel Silikon Polikristalin*

Sel *polikristalin* ini kadang disebut juga sel *multikristalin*. Sel polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dengan rata-rata sekitar 12%.

✓ *Silikon Amorph*

Sel-sel *silikon amorph* tersusun dari atom-atom silikon dalam sebuah lapisan homogen yang tipis dan bukan berupa kristal namun dapat dapat menyerap sinar matahari dengan baik. Di samping itu, silikon amorph juga dikenal dengan sebutan teknologi PV lapisan tipis atau "*thin film*". Silikon amorph memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada sel-sel kristalin lainnya dan umumnya sekitar 6%.

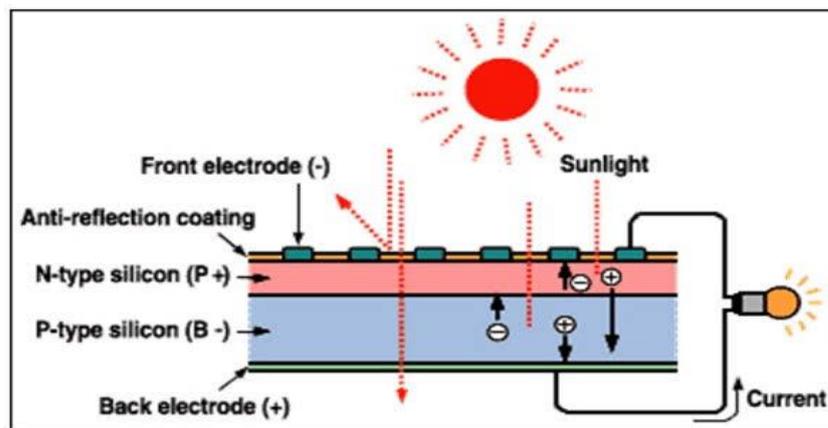
✓ *Teknologi Lapisan Tipis Thin Film*

Pengembangan teknologi bahan sel surya *thin film* adalah Cadmium Tellurida (CdTe), Cadmium sulfida, Copper Indium Diselenida (CIS) dan Gallium Arsenida. Sel-sel *thin film* sangat fleksibel, bisa dipasang pada berbagai bentuk permukaan baik yang rata maupun melengkung. Oleh karena itu *thin film* sangat fleksibel untuk berbagai macam aplikasi (Saputro & Yandri & Khwee, 2017).

2.3 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang di susun sedemikian rupa sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang dihubungkan dengan panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi

listrik. Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe P dan N *P-N junction semiconductor* yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik (Yuwono, 2005). Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam Gambar 2.1 di bawah ini



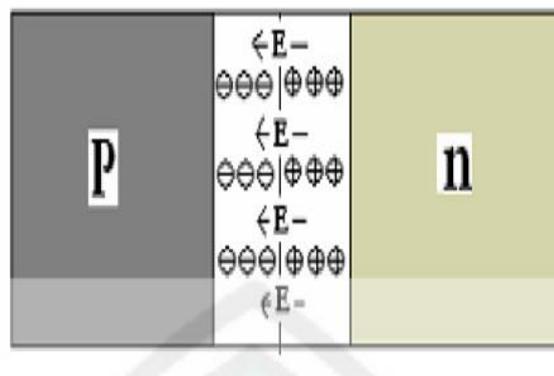
Gambar 2.1 Proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik pada Sel Surya

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerapan *absorber*, meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari (Yuwono, 2005).

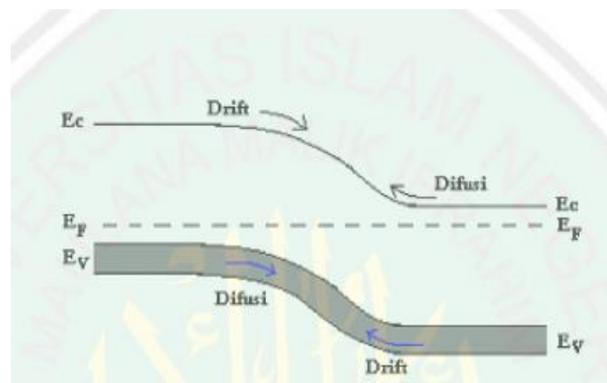
Dalam suatu sambungan p-n *p-n junction* terbentuk tiga daerah berbeda. Daerah pertama adalah tipe-p, yaitu daerah yang mayoritas pembawa muatannya adalah lubang *hole*, daerah kedua adalah tipe-n dengan mayoritas pembawa muatannya adalah elektron dan daerah ketiga adalah daerah pengosongan

depletion region. Pada daerah ini terdapat medan listrik internal yang arahnya tipe-n ke tipe-p(Shodiq, 2017).

Hole secara kontinyu meninggalkan tipe-p dan menyebabkan ion negatif akseptor tertinggal di dekat sambungan. Begitupun dengan elektron yang meninggalkan tipe-n akan menyebabkan beberapa ion positif donor tertinggal di dekat sambungan Gambar 2.2 Sebagai konsekuensinya, ruang muatan negatif terbentuk di daerah tipe-p dan ruang muatan positif terbentuk di daerah tipe-n dekat sambungan, sampai tepat pada sambungan p-n terjadi daerah tanpa muatan bebas yang disebut daerah pengosongan *depletion region* (Shodiq, 2017).



Gambar 2.2 Medan listrik di daerah pengosongan berarah dari kanan ke kiri



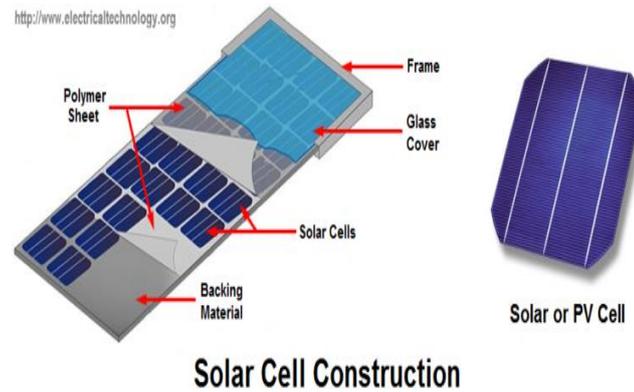
Gambar 2.3 Arah gerak difusi elektron-hole: difusi dari pembawa muatan mayoritas dan drift dari pembawa muatan minoritas

Medan listrik internal mempunyai arah yang berlawanan dengan arus difusi tiap pembawa muatan. Gambar: 2.3 memperhatikan bahwa difusi hole bergerak dari kiri ke kanan dan arus drift hole bergerak dari kanan ke kiri. Sebaliknya, arah difusi elektron dari kanan ke kiri dan arah drift hole bergerak dari kiri ke kanan. Ketika radiasi sinar matahari mengenai sel surya, maka akan terjadi serapan foton sehingga terjadi pasangan elektron-hole. Oleh karena pengaruh medan listrik internal di atas, maka hole akan bergerak menuju p dan elektron akan bergerak menuju n, sehingga keduanya menghasilkan arus foto. Pada depletion layer dapat pula terbentuk pasangan elektron-hole dan akan bergerak menuju ke arah mayoritas sehingga menghasilkan arus generasi (Shodiq, 2017).

Cahaya matahari terdiri dari foto-foto dengan panjang gelombang 100-1000 nm yang apabila mengenai permukaan bahan sel surya yaitu pada absorber (penyerap), maka cahaya tersebut akan diserap, dipantulkan dan dilewatkan dengan persentase tergantung dari sifat bahan. Foto-foto dengan tingkat energi tertentu dapat menyebabkan terbentuknya elektron dan *hole*. Elektron dan hole yang terbentuk akan bergerak menuju ke arah mayoritas pembawa muatannya sehingga terjadi arus listrik. Agar elektron dan hole bisa mengalir, maka energi foton harus sedikit lebih besar dari energi gap. Apabila energi foton terlalu besar dibandingkan energi, maka kelebihan energi tersebut akan diubah dalam bentuk panas pada sel surya. Oleh karena itu penting sekali untuk mengatur bahan yang digunakan pada sel surya agar cahaya dapat diserap sebanyak mungkin sehingga efisiensi sel surya lebih tinggi (Shodiq, 2017).

Panel surya merupakan sel *Fotovoltaik* yang merupakan perangkat listrik yang merubah energi dari cahaya matahari langsung dari cahaya matahari langsung

menjadi listrik oleh efek *fotovoltaik*. Fungsi sel surya adalah menangkap energi yang terdapat pada sinar matahari (Yuwono, 2005).



Gambar 2.4 Modul Panel Surya

2.3.1 Cara Kerja Panel Surya

Cara kerja anel surya sebagai berikut, Panas dari cahaya matahari ditangkap oleh sel surya, kemudian dirubah menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan tersebut kemudian dimasukkan kedalam rangkaian tambahan untuk mengelolanya supaya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Cara umum panel surya dibagi menjadi 3, yaitu

1. Solar *thermal*, memiliki fungsi sebagai panel surya.
2. Panel, berfungsi untuk memproduksi aliran elektron yang berfungsi sebagai efek *fotovoltaik*, atau untuk memproduksi aliran elektron sinar matahari oleh dua lempeng diode.
3. Panel *hybrid* yang memiliki peran untuk menggabungkan fungsi kedua panel tersebut (Martawi, 2018).

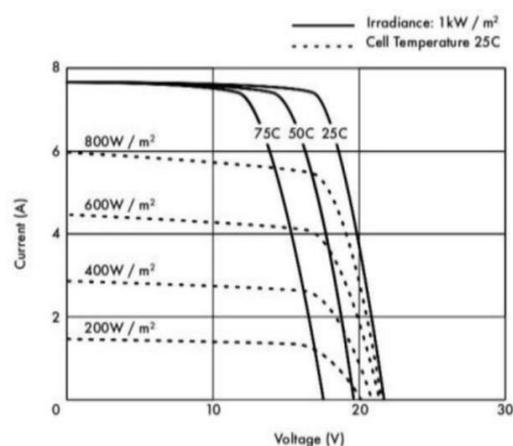
2.3.2 Faktor Pengoprasian Sel Surya

Pada pengoprasian sel surya pastinya terdapat komponen yang menja-

di faktor x agar sel surya dapat beroperasi secara maksimal, faktor tersebut adalah:

a. Ambien Air Temperatur

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan V_{oc} (Pahlevi, 2014).



Gambar 2.5 Karakteristik penurunan *voltage* terhadap kenaikan temperatur

Gambar 2.5 menunjukkan setiap kenaikan temperatur sel surya 10 derajat celcius dari 25 derajat celcius akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat celcius (Pahlevi, 2014).

Faktor menurunnya akibat perubahan temperatur dapat dihitung sebagai berikut: $f_{temp} = [1 + a_p(T_c - T_{cSTC})]$. Dimana koefisien temperatur daya (%/°C), T_c adalah temperatur sel surya pada kondisi uji baku (25°C). Koefisien temperatur menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik luaran panel surya berkurang jika

temperatur sel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur dayatergantug pada jenis sel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan(Heikwee, 2013).

Temperatur sel surya, T_c adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan ekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai 30°C atau lebih diatas temperatur lingkungan sekitarnya(Heikwee, 2013).

Untuk menghitung temperatur sel surya ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_r \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left(1 - \frac{\eta_c}{T_a} \right)$$

di mana T_a adalah temperatur daerah sekitar ($^\circ\text{C}$), $T_{c,NOCT}$ adalah temperatur daerah sekitar di mana temperatur nominal sel surya di definisikan (20°C), $I_{T,NOCT}$ adalah radiasi matahari pada temperatur nominal sel surya didefinisikan ($0,8 \text{ kW/m}^2$), η_c adalah efisiensi konversi listrik panel surya (%), serta tingkat penyerapan panel surya. Tingkat penyerapan panel surya merupakan rasio antara radiasi total yang terserap oleh panel surya terhadap radiasi total yang mengenai permukaan panel surya. Pada kondisi normal, panel surya harus mampu menyerap paling sedikit 90% dari radiasi matahari yang mengenainya(Heikwee,2013).



Gambar 2.6 *Thermometer*

Prinsip kerja *thermometer* memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur, tiap temperatur memiliki tegangan tertentu pula, pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadi beda tegangan yang dapat dideteksi dari input temperatur lingkungan setelah melakukan termokopel terdeteksi sebagai perbedaan tegangan (Arimukti & Nasbey & Sidopekso, 2011).

b. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan (Pahlevi, 2014).

Untuk mengukur intensitas matahari dapat dilihat pada Gambar: 2.7 Solar powermeter dibawah ini.



Gambar 2.7 *Lux meter*

Perinsip kerja *lux meter* untuk menangkap energi cahaya *photo cellyang* ada dan mengubahnya menjadi energi listrik. Selanjutnya, energi listrik dalam bentuk arus digunakan untuk menggerakkan jarum sekalah. Untuk alat digital energi listrik diubah menjadi angka yang dapat dibaca pada layar monitor (Arynukti & Nasbey & Sidopekso, 2011).

c. Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan mendung, jenis partikel debuudara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya (Pahlevi, 2014).

d. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C (Pahlevi, 2014).

e. Orientasi Panel

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

mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk lokasi yang terletak dibelahan utara, maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga yang letaknya dibelahan selatan, maka panel sebaiknya diorientasikan ke utara. Ketika panel diorientasikan ke barat atau ke timur sebenarnya akan tetap menghasilkan energi, namun energi yang dihasilkan tidak akan maksimal (Joko & Sunaryo, 2014).

f. Posisi letak sel surya terhadap matahari

Mempertahankan sinar matahari jauh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum $\pm 1000 \text{ w/m}^2$ atau 1 kw/m^2 untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengukuran posisi modul surya, karena *sun altitude* akan berubah setiap jam dalam sehari (Pahlevi, 2014).

2.3.3 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari

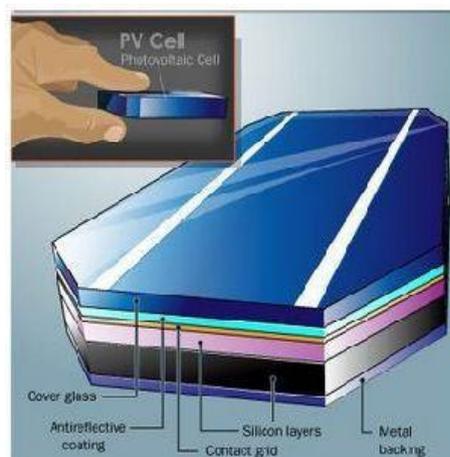
Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang di hasilkan panel surya. Kemiringan panel surya dapat ditentukan dari garis lintang lokasi pemasangan panel surya (Iqtimal & Sara & Syahrizal, 2018).

Tabel: 2.1 Posisi kemiringan instalasi panel surya

Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0 – 15°	15°
15 – 25°	25°
25 – 30°	30°
30 – 35°	40°
35 – 40°	45°
40 – 90°	65°

2.3.4 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Struktur dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur sel surya generasi pertama (sel surya silikon). Sel surya memiliki beberapa bagian didalam pembuatannya. Pada Gambar 2.8 ada lima tipe umum struktur sel surya(Pahlevi, 2014).



Gambar 2.8 Struktur Sel Surya

1. Substrat/ *Metal backing*

Substrat adalah material yang menompang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *molybdenum*.

2. Material semikonduktor/ Silicon layers

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari.

3. Kontak metal/ *Contact grid*

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagai material semikonduktor biasanya dilapiskan material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan antireflaktif/ *Antireflective coating*

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh lapisan anti-refleksi.

5. Enkapsulasi/ *Cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi surya dari hujan atau kotoran (Pahlevi, 2014).

2.3.5 Energi Listrik

Sinar matahari dapat menghasilkan energi listrik. Sebuah sel surya tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar antara $\pm 0,5$ volt maksimum 600 mV pada 2 ampere, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = \text{“1 Sun”}$ akan menghasilkan arus listrik sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya (Pahlevi, 2014).

2.3.6 Arus dan Tegangan

Atom ialah sebuah material yang disusun berdasarkan partikel-partikel yang sangat kecil. Atom terdiri dalam berbagai gabungan yang terdiri partikel-partikel sub-atom, susunan tersebut diantaranya adalah elektron yang disebut partikel subatom yang bermuatan negatif, proton salah satu jenis partikel bermuatan positif, dan neutron salah satu jenis partikel bermuatan netral dalam berbagai gabungan. Pada suatu rangkaian terdapat suatu resistansi atau hambatan (R) oleh karena itu rangkaian tersebut akan muncul hukum ohm. Hukum ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I), tegangan (V), dan resistansi atau hambatan (R)(Pahlevi,2014).

Berikut merupakan rumusan persamaan dari ketiganya :

$$I = \frac{V}{R}$$

Keterangan :

I = arus (ampere)

V = tegangan (Volt)

R = Hambatan (ohm)

2.3.7 Daya Input

Sebelum mengetahui berapa nilai daya yang dihasilkan harus mengetahui daya yang diterima, dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area panel surya dengan persamaan (Asrul, Demak, Hatib. 2016)

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

Keterangan:

P_{in} = Daya input akibat *irradiance*

I_r = Intensitas radiasi matahari

A = Luas area permukaan *photovoltaic module* (m^2)

2.3.8 Daya Output

Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan *Fill Factor*(FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Asrul, Demak, Hatib. 2016)

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Keterangan :

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh solar sel (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada solar sel (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada solar sel (ampere)

FF = *Fill Factor*

$$P_{rerata} = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{n}$$

Dengan:

P_{rerata} = Daya rata-rata (watt)

P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P_n = Daya pada titik pengujian ke n (Asrul, Demak, Hatib. 2016)

2.3.9 Fill Faktor (FF)

Faktor pengisi merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada ke adaan daya maksimum dan tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc})
 Persamaan *fill factor* digunakan untuk mengukur bagaimana luas persegi pada karakteristik I-V suatu sel surya. Harga *fill factor* dapat merupakan

fungsi Voc. Secara empiris hubungan *fill factor* dengan Voc adalah: (Asrul, Demak, Hatib. 2016)

$$FF = \frac{Voc - \ln(Voc + 0,72)}{Voc + 1}$$

2.3.10 Efisiensi Sel Surya

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibandingkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari *irradince* matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data (Asrul, Demak, Hatib. 2016)

$$\eta \frac{\text{output}}{\text{input}} \times 100\%$$

2.4 Macam-macam Bahan Pembuatan Sel Surya

Perkembangan sel surya sangat meningkat sebagai energi alternatif yang terbarukan. Perkembangan tersebut salah satunya berdampak pada bahan pembuatan sel surya. Bahan yang digunakan banyak jenisnya dan memiliki efisiensi yang berbeda-beda. Dengan demikian untuk mengaplikasikan sumber energi sel surya dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan pastinya dapat disesuaikan dengan anggaran dana. Macam-macam bahan pembuatan sel surya adalah sebagai berikut (Ernaning, 2004):

1. *Poly-crystalline*

Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibandingkan dengan sel mono-crystalline (efektifitas 18%), tetapi biaya lebih murah (Ernaning, 2004).



Gambar 2.9 Soler Sel Jenis *Poly-crystalline*

2. *Mono-crystalline*

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Mono-crystalline dapat dibuat setelah 200mikron,dengan nilai efisiensi sekitar 24%.



Gambar 2.10 Solar Sel Jenis *Mono-crystalline*.

3. *Gallium Arsenide*

Sel surya III-IV semikonduktor yang sangat efisiensi sekitar 25% sel surya silikon terpadu “*Thin Film*”.



Gambar 2.11 Solar Sel Jenis *Gallium Arsenide*

a. *Amorphous Silikon*

Sebagai pengganti tinted glass yang semi transparan

b. *Thin Film Silikon*

Dibuat dari *thin-crystalline* atau *poly-crystalline* pada bahan metal yang cukup murah (*cladding system*)

c. *Cadmium Telluride*

Terbentuk dari bahan material thin film *poly-crystalline* secara deposit, semprot dan evaporasi tingkat tinggi. Nilai efisiensi 16%.

4. *Copper Indium Diselenide*

Merupakan bahan dari film tipis *poly-crystalline*. Nilai efisiensi 17.7%.



Gambar 2.12 Solar Sel Jenis *Copper Indium Diselenide* (Ernaning,2004)

2.5 Komponen-Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.5.1 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller (SCC) adalah alat yang digunakan untuk mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya kedalam baterai (aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, TV dan lain – lain. Pada umumnya terdapat 6 terminal pada sebuah solar charger controller, 2 terminal untuk arus dari panel surya, 2 terminal untuk menghubungkannya pada aki, dan 2 terminal untuk penggunaan.

Dengan adanya solar charger controller maka energi listrik yang telah dihasilkan oleh sel surya otomatis akan diisikan pada aki dan menjaga aki agar tetap dalam kondisi baik, kemudian solar charger controller juga energi dari sel surya yang dapat digunakan langsung (Jauhari, 2018)



Gambar 2.13 Solar Charge Controller

a. Perinsip Kerja Solar Charge Controller

Perinsip kerja solar charge controller terbagi menjadi dua yaitu pada saat mode charging dan mode operation.

1. Mode *Charging*: pengisi baterai dan menjaga pengisian jika baterai sudah mulai penuh.

2. Mode Operation: penggunaan baterai ke beban, baterai ke beban akan diputus di isi dengan metode *thre stage charging* (Jauhari, 2018).

b. Tipe – Tipe Solar Charge

1. *Solar charger controller pulse width modulation* (PWM) akan melakukan pengisian muatan listrik kedalam baterai dengan arus yang besar ketika baterai kosong dan kemudian arus pengisian diturunkan secara bertahap ketika baterai semakin penuh. Misalnya panel surya dapat mempunyai tegangan output sekitar 18 volt, masuk ke solar controller yang mempunyai tegangan ouput antara 14,2 – 14,5 volt untuk pengisian baterai 12 volt. Dengan demikian akan terdapat kelebihan tegangan sekitar $18 - 14,5 = 3,5$ volt.

2. *Solar charger controller maximum power point tracking* (MPPT) lebih efisien konversi DC to DC. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban kedalam baterai dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan PV, maka daya dapat diambil dari baerai. Misalnya panel surya ukuran 120 watt memiliki karakteristik maksimum power 7,02 ampere. Dengan solar charge controller selain MPPT dan tegangan baterai 12,4 volt, daya yang dihasilkan adalah $12,4 \text{ volt} \times 7,02 \text{ ampere} = 87,05 \text{ watt}$. Dengan MPPT maka ampere yang bisa diberikan adalah $120 \text{ watt} : 12,4 \text{ volt} = 9,68 \text{ ampere}$ (Jauhari, 2018)

2.5.2 Inverter

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari sel surya dan baterai menjadi arus AC dengan tegangan 200 Volt yang

kemudian akan digunakan pada listrik komersial seperti lampu dan televisi. Alat ini diperlukan untuk PLTS karena menyangkut instalasi kabel yang banyak dan panjang. Apabila jumlah beban banyak dan kabel panjang tetap menggunakan tegangan 12 volt DC tanpa menggunakan inverter maka terdapat rugi-rugi daya dan listrik yang hilang (Losses). Selain itu, penggunaan inverter sangat penting karena akan mengubah arus menjadi arus yang sama pada PLN sehingga tidak perlu memodifikasi kembali instalasi yang ada di rumah. Inverter terbaik dalam mengaplikasikan solar sel sistem adalah inverter pure sine wave yang mempunyai bentuk gelombang sinus murni seperti listrik dari PLN, bentuk gelombang ini merupakan bentuk paling ideal untuk peralatan elektronik pada umumnya sehingga tidak akan menyebabkan kerusakan (Jauhari, 2018)



Gambar 2.14 Inverter

a. Perinsip Kerja Inverter

1. Power inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian osilator, rangkaian saklar dan sebuah transformator (Jauhari, 2018).

b. Jenis – Jenis Inverter Berdasarkan Fungsinya

1. *Off grid inverter* bekerja dengan menggunakan sumber listrik backup battery yang dihasilkan dari solar panel system dan menggantikan saat jaringan listrik dari penyedia listrik utama (PLN) padam. Inverter ini bekerja layaknya UPS hanya saja ada tambahan solar charge dari tenaga matahari.
2. *On Grid Inverter* bekerja secara langsung dari solar panel system tanpa melalui sumber backup, on grid system juga dapat digunakan secara bersamaan dengan penyedia jaringan listrik utama (PLN). System ini bekerja secara sinkron dan otomatis berbagi beban antara solar panel system sebagai yang utama dan PLN sebagai backup.
3. *Hybrid inverter* adalah perpaduan dari inverter *off grid* dan *grid tie* inverter. Selain dapat sebagai grid tie inverter juga dapat berfungsi sebagai backup power ketika terjadi pemadaman listrik utama (PLN). Sehingga system ini sangat efisien dapat bekerja didaerah yang tidak ada listrik sama sekali atau sering terjadi pemadaman di daerah perkotaan. (Jauhari, 2018)

2.5.3 Baterai (Aki)

Baterai adalah alat untuk menyimpan muatan listrik. Jadi, pada saat sel surya mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik, energi listrik tersebut kemudian disimpan pada baterai yang kemudian akan digunakan.



Gambar 2.15 Baterai

a. Perinsip Kerja Baterai

1. Kutup positif terbuat dari timbal dioksida
2. Kutub negatif terbuat dari timbal murni
3. Larutan elektrolit terbuat dari asam sulfat.

Pada perinsipnya, baterai bekerja dengan dua cara yaitu pada saat pengosongan pemakaian dan pada saat pengisian *recharging* (Jauhari, 2018)

b. Tipe-Tipe Baterai

1. Baterai *Lead Acid* merupakan baterai yang menggunakan asam timbal (*Lead Acid*) sebagai bahan kimianya. Ada dua tipe dari jenis aki ini, yaitu *Starting Battery* atau lebih dikenal dengan aki otomotif, dan *Deep Cycle Battery*, atau dikenal juga dengan aki industri. *Starting Battery* merupakan jenis baterai yang dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu yang singkat, sehingga dapat menyalakan mesin seperti mesin kendaraan, sedangkan *Deep Cycle Battery* merupakan jenis aki yang dirancang untuk menghasilkan energi (arus listrik) yang stabil dan dalam waktu yang lebih lama, aki jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (*charger*) – pelepasan (*discharger*) aki yang berulang – ulang dan konstan.

2. Baterai *Li-lon* merupakan baterai yang menggunakan senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya. Baterai ini memiliki daya tahan yang cukup tinggi, dan tingkat penurunan daya saat tidak digunakan cukup rendah. Sehingga baterai jenis dapat bertahan dalam kondisi lingkungan apapun dan dapat menyimpan daya lebih lama dan lebih besar (Jauhari, 2018).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengujian panel sel surya berdasarkan intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya dilaksanakan pada tanggal 15 Januari 2019 dilaksanakan laboratorium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jln. Kapten Muchtar Basri no. 3 Medan

3.2 Peralatan dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian dari panel sel surya diperlukan alat dan bahan yang mendukung penelitian ini. Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut.

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. *Thermometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya suhu permukaan panel surya, *Thermometer* yang digunakan yaitu Fluke 62 max IR *Thermometer* dengan range -30°C to 500°C .

2. *Lux meter*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya iradian cahaya matahari.

3. *Multitester*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya tegangandari rangkaian *multitester* yang digunakan yaitu Analok dengan range tegangan DC 200 mV sampai 600 V.

4. Kabel penghubung

Sebagai penghubung antara alat satu dengan yang lainnya pada rangkaian pengukuran panel surya. Kabel yang digunakan yaitu NYAF 1,5 SQMM 450/750.

5. *Solar charger controller*

Sebagai mengatur arus searah yang di isikan ke baterai dan diambil dari batrai ke beban. Solar charger controller yang digunakan ukuran 12 Volt 10 A.

6. *Inverter 500 watt DC 12 v AC 220 v*

Sebagai converter daya listrik yang mampu mengkonversikan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC)

7. Batrai

Sebagai menyimpan energi berupa energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.

8. Tools Box

Peralatan pendukung seperti, tang pengelupas kabel, tang skun, tang pemotong kabel, tang cucut, tang kombinasi, obeng plus minus dan lain sebagainya.

9. Saklar

Berpungsi sebagai penghubung dan pemutus arus listrik.

10. Stop kontak

Sebagai penghubung antara arus listrik kebeban.

11. Lampu AC 5 Watt

Sebagai beban percobaan.

12. Fiting Lampu

Sebagai tempat dudukan lampu.

3.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian 2 buah panel sel surya diantaranya sebagai berikut.

1. Panel sel surya

Sebagai mengubah cahaya menjadi listrik. Panel sel surya yang digunakan ada satu jenis dua merek yaitu *polycrystalline* merek surya 20 Wp dan *polycrystalline* merek tesla 20 Wp. Berikut tabel Spesifikasi dari panel surya.



Gambar 3.1 Panel Surya Merek Surya Jenis *Polycrystalline*

Tabel: 3.1 Spesifikasi panel surya 1

SURYA® POLYCRYSTALLINE SOLAR MODULE		
Model Type	SSPP 20WP/12V	
Rated Maximum Power:	[Pmax]	20W
Output Tolerrance:	0~+ 3%	

Voltage at Pmp:	[Vmp]	18V
Current at Pmp:	[Imp]	1.11A
Open-Circuit Voltage:	[Voc]	21.5V
Short-Circuit Current:	[Isc]	1.23A
Maximum System Voltage:		1000V
Maximum Series Fuse Rating:		15.0A
Weight:	[Kg]	2.0
Dimension:	[mm]	485*350*25mm
Application Class		A
ALL Technical data at standard condition		
AM=1.5	E=1000W/M²	TC=25 °C
07/2018	MADE IN CHINA	



Gambar 3.2 Panel Surya Merek Tesla jenis *Polycrystalline*

Tabel: 3.2Spesifikasi panel 2

TESLA®	POLYCRYSTALLINE-20W	
Rated Power	Pmax	20W
Rated Voltage	Vpm	12V
Rated Current	Ipm	1.6A
Open Circuit Voltage	Voc	14.4V
Short Circuit Voltage	Isc	1.76A

Modul ini telah sesuai dengan IEC 61215 dan IEC61730
Semua rincian data listrik mengacu pada radiasi vertikal 1000W/m² dan temperatur 25 °C
Dibuat di China
Di impor oleh: PT. Tesla Lighting International

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Pengambilan Data

Pengambilan data dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari jurnal atau internet yang berkaitan dengan penelitian berdasarkan pengaruh intensitas dan temperatur permukaan panel sel surya pada berbagai jenis sel surya. Proses pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Merangkai alat dan bahan percobaan penelitian.
2. Mengukur tegangan , arus keluaran panel sel surya merek suryadan tesla, setelah itu mencatat data dari hasil pengukuran panel sel surya.
3. Mengamati alat ukur lux meter untuk mengetahui berapa intensitas cahaya terhadap panel surya.
4. Mengamati alat ukur thermo meter untuk mengetahui suhu pada permukaan panel surya.

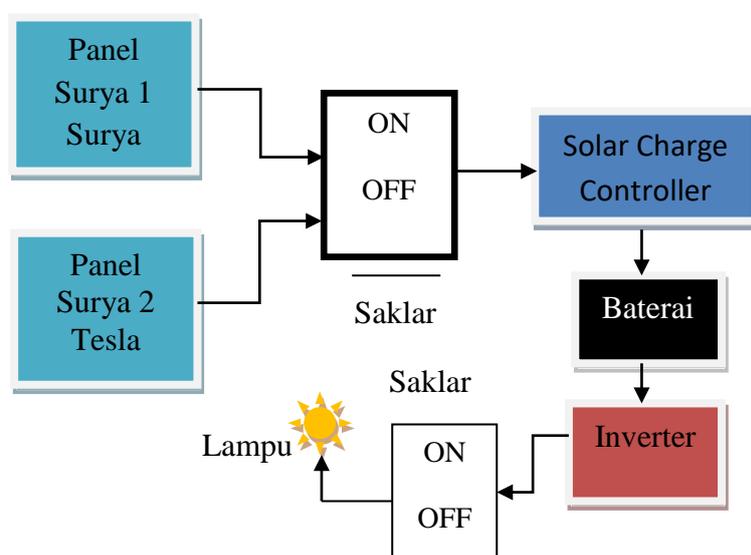
3.4 Diagram Penelitian

3.4.1 Urutan Penelitian

Urutan penelitian dan analisa data dituangkan dalam alur diagram seperti 3.1 yakni penelitian diawali dari waktui dan tempat,3.1 peralatan dan bahan panel surya 1, 2, pada saat di pasang dapat kita ketahui bahwa perbandingan jenis dan merek panel sel surya 1, 2, pada intensitas dan

temperatur dari panel sel surya tersebut. Sehingga kita dapat mengetahui karakter tiap jenis dan merek panel sel surya yang beredar dipasaran.

Pengujian sendiri dilakukan dengan mengamati tegangan (vount), arus (ampera) dan daya output (Watt). Kemudian dapat diketahui juga intensitas dan temperatur permukaan panel surya yang telah di ukur menggunakan luxmeter dan thermometer. Setelah semua data terkumpul dan dirasa cukup, penelitian mulai menyusun laporan penelitian.



Gambar 3.3 Diagram Blok Pengukuran 2 Panel surya

Langkah-langkah Keterangan diagram alur di bawa adalah sebagai berikut:

a. Pengumpulan data

Dalam Pengumpulan data dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari internet, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai pengertian sel surya dan prinsip kerjanya, karakteristik sel surya yang terdiri dari arus-tegangan, daya dan pemodelan sel surya.

b. Persiapan peralatan dan bahan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian menyiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa perangkat yang dilakukan seperti panel surya itu sendiri, alat ukur arus dan tegangan serta alat ukur intensitas dan temperatur.

c. Perancangan komponen pada panel surya

Untuk melakukan perancangan pemodelan sel surya, maka harus mengetahui terlebih dahulu komponen-komponen apa saja yang akan digunakan pada percobaan yang menggambarkan cara kerja dari sel surya.

d. Pengukuran intensitas dan temperatur

Setelah melakukan perancangan komponen pada panel surya kemudian dilanjutkan dengan pengukuran intensitas dan temperatur pada permukaan panel surya dengan menggunakan rumus intensitas cahaya dan temperatur.

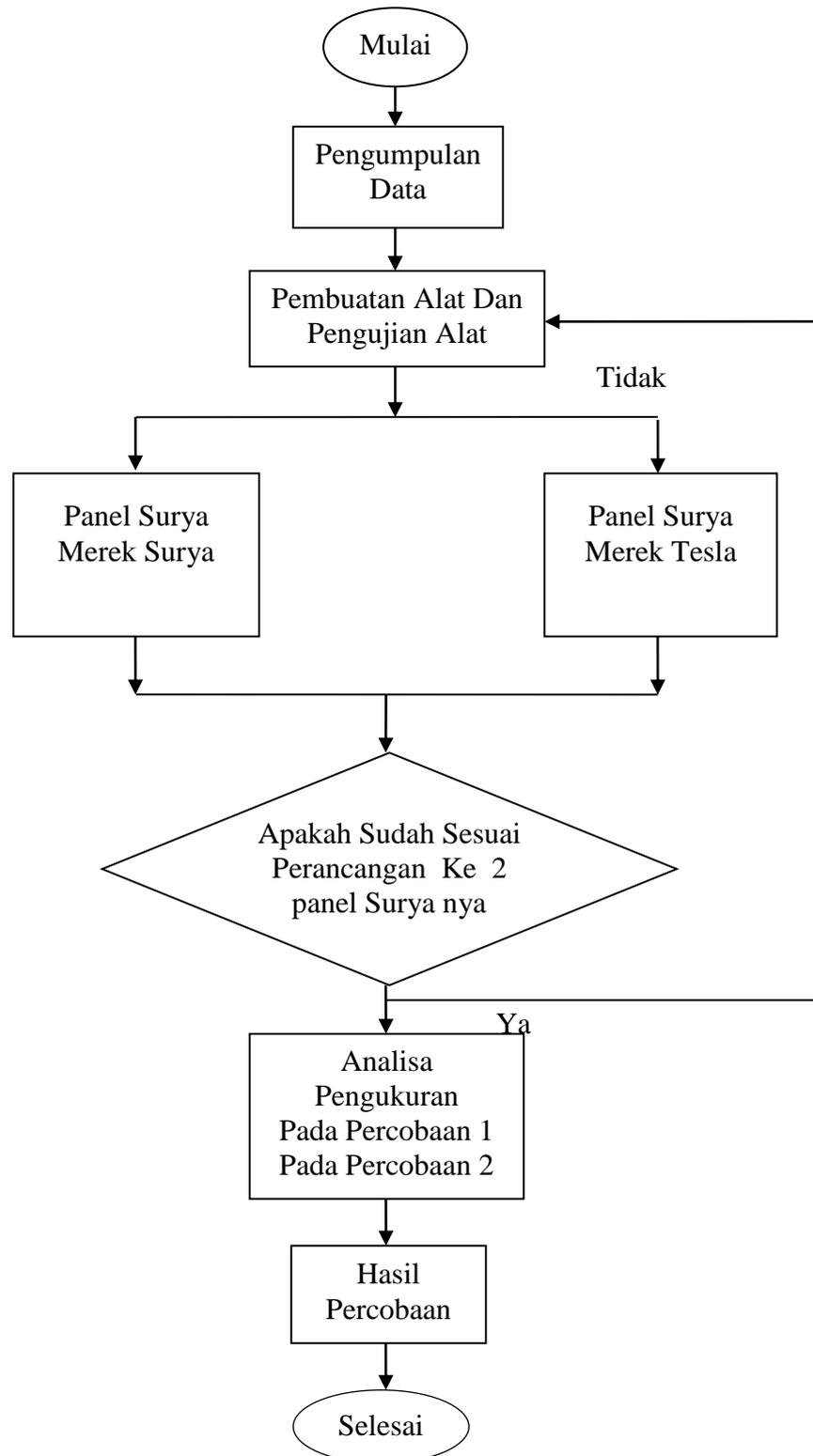
e. Analisa data

Setelah dilakukan pengukuran intensitas dan temperatur, kemudian dapat dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada output panel suryadengan menggunakan rumus pengukuran arus dan tegangan berdasarkan intensitas dan temperatur. Data dimasukkan kedalam lembar kerja berupa tabel data, sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut

f. Kesimpulan

Dari data yang sudah diolah dalam bentuk tabel dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti berapa daya maksimum yang dapat dihasilkan

panel surya berdasarkan intensitas dan temperatur atau faktor apa saja yang mempengaruhi kerja dari panel surya tersebut dan kesimpulan lainnya.



Gambar: 3.4 Diagram Alur

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui perbandingan besarnya tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan perbedaan intensitas dan temperatur dari matahari. Pada pengujian tenaga surya ini, terdiri dari beberapa komponen, seperti: panel surya (PV), *Luxmeter*, *Thermometer*, *Multitester* selanjutnya dari arus dan tegangan yang dihasilkan di ukur dengan alat tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan 2 buah panel sel surya yang beredar dipasaran, dengan di adakannya pengujian maka pembeli dapat lebih teliti lagi dalam menentukan pilihan pada jenis dan merek panel sel surya yang akan dibeli.

4.1 Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan dalam waktu satu hari dan dilakukan pengambilan data setiap tiga jam sekali. Pengujian ini menggunakan sistem rotasi dinamis dengan cara manual untuk menggerakkan sel surya menghadap kearah datangnya cahaya matahari dari timur ke barat. Dengan cara menggunakan rotasi dinamis di harapkan akan dapat meningkatkan daya output yang dihasilkan sel surya. Penelitian menggunakan 2 buah panel surya dengan ke mampuan masing-masing panel 20Wp. Panel surya dipasang pada tempat yang terpapar sinar matahari secara langsung.

4.2 Pengujian Pertama Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Panel SelSurya Jenis Polycrystalline Merk Surya

Pengujian terhadap panel surya jenis *Polycrystalline* dengan merk surya dilakukan dalam setiap tiga jam sekali.

Tabel: 4.1 Data Hasil Pengujian Panel Sel Surya Jenis *Polycrystalline* Merk Surya

Waktu Uji	Kondisi Cuaca	Intensitas (Lux)	Temperatur	Sudut	Arus (A)	Tegangan (V)
09:00	Cerah	1225	41,1°C	∠40°	1,17	20,3
12:00	Berawan	444	35,9°C	∠90°	1,24	20,1
15:00	Cerah	1110	36,6°C	∠110°	1,06	20,8
18:00	Berawan	930	36,4°C	∠140°	1,63	20,6

Pengujian panel surya kedua, pengujian dilakukan dalam waktu atau jam yang bersamaan Hasil pengujian kedua ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut.

4.3 Pengujian Kedua Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Panel Surya Merk Tesla

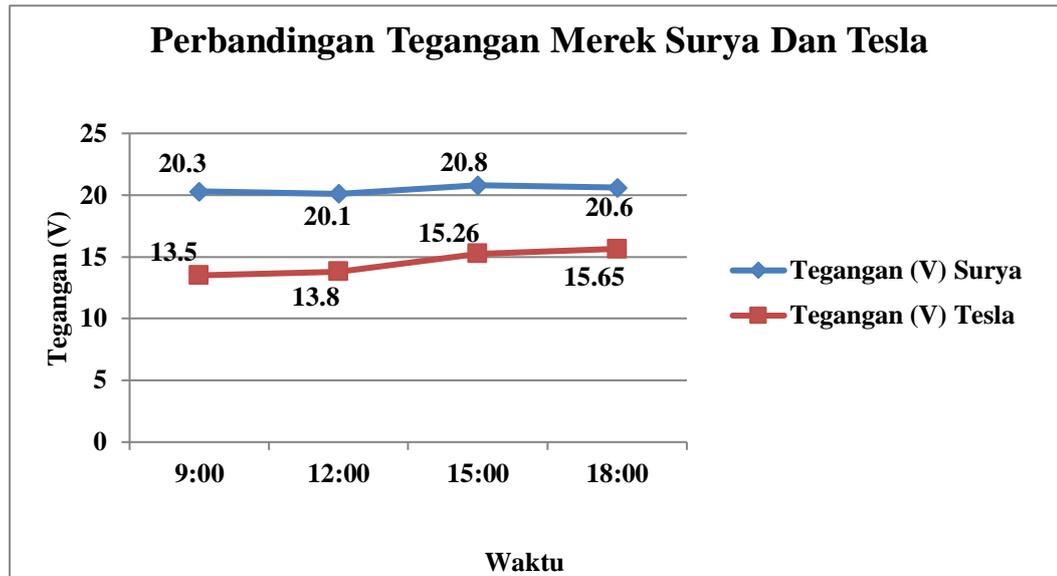
Pengujian terhadap panel surya jenis *Polycrystalline* dengan merk tesla dilakukan dalam setiap tiga jam sekali.

Tabel: 4.2 Data Hasil Pengujian Panel Sel Surya Jenis *Polycrystalline* Merk Tesla

Waktu Uji	Kondisi Cuaca	Intensitas (Lux)	Temperatur	Sudut	Arus (A)	Tegangan (V)
09:00	Cerah	1225	41,1°C	∠40°	1,68	13,5
12:00	Berawan	444	35,9°C	∠90°	1,08	13,8
15:00	Cerah	1110	36,6°C	∠110°	1,66	15,26
18:00	Berawan	930	36,4°C	∠140°	1,21	15,65

4.4 Perbandingan Tegangan, ArusDaya Output, Input Panel Surya Merek Surya Dan Tesla

Dari hasil analisa dan pengujian yang dilakukan , maka dapat ditentukan perbandingan tegangan antara dua merk panel surya melalui gambar grafik di bawah.



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Tegangan Panel Sel Surya Merek Surya Dan Tesla

Dari perbandingan grafik tegangan panel sel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla, makadapat dihitung nilai rata-rata berdasarkan perhitungan dibawah ini.

$$\text{Nilai rata-rata tegangan surya V panel} = \frac{V_{\text{total}}}{4}$$

$$= \frac{81,8}{4}$$

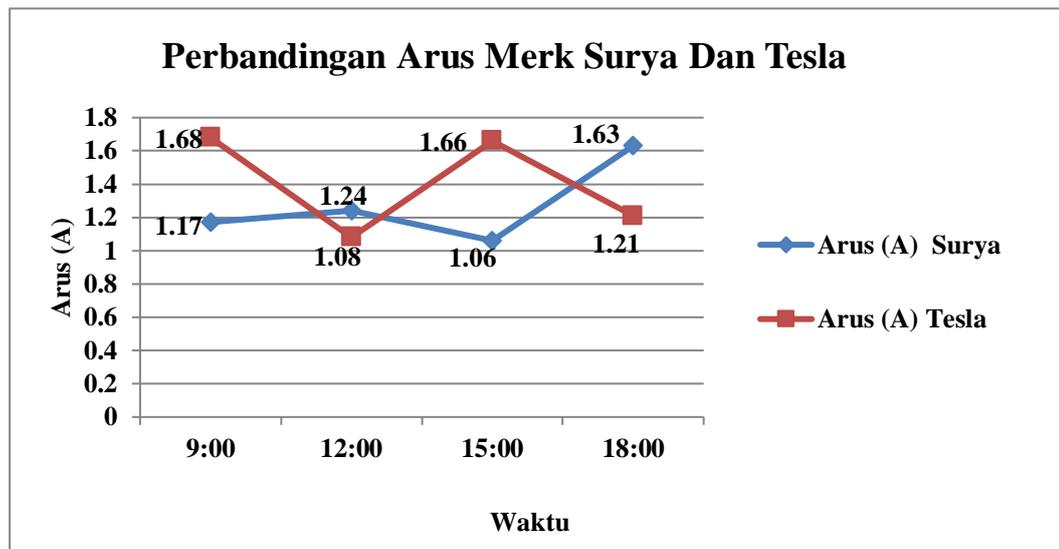
$$V \text{ rata-rata} = 20,45 \text{ Volt}$$

$$\text{Nilai rata-rata tegangan tesla V panel} = \frac{V_{\text{total}}}{4}$$

$$= \frac{58,21}{4}$$

V rata-rata = 14,55 Volt

Dari hasil analisa dan pengujian yang dilakukan, maka dapat ditentukan perbandingan arus antara dua merk panel surya melalui gambar grafik di bawah.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Arus Merk Surya Dan Tesla

Dari perbandingan grafik arus panel sel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla, maka dapat dihitung nilai rata-rata berdasarkan perhitungan dibawah ini.

$$\text{Nilai rata-rata arus surya I panel} = \frac{I_{\text{total}}}{4}$$

$$= \frac{5,1}{4}$$

I rata-rata = 1,27 Ampere

$$\text{Nilai rata-rata arus tesla I panel} = \frac{I_{\text{total}}}{4}$$

$$= \frac{5,63}{4}$$

I rata-rata = 1,40 Ampere

Selanjutnya, dari perhitungan daya yang dihasilkan tiap panel sel surya jenis *polycrystalline* merk surya dan tesla hasil ditunjukkan pada gambar tabel dibawah

Tabel: 4.3 Hasil Daya Output dan Input Modul Panel Surya Merk Surya

Waktu Uji	Kondisi Cuaca	Intensitas (Lux)	Temperatur	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (W)	Daya Input (W)	Efisiensi %
09:00	Cerah	1225	41,1°C	∠40°	20,3	1,17	19,21	183	10,49
12:00	Berawan	444	35,9°C	∠90°	20,1	1,24	20,13	66,6	30,22
15:00	Cerah	1110	36,5°C	∠110°	20,8	1,06	17,92	166	10,79
18:00	Berawan	930	36,4°C	∠140°	20,6	1,63	27,26	139	19,6

- Nilai daya input merk surya didapatkan dengan rumus

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

Keterangan:

P_{in} = Daya input irradiance

I_r = Intensitas radiasi matahari

A = Luas area permukaan panel surya

Contoh:

1. Diketahui $I_r = 1225 \text{ W/m}^2$

$$A = 0,15 \text{ m}^2$$

Ditanya: P_{in}?

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= 1225 \times 0,15 \\ &= 183 \text{ W} \end{aligned}$$

- Nilai daya output merk surya didapatkan dengan rumus

$$P_{\text{out}} = V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}} \times \text{FF}$$

Keterangan:

P_{out} = Daya output irradiancen

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka

I_{sc} = Arus short circuit

FF = Fill Faktor

Contoh:

1. Diketahui $V_{\text{oc}} = 20,3 \text{ V}$

$I_{\text{sc}} = 1,17 \text{ A}$

FF = 0,809

Ditanya: P_{out}?

$$\begin{aligned} P_{\text{out}} &= V_{\text{oc}} \times I_{\text{sc}} \times \text{FF} \\ &= 20,3 \times 1,17 \times 0,809 \\ &= 19,21 \text{ W} \end{aligned}$$

Tabel: 4.4 Hasil Daya Output dan Input Modul Panel Surya Merk Tesla

Waktu Uji	Kondisi Cuaca	Intensitas (Lux)	Suhu	Sudut	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Output (W)	Daya Input (W)	Efisiensi %
09:00	Cerah	1225	41,1°C	∠40°	13,5	1,68	16,94	226	7,49
12:00	Berawan	444	35,9°C	∠90°	13,8	1,08	11,19	82,14	13,62
15:00	Cerah	1110	36,5°C	∠110°	15,26	1,66	19,42	205	9,47
18:00	Berawan	930	36,4°C	∠140°	15,65	1,21	14,60	172	8,48

- Nilai daya input merk tesla didapatkan dengan rumus

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

Keterangan:

P_{in} = Daya input irradiance

I_r = Intensitas radiasi matahari

A = Luas area permukaan panel surya

Contoh:

1. Diketahui $I_r = 1225 \text{ W/m}^2$

$$A = 0,185 \text{ m}^2$$

Ditanya: P_{in}?

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= 1225 \times 0,185 \\ &= 226 \text{ W} \end{aligned}$$

- Nilai daya output merk surya didapatkan dengan rumus

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Keterangan:

P_{out} = Daya output irradiancen

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka

I_{sc} = Arus short circuit

FF = Fill Faktor

Contoh:

1. Diketahui $V_{oc} = 13,5 \text{ V}$

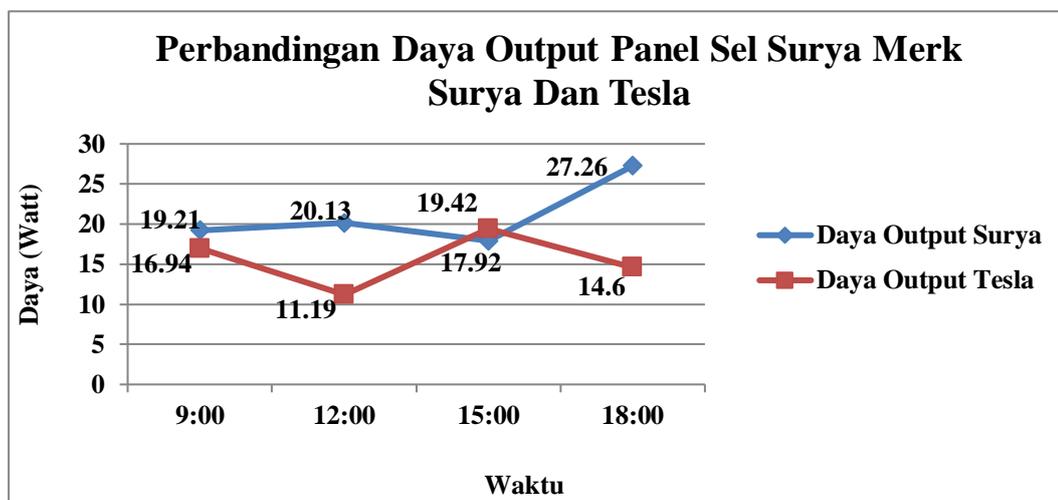
$$I_{sc} = 1,68 \text{ A}$$

$$FF = 0,747$$

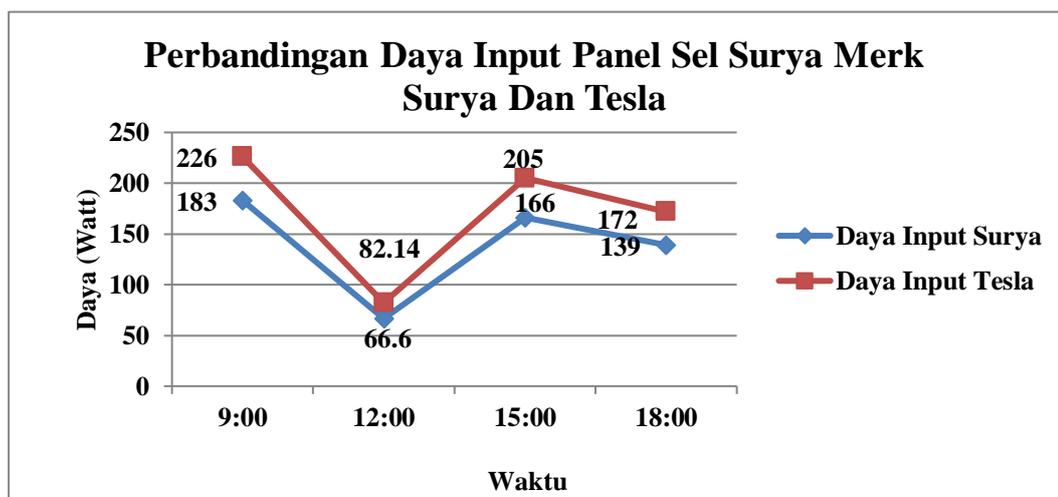
Ditanya: P_{out}?

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V_{oc} \times I_{sc} \times FF \\
 &= 13,5 \times 1,68 \times 0,747 \\
 &= 16,94 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Untuk mengetahui perbandingan keluaran daya output dan input pada satu jenis dua merk sel surya tersebut, maka dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya Dan Tesla



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Daya Input Panel Sel Surya Merk Surya Dan Tesla

Dari perbandingan nilai daya Output dan Input keluaran pada panel sel surya jenis *polycrystalline* merek surya dan tesla, maka dapat dihitu rata-rata daya menggunakan perhitungan dibawah ini

$$\text{Nilai rata-rata daya Output surya Ppanel} = \frac{P_{total}}{4}$$

$$= \frac{84,52}{4}$$

$$P_{rata-rata} = 21,13 \text{ Watt}$$

$$\text{Nilai rata-rata daya Input Surya P panel} = \frac{P_{total}}{4}$$

$$= \frac{554,6}{5}$$

$$P_{rata-rata} = 138,65 \text{ Watt}$$

$$\text{Nilai rata-rata daya Output Tesla P panel} = \frac{P_{total}}{4}$$

$$= \frac{62,15}{4}$$

$$P_{rata-rata} = 15,53 \text{ Watt}$$

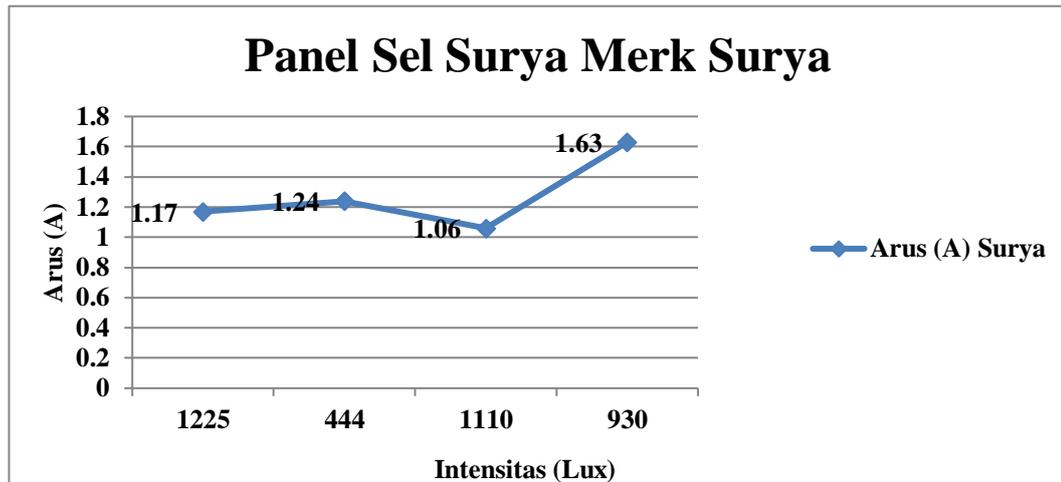
$$\text{Nilai rata-rata daya Input Tesla P panel} = \frac{P_{total}}{4}$$

$$= \frac{685,14}{4}$$

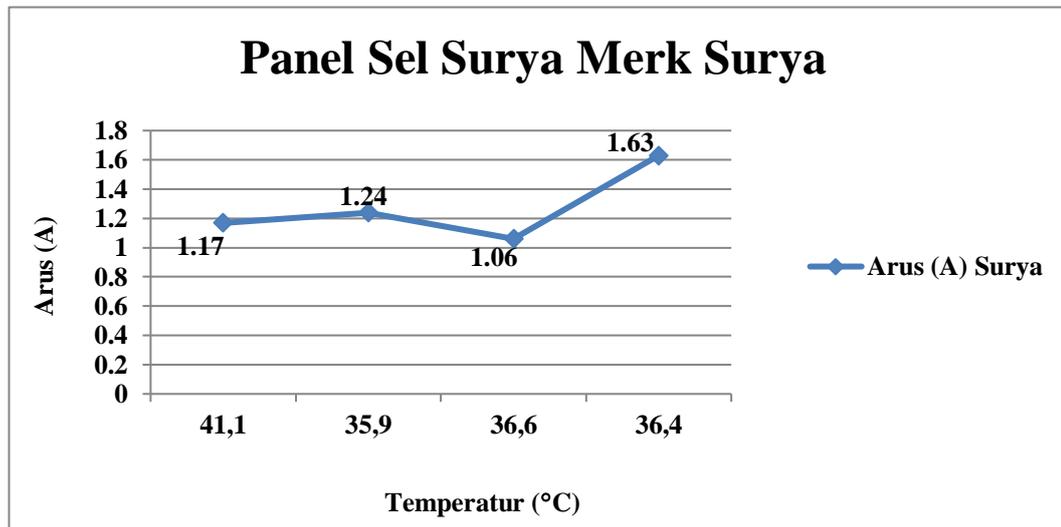
$$= 171,28 \text{ Watt}$$

4.5 Pengaruh Intensitas dan Temperatur Terhadap Tegangan, Arus Dan Daya Output, Input Tiap Panel Sel Surya

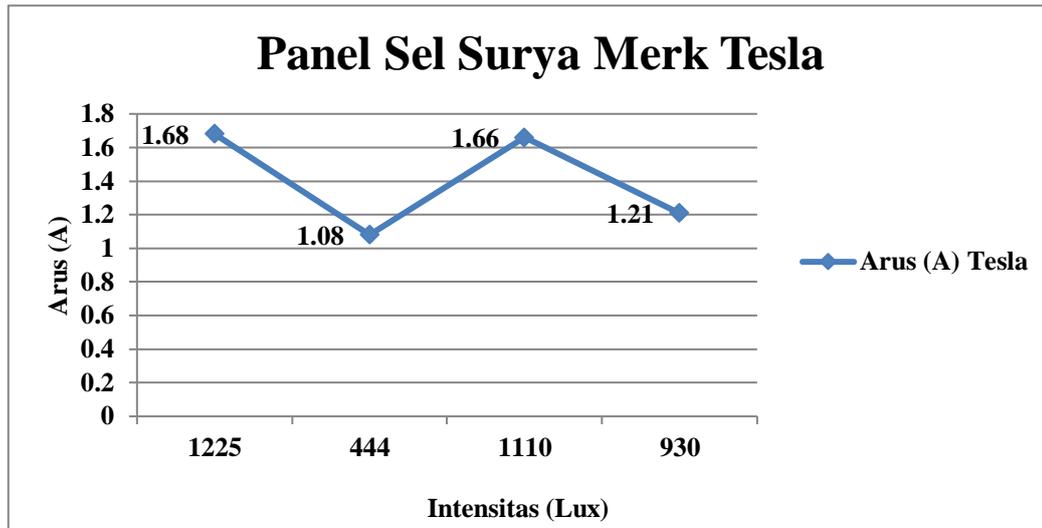
Pada pengujian panel sel surya merk surya dan tesla dapat diketahui pengaruh intensitas dan temperatur terhadap tegangan, arus dan daya output, input maka dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



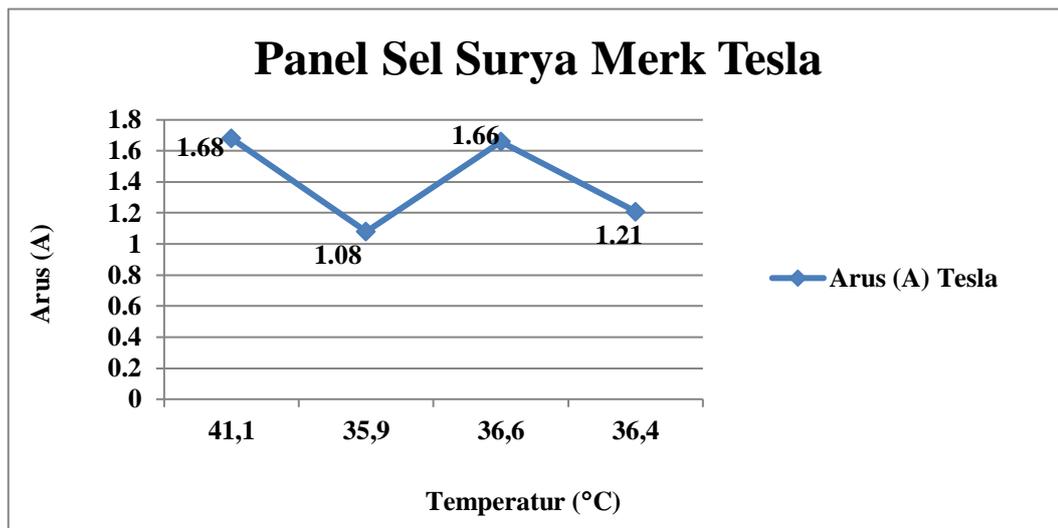
Gambar 4.5 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Surya



Gambar 4.6 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Surya



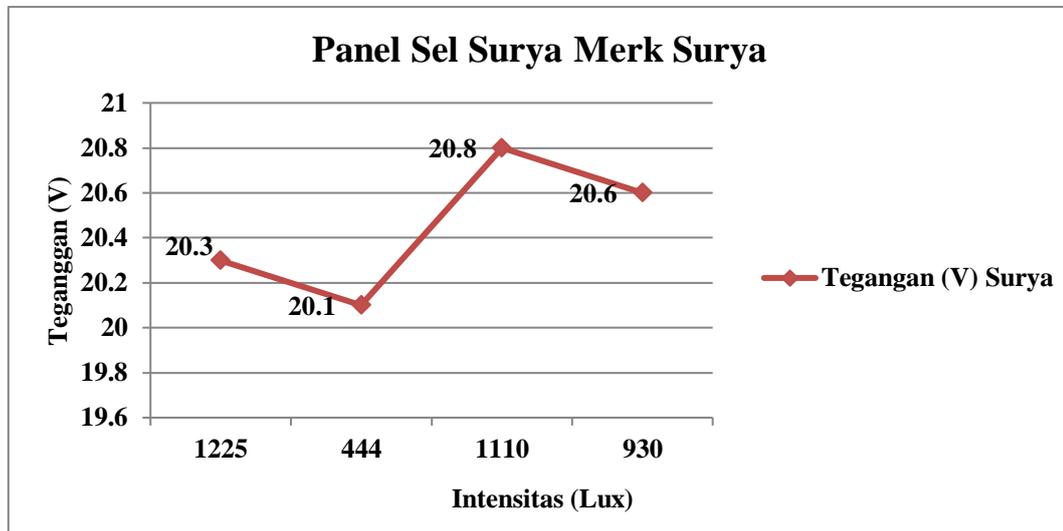
Gambar 4.7 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Tesla



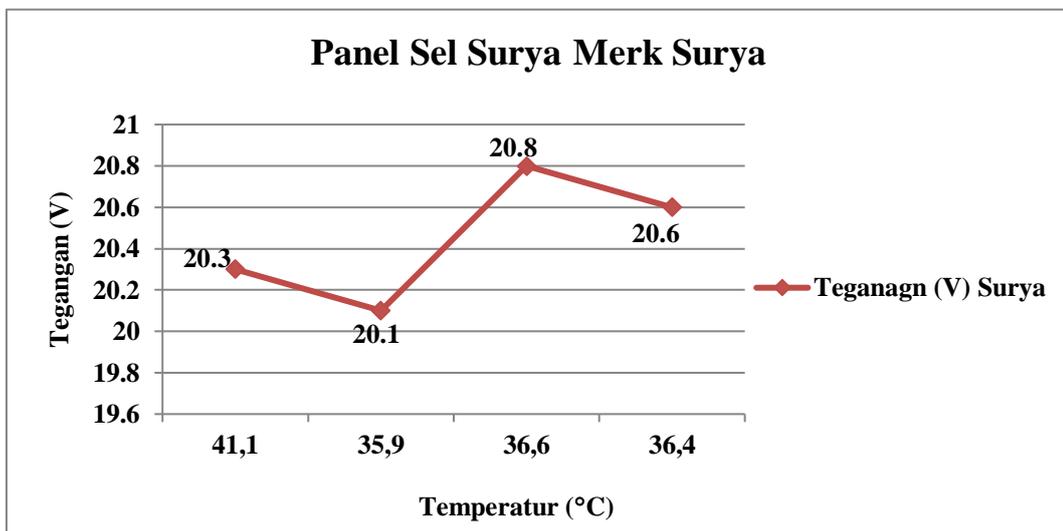
Gambar 4.8 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Arus Panel Sel Surya Merk Tesla

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa setiap intensitas cahaya dan temperatur dapat menghasilkan arus yang berbeda, kemampuan penyerapan sinar matahari menjadi energi listrik dipengaruhi oleh Temperatur, angin dan cuaca. Hal ini disebabkan karena Irradiance yang diterima dari panel surya tersebut berbeda.

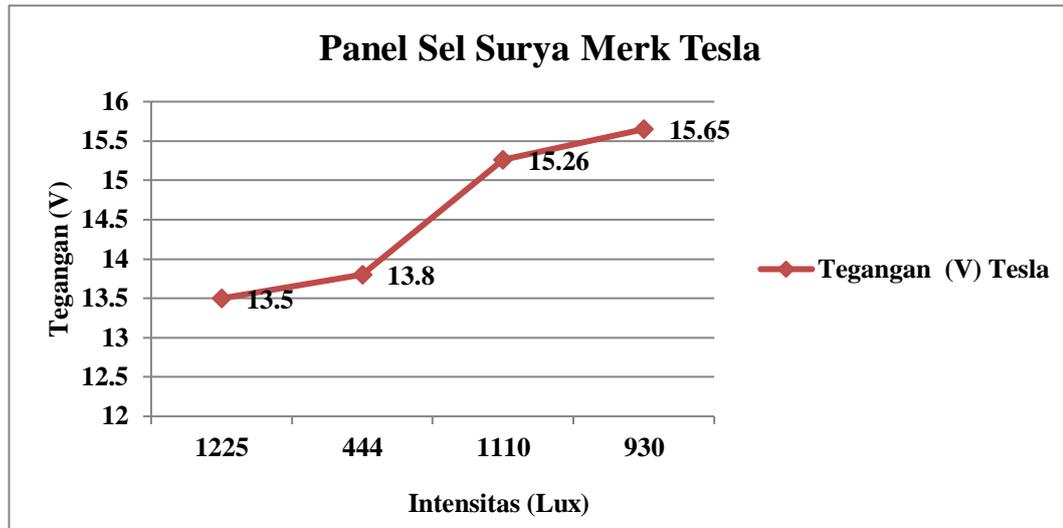
Pada pengujian panel sel surya merk surya dan tesla dapat diketahui pengaruh intensitas dan temperatur terhadap tegangan, dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini



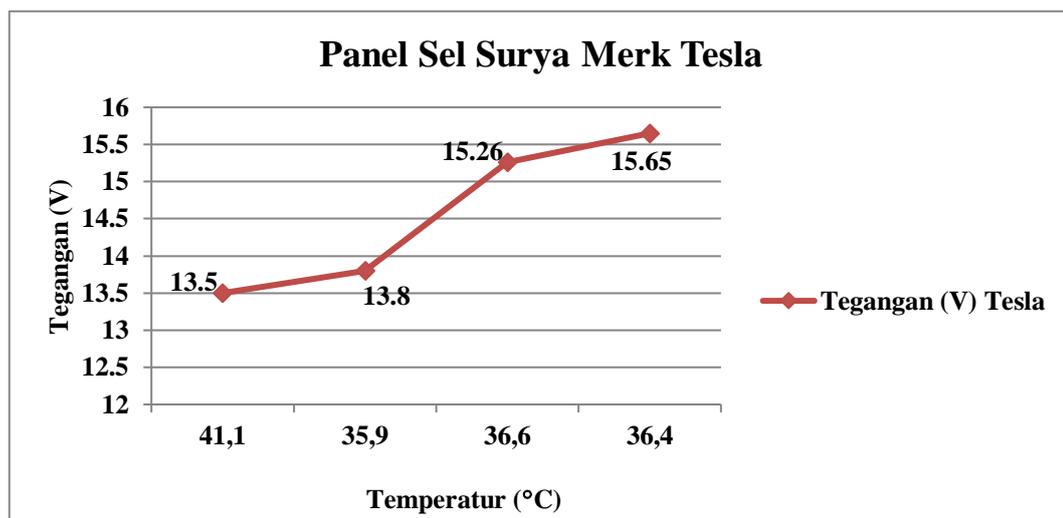
Gambar 4.9 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Surya



Gambar 4.10 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Surya



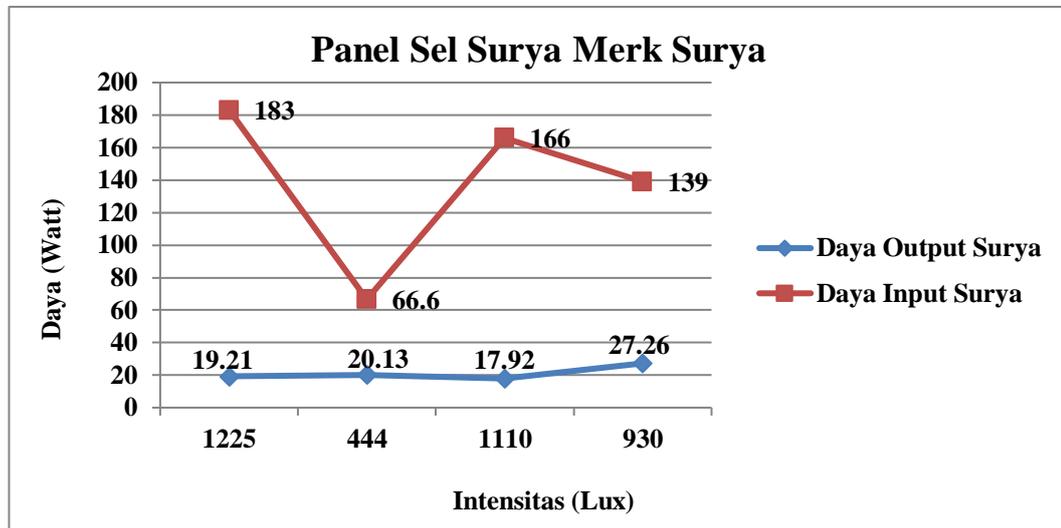
Gambar 4.11 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Tegangan Panel Sel Surya Merk Tesla



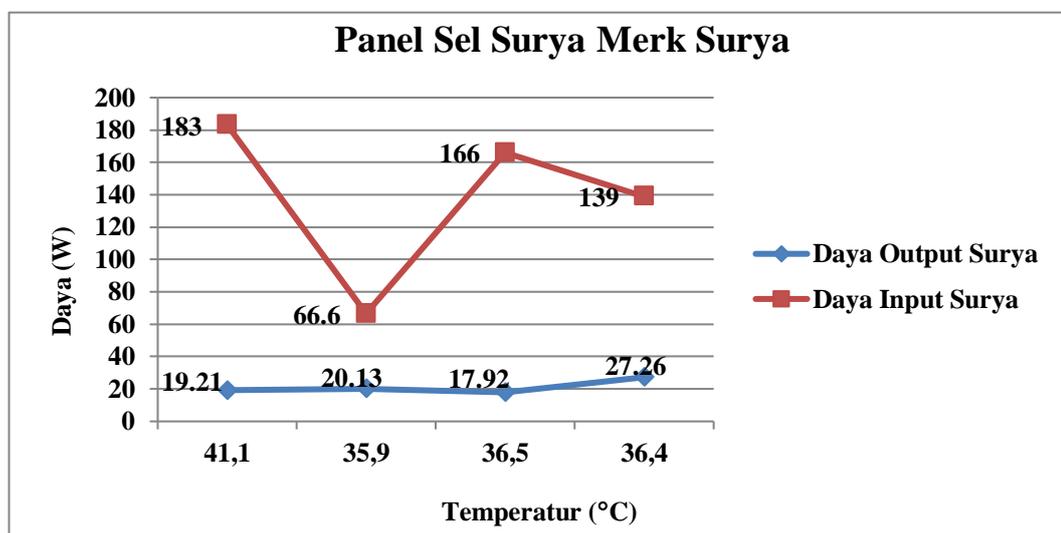
Gambar 4.12 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Tegangan Panel Sel Surya

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa intensitas dan temperatur sangat berpengaruh terhadap tegangan. Dimana kenaikan intensitas dan temperatur permukaan panel surya mengakibatkan kecenderungan penurunan terhadap tegangan.

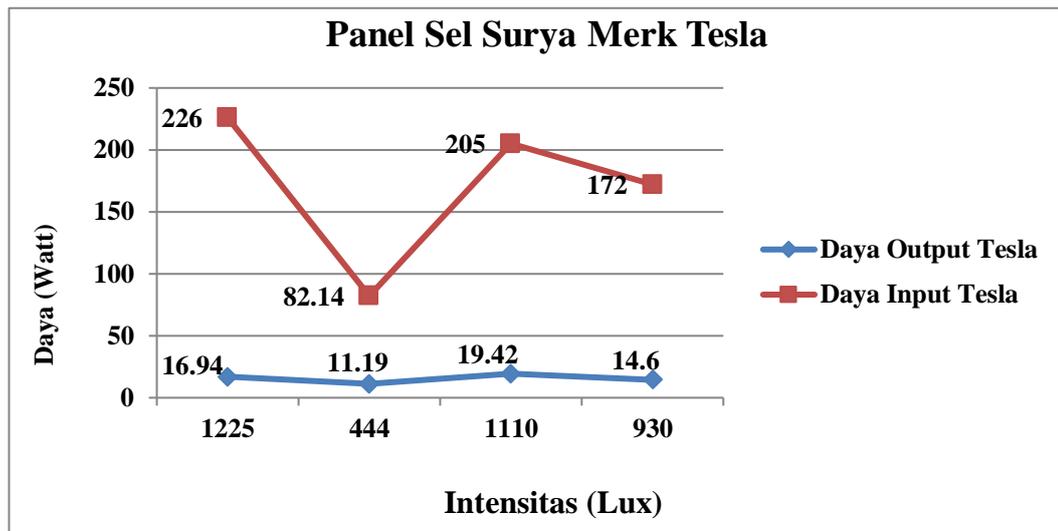
Pada pengujian panel sel surya merk surya dan tesla dapat diketahui pengaruh intensitas dan temperatur terhadap daya Output dan Input, dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



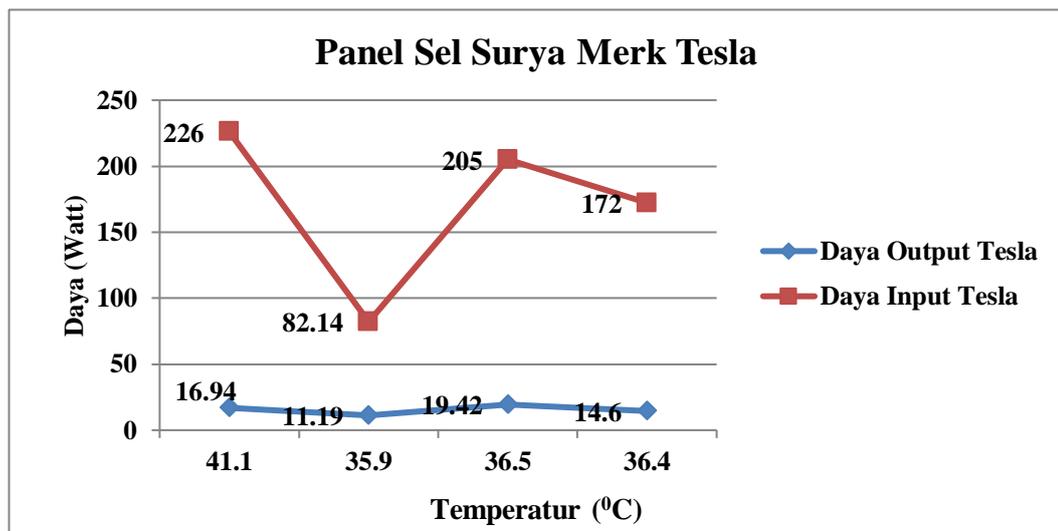
Gambar 4.13 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya



Gambar 4.14 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Surya



Gambar 4.15 Hubungan Antara Pengaruh Intensitas Terhadap Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Tesla



Gambar 4.16 Hubungan Antara Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Output Dan Input Panel Sel Surya Merk Tesla

Terlihat dari gambar grafik diatas saat intensitas cahaya bernilai 1225lux dan temperatur bernilai 41,1°C panel sel surya merk surya mampu menghasilkan daya output 19,21 Watt, input 183 watt dan panel sel surya merk tesla mampu menghasilkan daya output 16,94 watt, input 226 watt dan

saat intensitas terendah 444 lux dan temperatur 35,9°C panel sel surya merk surya mampu menghasilkan daya output 20,13 watt, input 66,6 watt dan panel sel surya merk tesla mampu menghasilkan daya output 11,19 watt, input 82,14 watt.

Saat pengukuran intensitas cahaya mencapai 1110 lux dan temperatur 36,5°C panel sel surya merk surya mampu menghasilkan daya output 17,92 watt, input 166 watt dan panel sel surya merk tesla mampu menghasilkan daya output 19,42 watt, input 205 watt dan ketika intensitas mencapai 930 dan temperatur 36,4°C daya output yang dihasilkan panel sel surya merk surya adalah 27,26 watt, input 139 watt dan daya output panel sel surya merk tesla adalah 14,6 watt, input 172 watt. Jadi terlihat dari grafik saat intensitas dan temperatur paling rendah ataupun paling tinggi panel sel surya merk surya menghasilkan daya yang besar, sedangkan panel sel surya merk tesla menghasilkan daya yang kecil. Tetapi dapat dilihat dari sistem kinerja ke dua panel sel surya tersebut, panel sel surya merk tesla yang bagus.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan bahwa ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin besar intensitas lux maka kinerja panel sel surya semakin meningkat.
2. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi peningkatan daya yang dihasilkan yaitu temperatur permukaan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan dari panel surya yang artinya semakin rendah suhu permukaan maka efisiensi Pv akan semakin meningkat begitupun sebaliknya.
3. Pada pengukuran dua panel surya jenis polycrystalline merk surya dan tesla, dapat disimpulkan bahwa dari kinerja pada panel sel surya merk surya dan tesla yang lebih bagus adalah tesla dikarenakan nilai penyerapan pada tesla lebih besar dibandingkan dengan surya dikarenakan nilai Imp penyerapan yang berbeda tiap jenis dan tipe.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan analisa pengujian pengaruh intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang pemanfaatan panel sel surya untuk mendapatkan hasil efisiensi yang lebih maksimal. Diharapkan

penelitian seperti ini bisa mendapatkan dukungan dari partisipasi dari berbagai pihak yang lebih berkompeten dibidangnya.

2. Penelitian tentang energi terbarukan lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
3. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari panas matahari untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditayan., N. 2015. Karakterisasi Panel Surya Model SR-156P-100 Berdasarkan Intensitas Cahaya Matahari. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Lampung, Universitas Lampung Bandar Lampung.
- B. A. B. Vii and K. Dasar “Inverter 2010”
- D., Suryana., Mahendra, M, A. 2016. Pengaruh Temperatur / Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis *Monocrystalline*, *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri, Baristand Industri Surabaya*, 2 (1): halaman 49-52
- Ja'far Shodiq, 2017. Simulasi Perporma Photovoltaics Berbahan Nanokristalline SnO₂, Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
- Kho Hei Kwee, 2013. Pengaruh Temperatur Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus: Pontianak), Universitas Tanjungpura jurusan teknik elektro. *Jurnal ELKHA Vol.5, No 2, Oktober 2013*
- Mira Martawi, Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya *Jurnal ELTEK, Vol 16 Nomor 01, April 2018* ISSN 1693-4024
- Pahlevi, Reza. 2014. Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. Halm 11-12
- Rotib, Widy, 2001. *Aplikasi Sel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif ; Dimensi Vol 4 No. 1 Juni 2001*, Institute for Science and Technology Studies (ISTECS), Jepang. Diakses 20 Februari 2012. http://isteecs.org/Publication/Dimensi/dim_vol4no1_juni2001.pdf
- Sitiyowati, Ernaning.3206 204 001 Teknologi Photovoltaic adalah Salah Satu Strategi Menciptakan Green Architecture. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hlm 4
- Setiono, Joko, dan Sunaryo, 2014. *Analisis Daya Listrik yang Dihasilkan Panel Surya Ukuran 216 cm x 121 cm Berdasarkan Intensitas Cahaya. Pekanbaru*: Universitas Muhammadiyah Riau. Hlm 30-32
- Saldi Eko Dwi Saputro, Yandri, ST, MT, Ir. 2017 Kho Hei Khwee, Mt. Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura
- Sungkar, R., 2007, Energi Surya. Diakses 20 Februari 2012. http://griyaasri.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=168

- Subandi & Slamet Hani 2014. Korelasi Suhu Dan Intensitas Cahaya Terhadap Daya Pada Solar sel. *Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, 15 November 2014*
- Wibowo, Arymukti, Hadi Nasbey dan Satwiko Sidopekso. 2011. *Pengukuran I-V dengan Menggunakan Sun Simulator Sederhana*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta. Hlm 80
- Yuwono, Budi. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya dengan Menggunakan Sistem pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. Hlm 6-9
- Zian Iqtimal, Ira Devi Sara, Syahrizal., 2018. Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Syiah Kuala Banda Ace.
- Jauhari., Z. 2018. Pengujian Arus Dan Tegangan Keluaran Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Menggunakan Sistem Rotasi Dinamis. Fakultas Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.