



**ANALISIS PENGARUH INTENSITAS CAHAYA MATAHARI  
DAN SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP  
ENERGI YANG DIHASILKAN**

Disusun dan diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menempuh Ujian  
Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Fakultas Sains Dan  
Teknologi  
Universitas Pembangunan Panca Budi

**SKRIPSI**

OLEH :

NAMA : WAHYU A.M. SILALAH  
NPM : 1824210305  
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO  
PEMINATAN : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI  
MEDAN  
2020**

**ANALISIS PENGARUH INTENSITAS CAHAYA MATAHARI  
DAN SUHU PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP ENERGI  
YANG DIHASILKAN**

**Wahyu A.M. Silalahi  
Rahmaniar  
Siti Anisah**

**Universitas Pembangunan Panca Budi**

**ABSTRAK**

Meningkatnya konsumsi akan energi listrik akan berpengaruh kepada perubahan sumber energi listrik tak terbarui (*non-renewable energy*) menuju sumber energi listrik terbarui (*renewable energy*), salah satunya energi terbarukan adalah sinar matahari dengan prinsip *fotovoltaik*. Efek *fotovoltaik* ini terjadi ketika sinar matahari yang diterima oleh panel surya menyebabkan elektron di lapisan panel bagian atas mengalami pelepasan elektron sehingga menyebabkan proton mengalir ke panel bagian bawah panel surya sehingga menyebabkan arus listrik. Radiasi matahari dalam keadaan cerah pada siang hari dapat mencapai  $1000 \text{ w/m}^2$ . Dalam hasil pengujian, intensitas cahaya berbanding lurus dengan besarnya daya yang dihasilkan dengan intensitas cahaya terendah pada pukul 08:00 WIB mencapai 17917 lux dengan daya 2.4836 watt dan intensitas tertinggi pada pukul 14:00 WIB sebesar 107890 lux dengan daya 20.4336 watt. Suhu permukaan solar panel surya juga mempengaruhi penurunan daya yang dihasilkan solar panel surya. Dalam hasil pengujian pada temperatur  $50.65^\circ\text{C}$  daya yang dihasilkan hanya 14.64 watt sedangkan pada temperatur permukaan solar panel surya yang hanya mencapai  $45.62^\circ\text{C}$  sampai  $47.69^\circ\text{C}$  tetapi daya yang dihasilkan dapat mencapai 16.6257 watt hingga hingga 20.215 watt, sehingga selisih daya mencapai 1.9857 watt hingga 5.575 watt.

**Kata Kunci:** Panel Surya, Intensitas Cahaya, Suhu, Energi

\* Mahasiswa Program studi Teknik Elektro : [wsilalahi22@gmail.com](mailto:wsilalahi22@gmail.com)

\*\* Dosen Program Studi Teknik Elektro

# **ANALYSIS OF THE EFFECT OF SUN LIGHT INTENSITY AND SURFACE PANEL SURFACE TEMPERATURE ON THE ENERGY PRODUCED**

**Wahyu A.M. Silalahi  
Rahmaniar  
Siti Anisah**

*University of Pembangunan Panca Budi*

## **ABSTRACT**

*Increased consumption of electricity will affect the change in non-renewable energy sources towards renewable energy sources, one of which is renewable energy, sunlight with the principle of photovoltaics. This photovoltaic effect occurs when sunlight received by a solar panel causes electrons in the upper panel layer to release electrons, causing protons to flow to the lower panel of the solar panel so that it causes an electric current. Solar radiation in bright conditions during the day can reach 1000 w / m<sup>2</sup>. In the test results, the light intensity is directly proportional to the amount of power produced with the lowest light intensity at 08:00 WIB reaching 17917 lux with 2.4836 watts of power and the highest intensity at 14:00 WIB at 107890 lux with 20.4336 watts of power. The surface temperature of solar panels also affects the decrease in power produced by solar panels. In the test results at a temperature of 50.65 ° C, the power produced was only 14.64 watts, while at the solar surface temperature of the solar panel which only reached 45.62 ° C to 47.69 ° C but the power generated could reach 16.6257 watts up to 20,215 watts, so the difference in power reached 1.9857 watts up to 5,575 watts.*

**Keywords:** *Solar Panel, Light Intensity, Temperature, Energy*

*\* collage student of Electrical Engineering : wsilalahi22@gmail.com*

*\*\* lecturer of Electrical Engineering*

## DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK .....	I
ABSTRACT.....	II
KATA PENGANTAR .....	III
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR TABEL.....	VII
DAFTAR GAMBAR .....	VIII
<b>BAB. 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang.....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	2
1.3.Batasan Masalah.....	3
1.4.Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan Penulisan .....	3
1.4.2 Manfaat Penulisan .....	4
1.5.Metodologi dan Pengumpulan Data .....	4
1.6.Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB. 2 LANDASAN TEORI</b>	
2.1.Energi Surya .....	7
2.2.Energi Listrik.....	9
2.3.Solar Cell / Panel Surya.....	10
2.4.Intensitas Cahaya .....	18
2.4.1. Digital Luxmeter .....	19
2.4.2. Cara Pembacaan Luxmeter .....	21
2.5.Suhu / temperatur.....	22
2.5.1. Model Daya Listrik Panel Surya terhadap Temperatur .....	22
2.5.2. <i>Temperature controller</i> .....	25
2.6.Arus Listrik dan Tegangan Listrik.....	26
2.6.1. Digital Multimeter.....	29
2.7. Perhitungan rata-rata.....	31
<b>BAB. 3 METODE PENELITIAN</b>	
3.1.Blok Diagram .....	32
3.2.Waktu dan Tempat Penelitian.....	32
3.2.1. Waktu Penelitian .....	32
3.2.2. Tempat penelitian.....	33
3.3.Alat yang digunakan .....	33
3.4.Prinsip Kerja Penelitian Kerja Alat .....	35
3.5.Pengukuran Tegangan dan Arus .....	36
3.5.1. Pengukuran Tegangan .....	36
3.5.2. Pengukuran Arus .....	37

3.6.Pengukuran Intensitas Cahaya.....	38
3.7.Pengukuran Temperatur Solar Cell .....	40
3.8.Diagram Alir (Flowchart) Penelitian.....	42
<b>BAB 4. HASIL PENELITIAN</b>	
4.1.Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya .....	43
4.2.Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Solar Cell .....	45
4.3.Hasil Pengukuran Daya yang Dihasilkan Solar Cell .....	48
4.4.Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Energi yang Dihasilkan ...	50
4.5.Pengaruh Temperatur solar Cell terhadap Daya yang Dihasilkan .....	52
4.6.Perhitungan Daya yang Dihasilkan .....	54
4.7.Perbandingan Data Hasil Pengukuran dan Data Hasil Perhitungan Daya.....	59
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari	44
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan Solar Cell	46
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Daya berdasarkan Tegangan dan Arus Listrik Solar Cell	49
Tabel 4.4	Hasil Pengamatan Intensitas Cahaya dan Daya setiap Jam	51
Tabel 4.5	Hasil Pengamatan Temperatur Permukaan Solar Cell dan Daya yang Dihasilkan setiap Jam	53
Tabel 4.6	Hasil Pengamatan Intensitas Cahaya dan Temperatur Permukaan <i>Solar Cell</i> dan Daya yang Dihasilkan Setiap Jam	54
Tabel 4.7	Data Perbandingan Hasil Pengukuran dan Hasil Perhitungan Daya	60

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Solar Cell jenis Polysilicon	17
Gambar 2.2	Digital Luxmeter	20
Gambar 2.3	Temperature Controller XH-W3001	25
Gambar 2.4	Digital Multimeter	31
Gambar 3.1	Blok Diagram Penelitian	32
Gambar 3.2	Pengukuran Sistem kerja Alat Keseluruhan	35
Gambar 3.3	Pengukuran Tegangan Solar Cell	37
Gambar 3.4	Pengukuran Arus Solar Cell	38
Gambar 3.5	Pengukuran Intensitas Cahaya	39
Gambar 3.6	Pengukuran Temperatur Solar Cell	40
Gambar 3.7	Diagram Alir (Flowchart) Penelitian	42
Gambar 4.1	Grafik Perubahan Intensitas Cahaya terhadap waktu	45
Gambar 4.2	Grafik Perubahan Temperatur terhadap waktu	47
Gambar 4.3	Grafik Perubahan Daya yang dihasilkan per waktu	50
Gambar 4.4	Grafik Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Daya yang di hasilkan per jam	52
Gambar 4.5	Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Energi yang Dihasilkan	54
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Data Hasil Pengukuran dan Data Hasil Perhitungan Daya.	62

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi yang semakin meningkat merupakan suatu tantangan pada abad 21 ini. Menipisnya sumber energi menyebabkan terjadinya pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi terbarukan. Hal ini menyebabkan perlunya pengembangan energi listrik tenaga surya berbasis efek *photovoltaic* dari piranti sel surya sebagai salah satu sumber energi yang murah, bebas polusi, dan alami menjadi salah satu pilihan yang tepat. Energi surya merupakan salah satu sumber energi yang sangat melimpah di alam. Cahaya matahari mempunyai spectrum sinar mulai dari sinar ultraviolet sampai *near-infrared*. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar  $1365 \text{ W/m}^2$ . Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  atau  $100 \text{ mW/cm}^2$ . Nilai ini adalah tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari pada keadaan cerah. Salah satu pemanfaatan energi matahari yaitu sebagai sumber energi untuk sel surya (Muhammad Arifin, dkk, 2017).

Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya. Pada umumnya sel surya terdiri dari bahan silikon yang memiliki sifat sebagai penyerap energi radiasi matahari yang sangat baik. Selama panel surya beroperasi di bawah sinar matahari, energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi peningkatan temperatur sel-sel surya (Kho Hie Khwee, 2013).



Sel surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip *fotovoltaik*. Modul surya adalah kumpulan beberapa sel surya, dan panel surya adalah kumpulan dari beberapa modul surya. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya dipengaruhi oleh dua *variable* fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan suhu lingkungan yang semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah. Perubahan temperatur sel-sel surya diakibatkan oleh temperatur, kondisi awan dan kecepatan angin di lingkungan sekitar daerah penempatan panel surya (Deny Suryana dan M. Marhaendra Ali, 2016).

Panel surya terdiri dari susunan sel-sel surya yang memiliki sifat sebagai penyerap energi radiasi matahari. Selama panel surya beroperasi di bawah sinar matahari, energi radiasi matahari dikonversi menjadi energi listrik dan terjadi peningkatan temperatur sel-sel surya.

Karena intensitas cahaya dan temperatur permukaan solar panel yang berubah setiap waktu sehingga berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan oleh *solar cell*. Untuk mengetahui besaran dari pengaruh intensitas cahaya dan suhu permukaan solar panel, maka dilakukan penelitian untuk menghasilkan data mengenai **“Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari dan Suhu Permukaan Solar Panel Surya terhadap Energi yang Dihasilkan”**.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah pada pembahasan sebelumnya, dapat dirumuskan masalah yang ada sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap energi yang dihasilkan oleh solar panel?
2. Bagaimana pengaruh temperatur permukaan solar panel terhadap energi listrik yang dihasilkan?
3. Bagaimana menentukan waktu yang maksimal untuk menghasilkan energi listrik yang berasal dari solar panel?

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam analisis dan pembuatan skripsi ini ada beberapa hal yang menjadi batasan-batasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Tidak membahas mengenai pengisian baterai oleh energi yang dihasilkan solar panel.
2. Energi yang diteliti adalah dalam bentuk Daya listrik.
3. Analisis penelitian dilakukan dengan satu modul solar panel 20 Wp.

### **1.4. Tujuan dan Manfaat**

#### 1.4.1. Tujuan penulisan

Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan data mengenai energi yang dapat dihasilkan solar panel terhadap intensitas cahaya.
2. Mengetahui pengaruh temperatur permukaan solar panel terhadap energi listrik yang dihasilkan.

3. Menentukan waktu yang maksimal terhadap energi yang dihasilkan oleh solar panel.

#### 1.4.2. Manfaat Penulisan

Penulisan penelitian ini bermanfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap energi yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh suhu permukaan solar panel surya terhadap energi yang dihasilkan.
3. Mengetahui waktu yang tepat untuk mendapatkan energi maksimal yang dihasilkan oleh solar panel.

### **1.5. Metodologi dan Pengumpulan Data**

Dalam penulisan skripsi ini penulis melakukan pengumpulan data dengan beberapa metode dalam pengumpulan data referensi diantaranya yaitu:

#### 1. Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)

Melakukan pengumpulan data-data yang ada hubungannya dengan skripsi ini dengan cara membaca buku materi dan tulisan dari standar, e-book, internet, jurnal-jurnal, karya ilmiah, dan buku manual.

#### 2. Metode Pengamatan (*observasi*)

Metode *Observasi* adalah metode pengumpulan data dengan mengamati secara langsung di lapangan. Pengamatan yang dilakukan dengan melihat, menghitung, mengukur, dan mencatat kejadian-kejadian yang ada dan di

lakukan secara sistematis dengan waktu yang sudah direncanakan untuk mendapatkan data yang valid.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Penulisan penelitian dikatakan baik dan bermanfaat bila pihak-pihak yang membutuhkan atau berkepentingan terhadap penelitian tersebut dapat menerima dan memahami penelitian tersebut sesuai dengan tuntunan yang diinginkan. Untuk menyusun penelitian agar sesuai dengan yang diharapkan, maka diperlukan suatu standar dalam penelitian tersebut.

Adapun penelitian ini disusun menurut sistematika sebagai berikut:

**BAB 1 : PENDAHULUAN**

Pada bab ini di bahas tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

**BAB 2 : LANDASAN TEORI**

Pembahasan mengenai judul yang diangkat oleh penulis, dapat berupa definisi-definisi atau model langsung yang berkaitan dengan ilmu atau masalah yang di teliti.

**BAB 3 : METODE PENELITIAN**

Dalam metode penelitian memuat metode atau cara yang dilakukan guna memperoleh data guna dilakukan analisa dalam pembahasan.

**BAB 4 : HASIL PENELITIAN**

Hasil penelitian merupakan proses analisa dari hasil data pengukuran dan perhitungan yang dilakukan dengan berbagai metode yang telah di tetapkan.

**BAB 5: PENUTUP**

Penutup yang berisikan dengan kesimpulan dan saran. Kesimpulan berisi jawaban dari rumusan masalah dan bukti-bukti yang dihasilkan, apakah kegiatan yang dilakukan sudah member manfaat nyata bagi objek penelitian. Saran diharapkan oleh penulis dalam mengatasi masalah atau kelemahan yang ada dimana tidak terlepas dari ruang lingkup.

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Energi Surya

Energi Matahari memasok energi ke bumi dalam bentuk radiasi. Setiap tahunnya ada sekitar  $3,9 \times 10^{24}$  Joule =  $1,08 \times 10^{18}$  kWh energi matahari yang mencapai permukaan bumi, ini berarti energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi yang ada di bumi. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. Sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi bervariasi antara  $1,47 \times 10^8$  km -  $1,52 \times 10^8$  km. Akibatnya, *iradians*  $E_0$  berfluktuasi antara  $1.325 \text{ W/m}^2$  -  $1.412 \text{ W/m}^2$ . Nilai rata-rata dari *iradians* ini disebut dengan *solar constant* (konstanta surya). Konstanta surya  $E_0 = 1.367 \text{ W/m}^2$ .

Nilai konstan ini bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi. Atmosfir bumi mereduksi dan mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan karbondioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi). Untuk cuaca yang cerah pada siang hari, *iradians* yang mencapai permukaan bumi adalah  $1.000 \text{ w/m}^2$ . Nilai ini relatif terhadap lokasi. *Insolasi* (energi radiasi) maksimum terjadi pada hari yang cerah namun berawan sebagian. Ini karena pemantulan radiasi matahari oleh awan sehingga *insolasi* (energi radiasinya) dapat mencapai  $1.400 \text{ W/m}^2$  untuk periode yang singkat (Ihsan, 2013).

Di Indonesia melimpahnya cahaya matahari yang merata dan dapat ditangkap di seluruh kepulauan Indonesia hampir sepanjang tahun merupakan sumber energi listrik yang sangat potensial. Energi yang bersifat terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi mengingat sumber tersebut sangat melimpah. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Subekti Yuliananda dkk, 2015).

Saat tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5% hingga 15% tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya.

Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh piranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut (Awang Riyadi, 2008).

## 2.2. Energi Listrik

Energi listrik merupakan energi utama yang dibutuhkan bagi setiap peralatan listrik yang didalamnya tersimpan arus listrik (A) dan tegangan listrik (V) dengan kebutuhan konsumsi daya listrik (W) untuk menggerakkan peralatan mekanik sehingga menghasilkan bentuk energi lain. Energi yang berkaitan dengan akumulasi arus elektron, dinyatakan dalam *watt-jam* atau *kilo Watt-jam* disebut juga sebagai energi listrik. Dimana bentuk transisinya adalah aliran elektron melalui konduktor jenis tertentu.

Jika di dalam sebuah rangkaian diberi beda potensial  $V$  sehingga mengalirkan suatu muatan listrik sejumlah  $Q$  dan arus listrik sebesar  $I$ , maka energi listrik yang diperlukan,

$$W = Q \cdot V \text{ dengan } Q = I \cdot t$$

*Keterangan :*

$W$  = Energi listrik ( Joule)

$Q$  = Muatan listrik ( Coulomb)

$V$  = Beda potensial ( Volt )

$W$  merupakan energi listrik dalam satuan joule, di mana 1 joule adalah energi diperlukan untuk memindahkan satu muatan sebesar 1 coulomb dengan beda potensial 1 volt. Sehingga 1 joule = coulomb  $\times$  volt. Sedangkan pada muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir maka energi listrik bisa ditulis,

Karena  $I = \frac{Q}{t}$  maka didapatkan perumusan :

$$W = (I \cdot t) \cdot V$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$



Jika persamaan tersebut dihubungkan dengan hukum Ohm ( $V = I.R$ ) maka diperoleh persamaan:

$$W = I.R.I.t$$

$$W = I^2.R.t$$

$$W = \frac{V^2}{R}t$$

Dari persamaan-persamaan menunjukkan bahwa besarnya suatu energi listrik tergantung pada muatan, beda potensial, arus listrik, hambatan, dan waktu. Semakin besar muatan, kuat arus, beda potensial dan waktu, semakin besar pula sebuah energinya. Sedang untuk hambatan, semakin besar hambatan, energinya semakin kecil.

### **2.3. Solar Cell / Panel Surya**

Panel surya memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis dan ramah lingkungan mengingat tidak membutuhkan transmisi seperti jaringan listrik konvensional, karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan.

Panel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat (alat) atau komponen yang terdiri dari sel surya yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Sel-sel tersebut termuat dalam panel-panel yang ukurannya disesuaikan dengan keperluannya baik skala besar maupun skala kecil.

Panel surya seringkali disebut sel *fotovoltaic* (PV) yang diartikan sebagai cahaya - listrik. Tenaga listrik dari cahaya matahari pertama kali ditemukan oleh Alexander-Edmund Becquerel seorang ahli fisika Prancis pada tahun 1839.

Penemuan ini menjadi cikal bakal teknologi *solar cell*. Sel *fotovoltaic* pertama dibuat oleh Charles Fritts pada tahun 1880an. Pada tahun 1931, seorang insinyur Jerman, Dr. Bruno Lange, membuat sel *fotovoltaic* menggunakan perak selenida ketimbang tembaga oksida. Walaupun sel selenium purwa rupa ini mengubah kurang dari 1% cahaya yang masuk menjadi listrik, Ernst Werner von Siemens dan James Clerk Maxwell melihat pentingnya penemuan ini. Dengan mengikuti kerja Russel Ohl pada tahun 1940an, peneliti Gerald Pearson, Calvin Fuller, dan Daryl Chapin membuat sel surya silikon pada tahun 1954. Biaya sel surya ini 286 dollar AS per watt dan mencapai efisiensi 4,5 - 6 %. Menjelang tahun 2012, efisiensi yang tersedia melebihi 20% dan efisiensi maksimum *fotovoltaic* penelitian melebihi 40%.

Kapasitas daya dari sel surya ini dilambangkan dalam *Watt peak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC).

Solar panel terdiri dari 3 lapisan, lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik adalah dimana sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel P terlepas, sehingga hal ini menyebabkan proton mengalir ke lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik, dengan pengertian lain Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti Dioda Foto (*Photodiode*), Sel Surya atau Solar Cell ini memiliki kaki positif dan kaki negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik.

Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar cell bergantung pada penyinaran matahari dan dipengaruhi oleh dua variabel fisis, yaitu intensitas radiasi cahaya matahari dan suhu lingkungan. Intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima sel surya sebanding dengan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, sedangkan apabila suhu lingkungan semakin tinggi dengan intensitas radiasi cahaya matahari yang tetap, maka tegangan panel surya akan berkurang dan arus listrik yang dihasilkan akan bertambah.

Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berupa tegangan DC. Daya *input* dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) dan luas penampang panel surya ( $\text{m}^2$ ). Untuk menentukan daya *input* panel surya dapat digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{in} = I_{rad} \times A$$

Keterangan:

$P_{in}$  = Daya yang masuk pada panel surya (W)

$I_{rad}$  = Intensitas cahaya matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

$A$  = Luas penampang panel surya ( $\text{m}^2$ )

Sedangkan *output* dari panel surya adalah arus dan tegangan. Untuk menentukan daya *output* dari panel surya digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{out} = V_{PV} \cdot I_{PV}$$

Keterangan:

$P_{out}$  = Daya yang keluar pada panel surya (W)

$V_{PV}$  = Tegangan panel surya (V)

IPV = Arus keluar panel surya (A)

Efisiensi panel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya dibagi dengan luas penampang dan intensitas cahaya matahari. Umumnya semakin tinggi efisiensi sebuah panel surya maka semakin banyak daya yang dihasilkan panel surya. Persamaan yang digunakan untuk menentukan efisiensi panel surya yaitu:

$$\eta_{\text{Panel surya}} = \frac{P_{\text{out}}}{G \times A} \times 100\%$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi panel surya

P = Daya (watt)

G = Intensitas Matahari (watt/m<sup>2</sup>)

A = Luas Penampang panel surya (m<sup>2</sup>)

Sebuah Sel surya dalam menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi Foton) tidak selamanya tergantung pada besaran luas bidang Silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar  $\pm 0.5$  volt maksimum 600 mV pada 2A, dengan kekuatan radiasi solar matahari 1000 W/m<sup>2</sup> = "1 Sun" akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30mA/cm<sup>2</sup> per sel surya. Faktor dari pengoperasian Sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada :

A. *Ambient air temperature*

Sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25<sup>0</sup>C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel akan menurunkan nilai tegangan (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel surya

1<sup>0</sup>Celsius (dari 25<sup>0</sup>C) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 10<sup>0</sup>C. (*Sumber: Solar Electricity, Lorenzo Eduardo*).

#### B. 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.

#### C. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi larik sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik sel surya.

#### D. Keadaan *atmosfir* bumi

Keadaan *atmosfir* bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan sel surya.

#### E. Orientasi panel atau larik sel surya

Orientasi dari rangkaian sel surya (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan sel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) dari panel/deretan sel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai *guidline*: untuk lokasi yang terletak di belahan Utara *latitude*, maka panel/deretan sel surya

sebaiknya diorientasikan ke Selatan, orientasi ke Timur Barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel/ deretan sel surya, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

#### F. Posisi letak sel surya (*larik*) terhadap matahari (*tilt angle*)

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel sel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum  $\pm 1000 \text{ W/m}^2$  atau  $1 \text{ kW/m}^2$ . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang sel surya, maka ekstra luasan bidang panel sel surya dibutuhkan (bidang panel sel surya Sel surya pada *Equator* (*latitude* 0 derajat) yang diletakkan mendatar (*tilt angle* = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicarikan “*tilt angle*” yang optimum.

Jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Berikut ini adalah jenis-jenis panel surya:

##### 1. *Crystalline Silicon (c-Si)*

Panel surya jenis ini memanfaatkan material silikon sebagai bahan utama penyusun sel surya. Tipe *crystalline* merupakan generasi pertama dari sel surya dan memiliki 3 jenis panel utama. Tipe panel surya ini mendominasi pasar dan banyak digunakan untuk pembangkit listrik surya di dunia saat ini. Tipe panel ini yaitu:

##### 1. *Monocrystalline silicon (mono-Si)*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal (*single-crystal-Si*) dan memiliki efisiensi paling tinggi di kelasnya. Secara fisik,

panel surya *Monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

### 2. *Multicrystalline silicon (multi-Si) / polysilicon*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *multi crystalline*, atau dikenal dengan *polysilicon* (p-Si) dan *multi-crystalline silicon (mc-Si)*. Secara fisik, panel surya *Multicrystalline* dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.

### 3. *Ribbon silicon (ribbon-Si)*

*String Ribbon* solar panels merupakan salah satu panel surya yang menggunakan jenis sel surya *polycrystalline*, namun menggunakan proses yang berbeda. Namun jenis panel surya ini tidak memiliki pasar yang cukup baik, terutama setelah produsen terbesarnya, *Evergreen Solar* mengalami kebangkrutan.

## 2. *Thin-film solar cell*

Panel surya *Thin Film* menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusunnya. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan lapisan materialnya mula dari *nanometers* (nm) hingga *micrometers* ( $\mu\text{m}$ ). Beberapa tipe panel surya thin film yang ada di pasaran berdasarkan material penyusunnya, yaitu:

### 1. *Cadmium telluride (CdTe)*

Panel surya *CdTe* merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik di kelasnya, yaitu 9-11%. First Solar berhasil mengembangkan panel surya dengan efisiensi pada 14.4%.

### 2. *Copper indium gallium diselenide (CIGS)*

Panel surya dari bahan material *CIGS* ini memiliki efisiensi 10-12%, dengan efisiensi tertinggi yang pernah diproduksi dalam skala lab adalah 21.7%.

### 3. Amorphous thin-film silicon (*a-Si*, *TF-Si*)

Panel surya *amorphous* memiliki efisiensi terendah 6-8% dan mengandung bahan “tidak aman” dalam materialnya. Ada beberapa tipe panel Amorphous, yaitu:

- *Amorphous silicon cells*
- *Tandem-cell using a-Si/ $\mu$ c-Si*
- *Tandem-cell using a-Si/pc-Si*
- *Polycrystalline silicon on glass*

### 4. Gallium arsenide (*GaAs*)

Tipe panel dengan sel *GaAs* memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu dan luar angkasa. Rekor efisiensi tertinggi adalah 28.8%.



(a)



(b)

**Gambar 2.1 Solar Cell jenis polysilicon**



### 3. Material lainnya

Panel surya pada generasi ketiga tersusun atas lebih banyak variasi material untuk masing-masing panel surya. Beberapa diantara jenis-jenis panel surya tersebut adalah:

- *Copper zinc tin sulfide solar cell (CZTS)*
- *Dye-sensitized solar cell*
- *Organic solar cell*
- *Perovskite solar cell*
- *Polymer solar cell*
- *Quantum dot solar cell*
- *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)*

### 2.4. Intensitas Cahaya

Secara umum, Intensitas cahaya adalah besaran pokok fisika untuk mengukur daya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu per satuan sudut. Satuan SI intensitas cahaya ini disebut dengan Candela (Cd). Satuan ini yang mengukur kekuatan sinar cahaya dari suatu sumber cahaya berdasarkan radiasi *monochromatic* sebesar  $540 \times 10^{12}$  hertz dengan intensitas radian di arah  $\frac{1}{683}$  watt per steradian. Berikut beberapa satuan intensitas cahaya:

$$1 \text{ lumen per steradian} = 1 \text{ candela}$$

$$1 \text{ hefnerkerze} = 0.9033687943263 \text{ candela}$$

$$1 \text{ candlepower} = 0.981 \text{ candela}$$

$$1 = 1 \text{ lumen/m}^2$$

$$1 \text{ watt} = 75 \text{ lumen}$$

$$1 \text{ W/m}^2 = 683$$

Dalam hal ini akan dipelajari tentang intensitas cahaya matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proposional akan menghasilkan arus yang besar.

Terdapat beberapa alat untuk mengukur intensitas cahaya adalah sebagai berikut,

1. *Lightmeter atau luxmeter*
2. *Ganiefotometer*
3. *Spektrofotometer*

#### **2.4.1. Digital Lux Meter**

Sebuah alat yang mampu mengetahui serta mengukur seberapa besar intensitas cahaya yang berada di suatu tempat. Alat ukur cahaya jenis digital, lebih digunakan karena dinilai lebih cepat dan praktis. Terdapat tiga range yang berbeda pada skala pengukurannya, yakni A, B, dan C. Range yang digunakan nantinya berpengaruh pada pengukuran cahaya yang akan dihasilkan. Jika ingin mendapatkan hasil yang akurat, sebaiknya gunakan range A karena memiliki jumlah *lux* hingga 2000.

Fungsi alat tersebut adalah sebagai pengukur intensitas cahaya yang tersebar di dalam suatu tempat. Penciptaan alat ukur cahaya tersebut dilatarbelakangi kesadaran kebutuhan cahaya yang berbeda-beda di tiap ruangan, misalnya pada ruang kerja. Pencahayaan yang ada di ruang kerja tentunya harus lebih terang daripada kamar tidur. Berikut gambar Digital Meter



**Gambar 2.2 Digital Lux Meter**

**1. Layar panel.**

Layar panel yang terdapat di dalam alat ukur ini memiliki ukuran persegi yang tidak terlalu lebar. Fungsinya adalah untuk menampilkan hasil pengukuran yang sudah dilakukan menggunakan skala. Semakin besar angka yang muncul menandakan semakin besar pula cahaya yang ada di tempat tersebut, begitu juga sebaliknya semakin kecil angka yang muncul maka semakin kecil pula cahaya yang berada dalam tempat yang diukur.

**2. Tombol *Off/On*.**

Setiap alat tentunya memiliki tombol *off/on* yang berfungsi untuk bisa menghidupkan dan mematikan, sehingga penggunaannya juga dapat lebih diatur. Selain itu, dengan adanya tombol dapat berguna untuk menghemat baterai yang ada pada alat tersebut, dan nantinya sama saja dengan menghemat listrik.

### 3. Tombol *Range*.

Tombol *range* adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk digunakan dalam proses pengukuran. Hal itu dikarenakan tombol inilah yang nantinya akan menentukan jangkauan pengukuran hingga sebesar apa.

### 4. *Zero Adjust VR*.

Pada bagian ini berfungsi untuk mengatasi masalah alat yang berkaitan dengan pembagian tanda skala. Apabila terjadi error, *Zero adjust VR* mampu mengembalikannya seperti semula, namun artinya Anda juga harus mengulang kembali proses pengukuran dari awal.

### 5. Sensor Cahaya.

Bagian yang satu ini memiliki peran yang paling penting karena digunakan untuk menangkap cahaya yang hendak diukur. Oleh karena itu pastikan untuk merawatnya dengan baik karena biasanya sensor cahaya tersebut memiliki layar yang sangat sensitif. Selain itu, jangan lupa juga untuk rutin membersihkannya menggunakan tisu atau kapas, dan pastikan agar tidak terkena air.

#### 2.4.2. Cara Pembacaan *Luxmeter*

Pada tombol *range* ada yang dinamakan kisaran pengukuran. Terdapat 3 kisaran pengukuran yaitu 2000, 20.000, 200.000 (lux). Hal tersebut menunjukkan kisaran angka (batasan pengukuran) yang digunakan pada pengukuran. Memilih 2000 lux, hanya dapat dilakukan pengukuran pada kisaran cahaya kurang dari 2000 lux. Memilih 20.000 lux, berarti pengukuran hanya dapat dilakukan pada kisaran 2000 sampai 19990 (lux). Memilih 200.000, berarti pengukuran dapat dilakukan pada kisaran 20.000 sampai dengan 200.000 lux. Jika Ingin mengukur

tingkat kekuatan cahaya alami lebih baik menggunakan pilihan 2000 lux agar hasil pengukuran yang terbaca lebih akurat. Spesifikasi ini, tergantung kecangihan alat.

Apabila dalam pengukuran menggunakan range 0-1999 maka dalam pembacaan pada layar panel dikalikan 1 lux. Bila menggunakan range 2000-19990 dalam membaca hasil pada layar panel dikalikan 10 lux. Bila menggunakan range 20.000 sampai 200.000 dalam membaca hasil dikalikan 100 lux.

## **2.5. Suhu / Temperatur**

Suhu atau temperatur ialah suatu keadaan yang menunjukkan derajat panas benda. Semakin tinggi suatu suhu benda semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Definisi temperatur yaitu suatu ukuran energi kinetik rata-rata dari rata-rata suatu molekul. Jika molekul tinggi maka energi kinetik rata-rata pun akan besar. (Nurdin Riyanto: 2009).

### **2.5.1. Model Daya Listrik Panel Surya Terhadap Temperatur**

Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$f_{PV} = P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp}\left(\frac{I_T}{I_{T,STC}}\right) \quad (1)$$

di mana  $P_{PV,STC}$  adalah kapasitas daya panel surya pada kondisi uji baku (kW),  $f_{PV}$  adalah factor susut (%),  $I_T$  adalah radiasi matahari global yang mengenai permukaan panel surya ( $\text{kW/m}^2$ ),  $I_{T,STC}$  radiasi matahari pada kondisi uji

baku ( $1 \text{ kW/m}^2$ ), dan  $f_{temp}$  adalah factor susut akibat perubahan temperatur. Faktor susut adalah pengurangan daya luaran panel surya akibat debu/kotoran pada permukaan panel, rugi-rugi pengawatan, dampak bayangan yang menutupi panel, usia pakai, serta hal lain yang dapat menyebabkan daya luaran panel surya menyimpang dari kondisi ideal.

Faktor susut akibat perubahantemperatur dapat dihitung sebagai berikut:

$$f_{temp} = [1 + \alpha_p(T_c - T_{c,STC})] \quad (2)$$

di mana  $\alpha_p$  adalah koefisien temperatur daya(%/°C),  $T_c$  adalah temperatur sel surya (°C), dan  $T_{c,STC}$  adalah temperatur sel surya pada kondisi uji baku ( $25^\circ\text{C}$ ). Koefisien temperatur daya menunjukkan seberapa kuat pengaruh temperatur sel surya terhadap daya listrik luaran panel. Koefisien ini bernilai negative karena daya luaran panel surya berkurang jika temperatur sel surya meningkat. Besarnya nilai koefisien temperatur daya tergantung pada jenis panel surya. Nilai koefisien ini adalah nol apabila pengaruh temperatur terhadap daya listrik panel surya diabaikan.

Temperatur sel surya,  $T_c$  adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai  $30^\circ\text{C}$  atau lebih di atas temperatur lingkungan sekitarnya. Untuk menghitung temperatur sel surya ini dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_T \left( \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left( 1 - \frac{\eta_C}{\tau\alpha} \right) \quad (3)$$

Dimana  $T_a$  adalah temperatur daerah sekitar (°C),  $T_{c,NOCT}$  adalah

temperatur nominal sel surya ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{a,NOCT}$  adalah temperatur daerah sekitar di mana temperatur nominal sel surya didefinisikan ( $20^{\circ}\text{C}$ ),  $I_{T,NOCT}$  adalah radiasi matahari pada temperatur nominal sel surya didefinisikan ( $0.8 \text{ kW/m}^2$ ),  $h_c$  adalah efisiensi konversi listrik panel surya (%), serta  $ta$  adalah 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.

Jika panel surya dikendalikan oleh perangkat penjejak titik daya maksimum, maka panel akan selalu bekerja pada titik daya maksimumnya dan efisiensi sel surya ( $h_c$ ) selalu bernilai sama dengan efisiensi titik daya maksimumnya ( $h_{mp}$ ). Penggunaan perangkat penjejak titik daya maksimum ini sangat direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas pembangkitan listrik oleh panel surya. Temperatur sel surya dengan perangkat penjejak titik daya maksimum dapat ditentukan sebagai berikut:

$$T_c = T_a + I_T \left( \frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{I_{T,NOCT}} \right) \left( 1 - \frac{\eta_{mp}}{0.9} \right) \quad (4)$$

Karena  $h_{mp}$  tergantung kepada temperatur sel  $T_c$ , maka  $h_{mp} = f_{temp} h_{mp,STC}$

di mana  $h_{mp,STC}$  adalah efisiensi panel pada titik daya maksimum di bawah kondisi uji baku (%). Pembuat panel surya pada umumnya menyediakan data-data  $T_{c,NOCT}$ ,  $ap$ ,  $h_{mp,STC}$  sebagai bagian daripada panel surya yang mereka produksi. Factor penyusutan berdasarkan tingkat toleransi fabrikasi, efisiensi inverter, pengawatan, dampak bayangan debu, serta penuaan diasumsikan bernilai

$f_{pv} = 80\%$  jika usia panel surya lebih dari 20 tahun dan  $f_{pv} = 90\%$  jika usia panel surya lebih dari 10 tahun.

### 2.5.2. Temperatur Controler

*Temperature Controloer* merupakan sistem otomatisasi yang dapat berfungsi dengan memanfaatkan bantuan berbagai macam sensor sebagai *input*, seperti sensor gerak, sensor suhu, sensor kecepatan dan masih banyak lagi, yang selanjutnya akan di proses oleh *control* unit untuk memberikan perintah kepada sistem selanjutnya. Dengan menggunakan temperatur control kita memberi perintah untuk mengatur suhu suatu keadaan dalam sebuah proses kinerja.

Suatu proses di mana perubahan suhu suatu ruang (dan benda-benda secara kolektif ada di dalamnya), atau dari suatu zat, diukur atau dideteksi dengan cara lain, dan perpindahan energi panas ke dalam atau keluar dari ruang atau zat disesuaikan untuk mencapai suhu yang diinginkan.

Berikut gambar *Temperature Controller XH-W3001* yang digunakan untuk mengukur temperatur permukaan solar cell.



**Gambar 2.3** *Temperature Controller XH-W3001*



## 2.6. Arus Listrik dan Tegangan Listrik

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. Objek dengan jumlah elektron yang berlebih akan memiliki polaritas listrik negatif (-). Objek yang kekurangan elektron akan memiliki polaritas listrik positif (+). Besaran muatan listrik ditentukan oleh jumlah elektron dibandingkan dengan jumlah proton dalam suatu objek. Simbol untuk besaran muatan elektron ialah  $Q$  dan satuannya adalah coulomb. Besarnya muatan  $1\text{ C} = 6,25 \times 10^{18}$  elektron.

Kemampuan muatan listrik untuk mengerahkan suatu gaya dimungkinkan oleh keberadaan medan elektrostatik yang mengelilingi objek yang bermuatan tersebut. Suatu muatan listrik memiliki kemampuan untuk melakukan kerja akibat

tarikan atau tolakan yang disebabkan oleh gaya medan elektrostatisnya. Kemampuan melakukan kerja ini disebut potensial. Apabila satu muatan berbeda dari muatan lainnya, di antara kedua muatan ini pasti terdapat beda potensial. Satuan dasar beda potensial adalah volt (V). karena satuan inilah beda potensial V sering disebut sebagai voltage atau tegangan.

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian pada satu waktu. Muatan listrik yang dimaksud di sini adalah elektron. Arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif. Pada konsepnya, elektron bergerak dari negatif ke positif, sedangkan arus listrik bergerak dari positif ke negatif.

Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar  $2 \times 10^{-7}$  Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara.

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik pada suatu penghantar atau rangkaian listrik. Beda potensial adalah perbedaan jumlah elektron yang berada dalam suatu arus listrik. Pada dasarnya, beda potensial (tegangan) inilah yang menyebabkan aliran elektron dari potensial rendah (negatif) ke potensial tinggi (positif). Artinya adanya arus listrik disebabkan karena adanya tegangan listrik pada dua titik (kutub positif dan kutub negatif). Pada rangkaian listrik, bisa jadi setiap komponen listrik mempunyai beda potensial yang berbeda tergantung hambatan komponen tersebut.

Daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya merupakan hasil perkalian dari tegangan keluaran dengan banyaknya electron yang mengalir atau besarnya arus, hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan 1.

$$P = V \cdot I$$

Dengan: P = Daya keluaran (Watt)

V = Tegangan keluaran (Volt)

I = Arus (Ampere)

Sedangkan nilai rata-rata daya yang dihasilkan selama titik pengujian ditunjukkan pada persamaan 2.

$$P \text{ rata - rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

Dengan: P rata - rata = Daya rata rata (Watt)

P1 = Daya pada titik pengujian ke satu

P2 = Daya pada titik pengujian ke dua

P3 = Daya pada titik pengujian ke tiga

Pn = Daya pada titik pengujian ke n

n = Banyaknya pengujian

Alat untuk mengukur arus listrik adalah *Ohm Meter*, sedangkan alat untuk mengukur tegangan adalah *Voltmeter*. Tapi saat ini ada alat *Multitester* / Atau *AVO Meter* yang multifungsi.

Tegangan adalah awal dari terjadinya aliran arus (elektron), jadi mereka berdua tidak bisa dipisahkan satu sama lain. Tak akan ada arus yang mengalir tanpa adanya tegangan (beda potensial).

Kesimpulannya, semakin tinggi tegangan maka makin tinggi arus yang akan mengalir. Arus listrik dan tegangan listrik adalah dua bilangan fundamental dalam listrik. Tegangan listrik adalah penyebab dan arus listrik adalah efeknya.

### **2.6.1. Digital Multimeter**

*Multimeter* atau *multitester* adalah alat pengukur listrik yang sering dikenal sebagai *VOM (Volt-Ohm meter)* yang dapat mengukur tegangan (*voltmeter*), hambatan (*ohmmeter*), maupun arus (*amperemeter*). Ada 2 jenis *multimeter* yaitu *multimeter digital* atau *DMM (digital)* (untuk yang baru dan lebih akurat hasil pengukurannya), dan analog. Masing-masing kategori dapat mengukur listrik AC, maupun listrik DC.

Sebuah merupakan perangkat genggam yang berguna untuk menemukan kesalahan dan pekerjaan lapangan, maupun perangkat yang dapat mengukur dengan derajat ketepatan yang sangat tinggi.

*Multimeter digital* memiliki akurasi yang tinggi, dan kegunaan yang lebih banyak jika dibandingkan dengan *analog*. Yaitu memiliki tambahan-tambahan satuan yang lebih teliti, dan juga opsi pengukuran yang lebih banyak, tidak terbatas pada ampere, volt, dan ohm saja. *Multimeter digital* biasanya dipakai pada penelitian atau kerja-kerja mengukur yang memerlukan kecermatan tinggi, tetapi sekarang ini banyak juga bengkel-bengkel komputer dan *service center* yang memakai *digital*. Kekurangannya adalah susah untuk memonitor tegangan yang tidak stabil. Apabila melakukan pengukuran tegangan yang bergerak naik-turun, sebaiknya menggunakan multimeter analog.

*digital* yaitu yang pembacaan hasil ukurnya berupa digit angka. Fungsi dari *multimeter* ialah sebagai berikut:

- a. Mengukur tegangan DC
- b. Mengukur tegangan AC
- c. Mengukur kuat arus DC
- d. Mengukur nilai hambatan suatu resistor
- e. Mengecek hubung-singkat/ koneksi
- f. Mengecek transistor
- g. Mengecek kapasitor elektrolit
- h. Mengecek dioda, led *diode zener*
- i. Mengecek *inductor*
- j. Mengecek HFE Transistor (type tertentu)
- k. Mengukur suhu (type tertentu)



**Gambar 2.4. Digital Multimeter**

## 2.7. Perhitungan Rata-rata

Pengukuran dilakukan lebih dari satu kali maka diambil rata-rata dari jumlah pengukuran tersebut. Penghitungan rata-rata dilakukan dengan menjumlahkan seluruh nilai data suatu kelompok sampel, kemudian dibagi dengan jumlah sampel tersebut. Jadi jika suatu kelompok sampel acak dengan jumlah sampel  $n$ , maka bisa dihitung rata-rata dari sampel tersebut dengan rumus sebagai berikut.

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

Jika dinotasikan dengan notasi sigma, maka rumus di atas menjadi:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} + \sum_{i=1}^n x_i$$

Keterangan:  $\bar{x}$  = rata-rata hitung

$x_i$  = nilai sampel ke- $i$

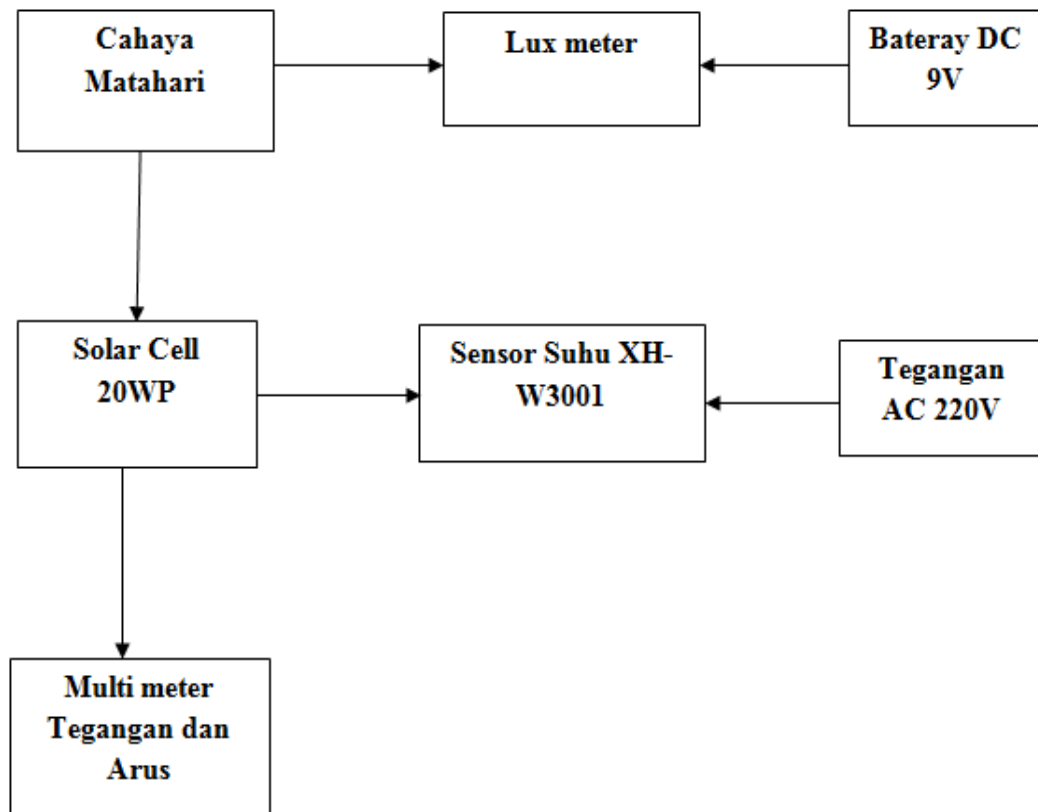
$n$  = jumlah sampel

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Blok Diagram Penelitian

Blok Diagram merupakan dasar dari keseluruhan sistem kerja dan fungsi-fungsinya. Dibawah ini blok diagram yang telah di rancang dalam penelitian yang dilakukan.



**Gambar 3.1 Blok diagram Penelitian.**

#### 3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.2.1. Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada tanggal 7 Desember 2019, 14 Desember 2019, 21 Desember 2019, 28 Desember 2019, 4 Januari 2020, 11 Januari 2020, 18 Januari 2020, 25 Januari 2020, 1 Februari 2020, 8 Februari 2020, 15 Februari 2020 setiap pukul 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 Waktu Indonesia Barat.

### **3.2.2. Tempat Penelitian**

Tempat penelitian dilakukan di jalan bunga herba no.8, Simpang Selayang, Kec, Medan Tuntungan, Kota Medan, Sumatera Utara 20131.

### **3.3. Alat yang di gunakan**

Adapun alat-alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah:

#### **1. Solar cel**

$P_{max}$	= 20 W
$V_{oc}$	= 22.4 V
$I_{sc}$	= 1.13 A
$V_{mp}$	= 17.4 V
$I_{mp}$	= 1.15 V
Dimensi	= 490*350*25 mm
Tegangan <i>system</i> maksimal	= 700 V
Range temperatur	= -45°C ~ +80°C

#### **2. Lux meter**

<i>Lux meter</i>	= digital lux meter
<i>Range</i>	= 0 lux – 200000 lux



### 3. Sensor suhu

Sensor suhu = *temperature controller XH-W3001*

*Range* = -50°C~ 110°C

Dimensi = 60\*45\* 31 mm

### 2. *Multimeter*

*Multimeter* = DT 830D

V<sub>min</sub> DC = 0 V – 200 V, akurasi  $\pm(0.5\%+3)$

V<sub>mak</sub> DC = 200.1 V – 1000V, akurasi  $\pm(0.8\%+5)$

I<sub>min</sub> DC = 0 A – 20mA, akurasi  $\pm(1.0\%+5)$ , 20.1mA –  
200mA, akurasi  $\pm(1.2\%+8)$

I<sub>mak</sub> DC = 200.1mA – 10A akurasi  $\pm(2.0\%+8)$



**Gambar 3.2. Pengukuran Sistem Kerja Alat Keseluruhan**

Gambar 3.1 merupakan pengukuran keseluruhan penelitian yang meliputi pengukuran intensitas cahaya, pengukuran suhu temperatur *solar cell* dan pengukuran tegangan *solar cell*.

#### **3.4. Prinsip Kerja Penelitian Kerja Alat**

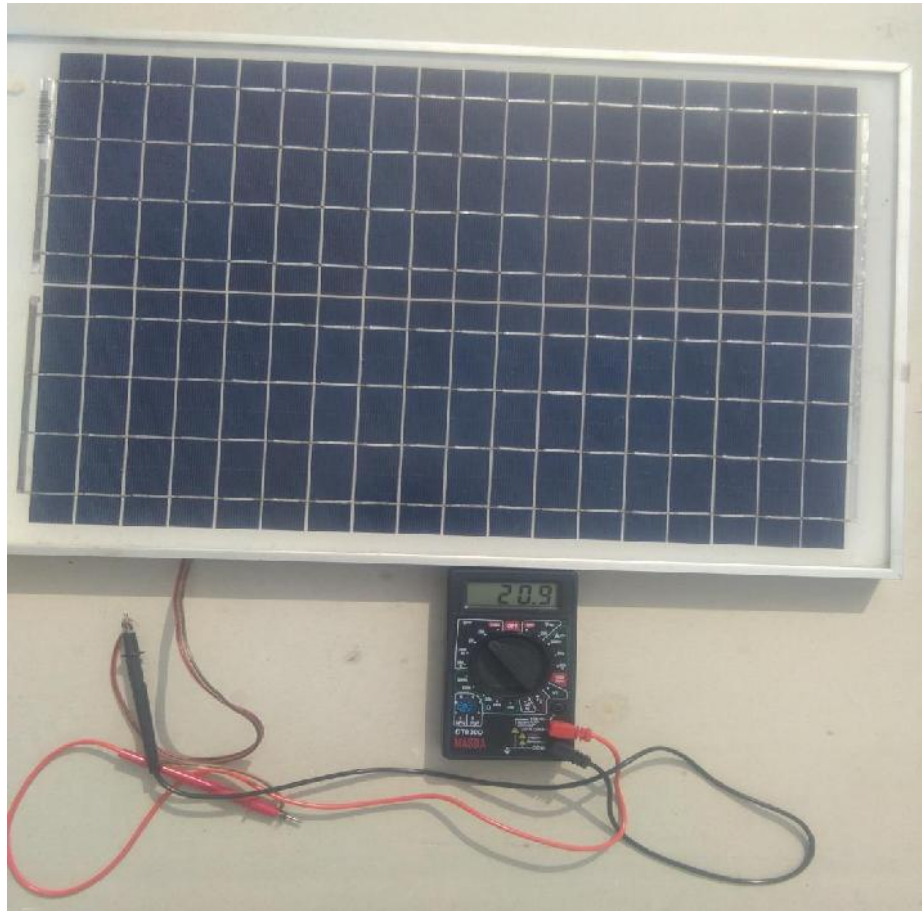
1. Cahaya akan di terima oleh *solar cell* dan di konversikan menjadi tegangan dan arus.
2. Tegangan dan Arus listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* akan di ukur langsung menggunakan *multimeter digital DT830D*.
3. Tegangan dan arus di analisa dari hasil pengukuran oleh *multimeter* untuk mendapatkan Daya Listrik (Watt).

4. Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan *luxmeter* yang di letakkan sejajar dengan solar cell supaya intensitas cahaya pada *solar cell* sesuai dengan yang tertera di *luxmeter*.
5. Hasil intensitas cahaya dapat dilihat di tampilan *luxmeter* dengan memperhatikan pengali yang tertera di *luxmeter*.
6. Temperatur *Solar Cell* di ukur dengan menggunakan *temperature controller XH-W3001*.
7. Besi pendeteksi temperatur *Solar cell* di tempel di sisi atas *solar cell* untuk mendeteksi temperatur *solar cell* kemudian di hubungkan ke *LCD temperature controller XH-W3001* untuk melihat hasil dalam satuan °C.

### **3.5. Pengukuran Tegangan dan Arus**

#### **3.5.1. Pengukuran Tegangan**

Pengukuran tegangan tanpa beban dilakukan dengan menggunakan *voltmeter DT 830 D*. Kabel *Voltmeter* positif dihubungkan ke kabel positif keluaran *solar cell* kemudian kabel negatif *Voltmeter* di hubungkan ke kabel negatif keluaran *solar cell*. Karna tegangan keluaran dari *solar cell* merupakan tegangan DC maka arah penunjuk multimeter diputar ke arah simbol tegangan DC (V-) yang memiliki 200 m, 200 m, 20, 200 dan 100 V. Maka penunjuk multimeter diputar ke angka 200 karena kadang tegangan yang di keluarkan kadang diatas 20 V.



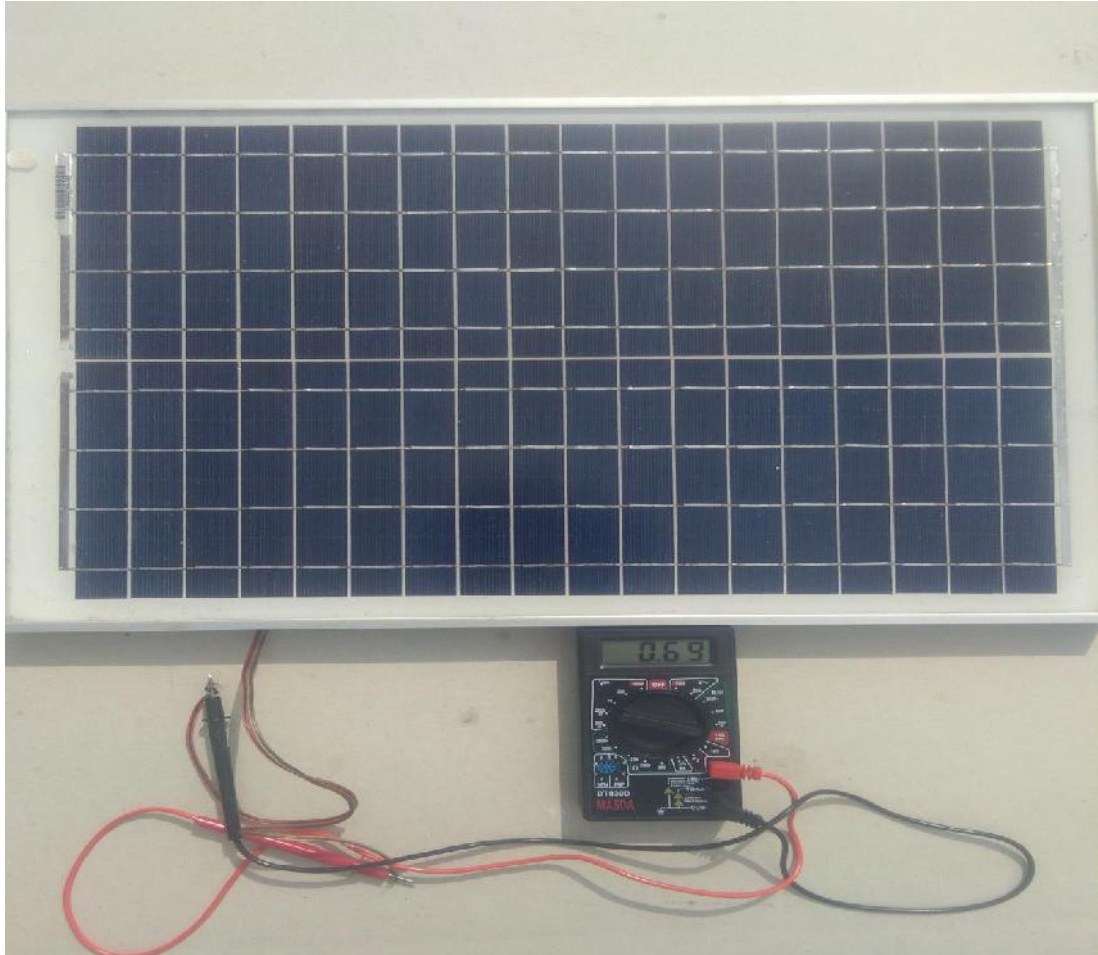
**Gambar 3. 3. Pengukuran Tegangan *Solar Cell***

Gambar 3.1. Menunjukkan pengukuran tegangan tanpa beban dari *solar cell* menggunakan *voltmeter* dengan yang tertera pada *voltmeter* 20,9 V.

### **3.5.2. Pengukuran Arus**

Pengukuran arus tanpa beban dilakukan dengan menggunakan *Amperemeter DT 830 D*. Kabel *Amperemeter* positif dihubungkan ke kabel positif keluaran *solar cell* kemudian keluaran negatif *Amperemeter* dihubungkan ke kabel negatif keluaran *solar cell*. Arus keluaran *solar cell* merupakan arus DC, maka penunjuk arah *Amperemeter* di putar ke arah sumber arus DC (A-) yang memiliki

skala 2000  $\mu$ , 20 m, 200 m dan 10 A. Maka arah penunjuk *multimeter* diputar ke angka 10 A, Karena kadang arus yang dihasilkan mencapai 1 A bahkan lebih.



**Gambar 3.4. Pengukuran Arus Solar Cell**

Gambar 3. 4. merupakan Pengukuran Arus tanpa beban dari *solar cell* yang menggunakan *Amperemeter* dengan besar 0,69 A DC

### **3.6. Pengukuran Intensitas Cahaya**

Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan *luxmeter*. *luxmeter* dihubungkan dengan baterai 9 Volt DC kemudian menekan tombol *power luxmeter*. *luxmeter* diletakkan sejajar disamping *solar cell* agar intensitas disekitar

*solar cell* sesuai dengan yang diukur oleh *luxmeter*, Intensitas cahaya diterima oleh sensor pendeteksi cahaya ditampilkan di *LCD luxmeter*.

Range ukuran intensitas cahaya dapat dilihat tergantung pada pengali yang ditampilkan *luxmeter* batas pengukuran sampai 1999 lux, Jika pengalinya kali 100 maka batas pengukuran mulai 2000 lux sampai 19999 lux, Dan jika pengalinya kali 1000 maka batas pengukuran mulai 20.000 sampai 200.000 lux.



**Gambar 3.5. pengukuran Intensitas Cahaya**

Pada gambar 3.3. menunjukkan pengukuran intensitas cahaya dan posisi peletakan *luxmeter*. Pada pengukuran intensitas cahaya diatas menunjukkan angka 349 dengan pengali 100, berarti besar intensitas cahaya yang dihasilkan adalah 34900 lux. Sedangkan Auto 20000 yang dimaksudkan dalam *luxmeter* tersebut adalah batas pengukuran maksimal yang dapat diukur adalah 20000 lux.

### 3.7. Pengukuran Temperatur *Solar Cell*

Temperatur *solar cell* diukur dengan menggunakan *temperature controller XH-W3001*, Dengan menghubungkan dengan tegangan 220 V AC untuk menghidupkan alat *XH-3001*. Besi pendeteksi temperatur *solar cell* ditempel di tepi sisi atas *solar cell* supaya dengan menutup sebagian sel surya *solar cell* yang akan mengganggu masuknya intensitas cahaya matahari ke *solar cell*. Hasil yang dideteksi oleh besi pendeteksi temperatur *solar cell* akan di tampilkan di *LED XH-W3001* dalam satuan °C.



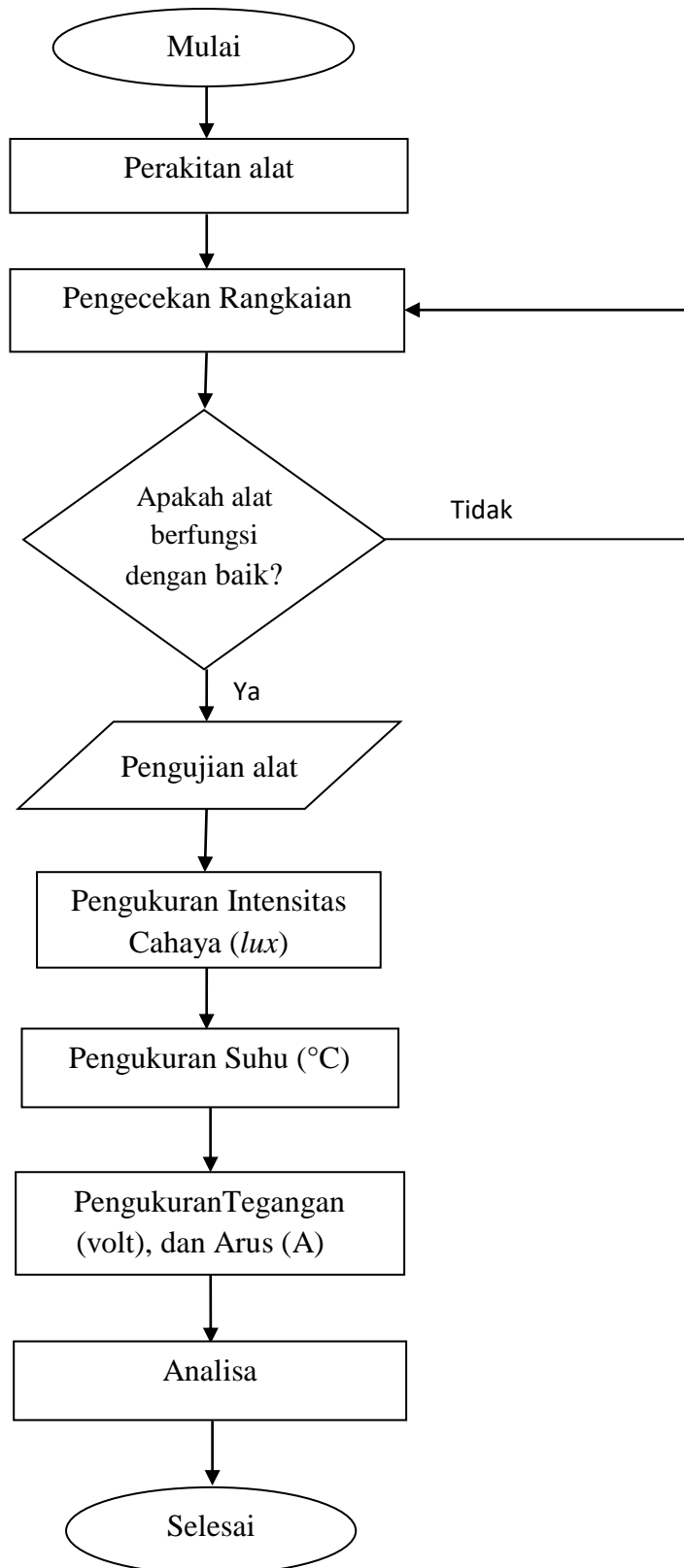
**Gambar 3. 6. Pengukuran Temperatur *Solar Cell***

Gambar 3. 5 diatas merupakan pengukuran temperatur pada permukaan *solar cell* oleh *temperature controller XH-W3001*. Nomor 1 pada gambar diatas menunjukkan besi pendeteksi temperatur *solar cell*, nomor 2 pada gambar diatas

merupakan *LCD* yang menampilkan hasil pengukuran suhu temperatur *solar cell* dengan hasil pengukuran 41,0 °C. sedangkan nomor 3 merupakan kabel sumber tegangan AC 220 V.



### 3.8. Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian



**Gambar 3.7. Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian.**

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN**

#### **4.1. Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya**

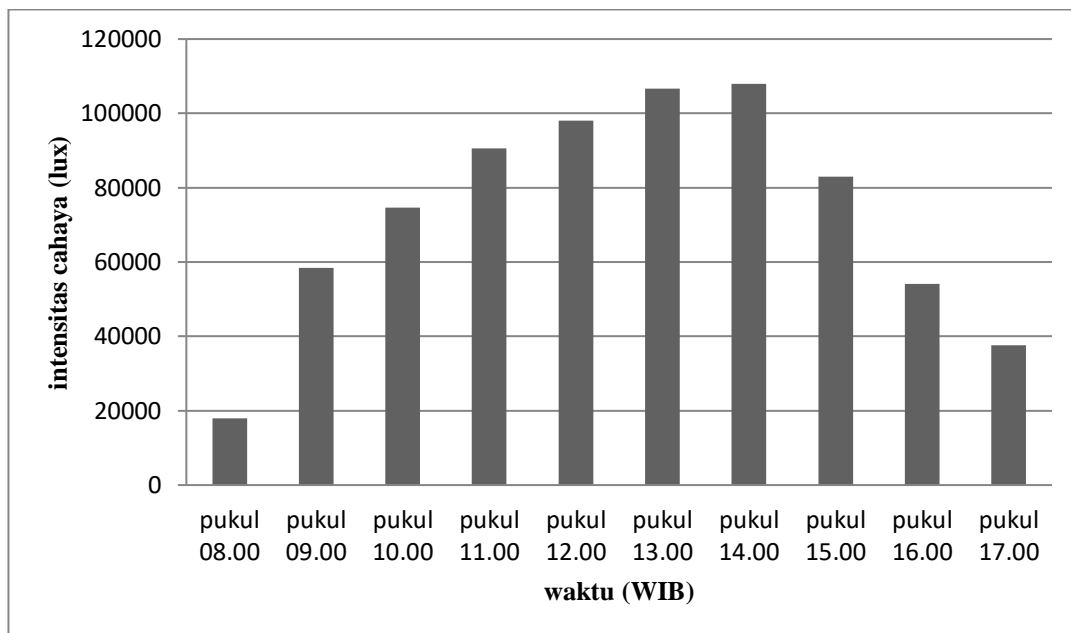
Pengukuran intensitas cahaya dinyatakan dalam satuan lux yang diukur setiap setiap jam dimulai pukul 08:00 WIB sampai pukul 17:00 WIB. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan hari yang berbeda.

Dari data dibawah ini didapatkan bahwa rata-rata intensitas cahaya yang paling rendah terjadi pada pukul 08:00 WIB dengan intensitas cahaya 17917 lux, dan rata-rata intensitas cahaya yang paling tinggi terjadi pada pukul 14:00 WIB dengan intensitas cahaya mencapai 107890 lux.

Berikut data keseluruhan hasil pengukuran intensitas cahaya hingga didapatkan nilai rata-rata pengukuran setiap jam.

**Table 4.1 Hasil Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari (dalam satuan )**

<b>Pukul (WIB) Tanggal</b>	pukul 08.00	pukul 09.00	pukul 10.00	pukul 11.00	pukul 12.00	pukul 13.00	pukul 14.00	pukul 15.00	pukul 16.00	pukul 17.00
7 Des 2019	3840	20300	25600	32000	56300	88100	101000	62400	63000	33200
14 Des 19	3270	15000	22900	25000	53000	84700	89000	75500	71900	32100
21 Des 19	25600	58700	79900	102700	112400	113000	108900	106800	43200	13200
28 Des 19	31200	85700	87300	102100	113000	116100	108100	103200	50000	23000
4-Jan-20	13200	68800	70300	98100	114000	114900	105000	101500	64600	62000
11-Jan-20	29000	58900	82300	94300	114600	118200	106700	42000	34500	44800
18-Jan-20	24700	74600	95200	100900	113600	116000	108600	94700	51500	34600
25-Jan-20	13430	64400	118600	119500	58000	140700	119600	108800	91000	60500
1-Feb-20	17850	70100	46400	117000	121200	53000	117000	103300	41800	54500
8-Feb-20	17080	68400	117600	114000	124300	122000	115000	32000	29200	19000
rata-rata	17917	58490	74610	90560	98040	106670	107890	83020	54070	37690



**Gambar 4.1. Grafik Perubahan Intensitas Cahaya terhadap Waktu**

Dari grafik 4.1 diatas dapat dilihat perubahan intensitas cahaya berubah-ubah setiap jamnya. Dari pukul 08:00 WIB hingga pukul 14:00 WIB intensitas cahaya mengalami peningkatan setiap jamnya, dan mulai pukul 14:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB intensitas cahaya mengalami penurunan setiap jamnya.

#### **4.2. Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan *Solar Cell***

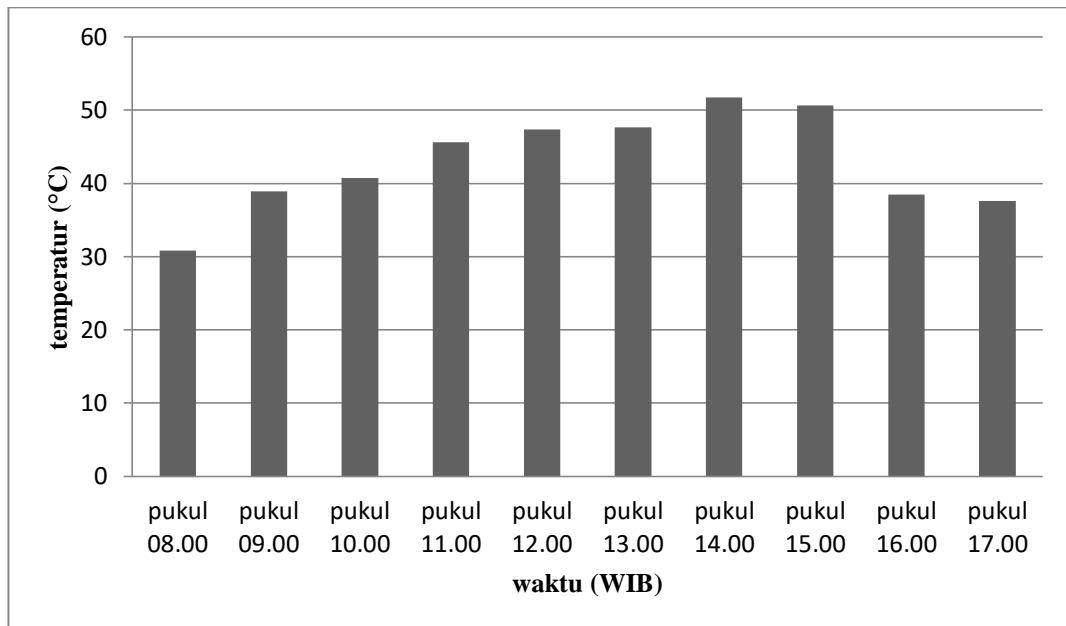
Pengukuran temperatur permukaan *solar cell* dinyatakan dalam satuan derajat celcius ( $^{\circ}\text{C}$ ) yang diukur setiap setiap jam dimulai pukul 08:00 WIB sampai pukul 17:00 WIB, Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan hari yang berbeda

Berikut data keseluruhan hasil pengukuran temperatur permukaan solar cell hingga didapatkan nilai rata-rata pengukuran setiap jamnya.

**Table 4.2. Hasil Pengukuran Temperatur Permukaan *Solar Cell* (dalam satuan °C)**

<b>Pukul (WIB)</b> <b>Tanggal</b>	8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00 AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00 PM	4:00 PM	5:00 PM
7-Des-19	29.6	34.1	35.2	35.7	35.9	38.9	40.7	37.7	40.4	38.8
14-Des-19	29.1	33.6	34.4	35.1	36.5	37.7	40.5	38.9	38.8	35.9
21-Des-19	33.1	36.5	42.3	46.3	48.9	49.6	56.5	58.2	37.3	35.9
28-Des-19	32	38.2	42.4	46.7	49.1	51.1	56.3	58.1	36.6	37.2
4-Jan-20	30.9	41.9	44.1	47.1	51.3	49.9	54.8	57.9	37.2	39.3
11-Jan-20	31.3	42.1	44.5	47.4	51	51.3	55.1	47.4	43	36.9
18-Jan-20	32.2	38.8	42.1	47.5	49.8	50.1	55.3	47.9	35	38.1
25-Jan-20	29	40.7	43.2	50.1	48.6	47.7	50.6	58	44.6	39.3
1-Feb-20	30.6	41.6	37.5	50.1	49	48	55.6	57.1	34.8	37.9
8-Feb-20	30.5	41.8	41.6	50.2	53.5	52.6	52.2	45.3	37.4	36.5
<b>RATA-RATA</b>	<b>30.83</b>	<b>38.93</b>	<b>40.73</b>	<b>45.62</b>	<b>47.36</b>	<b>47.69</b>	<b>51.76</b>	<b>50.65</b>	<b>38.51</b>	<b>37.58</b>

Dari data diatas didapatkan rata-rata bahwa temperatur permukaan *solar cell* paling rendah pada pukul 08:00 WIB dengan temperatur 30,83°C sedangkan rata-rata temperatur permukaan *solar cell* paling tinggi terjadi di pukul 14:00 WIB dengan temperatur 51,76°C.



**Gambar 4.2. Grafik perubahan temperatur terhadap waktu**

Grafik 4.2. menunjukkan perubahan temperatur permukaan *solar cell* terhadap waktu setiap jam dimulai pukul 08:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB. Dapat di lihat mulai pukul 08:00 WIB hingga pukul 14:00 WIB perubahan temperatur terus mengalami perubahan dengan mengalami peningkatan temperatur pada permukaan *solar cell*. Dari pukul 14:00 WIB hingga pukul 15:00 WIB temperatur permukaan *solar cell* mengalami sedikit penurunan sekitar 1,11°C, hingga pada pukul 17:00 temperatur permukaan solar cell terus mengalami penurunan temperatur. Penurunan paling drastis terjadi pada 15:00 WIB hingga pukul 16:00 WIB mencapai 12,14°C.

### **4.3. Hasil Pengukuran Daya yang Dihasilkan *Solar Cell***

Pengukuran tegangan dan arus listrik dilakukan tanpa beban sebanyak 10 kali di hari yang berbeda dengan pengukuran setiap jam dimulai pukul 08:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB. Dari 10 kali pengukuran tersebut di dapatkan rata-rata besarnya energi pada tabel di bawah ini.

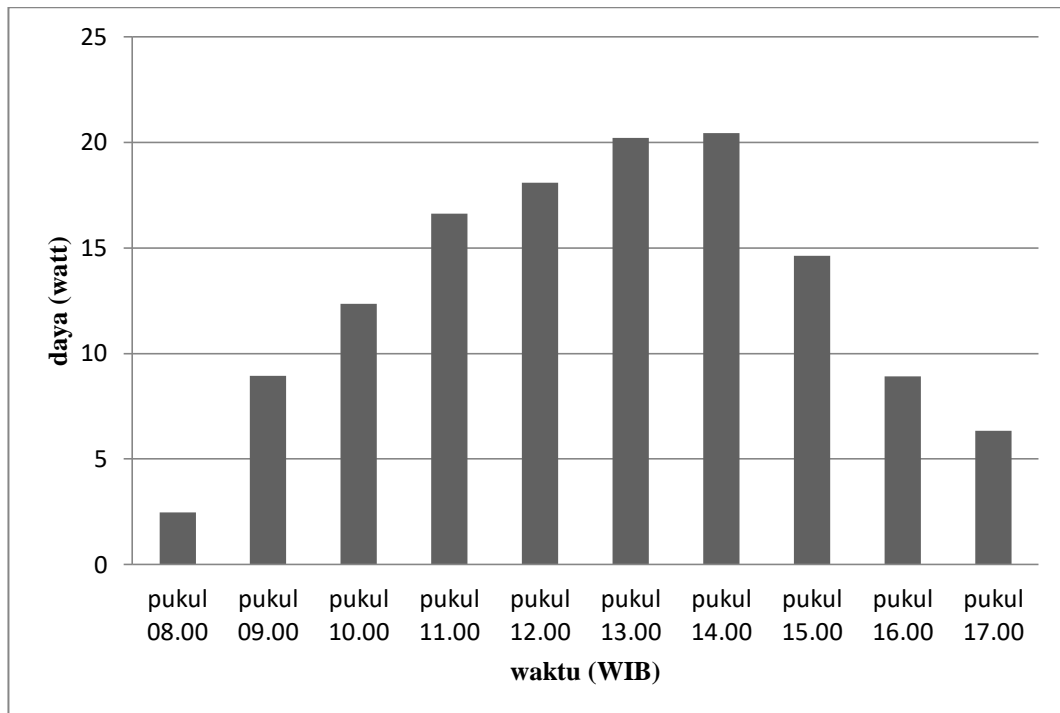
Berikut di dapat besarnya energi yang dihasilkan oleh *solar Cell* dengan pengukuran tegangan dan arus listrik pada *solar Cell*.

**Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Daya berdasarkan tegangan dan arus listrik  
solar cell.**

Pukul (WIB) Tanggal		8:00 AM	9:00 AM	10:00 AM	11:00AM	12:00 PM	1:00 PM	2:00 PM	3:00 PM	4:00 PM	5:00 PM
		7-Des-19	V(Volt)	17.1	19.2	19.6	19.5	19.6	20.8	20.8	20.5
I(A)	0.1		0.18	0.23	0.28	0.49	0.77	0.89	0.53	0.55	0.3
<b>P(Watt)</b>	<b>1.71</b>		<b>3.456</b>	<b>4.508</b>	<b>5.46</b>	<b>9.604</b>	<b>16.016</b>	<b>18.512</b>	<b>10.865</b>	<b>10.945</b>	<b>5.88</b>
14-Des-19	V(Volt)	18.3	18	19	19.5	19.4	20.3	20.1	20.4	20.2	19.8
	I(A)	0.11	0.14	0.2	0.22	0.42	0.71	0.54	0.6	0.56	0.27
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.013</b>	<b>2.52</b>	<b>3.8</b>	<b>4.29</b>	<b>8.148</b>	<b>14.413</b>	<b>10.854</b>	<b>12.24</b>	<b>11.312</b>	<b>5.346</b>
21-Des-19	V(Volt)	19.8	20.2	20.2	20.8	20.8	20.8	20.6	19.5	20.2	18.3
	I(A)	0.12	0.51	0.51	0.92	1.03	1.03	1.05	1	0.37	0.13
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.376</b>	<b>10.302</b>	<b>10.302</b>	<b>19.136</b>	<b>21.424</b>	<b>21.424</b>	<b>21.63</b>	<b>19.5</b>	<b>7.474</b>	<b>2.379</b>
28-Des-19	V(Volt)	19.8	19.9	20.1	20.7	20.9	20.9	21	19.4	20.2	19
	I(A)	0.14	0.55	0.61	0.92	1.04	1.07	1.04	0.97	0.44	0.2
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.772</b>	<b>10.945</b>	<b>12.261</b>	<b>19.044</b>	<b>21.736</b>	<b>22.363</b>	<b>21.84</b>	<b>18.818</b>	<b>8.888</b>	<b>3.8</b>
4-Jan-20	V(Volt)	18.7	20.1	20.3	20.6	20.8	21	21	19.4	20.5	20.3
	I(A)	0.11	0.5	0.73	0.89	1.07	1.1	1.03	0.95	0.59	0.53
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.057</b>	<b>10.05</b>	<b>14.819</b>	<b>18.334</b>	<b>22.256</b>	<b>23.1</b>	<b>21.63</b>	<b>18.43</b>	<b>12.095</b>	<b>10.759</b>
11-Jan-20	V(Volt)	20.3	20.3	20.6	20.8	20.6	21	21	18.8	18.6	19.7
	I(A)	0.16	0.45	0.64	0.84	1.07	1.12	1.03	0.3	0.29	0.38
	<b>P(Watt)</b>	<b>3.248</b>	<b>9.135</b>	<b>13.184</b>	<b>17.472</b>	<b>22.042</b>	<b>23.52</b>	<b>21.63</b>	<b>5.64</b>	<b>5.394</b>	<b>7.486</b>
18-Jan-20	V(Volt)	19.8	20	20.4	20.3	20.6	20.9	20.4	20.2	20.5	19.4
	I(A)	0.15	0.54	0.63	0.94	1.05	1.05	1.04	0.85	0.46	0.27
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.97</b>	<b>10.8</b>	<b>12.852</b>	<b>19.082</b>	<b>21.63</b>	<b>21.945</b>	<b>21.216</b>	<b>17.17</b>	<b>9.43</b>	<b>5.238</b>
25-Jan-20	V(Volt)	19	20.1	20.9	19.6	19	20.6	20	19.8	20.1	20.4
	I(A)	0.1	0.5	1.07	1.06	0.46	1.12	1.1	1.03	0.83	0.5
	<b>P(Watt)</b>	<b>1.9</b>	<b>10.05</b>	<b>22.363</b>	<b>20.776</b>	<b>8.74</b>	<b>23.072</b>	<b>22</b>	<b>20.394</b>	<b>16.683</b>	<b>10.2</b>
1-Feb-20	V(Volt)	19.3	20.1	20	19.9	20.2	19.1	19.9	19.3	18.6	20.4
	I(A)	0.14	0.55	0.37	1.09	1.12	0.71	1.12	0.96	0.13	0.46
	<b>P(Watt)</b>	<b>2.702</b>	<b>11.055</b>	<b>7.4</b>	<b>21.691</b>	<b>22.624</b>	<b>13.561</b>	<b>22.288</b>	<b>18.528</b>	<b>2.418</b>	<b>9.384</b>
8-Feb-20	V(Volt)	19.3	20	20.8	19.6	20.4	20.3	20.3	18.6	19.2	18.7
	I(A)	0.16	0.55	1.06	1.07	1.11	1.12	1.12	0.26	0.24	0.16
	<b>P(Watt)</b>	<b>3.088</b>	<b>11</b>	<b>22.048</b>	<b>20.972</b>	<b>22.644</b>	<b>22.736</b>	<b>22.736</b>	<b>4.836</b>	<b>4.608</b>	<b>2.992</b>
rata-rata	<b>P(Watt)</b>	<b>2.4836</b>	<b>8.9313</b>	<b>12.3537</b>	<b>16.6257</b>	<b>18.0848</b>	<b>20.215</b>	<b>20.4336</b>	<b>14.64</b>	<b>8.9247</b>	<b>6.3464</b>

Berdasarkan tabel 4.3. diatas dapat dilihat grafik perubahan temperatur suhu terhadap waktu.





**Gambar 4.3. Grafik Perubahan Daya yang dihasilkan per waktu**

Pada grafik 4.3. diatas dapat dilihat bahawa energi listrik mengalami peningkatan setiap jamnya dimulai pukul 08:00 WIB hingga pukul 14:00 WIB. Dan energi yang dihasilkan *solar cell* dimulai pukul 14:00 WIB hingga pukul 17:00 Wib mengalami penurunan. Energi yang paling kecil dihasilkan *solar cell* terjadi pada pukul 08:00 WIB sekitar 2.4836 watt, dan energi yang paling besar dari data diatas dihasilkan pada pukul 14:00 WIB mencapai 20,4336 watt.

#### **4.4. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Energi yang dihasilkan**

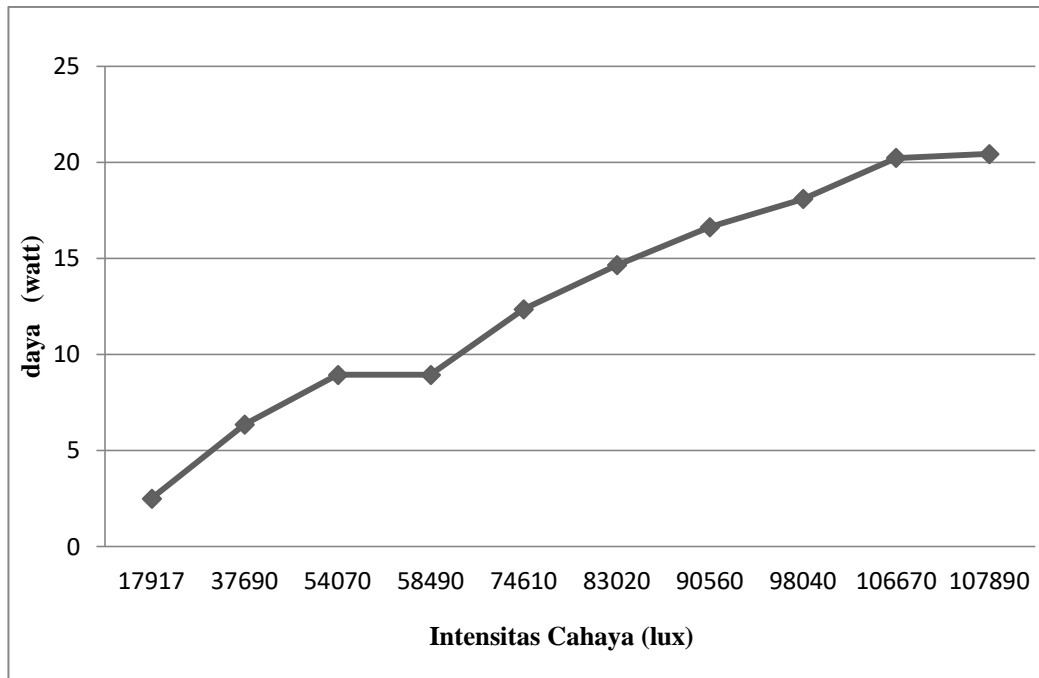
Berdasarkan rata-rata hasil pengukuran yang dilakukan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap perubahan energi yang dihasilkan. Demikian hasil perubahan intensitas cahaya terhadap energi yang dihasilkan.

**Tabel 4.4. hasil pengamatan Intensitas cahaya dan Daya yang dihasilkan setiap jam**

<b>Waktu (WIB)</b>	<b>Intensitas Cahaya (lux)</b>	<b>Daya (watt)</b>
pukul 08.00	17917	<b>2,4836</b>
pukul 09.00	58490	<b>8,9313</b>
pukul 10.00	74610	<b>12,3537</b>
pukul 11.00	90560	<b>16,6257</b>
pukul 12.00	98040	<b>18,0848</b>
pukul 13.00	106670	<b>20,215</b>
pukul 14.00	107890	<b>20,4336</b>
pukul 15.00	83020	<b>14,64</b>
pukul 16.00	54070	<b>8,9247</b>
pukul 17.00	37690	<b>6,3464</b>

Dari tabel 4.4. diatas intensitas cahaya berbanding lurus terhadap daya yang dihasilkan, semakin besar intensitas cahaya maka daya yang dihasilkan semakin besar juga dan juga sebaliknya jika intensitas cahaya semakin kecil maka daya yang dihasilkan semakin kecil juga. Besarnya intensitas meningkat secara terus menerus dari pukul 08:00 WIB sampai pukul 14:00 WIB, seiring meningkatnya besar intensitas cahaya tersebut daya yang dihasilkan oleh *solar cell* juga mengalami peningkatan. Saat intensitas cahaya menurun mulai pukul 14:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB maka akan mempengaruhi terhadap penurunan daya yang dihasilkan oleh *solar cell*. Intensitas cahaya paling kecil terjadi pada saat pukul 08:00 WIB mencapai 17917 dan mampu menghasilkan daya listrik sebesar 2,4836 watt. Sedangkan intensitas cahaya paling besar terjadi

pada pukul 14:00 WIB mencapai 107890 dan mampu menghasilkan daya listrik sebesar 20,4336 watt.



**Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Daya yang dihasilkan per jam.**

#### **4.5. Pengaruh Temperatur *Solar Cell* terhadap Daya yang dihasilkan**

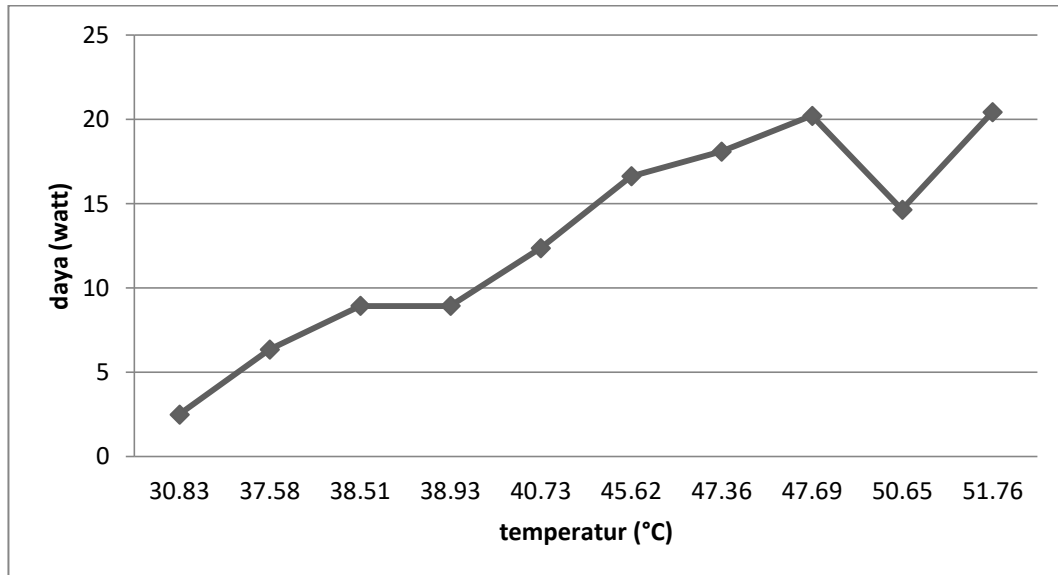
Berikut data hasil pengukuran pengaruh temperatur permukaan *solar cell* terhadap daya yang dihasilkan oleh *solar cell*.

**Tabel 4.5. hasil pengamatan Temperatur permukaan *solar cell* dan Daya yang dihasilkan setiap jam**

<b>Waktu (WIB)</b>	<b>temperatur (°C)</b>	<b>Daya (watt)</b>
pukul 08.00	30,83	<b>2,4836</b>
pukul 09.00	38,93	<b>8,9313</b>
pukul 10.00	40,73	<b>12,3537</b>
pukul 11.00	45,62	<b>16,6257</b>
pukul 12.00	47,36	<b>18,0848</b>
pukul 13.00	47,69	<b>20,215</b>
pukul 14.00	51,76	<b>20,4336</b>
pukul 15.00	50,65	<b>14,64</b>
pukul 16.00	38,51	<b>8,9247</b>
pukul 17.00	37,58	<b>6,3464</b>

Berdasarkan tabel 4.5. diatas bahwa perubahan temperatur permukaan *solar cell* terhadap energi yang dihasilkan berbeda dengan pengaruh intensitas cahaya. Temperatur permukaan *solar cell* berbanding terbalik dengan daya yang dihasilkan, tetapi tidak tidak begitu signifikan terhadap penurunan daya yang dihasilkan. Berdasarkan tabel 4.5. diatas pada pukul 11.00 WIB temperatur permukaan mencapai 45,62 °C dan menghasilkan daya 16.6257 watt sedangkan pada pukul 15.00 WIB temperatur permukaan *solar cell* mencapai 50.65°C tetapi energi yang dapat dihasilkan mengalami penurunan menjadi 14.64 watt. Pada pukul 12.00 WIB temperatur permukaan mencapai 47,36 °C dan menghasilkan daya 18.0848 watt sedangkan pada pukul 15.00 WIB temperatur permukaan *solar cell* mencapai 50,65°C tetapi energi yang dapat dihasilkan mengalami penurunan menjadi 14.64 watt. Pada pukul 13.00 WIB temperatur permukaan mencapai 47,69 °C dan menghasilkan daya 20.215 watt sedangkan pada pukul 15.00 WIB

temperatur permukaan *solar cell* mencapai 50,65°C tetapi energi yang dapat dihasilkan mengalami penurunan menjadi 14.64 watt.



**Gambar 4. 5. Grafik Pengaruh temperatur terhadap energi yang dihasilkan.**

**Tabel 4.6. hasil pengamatan intensitas cahaya dan Temperatur permukaan *solar cell* dan Daya yang dihasilkan setiap jam**

Waktu (WIB)	Intensitas Cahaya (lux)	temperatur (°C)	Daya (watt)
pukul 08.00	17917	30,83	<b>2,4836</b>
pukul 09.00	58490	38,93	<b>8,9313</b>
pukul 10.00	74610	40,73	<b>12,3537</b>
pukul 11.00	90560	45,62	<b>16,6257</b>
pukul 12.00	98040	47,36	<b>18,0848</b>
pukul 13.00	106670	47,69	<b>20,215</b>
pukul 14.00	107890	51,76	<b>20,4336</b>
pukul 15.00	83020	50,65	<b>14,64</b>
pukul 16.00	54070	38,51	<b>8,9247</b>
pukul 17.00	37690	37,58	<b>6,3464</b>

#### 4.6. Perhitungan Daya yang dihasilkan

##### Pukul 08:00

$$\begin{aligned}f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 30,83^\circ\text{C} \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(30,83^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(5,83^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,026)] \\ &= 0,97\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}}\right) & I_T &= \frac{17917}{117,13} \\ &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,97 \left(\frac{152,96 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2}\right) & &= 152,96 \text{ w/m}^2 \\ &= \mathbf{2,967 \text{ watt}}\end{aligned}$$

##### Pukul 09:00

$$\begin{aligned}f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 38,93^\circ\text{C} \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(38,93^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(13,93^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,062)] \\ &= 0,93\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,STC}}\right) & I_T &= \frac{58490}{117,13} \\ &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,93 \left(\frac{499,35 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2}\right) & &= 499,35 \text{ w/m}^2\end{aligned}$$

$$= 9,287 \text{ watt}$$

### Pukul 10:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 40,73^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(40,73^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(15,73^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,070)] \\
 &= 0,92
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{74610}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,92 \left( \frac{636,98 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 636,98 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 11,720 \text{ watt}$$

### Pukul 11:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 45,62^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(45,62^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(20,62^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,092)] \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{90560}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,90 \left( \frac{773,15 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 773,15 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 13,916 \text{ watt}$$

### Pukul 12:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 47,36^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(47,36^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(22,36^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,10)] \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{98040}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,90 \left( \frac{837,01 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 837,01 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 15,066 \text{ watt}$$

### Pukul 13:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 47,69^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(47,69^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(22,69^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,102)] \\
 &= 0,89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{106670}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,89 \left( \frac{910,69 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 910,69 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$



$$= 16,210 \text{ watt}$$

### Pukul 14:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 51,76^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(51,76^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(26,76^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,12)] \\
 &= 0,87
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{107890}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,87 \left( \frac{921,11 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 921,11 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 16,025 \text{ watt}$$

### Pukul 15:00

$$\begin{aligned}
 f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 50,65^\circ\text{C} \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(50,65^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(25,65^\circ\text{C})] \\
 &= [1 + (-0,115)] \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{83020}{117,13} \\
 &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,88 \left( \frac{708,78 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 708,78 \text{ w/m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 12,474 \text{ watt}$$

### Pukul 16:00

$$\begin{aligned} f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 38,51^\circ\text{C} \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(38,51^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(13,51^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,060)] \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{54070}{117,13} \\ &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,93 \left( \frac{461,62 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 461,62 \text{ w/m}^2 \\ &= 8,586 \text{ watt} \end{aligned}$$

### Pukul 17:00

$$\begin{aligned} f_{temp} &= [1 + \alpha_p(T_c - T_{cSTC})] & T_c &= 37,58^\circ\text{C} \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(37,58^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,45\%/^\circ\text{C})(12,58^\circ\text{C})] \\ &= [1 + (-0,056)] \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{PV} &= P_{PV,STC} f_{PV} f_{temp} \left( \frac{I_T}{I_{T,STC}} \right) & I_T &= \frac{37690}{117,13} \\ &= 20 \text{ w} \cdot 100\% \cdot 0,94 \left( \frac{321,77 \text{ w/m}^2}{1000 \text{ w/m}^2} \right) & &= 321,77 \text{ w/m}^2 \end{aligned}$$

= 6,049 watt

#### 4.7. Perbandingan Data Hasil Pengukuran dan Data Hasil Perhitungan Daya

Data hasil pengukuran dan data hasil perhitungan suatu penelitian mengalami perbedaan, hal ini sebagian besar diakibatkan oleh alat ukur. Keakuratan alat ukur sangat mempengaruhi selisih dari data pengukuran dengan data perhitungan. Demikian data hasil pengukuran dan data hasil perhitungan daya persatuan waktu (WIB)

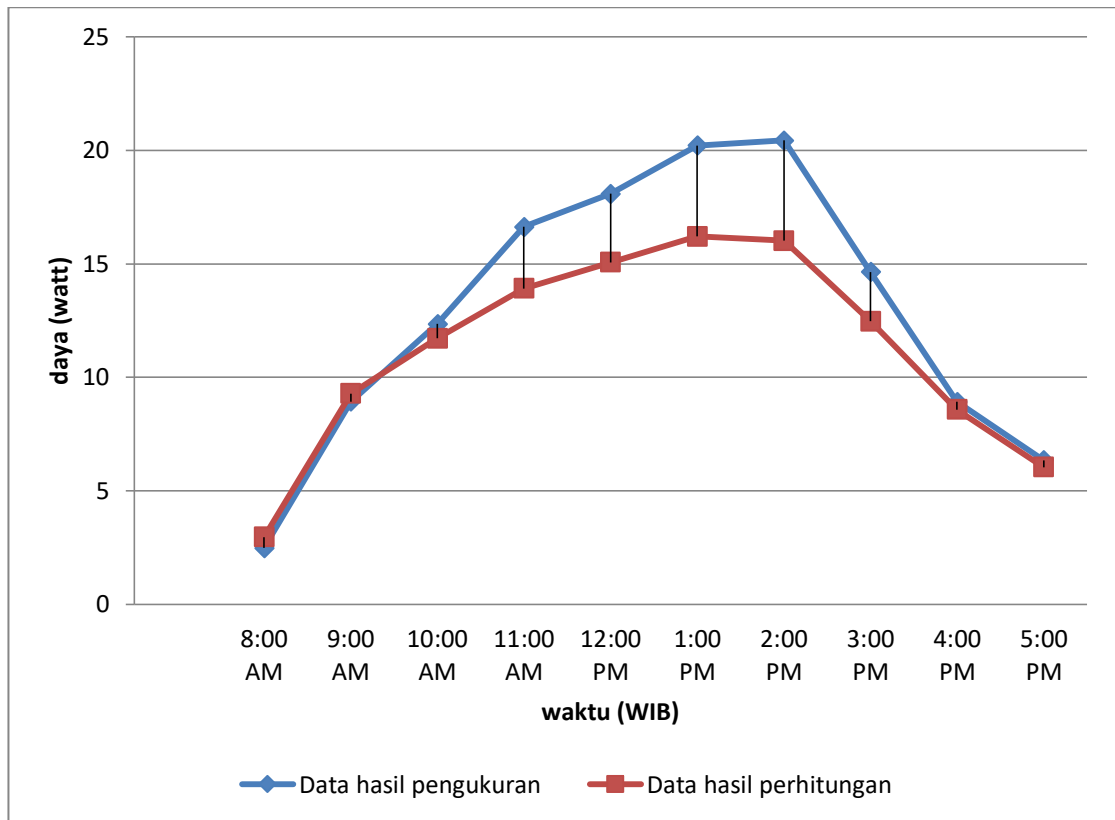
**Tabel 4. 6. Data perbandingan hasil Pengukuran dan hasil Perhitungan Daya persatuan waktu**

<b>WAKTU (WIB)</b>	<b>Data hasil pengukuran (watt)</b>	<b>Data hasil perhitungan (watt)</b>
<b>8:00 AM</b>	<b>2,4836</b>	<b>2,967</b>
<b>9:00 AM</b>	<b>8,9313</b>	<b>9,287</b>
<b>10:00 AM</b>	<b>12,3537</b>	<b>11,72</b>
<b>11:00 AM</b>	<b>16,6257</b>	<b>13,916</b>
<b>12:00 PM</b>	<b>18,0848</b>	<b>15,066</b>
<b>1:00 PM</b>	<b>20,215</b>	<b>16,21</b>
<b>2:00 PM</b>	<b>20,4336</b>	<b>16,025</b>
<b>3:00 PM</b>	<b>14,64</b>	<b>12,474</b>
<b>4:00 PM</b>	<b>8,9247</b>	<b>8,586</b>
<b>5:00 PM</b>	<b>6,3464</b>	<b>6,049</b>

Berdasarkan tabel 4.5. diatas dapat dilihat selisih data hasil pengukuran dengan data hasil perhitungan. Jumlah daya yang paling rendah pada data perhitungan terjadi pukul 8:00 AM yaitu sebesar 2,4836 watt, pada data hasil perhitungan sebesar 2,967 watt. Jumlah daya yang paling besar berdasarkan data hasil pengukuran terjadi pada pukul 2:00 PM mencapai 20,4336 watt, sedangkan pada data hasil perhitungan jumlah daya yang paling besar terjadi pada pukul 1:00 PM mencapai 16,21 watt. Jumlah selisih daya data hasil pengukuran dengan data hasil perhitungan paling kecil terjadi pada pukul 5:00 AM hanya memiliki selisih 0.2974 watt sedangkan jumlah selisih daya data hasil pengukuran dengan data hasil perhitungan paling besar terjadi pada pukul 2:00 PM mencapai 4,4086 watt.

Pada data hasil perhitungan jumlah daya yang dihasilkan tidak ada yang mencapai sesuai dengan *spesifikasi module* panel surya yaitu 20 watt. Hal ini diakibatkan karena data hasil perhitungan sangat bergantung pada suhu permukaan module panel surya dan intensitas cahaya yang diterima module panel surya. Daya yang dihasilkan berdasarkan perhitungan mencapai 20 watt apabila suhu permukaan permukaan panel surya sama dengan 25°C dan intensitas cahaya yang diterima oleh *module* panel surya mencapai 1kW/m<sup>2</sup> dalam keadaan faktor susut 100%.

Untuk perbandingan data hasil pengukuran dan data hasil perhitungan juga dapat dilihat dalam bentuk grafik dibawah ini.



**Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Data Hasil Pengukuran dan Data Hasil Perhitungan Daya.**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Intensitas cahaya sangat mempengaruhi besarnya daya yang di hasilkan oleh panel surya. Perubahan Intensitas cahaya berbanding lurus terhadap perubahan daya yang dihasilkan panel surya, semakin besar intensitas cahaya yang masuk ke panel surya semakin besar juga daya yang dihasilkan oleh panel surya demikian juga sebaliknya.
2. Temperatur permukaan panel surya juga mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan oleh panel surya tetapi pengaruhnya tidak begitu signifikan di bandingkan dengan intensitas cahaya. Perubahan temperatur permukaan panel surya berbanding terbalik dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya, semakin besar temperatur permukaan panel surya mempengaruhi penurunan daya yang dihasilkan oleh panel surya. Hal ini terlihat pada pukul 11:00 WIB hingga pukul 13:00 WIB temperatur permukaan panel surya dibawah temperatur pada pukul 15:00 WIB sekitar  $50.65^{\circ}\text{C}$  tetapi daya yang dihasilkan hanya 14.64 watt sedangkan pada pukul 11:00 WIB hingga pukul 13:00 WIB temperatur permukaan hanya mencapai  $45.62^{\circ}\text{C}$  sampai  $47.69^{\circ}\text{C}$  tetapi daya yang dihasilkan dapat mencapai 16.6257 watt hingga hingga

20.215 watt dengan selisih daya mencapai 1.9857 watt hingga 5.575 watt.

3. Waktu yang tepat untuk mendapatkan daya maksimal oleh panel surya yaitu pada pukul 11:00 WIB sampai pukul 14:00 WIB dengan daya yang dihasilkan mencapai 15.11427 watt hingga 20.4336 watt.

## **5.2. Saran**

Setelah melakukan penelitian ini di dapatkan saran yang mendukung untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan kepada peneliti untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan beban atau dalam bentuk pengisian baterai.
2. Penelitian selanjutnya dalam pengukuran tegangan dan dan arus dilakukan secara otomatis dengan menggunakan sensor arus dan sensor tegangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra. B.G., Madyono. G. (2017). Analisis Intensitas Cahaya pada Area Produksi terhadap Keselamatan dan Kenyamanan Kerja sesuai dengan Standar Percahayaan. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*. Vol. 10, No. 2. 115 – 124.
- Afriyani. A.D., Prasetya.S., Filzi. R. (2019). Analisis Pengaruh Posisi Panel Surya terhadap Daya yang dihasilkan di PT Lentera Bumi Nusantara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*. 176 – 183.
- Arismunandar, Wiranto. 1995. *Teknologi Rekayasa Surya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Bahari. S., Laka. A., Rosmiati. (2017). Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Menggunakan Energi Matahari Intensitas Cahaya terhadap Tegangan. *Makalah*. Dalam: Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017 Fakultas Teknik UNiversitas Muhammadiyah Jakarta, 1 – 2 November.
- Bahri, s. (2019). Optimasi cluster k-means dengan modifikasi metode elbow untuk menganalisis disrupsi pendidikan tinggi.
- Deny, S., M. Marhaendra, A. (2016). Pengaruh Temperatur / Suhu terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya). *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industry*. Vol. 2, No. 1, hal 49 – 52.
- Diantoro, m., maftuha, d., suprayogi, t., iqbal, m. R., mufti, n., taufiq, a., ... & hidayat, r. (2019). Performance of pterocarpus indicus willd leaf extract as natural dye tio2-dye/ito dssc. *Materials today: proceedings*, 17, 1268-1276.
- Hamdani, h., tharo, z., & anisah, s. (2019, may). Perbandingan performansi pembangkit listrik tenaga surya antara daerah pegunungan dengan daerah pesisir. In seminar nasional teknik (semnastek) uisu (vol. 2, no. 1, pp. 190-195).
- Faizin, M.A., Arnandi. W., & Noorsetyio. (2018). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Unjuk Kerja Solar Cell Tipe Polycrystalline Silicon Kapasitas 10 Watt. *RIDTEM (Riset Diploma Teknik Mesin)*. Vol. 1, No. 2. 27 – 35.
- Hariyanto, e., iqbal, m., siahaan, a. P. U., saragih, k. S., & batubara, s. (2019, march). Comparative study of tiger identification using template matching approach based on edge patterns. In *journal of physics: conference series* (vol. 1196, no. 1, p. 012025). Iop publishing.



- Ihsan. (2013). Peningkatan Suhu Modul dan Daya Keluaran Panel Surya dengan Menggunakan Reflector. *Jurnal Teknosains*. Vol. 7, No. 2, hal 275 – 283.
- Khwee, K. H. (2013). Pengaruh Temperatur terhadap Kapasitas Daya Panel Surya (Studi Kasus : Pontianak). *Jurnal Elkha*. Vol. 5, No. 2, hal 23 – 26.
- Lubis, a., & batubara, s. (2019, december). Sistem informasi suluk berbasis cloud computing untuk meningkatkan efisiensi kinerja dewan mursyidin tarekat naqsyabandiyah al kholidiyah jalaliyah. In prosiding simantap: seminar nasional matematika dan terapan (vol. 1, pp. 717-723).
- Muhammad, A., Desyana, O. M., Okky, F. T. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). *Jurnal Integrasi*. Vol. 9 No 1, hal 24 – 27.
- Putra, randi rian, et al. "decision support system in selecting additional employees using multi-factor evaluation process method." (2019).
- Putra, randi rian. "sistem informasi web pariwisata hutan mangrove di kelurahan belawan sicanang kecamatan medan belawan sebagai media promosi." jurnal ilmiah core it: community research information technology 7.2 (2019).
- Rahmaniar, r. (2019). Model flash-nr pada analisis sistem tenaga listrik (doctoral dissertation, universitas negeri padang).
- Sidik, a. P., efendi, s., & suherman, s. (2019, june). Improving one-time pad algorithm on shamir's three-pass protocol scheme by using rsa and elgamal algorithms. In journal of physics: conference series (vol. 1235, no. 1, p. 012007). Iop publishing.
- Sulistianingsih, i., suherman, s., & pane, e. (2019). Aplikasi peringatan dini cuaca menggunakan running text berbasis android. It journal research and development, 3(2), 76-83.
- Subekti, Y., Gede, S., & RA. Retno. H. (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya*. Vol. 1, No. 2, 193 – 202.
- Tasril, v., wijaya, r. F., & widya, r. (2019). Aplikasi pintar belajar bimbingan dan konseling untuk siswa sma berbasis macromedia flash. Jurnal informasi komputer logika, 1(3).
- Wijaya, rian farta, et al. "aplikasi petani pintar dalam monitoring dan pembelajaran budidaya padi berbasis android." rang teknik journal 2.1 (2019).