

**Pembuatan dan Pengujian Simulator Cahaya Matahari  
untuk *Solar Panels***

***Fabrication and Testing a Solar Light Simulator  
For Measurmet Test Photovoltaic Module***

**SKRIPSI**

**Oleh:**  
**Nama: Asep Maulana**  
**NPM: 193030022**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Asep Maulana

Nomor Pokok Mahasiswa : 193030022

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 2 Juli 2024

Penulis,



**Asep Maulana**

# SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a: Asep Maulana

NPM: 193030022

Program Studi: Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya: Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Pembuatan dan Pengujian Simulator Cahaya Matahari untuk *Solar Panels*”**

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta,

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 2 Juli 2024

Yang menyatakan,



Asep Maulana

# LEMBAR PENGESAHAN

## Pembuatan dan Pengujian Simulator Cahaya Matahari untuk *Solar Panels*



**Nama: Asep Maulana**  
**NPM: 193030022**

Pembimbing Utama



Ir. Toto Supriyono, M.T.

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T.

# KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia -Nya akhirnya saya menyelesaikan Skripsi dengan judul **“Pembuatan dan Pengujian Simulator Cahaya Matahari untuk Solar Panels”**. Laporan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasundan Bandung. Tidak sedikit kesulitan yang saya hadapi dalam laporan skripsi ini, namun dengan bantuan serta dorongan do'a maupun materi dari berbagai pihak akhirnya laporan skripsi ini dapat diselesaikan. Saya ingin menyampaikan rasa terimakasih saya kepada:

1. Kepada orang tua dari penulis yang telah memberikan segalanya, baik do'a moril maupun materil demi kelancaran dan keberhasilan penulis. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, dan perhatiannya.
2. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasundan yang telah mendedikasikan diri untuk memimpin Program Studi Teknik Mesin guna menjadi Program Studi yang unggulan
3. Bapak Ir. Toto Supriyono, M.T. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi masukan kepada penulis dan menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Dr. Ir. Gatot Santoso, M.T. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi masukan kepada penulis dan menyelesaikan skripsi.

Saya menyadari laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan waktu, pengetahuan, serta kemampuan yang saya miliki. Dengan demikian kritik dan saran yang membangun sangatlah diharapkan. Saya mengharapkan laporan skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi saya dan umumnya bagi semua pihak yang memerlukannya. Akhir kata, semoga segala bantuan yang telah diberikan kepada saya akan mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Wassalammua'laikum Wr. Wb

Bandung, 2 Juli 2024

Penulis, Asep Maulana

# DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN .....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK.....	x
<i>ABSTRACT</i> .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang .....	1
2. Rumusan Masalah.....	1
3. Tujuan .....	2
4. Manfaat .....	2
5. Batasan Masalah .....	2
6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Kajian Pustaka.....	4
2. <i>Solar panels</i> .....	8
3. Simulator Surya.....	9
4. Spektrum Cahaya Matahari dan Sumber Cahaya (Lampu).....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
1. Tahapan Penelitian .....	13
2. Pengaturan Intensitas Lampu .....	15
3. Sistem Instrumentasi .....	15
4. Setup Pengukuran/Pengujian .....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	18
1. Alat dan Bahan Yang Digunakan.....	18
2. Proses Manufaktur Simulator Surya .....	24
3. Pengujian Alat Simulator Surya.....	32
3.1 Pengujian simulator surya dengan jarak 50 cm antara lampu dengan <i>solar panels</i>	32
3.2 Pengujian simulator surya dengan jarak 80 cm antara lampu dengan <i>solar panels</i>	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
1. Kesimpulan .....	57
2. Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN.....	61
1. Data hasil pengujian/pengukuran.....	61
2. Foto-Foto Kegiatan .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Prinsip kerja <i>solar panels</i> .....	8
Gambar 2. Spektrum cahaya matahari .....	10
Gambar 3. Spektrum cahaya lampu Xenon.....	11
Gambar 4. Spektrum cahaya lampu Halida logam.....	12
Gambar 5. Spektrum cahaya lampu QTH .....	12
Gambar 6. Diagram alir tahap penelitian .....	13
Gambar 7. Setup pengujian .....	17
Gambar 8. Hollow.....	18
Gambar 9. Baja UNP .....	18
Gambar 10. Plat baja.....	19
Gambar 11. Dongkrak.....	19
Gambar 12. <i>Solar panels</i> .....	20
Gambar 13. Lampu halogen 500 W .....	20
Gambar 14. <i>Solar power meter</i> .....	21
Gambar 15. <i>Solar panel</i> multimeter.....	21
Gambar 16. <i>Air flow</i> anemometer .....	22
Gambar 17. Power meter .....	22
Gambar 18. <i>Dimmer</i> lampu.....	23
Gambar 19. <i>Temperature Recorder 12 Channel</i> .....	23
Gambar 20. Kipas angin.....	23
Gambar 21. Proses pembuatan simulator surya .....	25
Gambar 22. Konfigurasi lampu.....	29
Gambar 23. Konfigurasi termokopel.....	30
Gambar 24. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 4 lampu .	33
Gambar 25. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 4 lampu .....	34
Gambar 26. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 4 lampu.....	34
Gambar 27. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 8 lampu .	36
Gambar 28. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 8 lampu .....	37
Gambar 29. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 8 lampu.....	37
Gambar 30. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 12 lampu .....	39
Gambar 31. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 12 lampu .....	39



Gambar 32. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 12 lampu.....	40
Gambar 33. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 16 lampu .....	41
Gambar 34. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 16 lampu .....	42
Gambar 35. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 16 lampu.....	42
Gambar 36. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 4 lampu .	44
Gambar 37. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 4 lampu .....	44
Gambar 38. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 4 lampu.....	45
Gambar 39. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 8 lampu .	47
Gambar 40. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 8 lampu .....	47
Gambar 41. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 8 lampu.....	48
Gambar 42. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 12 lampu	50
Gambar 43. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 12 lampu .....	50
Gambar 44. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 12 lampu.....	51
Gambar 45. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya <i>output</i> PV menggunakan 16 lampu	53
Gambar 46. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap daya efisiensi PV menggunakan 16 lampu .....	53
Gambar 47. Grafik <i>temperature solar panels</i> terhadap FF PV menggunakan 16 lampu.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan, serta spesifikasi dan fungsi .....	14
Tabel 2. Potongan material untuk membuat alat simulator.....	18
Tabel 3. Potongan material untuk membuat alat simulator.....	26
Tabel 4. Komponen alat simulator surya .....	31
Tabel 5. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 4 lampu pada jarak 50 cm .....	32
Tabel 6. Intensitas cahaya lampu menggunakan 4 lampu pada jarak 50 cm .....	32
Tabel 7. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 8 lampu pada jarak 50 cm .....	35
Tabel 8. Intensitas cahaya lampu menggunakan 8 lampu pada jarak 50 cm.....	35
Tabel 9. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 12 lampu pada jarak 50 cm .....	38
Tabel 10. Intensitas cahaya lampu menggunakan 12 lampu pada jarak 50 cm.....	38
Tabel 11. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 16 lampu pada jarak 50 cm .....	40
Tabel 12. Intensitas cahaya lampu menggunakan 16 lampu pada jarak 50 cm.....	41
Tabel 13. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 4 lampu pada jarak 80 cm .....	43
Tabel 14. Intensitas cahaya lampu menggunakan 4 lampu pada jarak 80 cm.....	43
Tabel 15. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 8 lampu pada jarak 80 cm .....	45
Tabel 16. Intensitas cahaya lampu menggunakan 8 lampu pada jarak 80 cm.....	45
Tabel 17. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 12 lampu pada jarak 80 cm .....	48
Tabel 18. Intensitas cahaya lampu menggunakan 12 lampu pada jarak 80 cm.....	49
Tabel 19. Uji <i>solar panels</i> menggunakan 16 lampu pada jarak 80 cm .....	51
Tabel 20. Intensitas cahaya lampu menggunakan 16 lampu pada jarak 80 cm.....	52

## ABSTRAK

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat simulator surya. Keterbatasan dalam melakukan percobaan pengujian *solar panels* di luar ruangan dapat diatasi dengan melakukan percobaan di dalam ruangan dengan menggunakan simulator surya. Kondisi pengujian dalam ruangan dengan simulator surya memungkinkan untuk mengontrol kondisi yang ditetapkan dalam pengujian, jika dibandingkan dengan pengujian di luar ruangan. Komponen penting dari simulator surya adalah sumber cahaya yang menggantikan cahaya matahari. Pembuatan simulator cahaya matahari dengan menggunakan lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari. Lampu halogen digunakan untuk simulator surya karena ketersediaannya dan manipulasinya yang mudah, intensitas cahaya yang tinggi, biaya rendah, dan interval spektral yang mendekati sinar matahari alami. Sinar matahari alami memiliki temperature warna  $\sim 5600$  K, sedangkan lampu halogen memancarkan pada *temperature* benda hitam  $\sim 3200$  K. Panjang gelombangnya berkisar antara 360 dan 2500 nm yang mirip dengan sinar matahari. Panel sel surya merupakan sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengubah energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaiik. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat sebuah alat simulator cahaya matahari dengan menggunakan lampu halogen berukuran 1200 mm x 1200 mm x 1800 mm dan untuk mengetahui kinerja *solar panel*. Metode yang digunakan adalah pengukuran terhadap parameter yang digunakan untuk menganalisa pengaruh cahaya lampu terhadap efisiensi *solar panel*. Intensitas cahaya lampu mempengaruhi kinerja dan efisiensi *solar panel*, serta *temperature solar panel*. Semakin tinggi intensitas cahaya, semakin tinggi efisiensi kerja *solar panel*. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi *solar panel* tertinggi sebesar 7,49% pada *temperature* permukaan *solar panel* sebesar  $44^{\circ}\text{C}$  pada jarak pengujian 80 cm dan konfigurasi 8 lampu dengan nilai intensitas sebesar  $268 \text{ W/m}^2$ .

**Kata kunci:** Simulator surya, lampu halogen, panel surya, intensitas cahaya, efisiensi

## ***ABSTRACT***

*Several studies have been conducted to create solar simulators. Limitations in conducting solar panels testing experiments outdoors can be overcome by conducting experiments indoors using a solar simulator. Indoor testing conditions with a solar simulator make it possible to control the conditions set in the test, when compared to outdoor testing. An important component of the solar simulator is the light source that replaces sunlight. Making a solar light simulator by using halogen lamps as a substitute for sunlight. Halogen lamps are used for solar simulators due to their easy availability and manipulation, high light intensity, low cost, and spectral interval close to natural sunlight. Natural sunlight has a color temperature of ~5600 K, while halogen lamps emit at a blackbody temperature of ~3200 K. Their wavelength ranges between 360 and 2500 nm which is similar to sunlight. A solar cell panel is a semiconductor element that can convert solar energy into electrical energy using the photovoltaic principle. The purpose of this research is to design and make a sunlight simulator using halogen lamps measuring 1200 mm x 1200 mm x 1800 mm and to determine the performance of solar panels. The method used is the measurement of the parameters used to analyze the effect of light on the efficiency of solar panels. The light intensity of the lamp affects the performance and efficiency of the solar panel, as well as the temperature of the solar panel. The higher the light intensity, the higher the working efficiency of the solar panel. From the research results, the highest efficiency was obtained at 7.49% at a solar panel surface temperature of 44 °C at a testing distance of 80 cm and a configuration of 8 lamps with an intensity value of 268 W/m<sup>2</sup>.*

***Keywords:*** *Solar simulator, halogen lamp, solar panel, light intensity, efficiency*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1. Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi energi surya tidak lepas dari peran penelitian yang dilakukan. Keterbatasan dalam melakukan percobaan pengujian *solar panels* di luar ruangan dapat diatasi dengan melakukan percobaan di dalam ruangan menggunakan simulator surya [1]–[5]. Kondisi pengujian dalam ruangan dengan simulator surya memungkinkan untuk mengontrol kondisi yang ditetapkan dalam pengujian, jika dibandingkan dengan pengujian di luar ruangan. Komponen penting dari simulator surya adalah sumber cahaya yang menggantikan cahaya matahari [6]–[8].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk membuat simulator cahaya matahari. Pembuatan simulator cahaya matahari dengan menggunakan lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari [9]–[11]. Lampu halogen digunakan untuk simulator surya karena ketersediaan dan manipulasinya yang mudah, intensitas cahaya yang tinggi, biaya rendah, dan interval spektral yang mendekati sinar matahari alami. Sinar matahari alami memiliki *temperature* warna  $\sim 5600$  K, sedangkan lampu halogen memancar pada *temperature* benda hitam  $\sim 3200$  K. Panjang gelombangnya berkisar antara 360 dan 2500 nm yang mirip dengan sinar matahari [12]–[14].

Pada penelitian ini pembuatan simulator cahaya matahari untuk pengujian *solar panels* adalah untuk mempermudah dalam pengujian *solar panels*. Dimensi simulator cahaya matahari adalah 1200 mm x 1200 mm x 1800 mm, terbuat dari material AISI 1035. Pada simulator ini *solar panels* dapat diatur sesuai dengan jarak pengujian. Sumber cahaya yang digunakan adalah lampu halogen philips 500 W sebanyak 16 buah yang dipasang pada papan plywood dengan ukuran 1200 mm x 1200 mm dengan ketebalan 10 mm. Posisi dan konfigurasi lampu halogen bersifat statis dan dapat dinyalakan dan dimatikan secara manual menggunakan switch. Jarak rata-rata antar lampu adalah 132 mm. Jarak lampu terhadap solar panel adalah 800 mm.

## 2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas di atas terdapat beberapa masalah. Dari beberapa masalah yang ada tersebut disusun rumusan masalah yang sesuai dengan penelitian. Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana pembuatan simulator cahaya matahari untuk pengujian *solar panel*.

- b. Bagaimana distribusi cahaya lampu yang seragam pada saat pengujian *solar panel*.

### **3. Tujuan**

Tujuan adalah hal yang harus dicapai dari penelitian ini. Dengan berdasar dari latar belakang masalah dan rumusan masalah maka dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

- a. Membuat simulator cahaya matahari menggunakan lampu halogen
- b. Menentukan kinerja *solar panel* hubungan antara intensitas cahaya lampu halogen dan efisiensi.

### **4. Manfaat**

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat bagi penulis maupun bagi semua orang. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dapat dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan simulator cahaya matahari.
- b. Dapat melakukan pengujian di dalam ruangan tanpa bergantung pada kondisi cuaca.

### **5. Batasan Masalah**

Untuk mempermudah penelitian ini maka perlu adanya penyederhanaan berupa batasan masalah. Penyederhanaan berupa batasan masalah yang dihadapi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Material yang digunakan adalah AISI 1035 berbentuk hollow dengan dimensi 40 mm x 40 mm dengan tebal 1,7 mm.
- b. Simulator cahaya matahari dibuat dengan dimensi 1200 mm x 1200 mm x 1800 mm.
- c. Sinar matahari disimulasikan menggunakan lampu halogen 500 W.
- d. Jarak pengujian *solar panels* terhadap lampu berjarak 500 dan 800 mm.

### **6. Sistematika Penulisan**

Laporan skripsi ini terdiri dari lima bab. Dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

## **BAB I PENDAHULUAN**

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

## **BAB II STUDI LITERATUR**

Bab ini berisikan tentang studi terdahulu dan dasar-dasar pembuatan simulator cahaya matahari untuk pengujian *solar panel*.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dipaparkan mengenai diagram alir penelitian, desain yang dipilih dan table pengujian.

## **BAB IV PENGUJIAN DAN HASIL ANALISA PENGUJIAN**

Pada bab ini dibahas tentang analisi alat yang telah dibuat dan dilakukan pengujian.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini dibahas tentang kesimpulan keseluruhan dari penelitian yang dilakukan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan jurnal atau buku acuan yang digunakan penulis dalam pembuatan laporan penelitian.

## **LAMPIRAN**

## BAB II STUDI LITERATUR

### 1. Kajian Pustaka

Pada penelitian ini menggunakan penelitian terdahulu yang pertama penelitian Zainal Arifin, Ilham Wahyu Kuncoro, dan Miftah Hijriawan. Kedua penelitian

#### A. Penelitian I, Zainal Arifin, Ilham Wahyu Kuncoro, dan Miftah Hijriawan (2021)

Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh Zainal Arifin, Ilham Wahyu Kuncoro, dan Miftah Hijriawan (2021) dengan judul “*Solar Simulator Development for 50 WP Solar Photovoltaic Experimental Design Using Halogen Lamp*” [1].

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan, salah satunya dapat menggunakan metode fotovoltaik, yang memanfaatkan foton pada radiasi matahari untuk dikonversi secara langsung menjadi energi listrik melalui teknologi *solar panels* fotovoltaik (PV).

Pengujian dalam ruangan dengan simulator surya direkomendasikan untuk memperoleh kinerja tetap Panel Surya PV. Karena kesederhanaan, reproduktifitas, dan keandalan data, simulator surya memungkinkan temuan pengujian yang lebih efisien. Hal ini dapat dicapai dengan memodifikasi dan memanipulasi keadaan pengujian sesuai kebutuhan. Beberapa kondisi harus dipenuhi selama pengujian simulator surya, termasuk kerapatan daya, keseragaman dan stabilitas intensitas iradiasi (tidak melebihi 10%), distribusi energi spektral, dan sudut datang sinar matahari. Selain itu, sumber cahaya yang menggantikan sinar matahari merupakan faktor penting dalam mengembangkan simulator surya. Dalam penelitian ini, lampu halogen dipilih karena keandalannya, biaya rendah, dan ketersediaannya yang mudah di pasaran. Simulator surya ini dirancang untuk pengujian eksperimental pada pengembangan panel Surya PV dengan kapasitas 50 WP. Pengujian simulator surya dilakukan pada jarak 75 cm antara lampu dan panel surya, dengan lima variasi tegangan yaitu 100 volt, 125 volt, 160 volt, 190 volt, dan 225 volt. Berdasarkan standar ASTM E927, diperoleh hasil pengujian simulator surya kelas B dengan luas efektif 16%. Hasil ini menghasilkan ketidakseragaman terbaik sebesar 2,61% pada tegangan 190 volt dan intensitas iradiasi tertinggi sebesar 1156,313 W/m<sup>2</sup> pada tegangan 225 volt.



B. Penelitian II, Asrul, Reyhan Kyai Demak, Rustan Hatib (2016)

Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh Asrul, Reyhan Kyai Demak, Rustan Hatib (2016) dengan judul “Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul *Photovoltaic* Tipe *Multicrystalline*” [15].

Dari berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa adanya perbedaan efisiensi sel surya terhadap pengaruh intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh temperatur terhadap efisiensi panel surya tipe *multicrystalline* dengan menggunakan simulasi cahaya lampu sebagai sumber pengganti matahari. Pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap parameter yang digunakan untuk menganalisa pengaruh cahaya lampu terhadap efisiensi panel surya. Dari hasil penelitian diperoleh nilai efisiensi tertinggi pada daya lampu 300 Watt sebesar 2,19% pada suhu permukaan panel sebesar 31,3 °C, kemudian lampu 500 Watt sebesar 2,13% pada suhu 33,6 0C dan yang terakhir lampu yang 1000 Watt dengan nilai efisiensi sebesar 2,06% pada suhu permukaan panel sebesar 34,5 °C. Pengujian dilakukan di dalam ruangan yang tertutup dengan memvariasikan intensitas cahaya lampu yang mengenai *solar panels* dengan menggunakan lampu halogen dengan daya 300 Watt, 500 Watt dan 1000 Watt. Sehingga secara otomatis *temperature* permukaan *solar panels* meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dalam pengujian. Pengambilan data dilakukan setiap 1 menit sampai menit ke-6 dan selanjutnya pengambilan data dilakukan setiap 3 menit sampa *temperature* mencapai 100° C untuk masing-masing set bola lampu agar data yang didapatkan lebih spesifik. Dalam pengujian ini dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter yang digunakan untuk menganalisa pengaruh cahaya lampu dan perubahan *temperature* terhadap efisiensi *solar panels*.

C. Penelitian III, Muhammad Rafi (2020)

Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh Muhammad Rafi (2020) dengan judul “Desain sistem simulator surya (*Solar Simulator*) Untuk Menguji Karakteristik I-V *Solar panels* Berbasis *LabView*” [16].

Pada penelitian ini menggunakan panel surya jenis monokristal dengan

spesifikasi 20 watt. Tegangan maksimal pada panel surya yang digunakan pada open circuit adalah sebesar 21.80 V serta arus pada short circuit adalah sebesar 1.21 A. Lampu yang digunakan mempunyai spesifikasi sebesar 1000 Watt 220 Volt. Lampu bekerja sebagai pemberi sinar yang akan diterima oleh solar cell. Lampu dapat diatur besar keluarannya menggunakan SPC (*Single Phase Controller*). Pada penelitian ini, hasil pengukuran dapat dimonitoring dan dikontrol pada dashboard tampilan *LabVIEW* atau yang lebih dikenal dengan HMI (*Human Machine Interface*). Data hasil pengukuran juga dapat disimpan dan dapat diolah kembali. Pada solar simulator ini pengukuran tegangan dan arus hasil rancangan bekerja sesuai fungsinya, sensitivitas pengukuran tegangan dan arus sangat baik untuk daerah ukur 0-22 V dan 0-3 A dc untuk digunakan pada alat simulator panel surya, akurasi pengukuran tegangan dan arus memenuhi syarat kelas akurasi industri, yaitu  $\pm 1\%$ , kinerja alat simulator secara keseluruhan sesuai dengan yang direncanakan.

Lampu diatur dalam *range* minimal dan maksimal untuk kemudian dapat diuji. Karakteristik yang dihasilkan tentu saja akan berbeda dengan *solar cell* yang diuji menggunakan cahaya matahari langsung. Fitur tambahan pada pengujian ini adalah pengukuran yang dilakukan sudah berbasis komputer. Software yang digunakan software yang dikeluarkan oleh National Instrument yaitu *LabVIEW*. *LabVIEW* yang digunakan adalah versi keluaran tahun 2015. Pada penelitian ini, hasil pengukuran dapat dimonitoring dan dikontrol pada dashboard tampilan *LabVIEW* atau yang lebih dikenal dengan HMI (*Human Machine Interface*). Data hasil pengukuran juga dapat disimpan dan dapat diolah kembali.

D. Penelitian IV, Y.M. Irwan, W.Z. Leow, M. Irwanto, Fareq M, A.R. Amelia, N. Gomesh, I. Safwati (2015) [17].

Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh IV, Y.M. Irwan, W.Z. Leow, M. Irwanto, Fareq M, A.R. Amelia, N. Gomesh, I. Safwati (2015) dengan judul "*Analysis air cooling mechanism for photovoltaic panel by solar simulator*"

Tujuan utama simulator surya adalah untuk menganalisis kinerja panel PV dengan dan tanpa mekanisme pendinginan udara dalam pengujian di dalam ruangan. Radiasi matahari dan suhu operasi merupakan faktor utama yang mempengaruhi efisiensi listrik panel PV. Kenaikan suhu operasi panel PV karena radiasi matahari yang lebih tinggi menyebabkan penurunan efisiensi listrik dan degradasi panel

PV. Ketika radiasi matahari menurun, output daya maksimum yang dihasilkan oleh panel PV juga menurun. Ini karena ketersediaan foton sel semikonduktor yang kurang. Mekanisme pendinginan udara dirancang dan dibangun untuk menjaga panel dalam suhu tertentu. Dalam perbandingan antara kinerja panel PV dengan dan tanpa mekanisme pendinginan udara, pengaturan pendinginan udara mengalami penurunan akibat efek termal dan meningkatkan output daya. Selain itu, suhu operasi panel PV dengan mekanisme pendingin udara lebih rendah dari referensi panel PV. Hasil percobaan menyebutkan bahwa penurunan suhu operasi sekitar 2-3 °C meningkatkan daya keluaran panel PV dengan mekanisme pendinginan udara sebesar 6 - 14 %. Kenaikan output daya akan memiliki kontribusi yang signifikan terhadap aplikasi sistem PV.

- E. Penelitian Toto Supriyono, Muhammad Ramandani, Herman Soemantri, Murtalim (2022) [18].

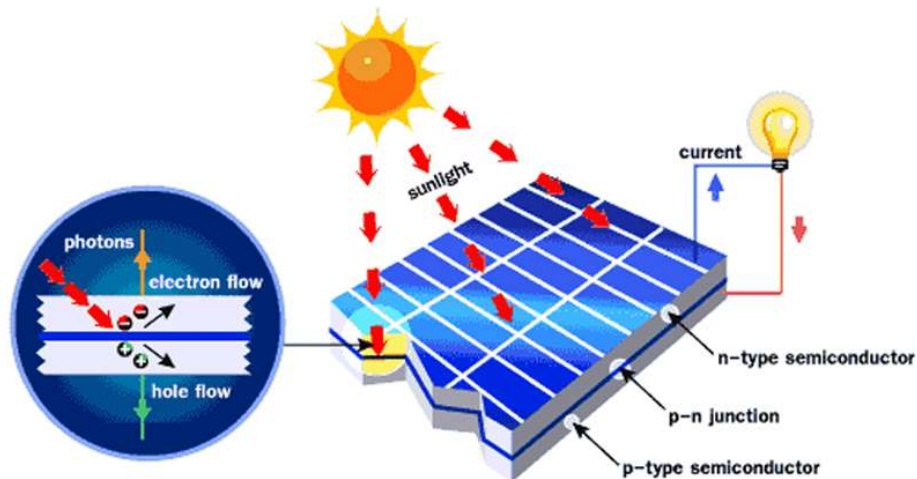
Penelitian Terdahulu yang dilakukan oleh Toto Supriyono, Muhammad Ramandani, Herman Soemantri, Murtalim (2022) dengan judul “Uji Performansi Solar Panel Kapasitas 100 Wp”

*Solar panels* merupakan komponen penting dari suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya yang berfungsi mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik DC. Arus listrik yang dihasilkan oleh *solar panels* dapat dialirkan ke baterai sebagai tempat penyimpanan listrik. Intensitas cahaya matahari dan *temperature* lingkungan yang berbeda di setiap wilayah serta kenaikan *temperature* kerja *solar panels* dapat mempengaruhi efisiensi *solar panels*. Pengujian performansi *solar panels* diperlukan untuk mengetahui efisiensi konversi energi cahaya matahari menjadi listrik DC. Pengujian performansi *solar panels* telah dilakukan di kampus IV Universitas Pasundan Bandung dengan menggunakan *solar panels* tipe polycrystalline yang berkapasitas 100Wp. Pengukuran dilakukan selama 30 hari menggunakan sistem data akuisisi. Besaran yang diukur adalah intensitas cahaya matahari, *temperature*, tegangan dan arus yang keluar dari *solar panels* secara realtime. Beban yang digunakan untuk menerima suplai tegangan dan arus dari *solar panels* adalah baterai (Accu). Hasil pada pengujian menunjukkan bahwa *solar panels* yang diuji memiliki efisiensi sebesar 11.4%. Kinerja ini lebih rendah 5.5% dari kinerja *solar panels* yang diukur pada STC. Besar daya keluaran tertinggi mencapai 63.1 W.

## 2. Solar panels

*Solar panels* terdiri dari sejumlah sel silikon yang disinari matahari dan menghasilkan photon yang membangkitkan arus listrik. Energi listrik yang keluar dari sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama [16], [19].

*Solar panels* adalah sebuah elemen semikonduktor seperti silikon yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan prinsip fotovoltaik. Tegangan dan arus listrik yang dihasilkan sel surya dipengaruhi oleh tingkat intensitas radiasi cahaya matahari dan *temperature* udara lingkungan. Semakin rendah intensitas radiasi cahaya matahari maka makin rendah pula arus dan tegangan yang dihasilkan. *Temperature* lingkungan disekitar *solar panels* juga memiliki kontribusi dalam perubahan *temperature* pada sel surya. Akibat kenaikan *temperature*, maka tegangan listrik yang diproduksi oleh *solar panels* menjadi berkurang [20], [21]



Gambar 1. Prinsip kerja solar panels

Prinsip kerja *solar panels* adalah ketika semikonduktor seperti silikon (Si) diletakkan di bawah cahaya energi berbasis sinar matahari, maka silikon akan menghantarkan energi listrik yang dikenal sebagai dampak fotovoltaik. Fotovoltaik adalah datangnya elektron dari suatu logam permukaan yang disebabkan oleh tabrakan cahaya dari energi berorientasi matahari. Dampak ini adalah interaksi aktual dasar dari PV yang berubah dari energi berbasis matahari menjadi energi listrik [11], [22].

Adapun jenis-jenis *solar panels* [23], sebagai berikut:

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan *solar panels* yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan *solar panels* yang memiliki susunan kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. *Solar panels* jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan *solar panels* (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikro kristal *silicon* dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan *polykristal*. Inovasi terbaru adalah *Thin Film Triple Junction Photovoltaic* (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lainnya.

### **3. Simulator Surya**

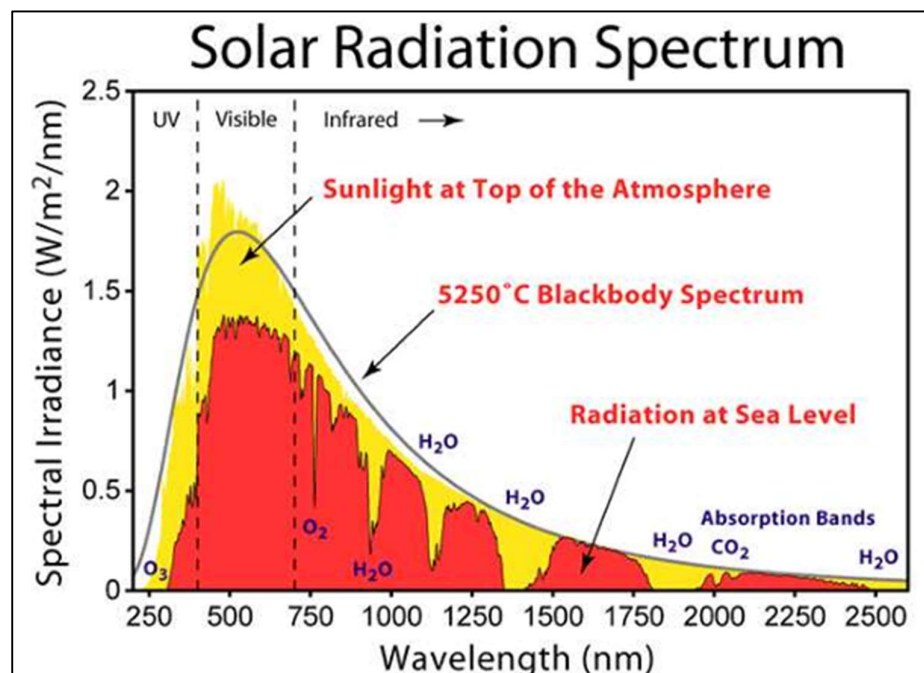
Simulator surya adalah perangkat yang memberikan sinar matahari dengan sumber cahaya buatan dan memungkinkan pengujian dalam ruangan yang dapat dikontrol dalam kondisi yang diinginkan [24]–[26]. Simulator merupakan suatu alat yang digunakan sebagai media pembelajaran yang mempunyai bentuk dan fungsi sama seperti alat atau unit yang aslinya. Penggunaan alat simulator sebagai sarana pembelajaran merupakan salah satu metode pembelajaran yang sangat baik guna mengetahui komponen, fungsi, dan cara kerja dari alat atau unit tersebut. Sifat parameter lingkungan yang sementara,

terutama radiasi matahari, membuat pengujian teknologi luar ruangan tidak dapat dikendalikan [27]–[29].

Radiasi matahari di lingkungan alami berubah terus-menerus sepanjang hari dan musim, sedangkan pengujian di dalam ruangan dapat dikontrol, dapat diulang, dan stabil [1]. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mengubah satu parameter (misalnya, intensitas atau sudut datangnya fluks cahaya) dan menganalisis bagaimana sistem dipengaruhi oleh masing-masing parameter tersebut. Aspek penting dari desain simulator surya adalah pencocokan spektral yang benar, keseragaman radiasi, dan stabilitas *temperature* [30], [31].

#### 4. Spektrum Cahaya Matahari dan Sumber Cahaya (Lampu)

Spektrum sinar matahari ditunjukkan pada Gambar 2. Data spektral ini digunakan untuk memilih jenis sumber cahaya untuk simulator surya. Energi tampak maksimum didominasi oleh cahaya tampak [7], [13], [14], [16].



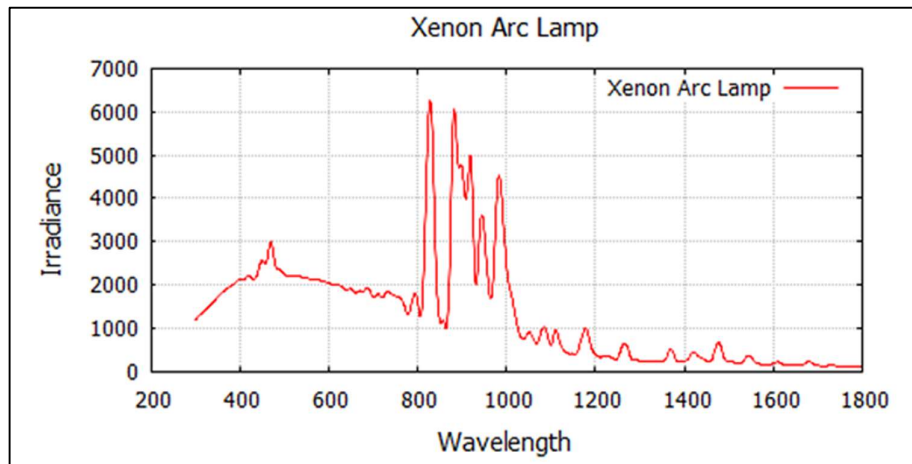
Gambar 2. Spektrum cahaya matahari

Sumber cahaya atau lampu yang umum digunakan pada simulator surya adalah Xenon, *Metal Halide* (MH), LED, dan *Quartz Tungsten Halogen* (QTH).

a. Lampu Busur Xenon

Lampu ini cukup mirip dengan spektrum AM0 dan telah umum digunakan di sebagian besar simulator sejak desainnya pada tahun 1960-an. Namun, agar

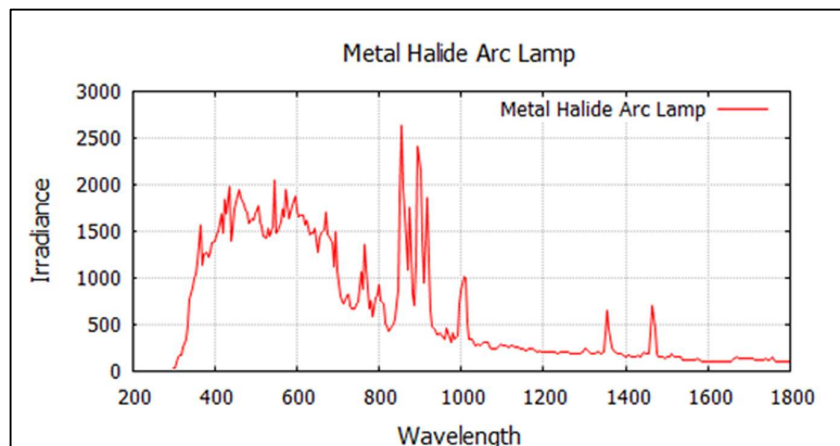
cocok, sejumlah besar radiasi infra merah harus dilemahkan. Namun demikian, simulator surya sumber tunggal yang terdiri dari sumber busur xenon berfilter IR akan menghasilkan yang cocok dengan rentang spektral AM0 atau AM1.. Lampu jenis ini lebih mahal dibandingkan jenis lainnya, terutama karena meningkatnya permintaan xenon, yang persediaannya terbatas di seluruh dunia. Spektrum lampu jenis ini ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3. Spektrum cahaya lampu Xenon**

b. *Metal Halide Arc Lamp (HMI)*

Sangat dekat dengan cahaya matahari. Lampu ini lebih stabil, stabil sementara, tekanan lebih rendah, lebih mudah dirawat, dan alternatif biaya lebih rendah dibandingkan xenon. Interferensi spektral inframerah jauh lebih rendah dibandingkan xenon, menjadikannya dasar yang sangat baik untuk Kelas "A" dan simulator surya tingkat lanjut. Sebagai referensi, lampu halida logam tanpa filter menghasilkan kecocokan spektral Kelas B, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



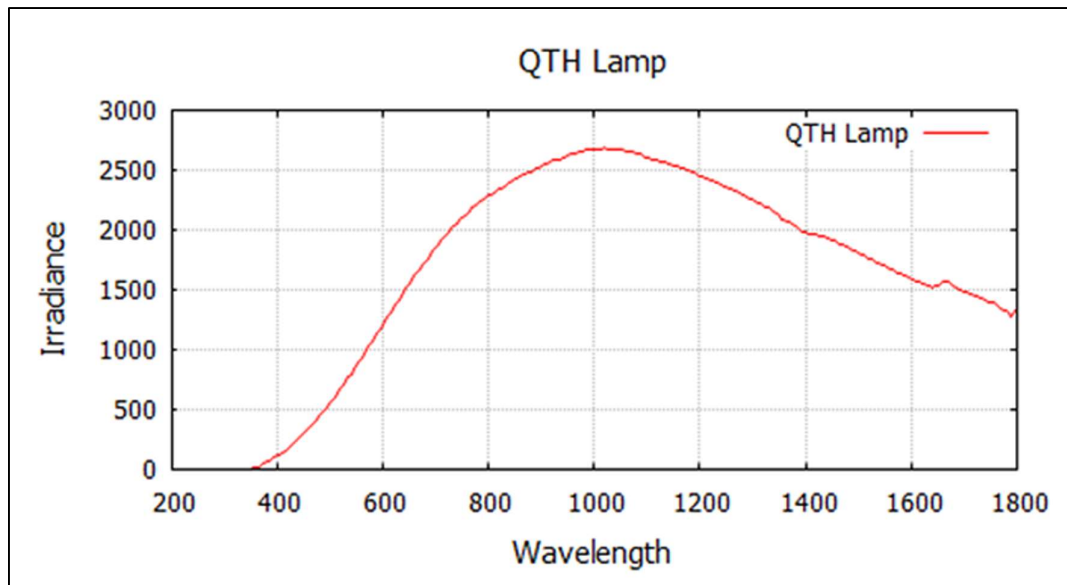
**Gambar 4. Spektrum cahaya lampu Halida logam**

c. *Light Emitting Diode (LED)*

Umum Kemajuan terkini dalam teknologi LED untuk pasar domestik telah membuat LED berkinerja tinggi tersedia. Keunggulan dalam simulator tenaga surya terlihat jelas karena konsumsi energinya yang rendah dan masa pakai yang lama dibandingkan lampu lainnya. Namun, ada beberapa batasan. Lampu ini hanya dapat digunakan pada panjang gelombang diskrit. Lebih penting lagi, panjang gelombang yang tersedia secara umum tidak mencakup spektrum penuh yang diperlukan untuk perangkat sambungan multi- yang lebih canggih dengan sensitivitas spektral yang melebihi 1000 nm.

d. Lampu *Quartz Tungsten Halogen (QTH)*

Lampu *Quartz Tungsten Halogen* adalah jenis lampu pijar yang menggunakan filamen tungsten dan gas halogen untuk meningkatkan efisiensi dan masa pakai lampu. Lampu ini memberikan pencocokan yang sangat baik di wilayah inframerah, namun sangat buruk di seluruh wilayah terlihat. Oleh karena itu, ini lebih umum digunakan pada simulator surya multi-sumber. Spektrum cahaya lampu ini ditunjukkan pada Gambar 5.



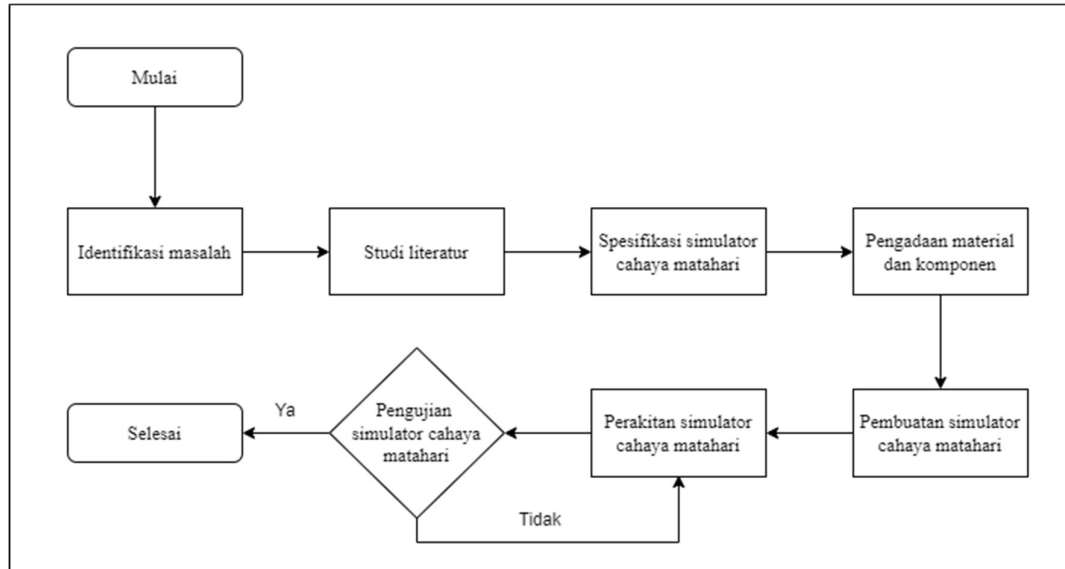
**Gambar 5. Spektrum cahaya lampu QTH**



## BAB III METODE PENELITIAN

### 1. Tahapan Penelitian

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian ini, dapat dilihat pada gambar *flow chart* dibawah ini:



Gambar 6. Diagram alir tahap penelitian

- Identifikasi Masalah  
Mengidentifikasi masalah pengujian *solar panels* yang dilakukan di luar ruangan yang bergantung pada kondisi cuaca. Untuk mengefektifkan pengujian, perlu dibuat simulator cahaya matahari agar dapat mengefisienkan pengujian *solar panels*.
- Studi Literatur  
Mengkaji mengenai literatur dari jurnal dan buku mengenai simulator cahaya matahari.
- Spesifikasi Simulator Cahaya Matahari  
Setelah mengkaji berbagai jurnal dan buku referensi mengenai simulator cahaya matahari dan efektif dalam pengujian *solar panels*, maka ditentukan parameter sebagai berikut:
  - Material rangka simulator cahaya matahari,
  - Dimensi rangka simulator cahaya matahari,
  - Lampu dan lampu Konfigurasi yang akan digunakan pada simulator cahaya matahari.

**Tabel 1. Alat dan bahan yang digunakan, serta spesifikasi dan fungsi**

No.	Alat/Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1	Lampu halogen	Tegangan input: 230 V	Sebagai pengganti cahaya matahari
		Daya: 500 W	
		Arus: 2,17 A	
		Flux cahaya: 9,900 lm	
		Warna Cahaya: 2900 K	
2	Solar panels	Rated maximum power (Pm): 120 W	Sebagai objek
		Tolerance : 1.3%	
		Voltage at Pmax (Vmp): 18.2 V	
		Current at Pmax (Imp): 6.16 A	
		Open-Circuit Voltage (Voc): 21.4 V	
		Short-Circuit Voltage (Isc): 7.17 A	
		Normal operating cell Temp (NOCT): 47±2 C°	
		Maximum system voltage : 1000 VDC	
		Maximum series fuse rating : 16 A	
		Operating temperature : -40 C° + 85 C°	
		Application Class : Class A	
Cell technology : Monocrystal			
3	Solar panels multimeter	Max. rated power : 400 W	Pengukur arus dan tegangan output PV
		Rated voltage : 12-60 V	
		Rated current : 0-20 A	
4	Digital lux meter	Tampilan digital	Pengukur intensitas cahaya
		Illuminance measurement: 0 - 199,900 Lux, 0 - 18,500 Fc	
5	Thermocouple	Accuracy: ± 4%	Pengukur temperature PV
		Tipe: K	
		Rentan Pengukuran: -50°C - 1260°C	
6	Temperatur recorder 12 channel	Tampilan digital	Mengukur dan mencatat temperature
		Rentan Pengukuran: -100°C - 1300°C	
		Tipe: K/J/T/E/R/S	
7	Air flow anemometer	Speed units : m/s, ft/min, knots, km/h, mph	Pengukur kecepatan angin
		Wind temperature range : 0-45°C	
		Wind temperature accuracy : ± 1.0	
8	Dimmer lampu AC	Tegangan input: 220 V	Menurunkan daya
		Daya maksimum: 6000 W	
		Regulator voltase (Tegangan output): 10-220 V	
		Output: load	
		Pengaturan arus: 27.27 A	
9	Baja hollow	Ukuran: 40 mm x 40 mm x 1.7 mm	Rangka simulator
		Material: baja AISI 1035	
10	Baja siku	Ukuran: 40 mm x 40 mm x 1.7 mm	Penopang lampu dan PV dalam simulator
		Material: baja AISI 1036	
11	Bolt and nut	Ukuran: 22 mm	Sebagai penopang simulator
		Material: Stainless Steel 304	
12	Bolt and nut	Ukuran: 12 mm	Sebagai pengunci bagian PV
		Material: Stainless Steel 304	
13	Roda troli 5 Inch	Ukuran ban: 5 inch/125 mm	Penggerak simulator agar dapat berpindah
		Material: Polyurethane	
		Tipe: hidup rem	
14	Triplek	Ketebalan: 10 mm	Dudukan kap lampu halogen
		Material: Plywood	
15	Channel UNP	Material: ASTM A 36	Sebagai penopang beban simulator
		Ukuran: 50 mm	
16	Kipas angin	Ukuran Kipas: 18 In	Sebagai Pendingin PV
		Kecepatan: 3 speed	
		Tegangan: 220 V	
		Konsumsi Daya: 50 W	
17	Dongkrak	Kapasitas: 1 ton	Sebagai penopang dudukan PV
		Berat: 2.5 kg	
18	Mounting PV / end clamp / L feet	Material: Aluminium AL6005 T6	Mounting PV
		Ukuran mounting : 2450 mm	
		Ukuran end clamp : 30 - 35 mm	
		Ukuran L feet : T= 80 - 165 mm)	

- Desain Simulator Cahaya Matahari  
Membuat beberapa konsep desain dari simulator cahaya matahari dan memilihnya sesuai dengan spesifikasi.
- Pembuatan Simulator Cahaya Matahari  
Pembuatan simulator cahaya matahari mencakup langkah-langkah kerja meliputi pemotongan baja AISI 1035, penyambungan dengan pengelasan, memasang dan merangkai electrical, dan pengujian alat simulator cahaya matahari.

## 2. Pengaturan Intensitas Lampu

Untuk menguji *solar panels* diperlukan sumber cahaya dengan intensitas yang dapat disesuaikan. Lampu halogen 220V/50Hz/500W digunakan sebagai sumber cahaya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Pilihan ini didasarkan pada karakteristik cahaya tampak lampu ini yang dekat dengan matahari. Apalagi harganya cukup terjangkau dibandingkan lampu xenon jenis dan lampu metal halide. Intensitas cahaya lampu diatur oleh dengan mengatur tegangan dari 0 hingga 220 V. Alat yang digunakan untuk mengatur tegangan lampu adalah *dimmer* lampu seperti terlihat pada Gambar 19. Untuk pengukuran intensitas digunakan alat solar power meter seperti terlihat pada Gambar 14. Gambar 23 menunjukkan konfigurasi pengaturan intensitas cahaya.

## 3. Sistem Instrumentasi

Sistem instrumentasi bertujuan untuk mendapatkan kinerja alat simulator surya berupa daya input, setup *dimmer* lampu, intensitas cahaya lampu, *temperature solar panels* dan daya output *solar panels*. Berikut merupakan persamaan untuk mendapatkan daya output *solar panels*.

$$P_{out} = V \times I$$

Keterangan:

$P_{out}$  = Daya output *solar panels*

$V$  = Tegangan pada *solar panels* (Volt)

$I$  = Arus pada *solar panels* (Ampere)

Mencari nilai rata-rata daya output dapat dilihat pada persamaan:

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{n}$$

Keterangan:

$P_{rata-rata}$  : Daya *output* rata-rata (Watt/m<sup>2</sup>)

$P_1$  : Daya *output* ke satu

$P_2$  : Daya *output* ke dua

$P_n$  : Daya *output* ke n

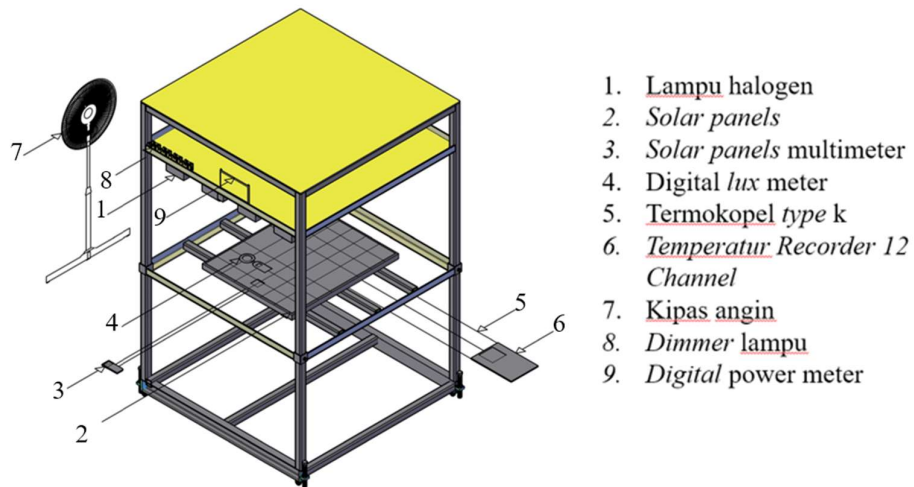
Data kinerja digunakan untuk menghitung daya keluaran *solar panels* ketika kondisi *steady* tercapai. Untuk memeriksa apakah kondisi *steady*, periksa *temperature solar panels* dengan *thermocouple type-K* yang dipasang di bawah permukaan *solar panels* dapat dilihat pada Gambar 23. *Thermocouple type-K* digunakan untuk mengukur *temperature* yang dihasilkan *solar panels* selama uji kinerja pada perangkat simulator. Termokopel tipe K dihubungkan ke *temperature recorder 12 channel* dapat dilihat pada Gambar 19.

#### 4. Setup Pengukuran/Pengujian

Untuk mempermudah pengambilan data dan agar diperoleh data yang akurat maka diperlukan prosedur dalam pengambilan data ini. Adapun beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap persiapan
  - a. Menyiapkan lampu halogen untuk memvariasikan intensitas cahaya yang dipancarkan ke *solar panels* secara bersamaan.
  - b. Menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti *thermocouple type K*, digital *lux* meter, *air flow* anemometer, digital *clamp* meter, *solar panel* multimeter, *temperature recorder 12 channel*, kipas angin dan digital *power* meter.
2. Tahap set up peralatan
  - a. Pasang lampu untuk pengujian.
  - b. Pasang *thermocouple type-K* di bawah permukaan *solar panels* untuk mengukur *temperature solar panels*.
  - c. Pasang *solar power* meter untuk mengukur intensitas cahaya lampu yang dipancarkan ke *solar panels*.
  - d. Pasang solar panel multimeter untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan oleh *solar panels*

e. Atur *dimmer* lampu untuk memberikan intensitas radiasi yang diinginkan.



**Gambar 7. Setup pengujian**

3. Tahap pengambilan data

- a. Sebelum menyalakan lampu, catat terlebih dahulu *temperature* lingkungan dan *temperature* awal *solar penels*.
- b. Setelah lampu menyala, catat data yang tertera pada setiap alat ukur setiap menit hingga kondisi *steady*.
- c. Data-data yang diperoleh dari pengujian berupa *temperature solar panels*, *temperature* lingkungan dan intensitas cahaya lampu. Kemudian di olah menggunakan microsoft excel agar didapat nilai rata-rata *temperature solar panels* dan intensitas cahaya lampu serta grafik *temperature solar panels* terhadap daya *output solar panels*, efisiensi *solar panels* dan fill factor.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Alat dan Bahan Yang Digunakan

#### 1. Baja AISI 1035

Material baja AISI 1035 yang berbentuk hollow yang digunakan sebagai material utama. Hollow yang akan digunakan berukuran diameter 40 x 40 mm dengan tebal 1.7 mm. Untuk ukuran yang akan digunakan sebagai berikut:



Gambar 8. Hollow

Tabel 2. Potongan material untuk membuat alat simulator

No.	Bahan	Ukuran	Panjang	Jumlah
1	Baja AISI 1035 <i>hollow</i>	40 x 40 x 1.7 mm	1800 mm	4
2	Baja AISI 1035 <i>hollow</i>	40 x 40 x 1.7 mm	1200 mm	4
4	Baja AISI 1035 siku	40 x 40 x 1.7 mm	1120 mm	4
5	Baja AISI 1035 siku	40 x 40 x 1.7 mm	1110 mm	4
6	<i>Mounting solar panels</i>	29 x 50 x 1.4 mm	1110 mm	2

#### 2. Baja UNP

Baja UNP digunakan sebagai rangka bagian bawah sebagai titik tumpu tiang simulator surya agar struktur simulator *rigid*. Baja UNP yang digunakan berukuran 1200 mm dengan tebal 3 mm.



Gambar 9. Baja UNP

### 3. Plat Baja

Plat baja digunakan sebagai dudukan dongkrak sebagai penopang rangka bagian dudukan *solar panels*. Plat baja yang akan digunakan berukuran 300 x 300 mm dengan tebal 5 mm.



Gambar 10. Plat baja

### 4. Dongkrak

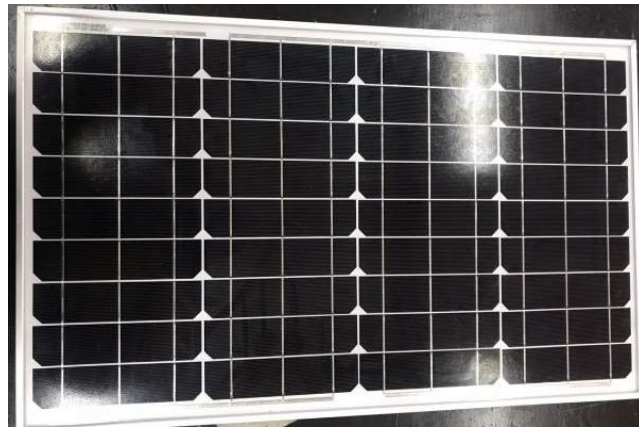
Dongkrak digunakan sebagai alat untuk menaikkan dan menurunkan rangka bagian dudukan *solar panels* dan sebagai penopang rangka bagian dudukan *solar panels*. Dongkrak yang digunakan memiliki kapasitas 1 ton.



Gambar 11. Dongkrak

## 5. *Solar panels*

*Solar panels* digunakan sebagai objek pengujian alat simulator surya. *Solar panels* yang digunakan memiliki kapasitas 120 W dengan *cell technology monocrytal*. *Solar panels* berfungsi untuk mengkonversi energi yang dipancarkan oleh lampu halogen.



Gambar 12. *Solar panels*

## 6. Lampu Halogen

Lampu halogen digunakan sebagai pengganti cahaya matahari. Lampu halogen digunakan berukuran 500 w. Lampu halogen mempunyai flux cahaya sebesar 9.900 lm. *Temperature* warna berkorelasi (nom) adalah 2.900 k. Lampu halogen memiliki panjang gelombang antara 400 NM sampai 1100 NM [32].



Gambar 13. Lampu halogen 500 W

## 7. *Solar Power Meter*



*Solar power* meter digunakan sebagai alat pengukur intensitas cahaya lampu. *Solar power* meter memiliki tingkat akurasi tinggi dan respon yang sangat cepat.



**Gambar 14.** *Solar power meter*

## **8. Solar Panel Multimeter**

*Solar panel* multimeter digunakan sebagai alat untuk menguji titik daya maksimum dan tegangan sirkuit terbuka. *Solar panel* multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan *output solar panel*.



**Gambar 15.** *Solar panel multimeter*

## 9. *Air Flow* Anemometer

*Air flow* anemometer digunakan sebagai alat pengukur kecepatan angin. *Air flow* anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan kipas angin untuk mendinginkan *solar panels*.



Gambar 16. *Air flow* anemometer

## 10. *Power Meter*

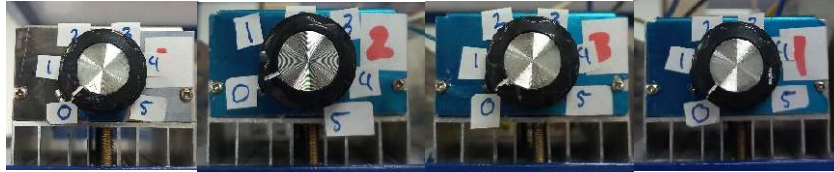
*Power meter* digunakan sebagai mengukur daya listrik yang dikonsumsi oleh alat simulator surya. *Power meter* dipasang pada alat simulator surya sebagai alat mempermudah dalam membaca arus, tegangan dan watt yang digunakan oleh alat simulator surya.

Gambar 17. *Power meter*



## 11. Dimmer Lampu

*Dimmer* lampu digunakan sebagai alat untuk menurunkan daya (watt) lampu. *Dimmer* lampu digunakan pada alat simulator surya sebagai alat untuk mengatur nyala lampu dan mengatur daya *output* lampu.



Gambar 18. *Dimmer* lampu

## 12. Temperature Recorder 12 Channel

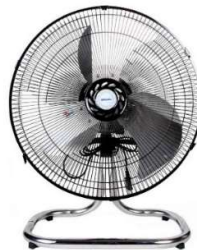
*Temperature recorder 12 channel* digunakan sebagai alat untuk mengukur dan mencatat *temperature*. *Temperature recorder 12 channel* digunakan sebagai alat untuk mengukur dan mencatat *temperature* lingkungan dan *temperature solar panel*.



Gambar 19. *Temperature Recorder 12 Channel*

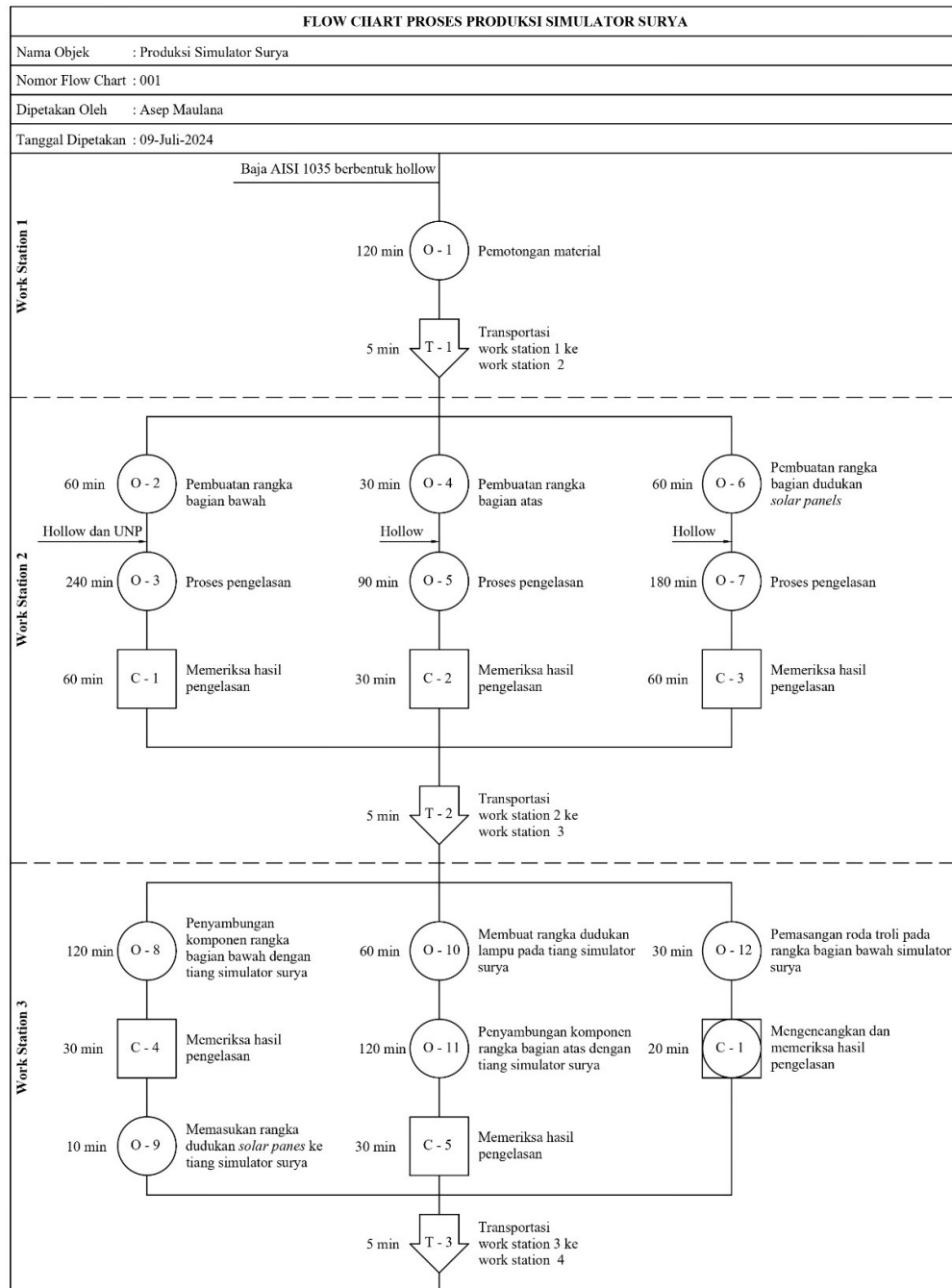
## 13. Kipas Angin

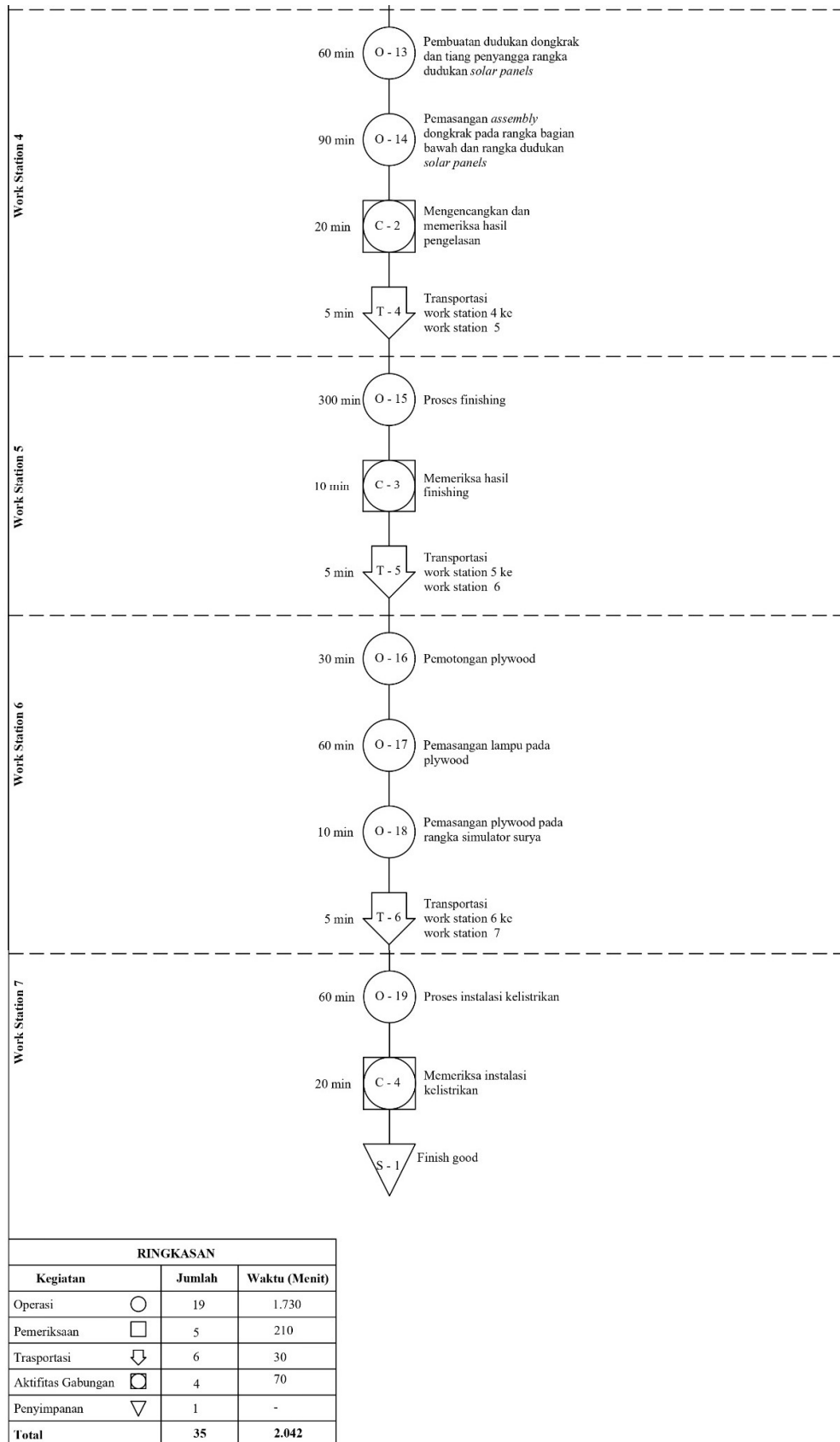
Kipas angin digunakan sebagai pendingin alat simulator surya. Kipas angin digunakan sebagai alat untuk mendinginkan *solar panels* dan membuang *temperature* yang terperangkap di permukaan *solar panel* dengan lampu halogen.



## 2. Proses Manufaktur Simulator Surya

Adapun proses manufaktur alat simulator surya, sebagai berikut:





Gambar 21. Proses pembuatan simulator surya

1. Mempersiapkan alat dan material

Mempersiapkan alat-alat dan material yang akan digunakan. Alat dan bahan yang akan digunakan antara lain material AISI 1035, baja UNP, dongkrak, plat baja, *solar power meter solar panels*, lampu halogen, *air flow* anemometer, *solar panel* multimeter, *dimmer* lampu, *temperature recorder 12 channel*, kipas angin, dan digital *power meter*.

2. Proses pemotongan material AISI 1035

Pemotongan material AISI 1035 berbentuk *hollow* dan siku yang telah disiapkan. Pemotongan sesuai dimensi dari desain simulator cahaya matahari yaitu 1200 mm, 1200 mm, dan 1800 mm.

**Tabel 3. Potongan material untuk membuat alat simulator**

No.	Bahan	Ukuran	Panjang	Jumlah
1	Baja AISI 1035 <i>hollow</i>	40 x 40 x 1.7 mm	1800 mm	4
2	Baja AISI 1035 <i>hollow</i>	40 x 40 x 1.7 mm	1200 mm	4
4	Baja AISI 1035 siku	40 x 40 x 1.7 mm	1120 mm	4
5	Baja AISI 1035 siku	40 x 40 x 1.7 mm	1110 mm	4
6	<i>Mounting solar panels</i>	29 x 50 x 1.4 mm	1110 mm	2

3. Pembuatan rangka bagian bawah

Dari baja AISI 1035 dan baja UNP yang telah dipotong selanjutnya digabungkan dengan proses pengelasan SMAW. Elektroda yang digunakan RD 260 ukuran 3,2 dan 2,6. Arus yang digunakan 55 - 65 A. Baja UNP digunakan bagian kanan dan kiri rangka untuk depan dan belakang menggunakan baja AISI 1035 yang berbentuk *hollow*. Bagian tengah terdapat dua baja AISI 1035 yang berbentuk *hollow* yang melintang dan dua baja AISI 1035 yang berbentuk *hollow* yang horizontal.

4. Pembuatan rangka bagian atas

Bagian baja AISI 1035 yang berbentuk *hollow* yang sudah dipotong sesuai ukuran selanjutnya digabungkan menjadi bentuk persegi dengan cara proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan

menggunakan elektroda sebagai bahan tambahnya. Sambungkan keempat titik hollow selanjutnya dititik dengan lasan pada ujung hollow agar bentuk rangka bagian atas tidak berubah. Setelah dititik dengan lasan selanjutnya pengelasan secara keseluruhan pada ujung hollow.

5. Pembuatan rangka bagian dudukan *solar panels*

Pembuatan rangka bagian dudukan *solar panels* menggunakan material baja AISI 1035 yang berbentuk hollow dan siku dengan ukuran 40 x 40 x 1.7 mm dan 50 x 50 x 1.7 mm. Untuk baja AISI 1035 yang berbentuk siku berukuran 40 x 40 x 1.7 mm. Material baja AISI 1035 yang berbentuk siku yang sudah dipotong sesuai ukuran digabungkan dengan baja AISI 1035 yang berbentuk hollow dengan ukuran 50 x 50 x 1.7 mm pada ujung siku dengan cara dilas SMAW. Selanjutnya setelah digabungkan pada bagian bawah siku ditopang menggunakan baja AISI 1035 yang berbentuk hollow agar konstruksi rangka bagian dudukan *solar panels* menjadi *rigid*. Penggabungan dengan cara pengelasan SMAW.

6. Penyambungan komponen rangka bagian bawah dengan tiang simulator surya

Rangka bagian bawah yang sudah digabungkan selanjutnya digabungkan dengan tiang simulator surya yang sudah dipotong sesuai ukuran dengan proses pengelasan SMAW. Material yang digunakan sebagai tiang simulator surya adalah baja AISI 1035 yang berbentuk hollow.

7. Memasukan rangka bagian dudukan *solar panels*

Rangka bagian bawah yang sudah digabungkan dengan tiang simulator surya selanjutnya dimasukan rangka bagian dudukan *solar panels* ke tiang simulator surya. Karena pada ujung rangka bagian dudukan *solar panels* menggunakan baja AISI 1035 yang berbentuk hollow dengan ukuran 50 x 50 x 1.7 mm.

8. Penyambungan komponen rangka bagian atas dengan tiang simulator surya

Rangka bagian atas yang sudah digabungkan selanjutnya digabungkan dengan tiang simulator surya dengan proses pengelasan. Pada setiap bagian ujung rangka bagian atas dilakukan titik lasan dengan tiang simulator agar tidak berubah posisinya.

9. Pembuatan rangka bagian dudukan lampu

Rangka bagian bagian dudukan lampu menggunakan material baja AISI 1035 yang berbentuk siku. Material diletakan dibagian bawah rangka bagian atas dengan jarak 300 mm dengan proses pengelasan.

10. Pembuatan dudukan dongkrak

Dudukan dongkrak menggunakan material plat baja dengan dimensi 300 x 300 x 5 mm. Pada pembuatan dudukan dongkrak dilakukan proses *drilling* menggunakan mata bor M8 untuk melubangi plat untuk dudukan dongkrak.

11. Pemasangan dongkrak dengan dudukan dongkrak

Setelah pembuatan dudukan dongkrak selanjutnya pemasangan dongkrak dengan dudukan dongkrak menggunakan baut M8.

12. Pemasangan dongkrak dengan tiang penyangga dudukan *solar panels*

Setelah pemasangan dongkrak selanjutnya pemasangan dongkrak dengan tiang penyangga dudukan *solar panels* menggunakan baut M8. Tiang penyangga berukuran 480 mm.

13. Pemasangan dongkrak dengan rangka bagian bawah

Setelah ketiganya terpasang selanjutnya pemasangan dongkrak dengan rangka bagian bawah menggunakan baut M8 sebagai sistem penguncinya. Supaya dudukan dongkrak tetap pada posisinya.

14. Penyambungan tiang penyangga dengan rangka dudukan *solar panels*

Setelah semuanya terpasang selanjutnya penyambungan tiang penyangga dengan rangka dudukan *solar panels* dengan proses pengelasan.

15. Proses *finishing*

Setelah semuanya terpasang dengan benar selanjutnya adalah proses *finishing*. Proses *finishing* ini dilakukan untuk merapihkan bagian-bagian yang telah melalui tahap manufaktur. Dalam proses *finishing* ini ada beberapa tahap pengerjaan, yaitu tahap pendempulan, pengamplasan, dan pengecatan rangka. Pendempulan pada bagian pengelasan bertujuan untuk permukaan lasan dari kerak yang dihasilkan saat proses pengelasan. Selanjutnya proses pengamplasan pada bagian rangka untuk menghilangkan karat sebelum proses pengecatan dilakukan, agar cat menempel dengan baik dan tahan lama.

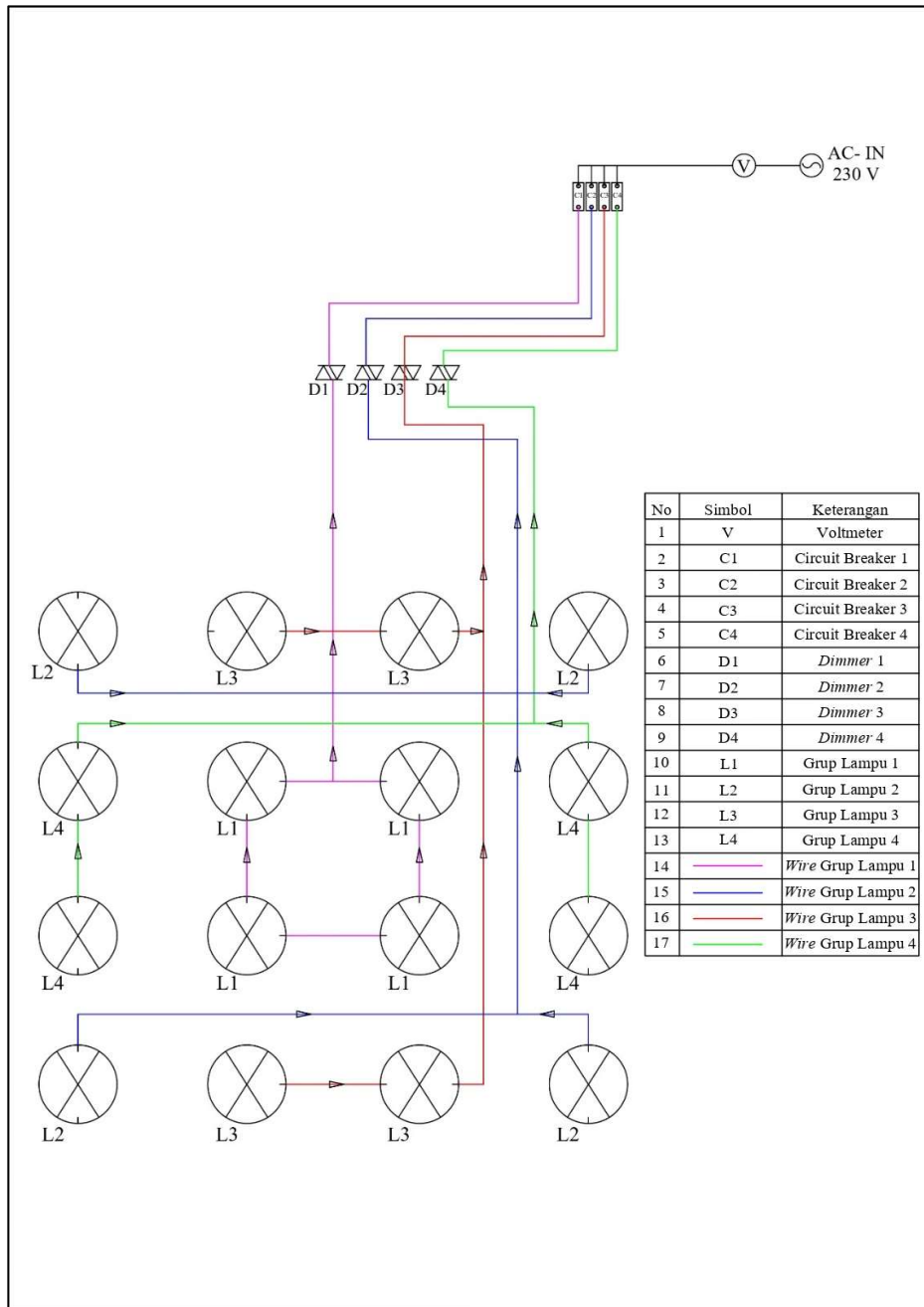
16. Pemotongan *plywood*

*Plywood* yang telah disiapkan dipotong sesuai ukuran dari desain simulator surya. *Plywood* dipotong dengan ukuran 1200 x 1200 mm. Masing-masing dibuat 2 buah sebagai dudukan lampu dan sebagai penutup rangka bagian atas.

17. Pemasangan lampu pada *plywood*

Setelah *plywood* dipotong selanjutnya pemasangan lampu pada *plywood*. Lampu yang dipasang pada *plywood* berjumlah 16 buah dengan konfigurasi sebagai berikut.





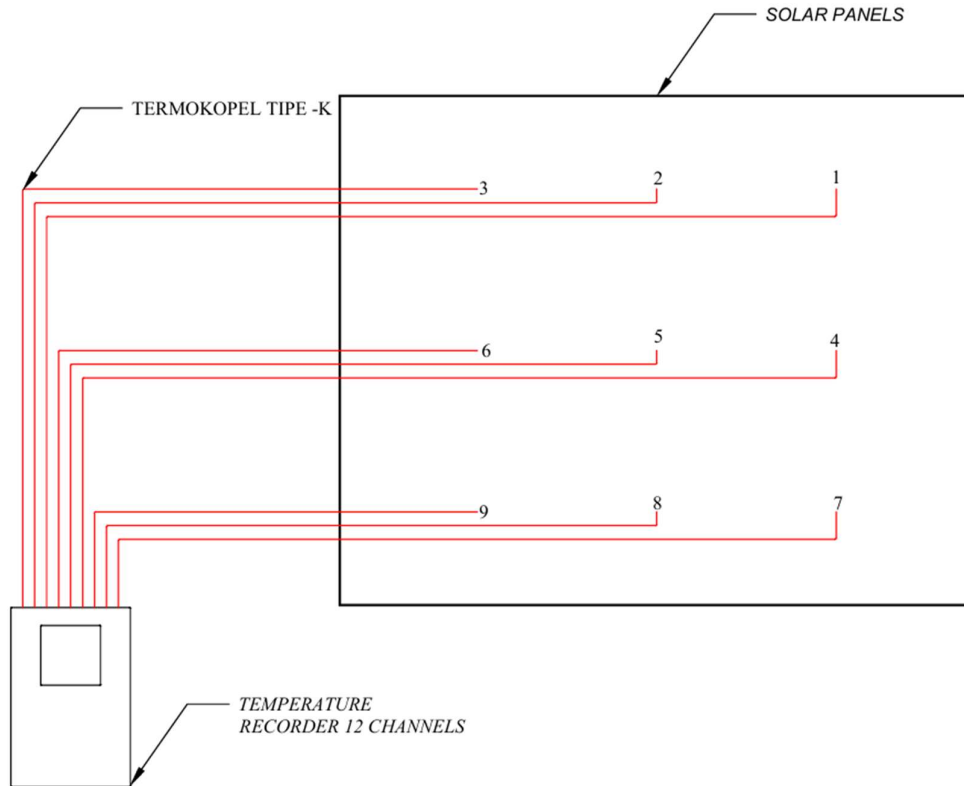
Gambar 22. Konfigurasi lampu

18. Pemasangan *plywood* pada rangka simulator surya

Setelah lampu terpasang pada *plywood* selanjutnya pemasangan pada rangka simulator surya. Pemasangan *plywood* diletakan pada rangka bagian dudukan lampu pada simulator surya.

19. Proses instalasi kelistrikan

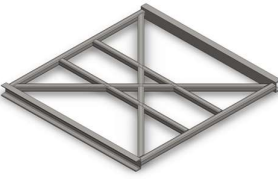
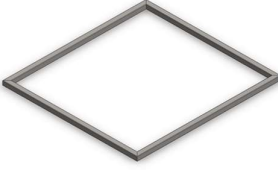

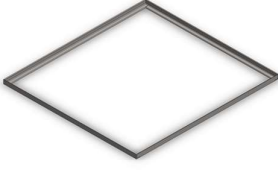

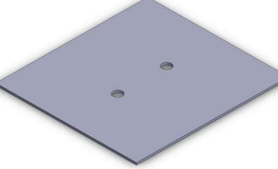


Setelah proses pemasangan *plywood* pada rangka simulator surya selanjutnya proses instalasi kelistrikan lampu. Pertama semua kabel dari lampu pasang ke *block terminal sirkuit* sesuai dengan konfigurasi. Selanjutnya sambungkan dari *block terminal sirkuit* ke *dimmer* lampu sesuai konfigurasi. Selanjutnya dari *dimmer* lampu sambungkan ke MCB (*Miniature Circuit Breaker*) sesuai konfigurasi.



**Gambar 23. Konfigurasi termokopel**

Berikut ini adalah beberapa komponen alat simulator yang dibuat adalah sebagai berikut.

**Tabel 4. Komponen alat simulator surya**

No.	Nama Komponen	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Rangka bagian bawah		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 1200 x 1200 mm	1
2	Rangka Bagian atas		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 1200 x 1200 mm	1
3	Tiang Simulator		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 1800 mm	4
4	Rangka bagian dudukan lampu		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 1120 x 1120 mm	1
5	Rangka bagian dudukan <i>solar panels</i>		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 1100 x 1100 mm	1
6	Plat dudukan dongkrak		Material: Baja A35 Dimensi: 300 x 300 x 5 mm	1
7	Tiang penahan dudukan <i>solar panels</i>		Material: Baja AISI 1035 Dimensi: 480 x 40 mm	1
8	Assembly dongkrak			1

### 3. Pengujian Alat Simulator Surya

Alat penelitian harus diuji untuk menentukan apakah kinerja konsisten dengan rencana. Pengujian dilakukan di dalam ruangan yang tertutup dengan intensitas cahaya lampu yang mengenai *solar panels* dengan menggunakan lampu halogen sebagai pengganti cahaya matahari. Sehingga secara otomatis *temperature* permukaan *solar panels* meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dalam pengujian. Pengambilan data dilakukan setiap satu menit hingga kondisi *steady* dicapai. Pada pengujian ini data yang diambil adalah intensitas cahaya lampu dan efisiensi *solar panels*. Faktor yang mempengaruhi pada pengujian sebagai berikut:

- a. *Temperature* permukaan *solar panels*.
- b. Intensitas radiasi lampu yang dipancarkan kepermukaan *solar panels*.
- c. Arus dan tegangan yang dihasilkan oleh *solar panels*.
- d. *Dimmer* lampu
- e. Kecepatan angin

#### 3.1 Pengujian simulator surya dengan jarak 50 cm antara lampu dengan *Solar panels*

Pengujian pengaturan intensitas cahaya lampu adalah untuk mengetahui karakteristik tegangan input terhadap intensitas cahaya yang dipancarkan simulator surya. Kemudian merekam output intensitas cahaya yang dipancarkan simulator surya.

Pada Tabel 5. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 50 cm. Pada pengujian ini *dimmer* lampu group satu diset up diangka 5 (lima) dengan konfigurasi satu *dimmer* 4 lampu dapat dilihat pada Gambar 18. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar 46,14 °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata 468 W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Uji *solar panels* menggunakan 4 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
15	29.7	31	29.8	29.7	30.6	29.5	29.2	30.5	29.1	29.90
16	33.2	34.8	33.3	33	34.9	32.7	32	34.3	32	33.36
17	36.5	38.4	36.4	36	38.5	35.7	34.6	37.4	34.6	36.46
18	39.1	42	39	38.4	41.6	38.2	36.9	40.1	36.9	39.13
19	41.5	45	41.4	40.7	40	40.5	39	42.4	39.1	41.07
20	43.7	47.9	43.6	42.8	43.2	42.4	40.9	44.6	40.9	43.33
21	45.4	50.4	45.4	44.5	46.6	44.1	42.5	46.5	42.5	45.32
22	47.2	52.5	47	46	49	45.6	43.7	47.8	43.9	46.97

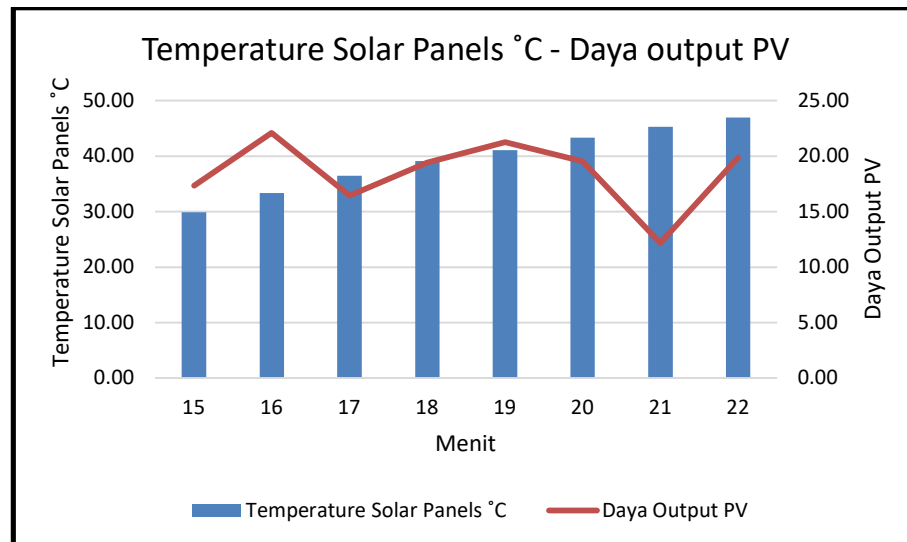
Tabel 6. Intensitas cahaya lampu menggunakan 4 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
15	288.2	699.8	267	338	971	342	296	717	300.8	469
16	288.6	696.1	296	337	940	328	290	709	296.5	465
17	285.7	697.2	266	345	964	342	294	712	297.9	467
18	289.2	701.4	266	338	977	342	296	717	300.6	470
19	288.6	696.1	296	337	940	328	290	709	296.5	465
20	285.7	697.2	266	345	964	342	294	712	297.9	467
21	285.7	697.2	266	345	964	342	294	712	297.9	467
22	289.2	701.4	266	338	977	342	296	717	300.6	470

Tabel 7. Daya output PV menggunakan 4 lampu pada jarak 50 cm

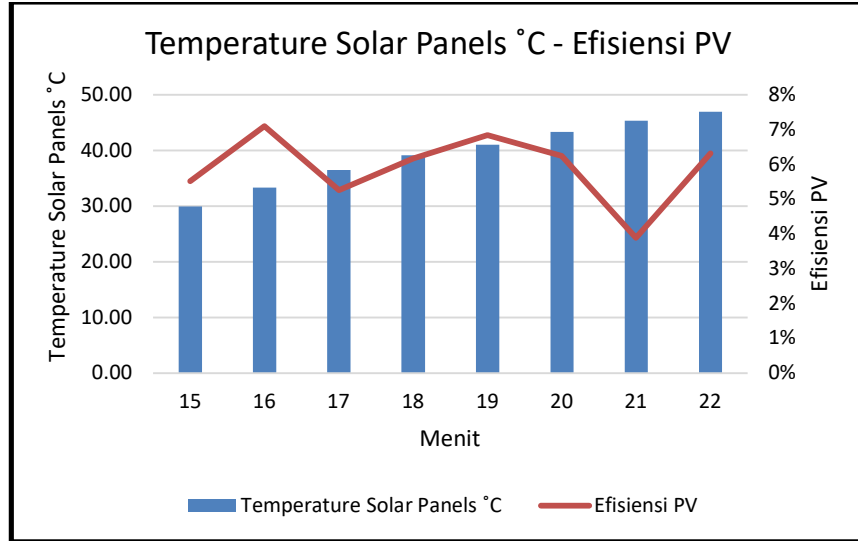
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
15	19.69	0.88	17.33	0.93%	0.11
16	19.05	1.16	22.10	1.19%	0.14
17	18.69	0.88	16.45	0.89%	0.11
18	19.05	1.02	19.43	1.05%	0.13
19	18.5	1.15	21.28	1.15%	0.14
20	19.14	1.02	19.52	1.06%	0.13
21	17.9	0.68	12.17	0.65%	0.08
22	16.85	1.18	19.88	1.06%	0.13

Pada Gambar 24. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 45 °C dari menit ke-9 hingga ke-10, sementara daya output dari *solar panels* meningkat dari 15 Watt menjadi 20 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 16,03 Watt.



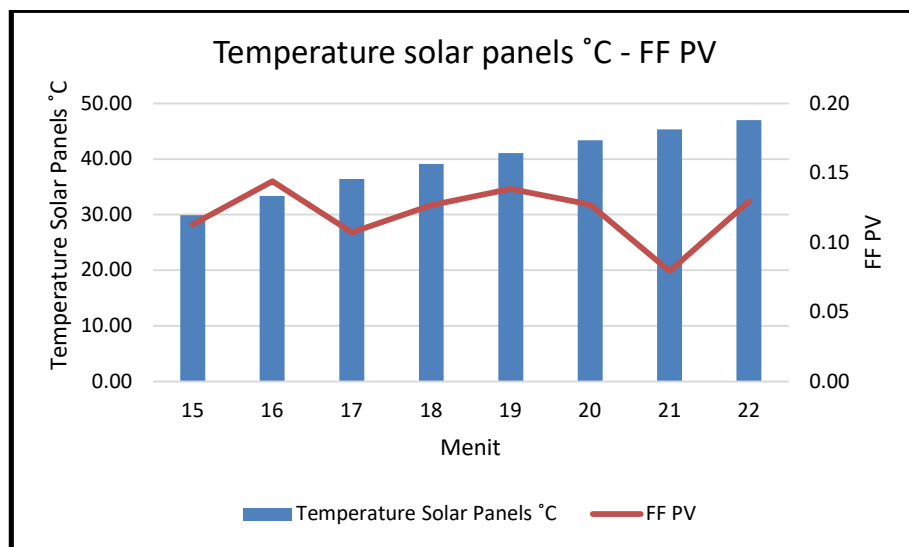
Gambar 24. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya output PV menggunakan 4 lampu

Pada Gambar 25. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 45 °C dari menit ke-9 hingga ke-10, sementara efisiensi dari *solar panels* meningkat dari 4% menjadi 6% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 25. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya efisiensi PV menggunakan 4 lampu

Pada Gambar 26. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 45 °C dari menit ke-9 hingga ke-10, sementara FF (*Fill Factor*) dari *solar panels* meningkat dari 0,08 menjadi 0,13 dalam periode waktu yang sama.



Gambar 26. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 4 lampu

Pada Tabel 8. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 50 cm. Pada pengujian ini *dimmer* lampu group 1 (satu) yang *diset up* diangka 2 (tiga) dan *dimmer* lampu group 4 (empat) *diset up* diangka 3 (empat) dengan konfigurasi satu *dimmer* 4 lampu dapat dilihat pada Gambar 18. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $70,7\pm 0,4$  °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $896,9\pm 3$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 8. Uji *solar panels* menggunakan 8 lampu pada jarak 50 cm**

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T5 °C	T6 °C	T7 °C	T8 °C	T9 °C	
24	74.1	75.6	72.7	77.5	71.2	76.6	71.7	28.7	71.4	68.8
25	74.3	75.7	72.8	78	74	76.9	72.4	28.7	71.3	69.3
26	74.5	75.6	73	78	75.6	77.4	72.8	28.9	71.8	69.7
27	74.5	76.3	73.2	78.4	77.3	77.8	73.1	29.1	72.2	70.2
28	74.9	76.7	73.5	78.9	78.8	78.2	73.9	29.3	72.6	70.8
29	75	77.3	73.6	79.5	79.7	78.5	74.4	29.5	72.8	71.1
30	75.4	77	74	79.5	80.1	78.5	74.4	29.8	73.3	71.3
31	75.4	76.6	73.6	79.2	79.7	78.6	74.5	29.9	73.2	71.2
32	75.4	76.5	73.5	79.4	79.7	78.8	74.7	30.1	73.5	71.3
33	75.7	76.7	73.6	79.8	73.3	78.9	74.7	30.1	73.8	70.7
34	75.7	76.7	73.5	80.1	74.9	78.8	74.9	30.2	73.5	70.9
35	75.9	76.9	73.7	80.3	76.7	78.9	75.1	30.4	73.7	71.3
36	76.1	77.2	73.8	80.1	77.9	79	75.2	30.5	73.8	71.5
37	76.1	77.5	74	80.1	78.8	79.1	74.9	30.6	73.7	71.6

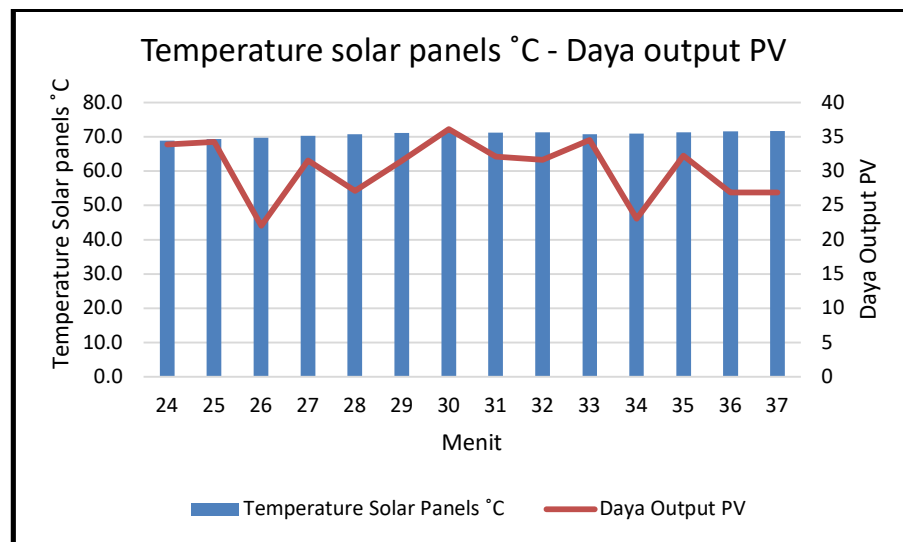
**Tabel 9. Intensitas cahaya lampu menggunakan 8 lampu pada jarak 50 cm**

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
24	813	971.1	681.5	931.2	1028	1028	771.4	1042	795.8	895.8
25	821	971.7	699.6	923.1	1011	1011	780.5	1045	796	895.4
26	814.6	976.4	696.7	926.5	1018	1018	773.9	1043	803.3	896.7
27	816.2	976.7	701.8	938.5	1039	1039	778.9	1054	801.1	905.0
28	826.9	976.7	703.6	932.7	1021	1021	780.9	1049	813.4	902.8
29	846.4	986.2	711.9	937.3	1022	1022	788.7	1055	802.8	908.0
30	810.4	965.2	695.6	926	1020	1020	772.8	1048	793.1	894.6
31	809.8	967	702.2	926.1	1024	1024	776.4	1041	795.8	896.3
32	813	971.1	681.5	931.2	1028	1028	771.4	1042	795.8	895.8
33	821	971.7	699.6	923.1	1011	1011	780.5	1045	796	895.4
34	803	957.7	690.7	919.1	1024	1024	764.1	1030	790.9	889.3
35	818.2	960.6	696.4	922.4	1011	1011	769.9	1035	789.1	890.4
36	807.2	963.5	694.6	916.7	1022	1022	771.7	1038	793.2	892.1
37	812	963.8	696	925.3	1042	1042	768.6	1045	798.9	899.3

Tabel 10. Daya output PV menggunakan 8 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
24	15.84	2.14	33.90	6%	0.22
25	15.28	2.24	34.23	6%	0.22
26	16.81	1.31	22.02	4%	0.14
27	15.84	1.99	31.52	6%	0.21
28	14.71	1.84	27.07	5%	0.18
29	14.38	2.19	31.49	6%	0.21
30	14.56	2.48	36.11	7%	0.24
31	14.71	2.18	32.07	6%	0.21
32	15.88	1.99	31.60	6%	0.21
33	14.75	2.34	34.52	6%	0.22
34	15.8	1.46	23.07	4%	0.15
35	15.88	2.03	32.24	6%	0.21
36	14.22	1.89	26.88	5%	0.18
37	14.22	1.89	26.88	5%	0.18

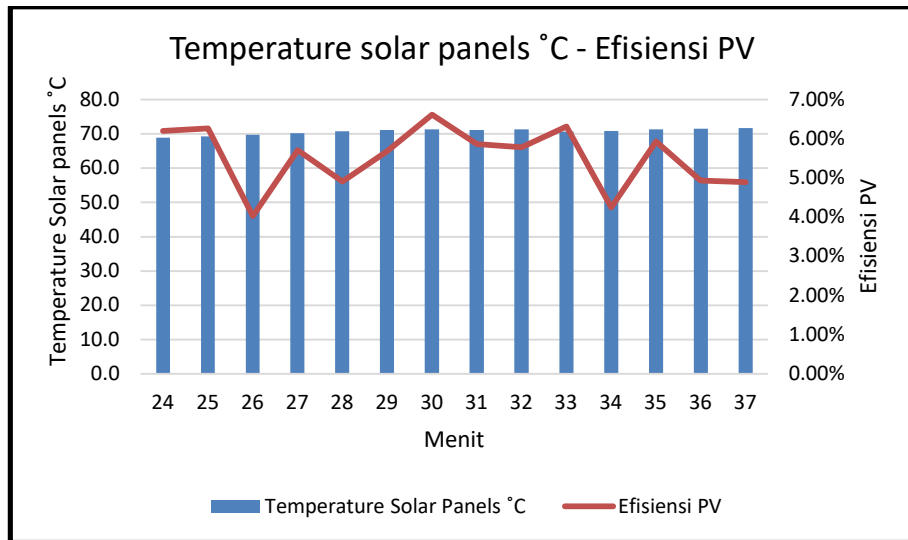
Pada Gambar 27. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-24 hingga ke-37, sementara daya *output* dari *solar panels* menurun dari 36 Watt menjadi 22 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya *output* yang dihasilkan *solar panels* adalah 30,3 Watt



Gambar 27. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya *output* PV menggunakan 8 lampu

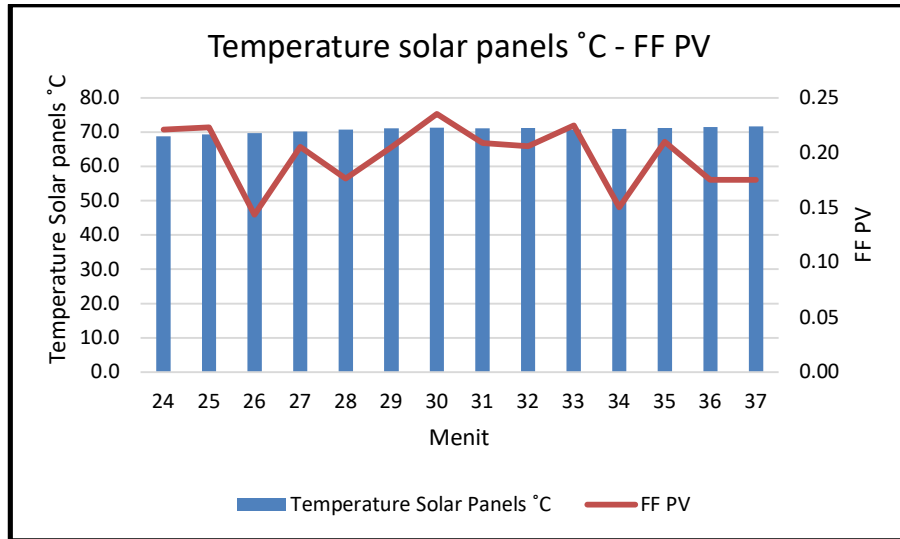
Pada Gambar 28. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-24 hingga ke-37, sementara efisiensi dari *solar panels* menurun dari 6,62% menjadi 4,03% dalam periode waktu yang sama.





Gambar 28. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya efisiensi PV menggunakan 8 lampu

Pada Gambar 29. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-24 hingga ke-37, sementara FF (*Fill Factor*) dari *solar panels* menurun dari 0,24 menjadi 0,14 dalam periode waktu yang sama.



Gambar 29. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 8 lampu

Pada Tabel 11. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 50 cm. Pada pengujian ini *dimmer* lampu group 1 (satu) yang diset up diangka 2 (dua), *dimmer* lampu group 2 (dua) diset up diangka 5 (lima) dan *dimmer* lampu group 4 (empat) diset up diangka 3 (tiga) dengan

konfigurasi satu *dimmer* 4 lampu dapat dilihat pada Gambar 18. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $60,29 \pm 07$  °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $1133 \pm 15$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Uji *solar panels* menggunakan 12 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
8	57.9	61	62.4	59.6	57.9	64.3	56.2	56.6	57.4	59.26
9	58.5	61.8	63.2	59.5	58.6	65	55.9	56.4	57.9	59.64
10	59	62.9	64.3	59.2	59.7	65.6	55.6	56.9	58.9	60.23
11	59.6	63	65.1	59.4	60.2	66.6	55.6	56.1	59.6	60.58
12	59.7	63.2	65.6	59.8	60.4	66.2	55.7	56.9	59.7	60.80
13	59.7	63.9	66.1	60	61	67.1	55.3	57.6	60.3	61.22

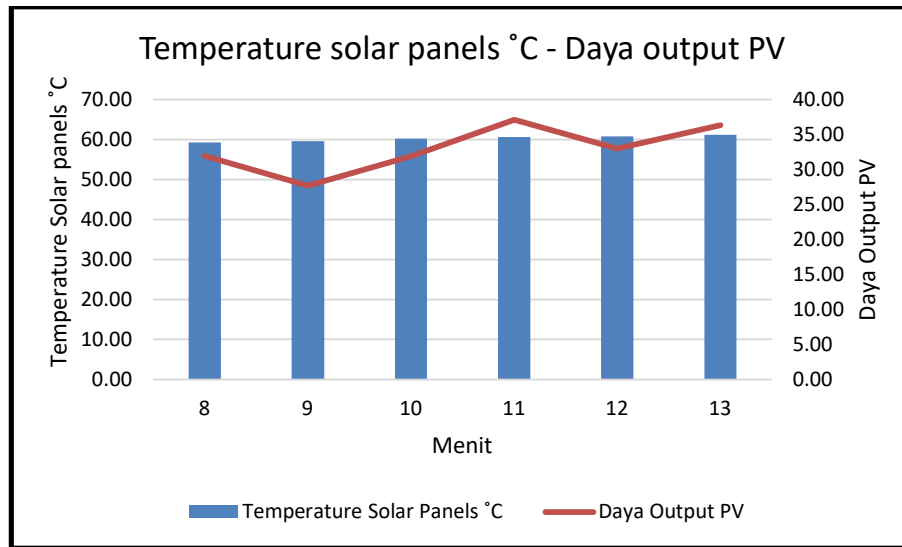
Tabel 12. Intensitas cahaya lampu menggunakan 12 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
8	1032	992	1014	1133	1375	1278	1137	1046	1017	1114
9	1068	1016	1044	1163	1408	1308	1162	1065	1028	1140
10	1072	1039	1059	1176	1435	1326	1142	1040	1021	1146
11	1049	991	1016	1132	1376	1278	1144	1050	1019	1117
12	1035	1020	1048	1163	1412	1309	1155	1068	1037	1139
13	1068	1042	1057	1177	1437	1329	1142	1041	1020	1146

Tabel 13. Daya output PV menggunakan 12 lampu pada jarak 50 cm

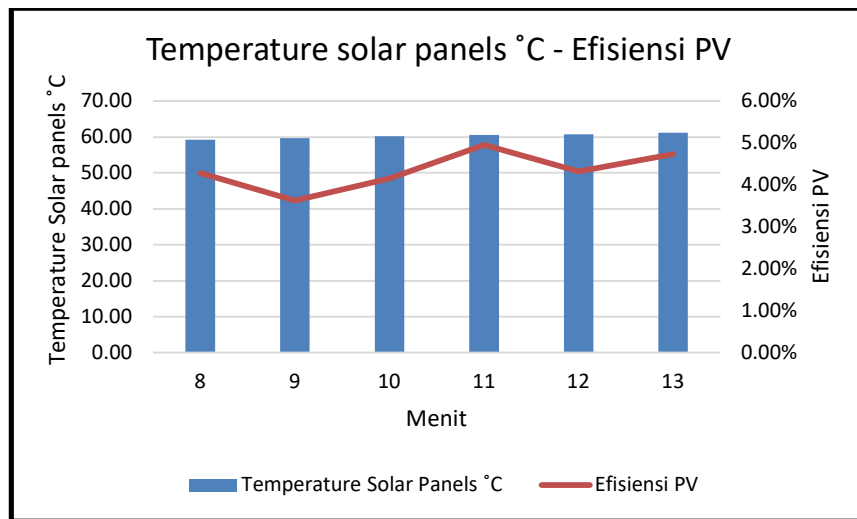
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
8	16.55	1.93	31.94	4%	0.21
9	16.49	1.68	27.70	4%	0.18
10	13.93	2.29	31.90	4%	0.21
11	15.09	2.46	37.12	5%	0.24
12	15.57	2.12	33.01	4%	0.22
13	15.46	2.35	36.33	5%	0.24

Pada Gambar 30. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada  $60,29^{\circ}\text{C}$  dari menit ke-8 hingga ke-13, sementara daya *output* dari *solar panels* meningkat dari 27,70 Watt menjadi 37,12 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya *output* yang dihasilkan *solar panels* adalah 33 Watt



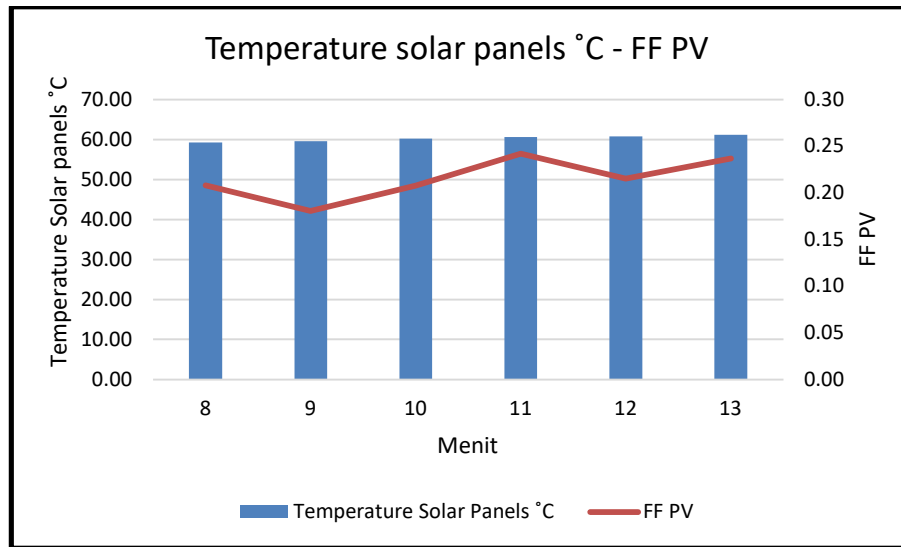
Gambar 30. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya output PV* menggunakan 12 lampu

Pada Gambar 31. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 60,29°C dari menit ke-8 hingga ke-13, sementara efisiensi dari *solar panels* meningkat dari 3,63% menjadi 4,96% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 31. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya efisiensi PV* menggunakan 12 lampu

Pada Gambar 32. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 60,29°C dari menit ke-24 hingga ke-37, sementara FF (*Fill Factor*) dari *solar panels* meningkat dari 0,18 menjadi 0,24 dalam periode waktu yang sama.



Gambar 32. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 12 lampu

Pada Tabel 14. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 50 cm. Pada pengujian ini *dimmer* lampu group 1 (satu) yang *diset up* diangka 2 (dua), *dimmer* lampu group 2 (dua) *diset up* diangka 5 (lima), *dimmer* lampu group 3 (tiga) *diset up* diangka 2 (dua) dan *dimmer* lampu group 4 (empat) *diset up* diangka 4 (empat) dengan konfigurasi satu *dimmer* 4 lampu dapat dilihat pada Gambar 18. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $60,7 \pm 02$  °C Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $500 \pm 0,11$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 14. Uji *solar panels* menggunakan 16 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
15	59	60.3	59.3	62	61.1	63.4	60	59.9	56.4	60.16
16	60.3	63	62.1	63.2	67.5	66.3	64.7	68.6	62.5	64.24
17	65.4	68.6	67.4	68.7	62.9	72.2	70.6	74.7	68.1	68.73
18	69.5	73.4	71.7	73.5	69.2	77.5	76.1	80.4	72.2	73.72
19	73.2	78.3	76.1	77.9	76.3	81.7	80.6	84.2	76.6	78.32
20	76.6	82.2	79.6	81.6	82.3	85.5	84.9	88.5	80.8	82.44
21	79.5	85.4	82.5	84.4	86.8	88.8	88.5	92.1	84.5	85.83
22	80.1	85.4	82.5	84.6	86.8	88.8	88.5	92.1	84.5	85.92
23	80	85.4	82.8	84.4	87.1	88.8	88.5	92.1	84.5	85.96

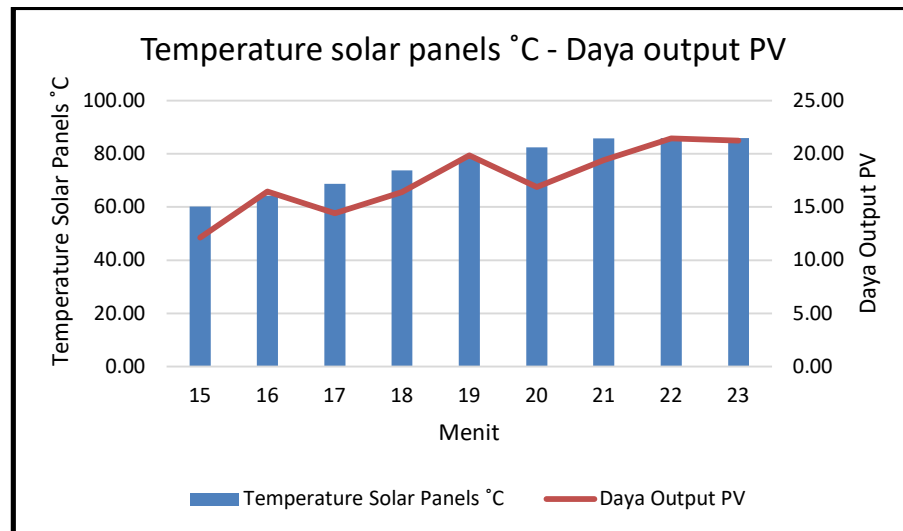
Tabel 15. Intensitas cahaya lampu menggunakan 16 lampu pada jarak 50 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
15	1570	1264	1367	1980	1503	1360	1824	1235	1367	1496.7
16	1586	1268	1370	1981	1501	1359	1824	1235	1367	1499.0
17	1580	1275	1380	1985	1502	1364	1826	1239	1370	1502.3
18	1583	1270	1378	1980	1503	1362	1825	1236	1368	1500.6
19	1586	1267	1368	1981	1505	1360	1823	1238	1368	1499.6
20	1586	1267	1368	1981	1505	1360	1823	1238	1368	1499.6
21	1580	1275	1380	1985	1502	1364	1826	1239	1370	1502.3
22	1583	1270	1378	1980	1503	1362	1825	1236	1368	1500.6
23	1570	1264	1367	1980	1503	1360	1824	1235	1367	1496.7

Tabel 16. Daya output PV menggunakan 16 lampu pada jarak 50 cm

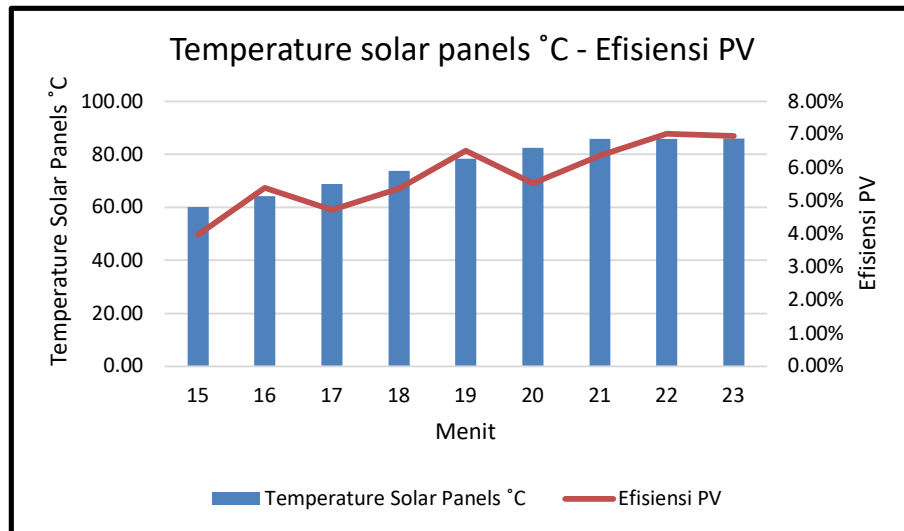
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
15	17.83	1.61	28.71	3%	0.19
16	18.27	1.93	35.26	4%	0.23
17	14.4	1.68	24.19	3%	0.16
18	15.91	2.29	36.43	4%	0.24
19	15.77	2.46	38.79	4%	0.25
20	15.61	2.12	33.09	4%	0.22
21	16.88	2.35	39.67	4%	0.26
22	16.37	2.3	37.65	4%	0.25
23	16.85	2.12	35.72	5%	0.23

Pada Gambar 33. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-15 hingga ke-23, sementara daya output dari *solar panels* meningkat dari 12,12 Watt menjadi 21,44 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 17 Watt.



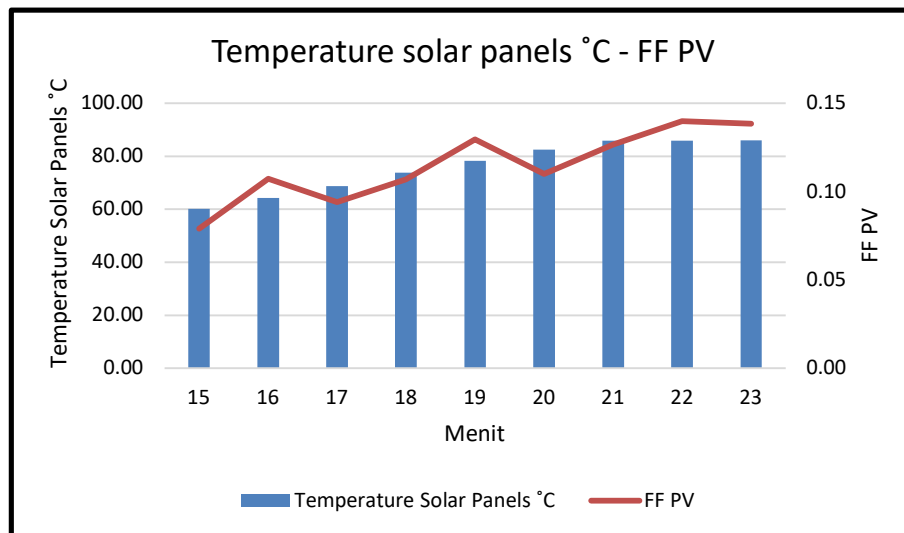
Gambar 33. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya output PV menggunakan 16 lampu

Pada Gambar 34. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-15 hingga ke-23, sementara efisiensi dari *solar panels* meningkat dari 3,97% menjadi 7,02% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 34. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya efisiensi PV menggunakan 16 lampu

Pada Gambar 35. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 70 °C dari menit ke-15 hingga ke-23, sementara FF (*Fill Factor*) dari *solar panels* meningkat dari 0,08 menjadi 0,14 dalam periode waktu yang sama.



Gambar 35. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 16 lampu

### 3.2 Pengujian simulator surya dengan jarak 80 cm antara lampu dengan *Solar panel*

Pada Tabel 17. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 80 cm. Pada pengujian ini dimmer lampu group satu diset up diangka 5 (lima) dengan konfigurasi satu dimmer 4 lampu dapat dilihat pada Gambar 18. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $47,6 \pm 0,14$  °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $367,6 \pm 1,14$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 17. Uji *solar panels* menggunakan 4 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
23	47.8	52.1	47.8	46.2	47.8	46.8	45	47.2	44	47.19
24	48.2	52.3	48	46.3	47.6	47.2	45.1	47.4	44.3	47.38
25	48.2	52.4	48.1	46.3	47.3	47.2	45.1	47.2	44.4	47.36
26	48.5	52.6	48.2	46.7	47.6	47.4	45.4	47.4	44.6	47.60
27	48.5	52.4	48.3	46.8	47.6	47.2	45.5	47.3	44.6	47.58
28	48.5	52.2	48.5	47	47.4	47.5	45.6	47.4	44.6	47.63
29	48.6	51.8	48.4	47.2	47.5	47.4	45.7	47.3	44.5	47.60
30	48.8	51.9	48.6	47.5	47.6	47.5	45.8	47.3	44.5	47.72
31	49.1	51.7	48.5	47.5	47.3	47.5	45.8	47.3	44.6	47.70
32	49.3	52.1	48.7	47.6	47.6	47.5	45.8	47.3	44.6	47.83

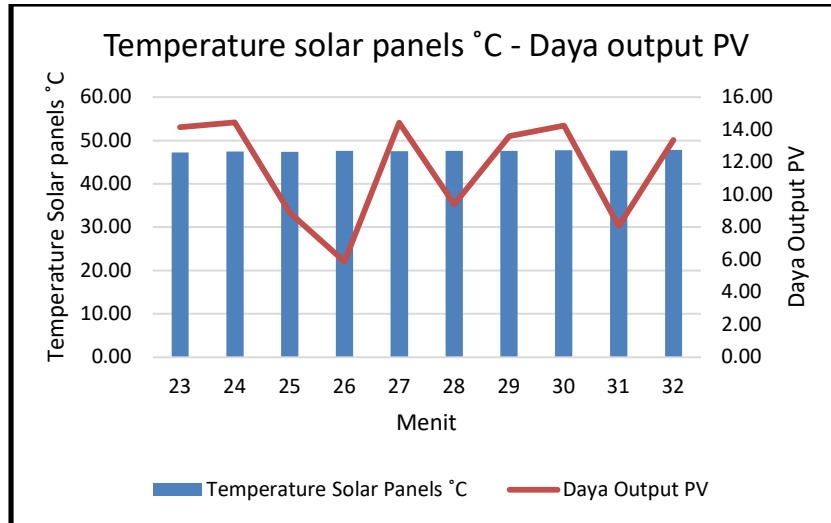
Tabel 18. Intensitas cahaya lampu menggunakan 4 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
23	310.6	600.4	318.1	290.3	567.2	280.2	250.9	447.8	234.1	366.6
24	311.6	593.3	317.6	290.3	564.3	279.8	252.9	443.2	236	365.4
25	312.2	597.9	321.8	299.3	563.8	281.4	252	438.4	233.7	366.7
26	318.7	598	320.4	291.1	561.6	284.1	253.8	440.9	234.6	367.0
27	323	597.4	323.9	293.3	563.4	283.5	256.9	435.5	232.5	367.7
28	322.3	601.1	327.6	292.4	562.7	282.7	253.5	437.7	233.4	368.2
29	325	598.6	320.8	291.5	562.7	282	255.9	436.4	231.3	367.1
30	324.4	601.6	328	289.9	559.1	282	253.7	437	228.8	367.2
31	322.9	602.2	332.3	293.5	562.3	287	254.6	435	234.3	369.3
32	326.3	602.7	325.6	291.7	567.7	281.6	258.4	447.2	238.8	371.1

Tabel 19. Daya output PV menggunakan 4 lampu pada jarak 80 cm

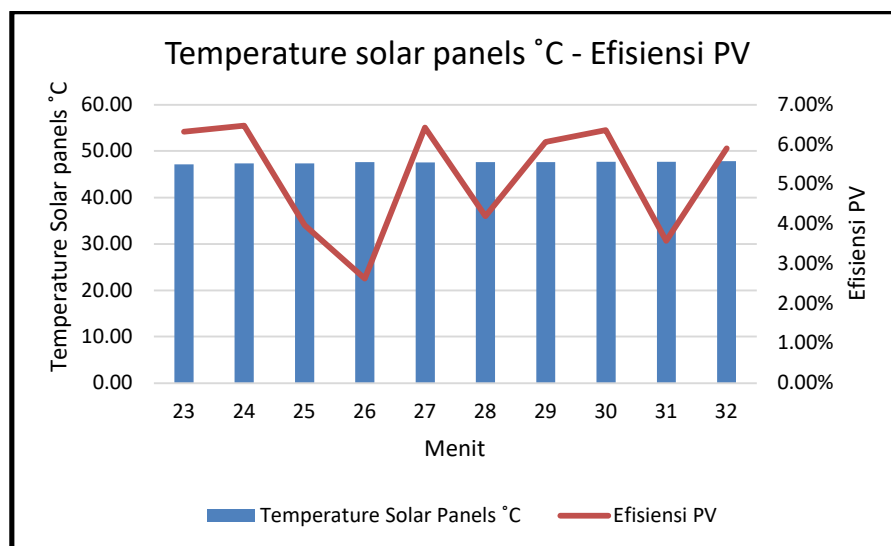
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
23	16.44	0.86	14.14	6%	0.09
24	16.59	0.87	14.43	6%	0.09
25	17.79	0.5	8.90	4%	0.06
26	20.26	0.29	5.88	3%	0.04
27	17.79	0.81	14.41	6%	0.09
28	15.69	0.6	9.41	4%	0.06
29	17.19	0.79	13.58	6%	0.09
30	16.77	0.85	14.25	6%	0.09
31	18.76	0.43	8.07	4%	0.05
32	17.83	0.75	13.37	6%	0.09

Pada Gambar 36. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 47,6 °C dari menit ke-23 hingga ke-32, sementara daya output dari *solar panels* menurun pada menit ke-26 hingga menit ke-3, sekitar 8-10 Watt, dan meningkat kembali pada menit ke-27 dan ke-32. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 11,6 Watt.



Gambar 36. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya output PV* menggunakan 4 lampu

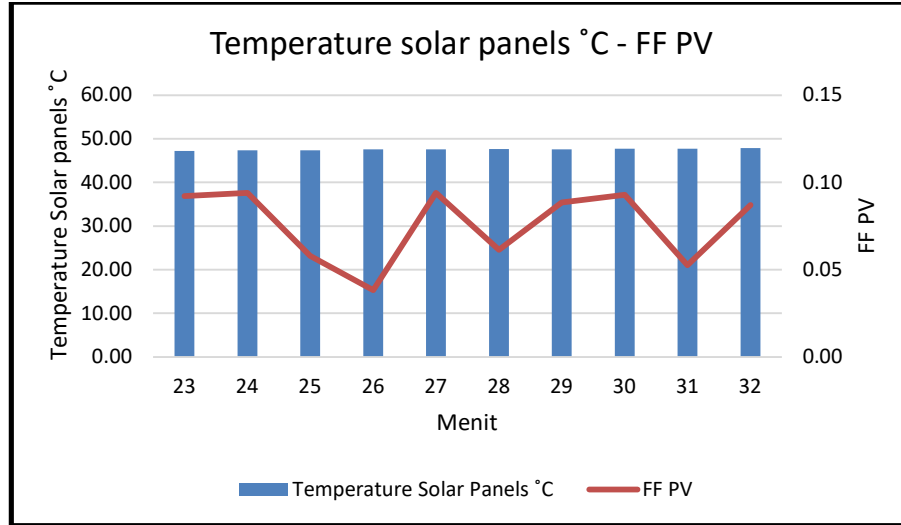
Pada Gambar 37. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 47,6 °C dari menit ke-23 hingga ke-32, sementara efisiensi dari *solar panels* menurun dari 6,32% menjadi 5,91% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 37. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya efisiensi PV* menggunakan 4 lampu



Pada Gambar 38. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 45 °C dari menit ke-9 hingga ke-10, sementara FF (Fill Factor) dari *solar panels* mendapatkan hasil yang sama dari 0,09 menjadi 0,09 dalam periode waktu yang sama.



**Gambar 38. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 4 lampu**  
 Pada Tabel 20. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 80 cm. Pada pengujian ini dimmer lampu group 1 (satu) yang diset up diangka 3 (tiga) dan dimmer lampu group 4 (empat) diset up diangka 4 (empat) dengan konfigurasi satu dimmer 4 lampu. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $43,9\pm 0,05$  °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $268,6\pm 0,10$  W/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Tabel 21.

**Tabel 20. Uji *solar panels* menggunakan 8 lampu pada jarak 80 cm**

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
38	43.5	46.3	44.7	43.5	44.2	44.2	42.5	43.8	42	43.9
39	43.5	45.6	44.6	43.7	44.5	44.5	42.6	43.8	42	43.9
40	43.5	45.6	44.6	43.7	44.5	44.4	42.6	43.8	41.7	43.8
41	43.4	45.7	44.7	43.6	44.7	44.7	42.9	44.2	42	44.0
42	43.4	45.8	44.5	43.6	42.7	44.4	42.8	44.1	41.9	43.7
43	43.3	45.8	44.4	43.6	43.3	44.4	42.7	43.9	41.8	43.7
44	43.4	46	44.5	43.5	43.8	44.5	42.7	43.8	42	43.8
45	43.4	46.1	44.7	43.8	44	44.5	42.8	43.8	42	43.9
46	43.6	46.3	44.8	43.8	44.1	44.5	42.9	43.9	42.2	44.0
47	43.7	46.2	44.7	43.8	44.3	44.6	42.9	43.9	42.3	44.0
48	43.7	45.5	44.8	43.9	44.4	44.5	42.9	43.9	42.2	44.0
49	43.8	45.7	44.6	43.9	44.5	44.5	42.9	44	42.2	44.0
50	43.7	45.8	44.7	43.9	44.3	44.5	42.8	43.8	42.2	44.0

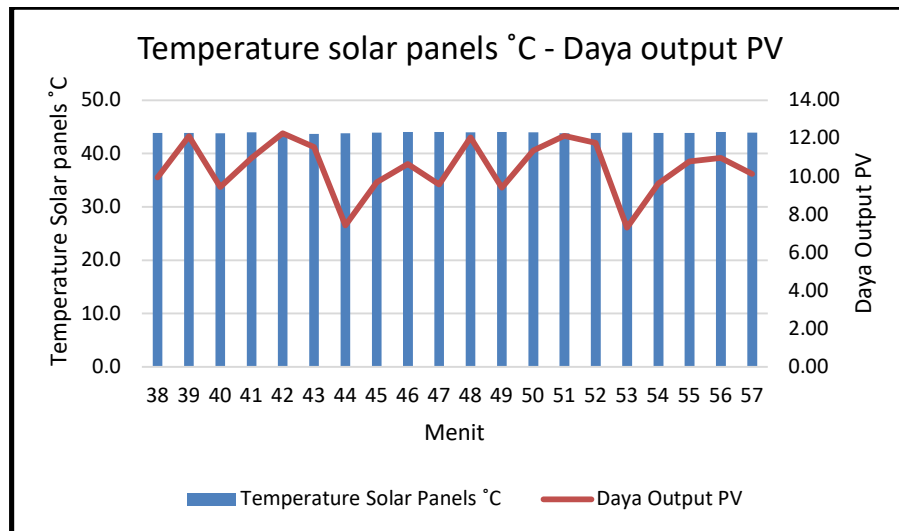
Tabel 21. Intensitas cahaya lampu menggunakan 8 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
38	227.6	329.8	258	238.1	351.6	265.6	220.3	297.3	226.2	268.3
39	227.3	329.8	258.1	237.7	352.2	265.1	220.7	297.1	226.2	268.2
40	227.7	330.5	257.8	237.7	352.2	265.1	220.7	297.6	226.2	268.4
41	227.9	330.5	258	237.8	352	265.3	220.7	297.9	226.3	268.5
42	227.4	330.2	258.2	237.7	351.9	265.4	220.4	297.9	226.3	268.4
43	227.4	330.1	258.1	237.9	352	265.4	220.5	297.6	226.3	268.4
44	227.9	330.2	258.2	238.3	351.9	265.1	220.4	298	226.6	268.5
45	228	330.3	258.4	238.5	351.9	265.4	220.7	297.9	226.6	268.6
46	228.1	330.2	259.1	238.8	351.8	265.7	220.8	297.6	226.6	268.7
47	227.9	329.9	258.4	238.6	352.2	265.7	220.9	297.9	226.6	268.7
48	227.6	329.4	258.9	238.6	352.2	266.4	220.8	297.7	227.2	268.8
49	227.6	329.8	259.1	238.3	352.3	266.8	220.8	298	226.9	268.8
50	227.4	329.2	258.9	238.2	352	266.4	220.9	297.9	227	268.7
51	227.4	329.8	258.9	238.3	352.4	266.3	220.9	298	227.2	268.8
52	227.2	329.9	259.3	238.3	351.9	266.1	220.7	297.9	227.2	268.7
53	227.4	329.7	259.2	238.5	352	265.6	221.1	297.7	227.2	268.7
54	227.4	329.7	259.3	238.3	352.3	266.1	220.9	297.7	227	268.7
55	227.4	329.4	259.2	238.2	352.2	266	220.8	298.2	227.2	268.7
56	227.4	330.1	259.3	238.6	352.7	265.8	221.1	297.9	227.7	269.0
57	227.4	330.2	259.2	238.5	353	265.6	220.9	298	227	268.9

Tabel 22. Daya output PV menggunakan 8 lampu pada jarak 80 cm

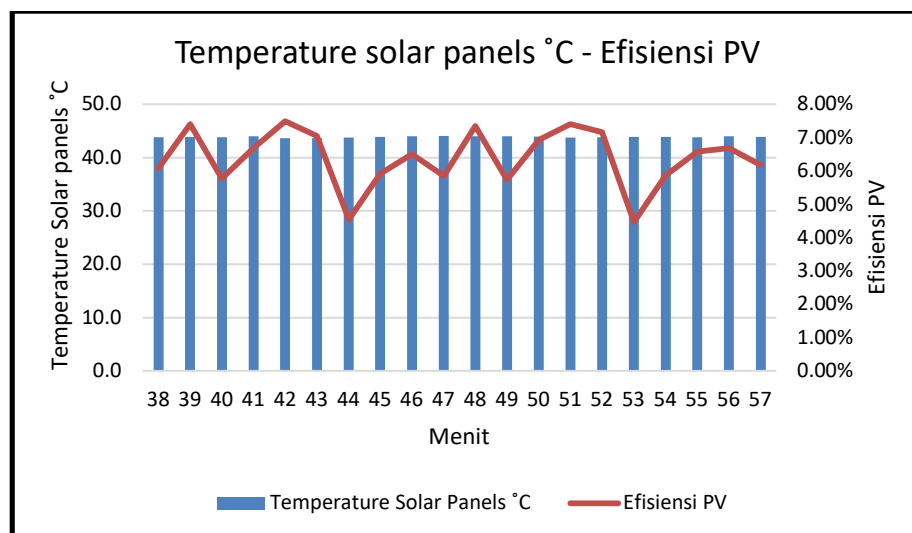
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
38	17.75	0.56	9.94	6%	0.06
39	18.08	0.67	12.11	7%	0.08
40	18.16	0.52	9.44	6%	0.06
41	18.27	0.6	10.96	7%	0.07
42	18.31	0.67	12.27	7%	0.08
43	18.61	0.62	11.54	7%	0.08
44	14.86	0.5	7.43	5%	0.05
45	16.7	0.58	9.69	6%	0.06
46	14.6	0.73	10.66	7%	0.07
47	18.08	0.53	9.58	6%	0.06
48	17.97	0.67	12.04	7%	0.08
49	18.08	0.52	9.40	6%	0.06
50	16.96	0.67	11.36	7%	0.07
51	16.62	0.73	12.13	7%	0.08
52	18.08	0.65	11.75	7%	0.08
53	14.34	0.51	7.31	4%	0.05
54	16.59	0.58	9.62	6%	0.06
55	14.97	0.72	10.78	7%	0.07
56	13.89	0.79	10.97	7%	0.07
57	18.08	0.56	10.12	6%	0.07

Pada Gambar 39. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 43,9 °C dari menit ke-38 hingga ke-57, sementara daya output dari *solar panels* meningkat dari 9,94 Watt menjadi 10,12 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 10,5 Watt



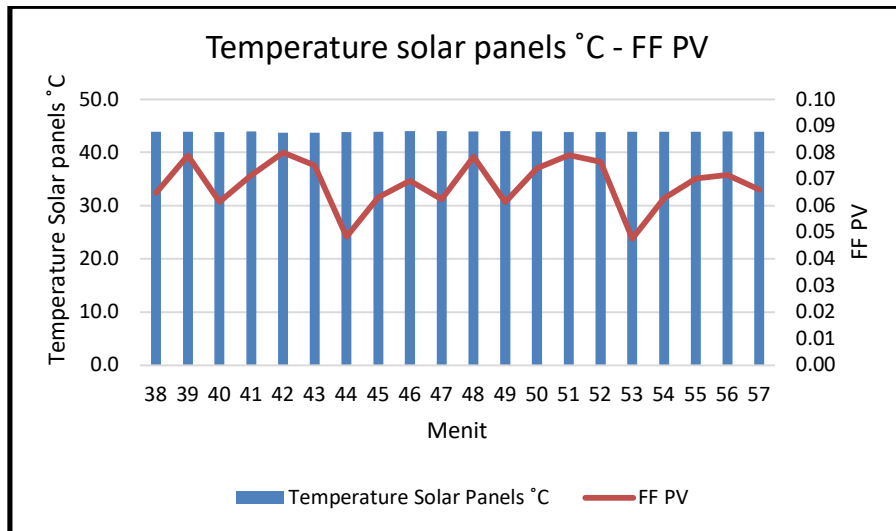
Gambar 39. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya output PV menggunakan 8 lampu

Pada Gambar 40. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 43,9 °C dari menit ke-38 hingga ke-57, sementara efisiensi dari *solar panels* meningkat dari 6,07% menjadi 6,17% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 40. Grafik *temperature solar panels* terhadap daya efisiensi PV menggunakan 8 lampu

Pada Gambar 41. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 43,9 °C dari menit ke-38 hingga ke-57, sementara FF (Fill Factor) dari *solar panels* meningkat dari 0,6 menjadi 0,7 dalam periode waktu yang sama.



**Gambar 41. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 8 lampu**

Pada Tabel 23. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 80 cm. Pada pengujian ini dimmer lampu group 1 (satu) yang diset up diangka 2 (dua), dimmer lampu group 2 (dua) diset up diangka 5 (lima) dan dimmer lampu group 4 (empat) diset up diangka 4 (empat) dengan konfigurasi satu dimmer 4 lampu. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $60,5 \pm 0,08$  °C. Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $670 \pm 1,65$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 24.

**Tabel 23. Uji *solar panels* menggunakan 12 lampu pada jarak 80 cm**

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
39	62.5	64.3	63.1	61.1	56.9	61.9	57.7	57.6	56.6	60.2
40	62.6	64.1	62.9	61.3	57.4	61.9	57.9	57.4	56.6	60.2
41	62.6	64.2	62.9	61.5	57.8	62.2	58.3	57.6	57.2	60.5
42	62.5	64.4	62.8	61.5	58.4	62.1	58.5	58.1	56.9	60.6
43	62.5	64.4	62.8	61.9	58.6	62.2	58.5	58.1	57	60.7
44	62.6	64.2	62.9	62	58.4	62.1	58.8	57.6	57	60.6
45	62.5	64.2	62.8	61.8	58.4	62.1	58.8	57.6	57.1	60.6
46	62.6	64.3	62.9	61.7	58	62.1	58.7	57.5	56.9	60.5
47	62.7	64.1	62.7	61.7	58.1	62.1	58.7	57.5	56.9	60.5
48	62.7	63.8	62.6	61.8	58	61.9	58.4	57.5	56.8	60.4
49	63	63.9	62.7	61.9	57.6	61.8	58.4	57.3	56.7	60.4
50	63.3	64.3	62.9	62.1	57.8	61.9	58.3	56.9	56.9	60.5
51	63.2	63.8	62.9	62	57.9	62	58.5	57.2	57	60.5
52	63.1	63.6	62.9	62	57.3	61.9	58.3	57.1	56.9	60.3

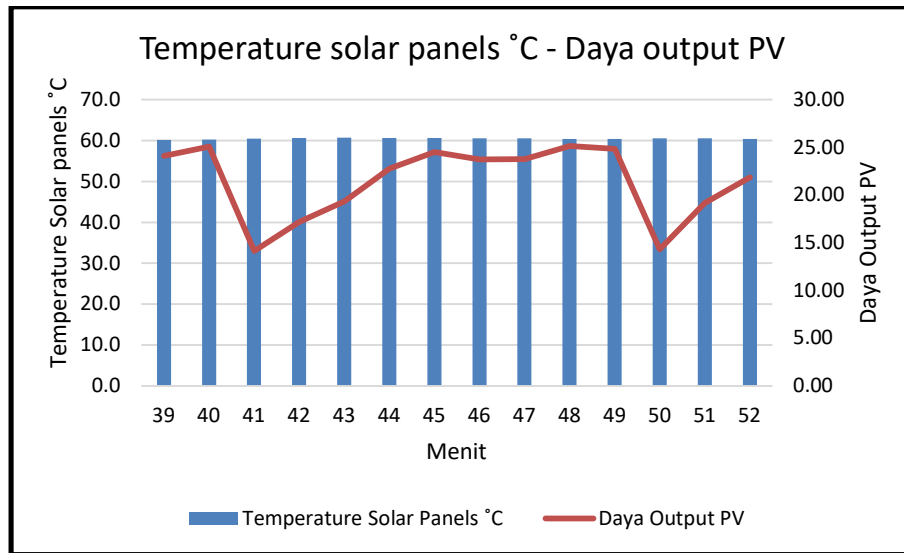
Tabel 24. Intensitas cahaya lampu menggunakan 12 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
39	633.1	640.3	629.4	701.2	683.7	649.3	696.8	730.5	657.7	669.1
40	629.1	640.3	632	701.8	684.4	645.8	700	734.4	656.6	669.4
41	634.1	644.6	636.6	705.9	688.9	653	703.3	736.7	659.7	673.6
42	634.8	643.9	635.5	704.7	672.1	652.6	699.7	732	659.1	670.5
43	633	644.5	636.7	704.5	685.2	655.4	696.3	731.2	661.9	672.1
44	628.7	642.8	636.7	706.6	687	650.5	701.1	727.2	660.2	671.2
45	629.8	638	632	703.4	631.2	699	683	647.1	696	662.2
46	728.3	656.1	628	701.2	629.8	638.7	683	645.4	692.8	667.0
47	728	665.2	633.1	701.8	629.4	636.2	683.7	649.3	696.8	669.3
48	730.5	657.7	629.1	705.9	632	640.3	684.4	645.8	700	669.5
49	734.4	656.6	634.1	704.7	636.6	640.3	688.9	653	703.3	672.4
50	736.7	659.7	634.8	704.5	635.5	644.6	672.1	652.6	699.7	671.1
51	732	659.1	633	706.6	636.7	643.9	685.2	655.4	696.3	672.0
52	731.2	661.9	628.7	706.8	636.7	644.5	687	650.5	701.1	672.0

Tabel 25. Daya output PV menggunakan 12 lampu pada jarak 80 cm

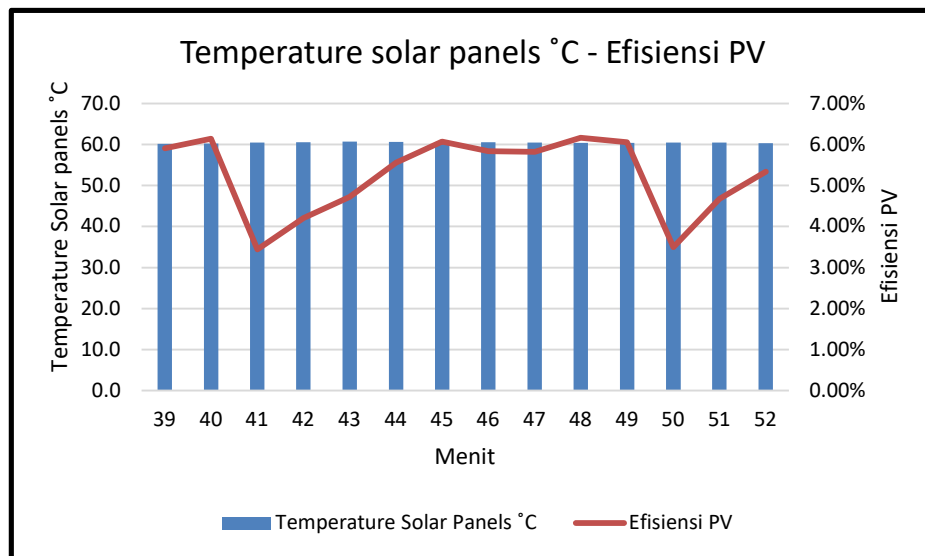
Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
39	17.34	1.39	24.103	6%	0.16
40	16.4	1.53	25.092	6%	0.16
41	18.12	0.78	14.134	3%	0.09
42	18.12	0.95	17.214	4%	0.11
43	15.61	1.24	19.356	5%	0.13
44	15.8	1.44	22.752	6%	0.15
45	16.02	1.53	24.511	6%	0.16
46	16.48	1.44	23.731	6%	0.15
47	16.85	1.41	23.759	6%	0.15
48	16.66	1.51	25.157	6%	0.16
49	16.02	1.55	24.831	6%	0.16
50	18.12	0.79	14.315	3%	0.09
51	18.08	1.06	19.165	5%	0.12
52	15.52	1.41	21.883	5%	0.14

Pada Gambar 42. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 60,5 °C dari menit ke-39 hingga ke-52, sementara daya output dari *solar panels* menurun dari 24,10 Watt menjadi 21,88 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 21,4 Watt.



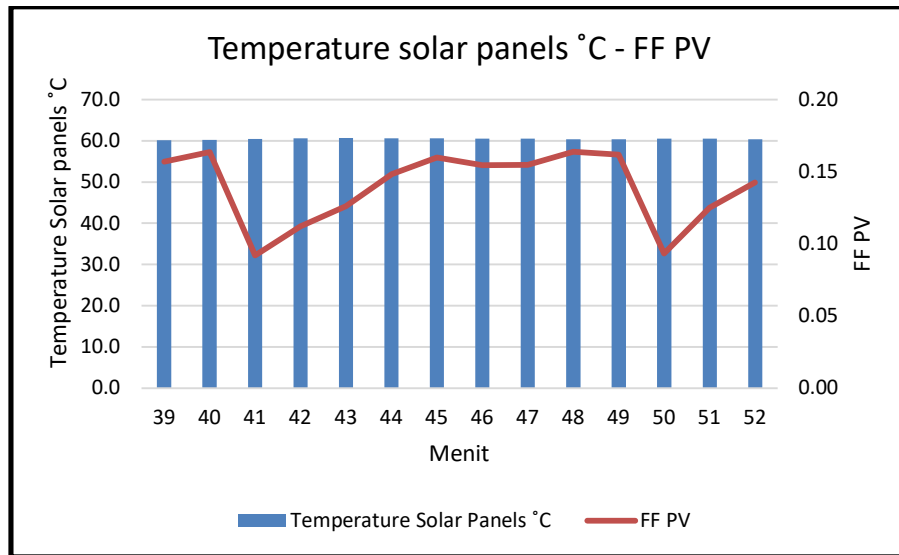
Gambar 42. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya output PV* menggunakan 12 lampu

Pada Gambar 43. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 60,5 °C dari menit ke-39 hingga ke-52, sementara efisiensi dari *solar panels* menurun dari 5,91% menjadi 5,34% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 43. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya efisiensi PV* menggunakan 12 lampu

Pada Gambar 44. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 60,5 °C dari menit ke-39 hingga ke-52, sementara FF (Fill Factor) dari *solar panels* menurun dari 0,16 menjadi 0,14 dalam periode waktu yang sama.



**Gambar 44.** Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 12 lampu Pada Tabel 26. didapat hasil pengujian *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu adalah 80 cm. Pada pengujian ini dimmer lampu group 1 (satu) yang diset up diangka 2 (dua), dimmer lampu group 2 (dua) diset up diangka 5 (lima), dimmer lampu group 3 (tiga) diset up diangka 3 (tiga) dan dimmer lampu group 4 (empat) diset up diangka 4 (empat) dengan konfigurasi satu dimmer 4 lampu. *Temperature solar panels* yang dihasilkan pada pengujian memiliki rata-rata sebesar  $69,7\pm 0,7$  °C Intensitas cahaya yang dipancarkan selama pengujian ini rata-rata  $875\pm 03,8$  W/m<sup>2</sup> dapat dilihat pada Tabel 27.

**Tabel 26.** Uji *solar panels* menggunakan 16 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Solar Panels									Temperature Solar Panels °C
	T1°C	T2°C	T3°C	T4°C	T5°C	T6°C	T7°C	T8°C	T9°C	
23	70.2	74.4	71.5	69.7	67	69.4	62.6	64.1	62.9	67.98
24	70.5	74.5	72	70.2	63.2	70.2	62.9	64.2	63.5	67.91
25	71.2	75.3	72.7	70.2	65.1	70.8	62.9	64.4	63.9	68.50
26	71.7	76.1	73.4	71	66.6	71.4	63.1	64.2	64.3	69.09
27	72	76.5	73.7	71.2	67.4	71.9	63.1	64.5	64.9	69.47
28	72.6	77.2	74.1	71.9	68.7	72.5	63.6	64.9	64.8	70.03
29	72.6	77.5	74.7	71.6	69.2	72.6	63.8	65.6	65	70.29
30	73.2	77.8	74.9	72	69.6	72.8	64.4	65.8	65.6	70.68
31	73.3	77.6	74.9	71.9	69.7	72.7	63.8	65.4	65.6	70.54
32	73.5	77.8	75.2	72.2	69.4	72.9	63.9	65.2	65.8	70.66
33	73.6	78.1	75.6	72.3	69.5	73	64	65.2	65.8	70.79
34	74.1	78.4	76	72.2	69.6	73.3	64	65.3	66	70.99

Tabel 27. Intensitas cahaya lampu menggunakan 16 lampu pada jarak 80 cm

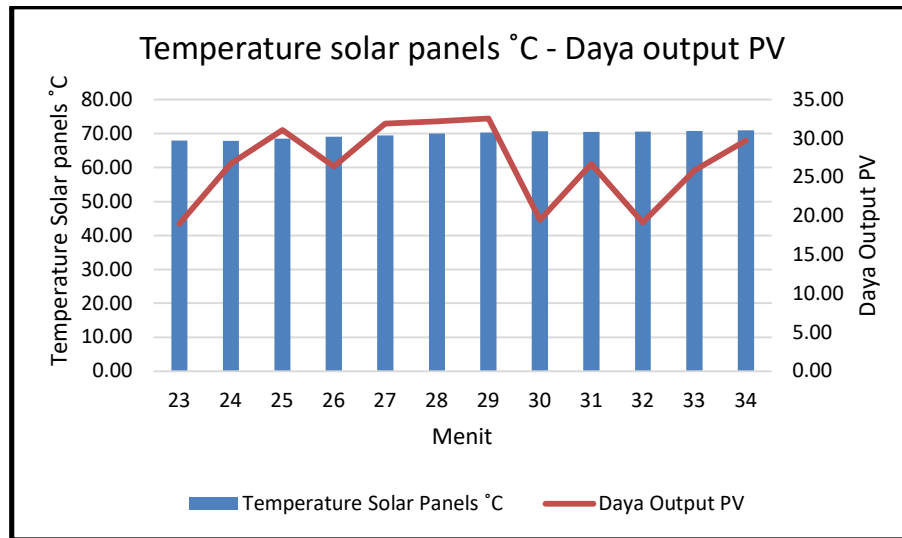
Menit	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )									Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	
23	874.6	900.6	828.6	873.9	1037	847	795.6	874	809.8	871.2
24	885.4	908	835.5	868.9	1033	847.5	792	872	803.4	871.7
25	878	909.5	826.2	874.7	1040	843.8	808.4	880.8	816	875.3
26	884.7	918.1	868.6	864.1	1034	838.7	799.2	865.9	815.3	876.5
27	824.6	908.4	827.1	861.5	1031	846.4	794.1	867.5	804.5	862.8
28	878.7	905	835.6	861.5	1028	835.9	796.7	873.5	808.3	869.2
29	875.1	908.3	869.1	867.8	1030	837.8	803.6	870.2	813.3	875.0
30	898.9	922.7	866.3	868.1	1035	850.8	802.1	869.7	812.3	880.7
31	893.9	911.5	868.2	876	1046	838.3	812.8	872.4	803.9	880.3
32	887.4	927.6	866.4	872.5	1037	844.7	796.7	873.5	814.9	880.1
33	890.6	918	873.5	878.3	1039	854.3	802.1	885.2	815.6	884.1
34	887	916	868	874.3	1035	844.1	800.1	889.5	810.8	880.5

Tabel 28. Daya output PV menggunakan 16 lampu pada jarak 80 cm

Menit	Daya Output PV			Efisiensi PV	FF
	Tegangan (V)	Arus (I)	Watt		
23	16.96	1.12	19.00	4%	0.12
24	14.53	1.84	26.74	5%	0.17
25	15.02	2.07	31.09	6%	0.20
26	13.33	1.98	26.39	5%	0.17
27	15.57	2.05	31.92	6%	0.21
28	15.13	2.13	32.23	6%	0.21
29	15.88	2.05	32.55	6%	0.21
30	16.66	1.17	19.49	4%	0.13
31	16.7	1.6	26.72	5%	0.17
32	16.37	1.17	19.15	4%	0.12
33	16.4	1.58	25.91	5%	0.17
34	15.02	1.98	29.74	6%	0.19

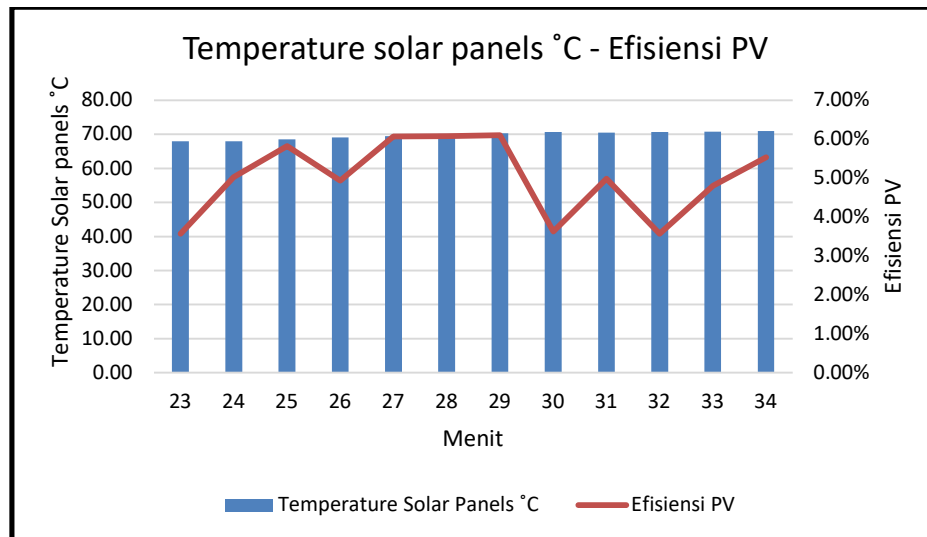
Pada Gambar 45. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 69,7 °C dari menit ke-23 hingga ke-34, sementara daya output dari *solar panels* meningkat dari 19 Watt menjadi 29,74 Watt dalam periode waktu yang sama. Rata-rata daya output yang dihasilkan *solar panels* adalah 26,7 Watt.





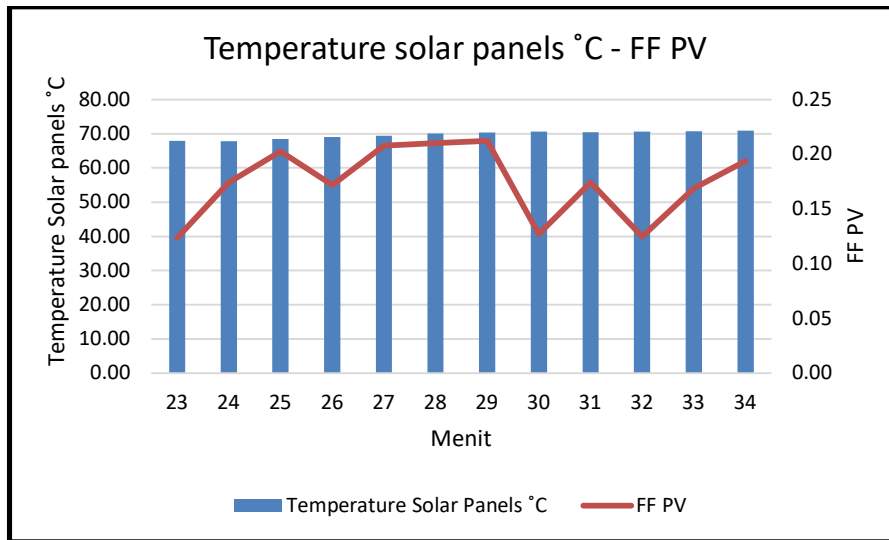
Gambar 45. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya output PV* menggunakan 16 lampu

Pada Gambar 46. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 69,7 °C dari menit ke-23 hingga ke-34, sementara efisiensi dari *solar panels* meningkat dari 3,57% menjadi 5,54% dalam periode waktu yang sama.



Gambar 46. Grafik *temperature solar panels* terhadap *daya efisiensi PV* menggunakan 16 lampu

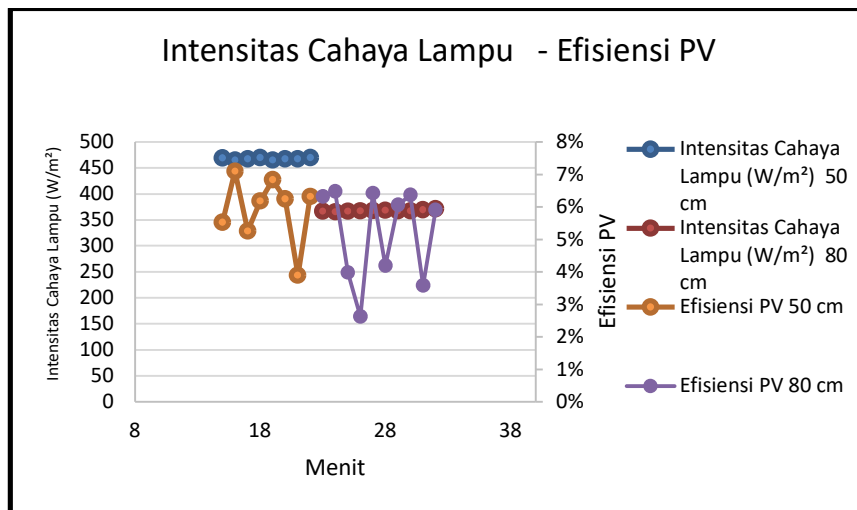
Pada Gambar 47. grafik ini menunjukkan bahwa *temperature solar panels* tetap konstan pada 69,7 °C dari menit ke-23 hingga ke-34, sementara FF (Fill Factor) dari *solar panels* meningkat dari 0,12 menjadi 0,19 dalam periode waktu yang sama.



Gambar 47. Grafik *temperature solar panels* terhadap FF PV menggunakan 16 lampu

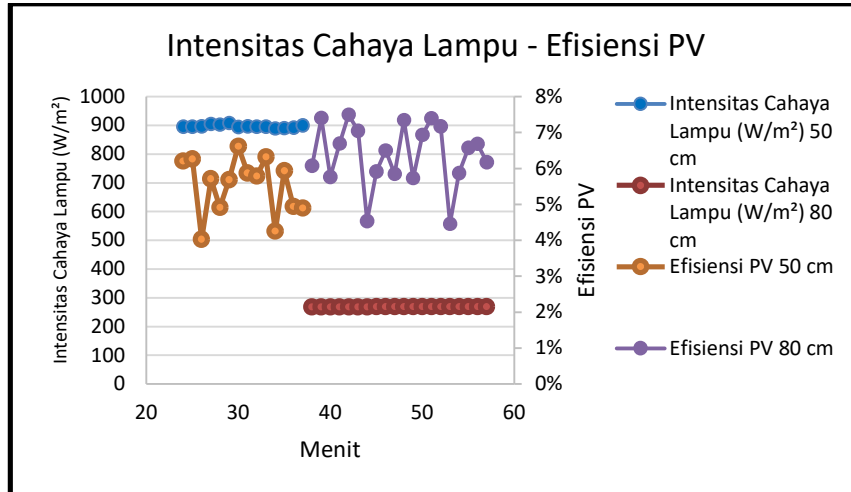
### 3.3 Analisis

Dari hasil pengujian didapat kinerja *solar panels* dalam bentuk grafik perbandingan efisiensi *solar panels* pada beberapa ketinggian seperti pada grafik berikut.



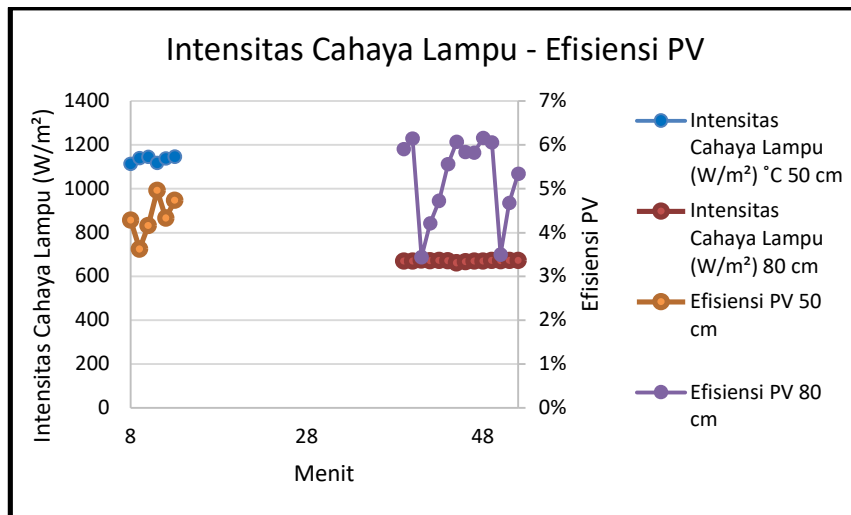
Gambar 48. Grafik intensitas cahaya lampu terhadap efisiensi PV menggunakan 4 lampu

Pada Gambar 48 didapat grafik kinerja *solar panels* dalam bentuk grafik perbandingan intensitas cahaya lampu dengan efisiensi. Dapat dilihat bahwa kinerja *solar panels* pada ketinggian 50 cm memiliki efisiensi PV yang lebih tinggi yaitu sebesar 7,10 %. Sedangkan kinerja *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu berjarak 80 cm efisiensi *solar panels* sebesar 7,02 %.



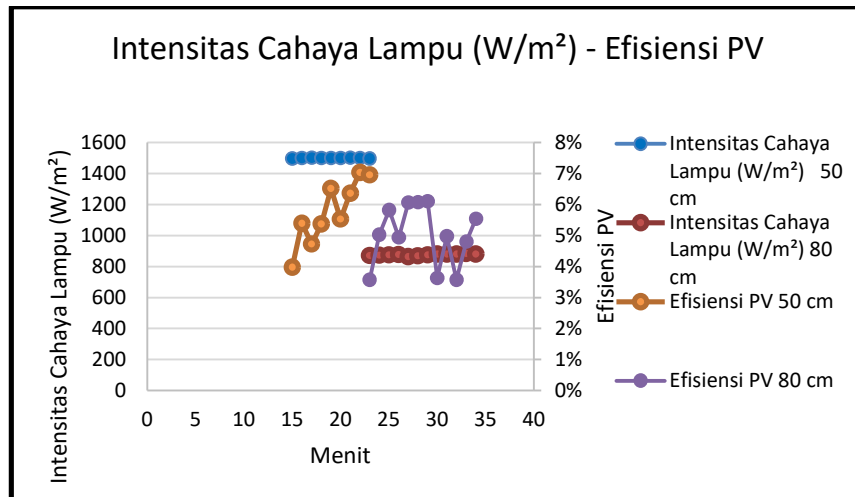
**Gambar 49. Grafik intensitas cahaya lampu terhadap efisiensi PV menggunakan 8 lampu**

Pada Gambar 49 didapat grafik kinerja *solar panels* dalam bentuk grafik perbandingan intensitas cahaya lampu dengan efisiensi. Dapat dilihat bahwa kinerja *solar panels* pada ketinggian 80 cm memiliki efisiensi PV yang lebih tinggi yaitu sebesar 7,49 %. Sedangkan kinerja *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu berjarak 50 cm efisiensi *solar panels* sebesar 6,62 %.



**Gambar 50. Grafik intensitas cahaya lampu terhadap efisiensi PV menggunakan 12 lampu**

Pada Gambar 50 didapat grafik kinerja *solar panels* dalam bentuk grafik perbandingan intensitas cahaya lampu dengan efisiensi. Dapat dilihat bahwa kinerja *solar panels* pada ketinggian 80 cm memiliki efisiensi PV yang lebih tinggi yaitu sebesar 6,16 %. Sedangkan kinerja *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu berjarak 50 cm efisiensi *solar panels* sebesar 4,96 %.



**Gambar 51. Grafik intensitas cahaya lampu terhadap efisiensi PV menggunakan 16 lampu**

Pada Gambar 51 didapat grafik kinerja *solar panels* dalam bentuk grafik perbandingan intensitas cahaya lampu dengan efisiensi. Dapat dilihat bahwa kinerja *solar panels* pada ketinggian 50 cm memiliki efisiensi PV yang lebih tinggi yaitu sebesar 7,02 %. Sedangkan kinerja *solar panels* dengan jarak *solar panels* dengan lampu berjarak 80 cm efisiensi *solar panels* sebesar 6,10 %.

Dari hasil penelitian diperoleh nilai efisiensi tertinggi pada konfigurasi lampu 4 lampu pada jarak 50 cm sebesar 7,02%, kemudian pada konfigurasi lampu 8 lampu pada jarak 80 cm sebesar 7,49%, kemudian pada konfigurasi lampu 12 lampu pada jarak 80 cm sebesar 6,16%, dan yang terakhir pada konfigurasi lampu 16 lampu pada jarak 50 cm sebesar 7.02%.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang uji kinerja *solar panels* tipe monokristal 120 Wp, dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - Besar kecilnya intensitas cahaya lampu berpengaruh terhadap kinerja *solar panels* dimana intensitas cahaya lampu mempengaruhi efisiensi kerja *solar panels*. Selain itu intensitas cahaya lampu juga berpengaruh terhadap *temperature solar panels*, dimana *temperature solar panels* berpengaruh juga terhadap kinerja *solar panels*. Semakin tinggi intensitas maka nilai efisiensi semakin tinggi.
  - Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 7,49% pada *temperature* permukaan *solar panel* sebesar 44°C pada jarak pengujian 80 cm dan konfigurasi 8 lampu dengan nilai intensitas sebesar 268 W/m<sup>2</sup>.

### 2. Saran

Berdasarkan serangkaian pengujian, perhitungan dan analisis data dan pengambilan simpulan yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Penambahan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja *solar panels* selain intensitas cahaya lampu seperti *temperature solar panels*, kecepatan angin, *temperature* lingkungan supaya mendapat hasil pengujian yang lebih valid untuk penelitian selanjutnya.
- Pengambilan data yang dilakukan secara manual menyebabkan kurang efektifnya proses pengambilan data, oleh karena itu penulis menyarankan penambahan sensor *temperature* pada *solar panels* untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Arifin, I. W. Kuncoro, and M. Hijriawan, “Solar Simulator Development for 50 WP Solar Photovoltaic Experimental Design Using Halogen Lamp,” *Int. J. Heat Technol.*, vol. 39, no. 6, pp. 1741–1747, Dec. 2021, doi: 10.18280/ijht.390606.
- [2] S. Prayogi, “Karakteristik Sel Surya Polikristal Pada Sistem Sun Simulator Menggunakan Halogen Bulm,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, pp. 103–108, 2023.
- [3] U. Usman, “Rancang Bangun *Photovoltaic* Simulator untuk Pengujian Karakteristik Panel Surya,” *Semin. Nas. Has. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy.*, pp. 37–42, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/3203/2735>
- [4] N. Watjanatepin and P. Somboonkij, “The Design and Development of Photovoltaic Electrical Generating System Experimental Set,” *Nanotechnol. 2010 Bio Sensors, Instruments, Medical, Environ. Energy - Tech. Proc. 2010 NSTI Nanotechnol. Conf. Expo, NSTI-Nanotech 2010*, vol. 3, pp. 765–768, 2010.
- [5] H. A. S and I. Dinahkandy, “Studi Pemanfaatan Energi Matahari Sebagai Sumber Energi Alternatif Terbarukan Berbasis Sel Fotovoltaik Untuk Mengatasi Kebutuhan Listrik Rumah Sederhana Di Daerah Terpencil,” vol. 03, no. 02, pp. 88–93, 2018.
- [6] Munawar Alfansury and W. Septiawan, “Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 6, no. 1, pp. 137–143, 2023, [Online]. Available: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>
- [7] R. A. Salam, M. M. Munir, T. Warsahemas, C. Saputra, H. Latief, and K. Khairurrijal, “A Simple Solar Simulator With Highly Stable Controlled Irradiance for Solar Panel Characterization,” *Meas. Control (United Kingdom)*, vol. 52, no. 3–4, pp. 159–168, 2019, doi: 10.1177/0020294019827327.
- [8] R. Arshad, S. Tariq, M. U. Niaz, and M. Jamil, “Improvement in Solar Panel Efficiency using Solar Concentration by Simple Mirrors and by Cooling,” *2014 Int. Conf. Robot. Emerg. Allied Technol. Eng. iCREATE 2014 - Proc.*, pp. 292–295, 2014, doi: 10.1109/iCREATE.2014.6828382.
- [9] E. Yandri, “Uniformity Characteristic and Calibration of Simple Low Cost Compact Halogen Solar Simulator for Indoor Experiments,” *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 13, no. 3, pp. 218–230, 2018, doi: 10.1093/IJLCT/CTY018.
- [10] D. Darwin, A. Panjaitan, and S. Suwarno, “Analisa pengaruh Intesitas Sinar Matahari Terhadap Daya Keluaran Pada Sel Surya Jenis Monokristal,” *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 1, no. 2, pp. 99–106, 2020, doi: 10.53695/jm.v1i2.105.

- [11] F. Ardianto, Y. Ramaleno, B. Alfaresi, and Z. Saleh, "Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Terhadap Daya yang Dihasilkan," pp. 414–417, 2021.
- [12] S. G. Prasanth K. Enaganti a, Prabhat K. Dwivedi b, Alok K. Srivastava c, "*Analysis of submerged amorphous, mono-and poly-crystalline silicon solar cells using halogen lamp and comparison with xenon solar simulator.*"
- [13] E. López-Fraguas, J. M. Sánchez-Pena, and R. Vergaz, "A Low-Cost LED-Based Solar Simulator," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 68, no. 12, pp. 4913–4923, 2019, doi: 10.1109/TIM.2019.2899513.
- [14] R. Bader, G. Levêque, S. Haussener, and W. Lipinski, "High-flux solar simulator technology," *Opt. InfoBase Conf. Pap.*, vol. 3, no. c, pp. 2–4, 2016, doi: 10.1364/OSE.2016.SoM3C.3.
- [15] R. Kyai Demak and R. Hatib, "Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi Modul *Photovoltaic* Tipe *Multicrystalline*," *J. Mek.*, vol. 7, no. 1, pp. 625–633, 2016.
- [16] M. Rafi, "Desain sistem simulator surya (Solar Simulator) Untuk Menguji Karakteristik I-V Panel Surya Berbasis LabView," pp. 1–63, 2020.
- [17] Y. M. Irwan *et al.*, "*Analysis air cooling mechanism for photovoltaic panel by solar simulator,*" *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 636–643, Aug. 2015, doi: 10.11591/ijece.v5i4.pp636-643.
- [18] T. Supriyono, M. Ramandani, H. Soemantri, B. Perjuangan Karawang, and J. Waluyu Sirnabaya Teluk Jame Timur Karawang, "Uji Performansi Solar Panel Kapasitas 100 Wp," *J. Mech. Explor.*, vol. 2, no. 2, pp. 35–48, 2022, [Online]. Available: <http://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/JTMMX>
- [19] A. K. Al Bahar and L. S. Paiso, "Analisa Perubahan Cuaca Terhadap Tegangan Input Panel Surya 100 WP," vol. 8, no. 1, pp. 56–61, 2020.
- [20] D. Suryana, "Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan Yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya)," *J. Teknol. Proses dan Inov. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 49–52, 2016, doi: 10.36048/jtpii.v1i2.1791.
- [21] T. Supriyono, G. Omar, N. Tamaldin, and H. Sonawan, "*Fabrication of a Working Fluid Filler for Cooling Photovoltaic Module,*" pp. 611–618, 2023.
- [22] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*, vol. 9781315800. 2014. doi: 10.4324/9781315800493.
- [23] B. H. Purwoto, Jatmiko, M. A. F, and I. F. Huda, "Efisiensi Penggunaan Panel Surya

- Sebagai Sumber,” *Emitor*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/6251>
- [24] D. Colarossi, E. Tagliolini, P. Principi, and R. Fioretti, “*Design and validation of an adjustable large-scale solar simulator*,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, pp. 1–13, 2021, doi: 10.3390/app11041964.
- [25] G. Santoso, T. Supriyono, and Sugiharto, “Rancang Bangun Support PV Module,” 2023, [Online]. Available: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=lhEm5FoAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=title&citation\\_for\\_view=lhEm5FoAAAJ:t7zJ5fGR-2UC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=lhEm5FoAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=title&citation_for_view=lhEm5FoAAAJ:t7zJ5fGR-2UC)
- [26] Q. Nadandi, B. D. Wasistha, \* N., \* I., and N. Nadhiroh, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Reflektor Alumunium dan Cermin berbasis *LabVIEW*,” *Electrices*, vol. 3, no. 2, pp. 60–66, 2021, doi: 10.32722/ees.v3i2.4073.
- [27] R. Hartono *et al.*, “*Design and Manufacturing of Cutting Motion Control System on 3-Axis Router Machine for Wood Carving*,” in *2nd International Conference on Science, Technology, and Modern Society (ICSTMS 2020)*, 2021, pp. 132–136.
- [28] M. Anggara and W. Saputra, “Analisis Kinerja Sel Surya *Monocrystalline* dan *Polycrystalline* di Kabupaten Sumbawa NTB,” *J. Flywheel*, vol. 14, no. 1, pp. 7–12, 2023, doi: 10.36040/flywheel.v14i1.6521.
- [29] G. Santoso and B. Ariantara, “*Prototipe Solar Tracker Dual Axis Dengan Sistem Monitoring Iot Berbasis Cloud*.” 2023. [Online]. Available: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=lhEm5FoAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=title&citation\\_for\\_view=lhEm5FoAAAJ:W5xh706n7nkC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=lhEm5FoAAAJ&cstart=100&pagesize=100&sortby=title&citation_for_view=lhEm5FoAAAJ:W5xh706n7nkC)
- [30] M. Usman, “Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya,” *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 52–57, 2020, doi: 10.30591/polektr.v9i2.2047.
- [31] J. A. Jiang, T. L. Huang, Y. T. Hsiao, and C. H. Chen, “*Maximum Power Tracking For Photovoltaic Power Systems*,” *Tamkang J. Sci. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 147–153, 2005, doi: 10.1109/ias.2002.1042685.
- [32] M. Munadi, I. Haryanto, M. Ariyanto, J. D. Setiawan, and D. R. Aulia, “Studi Peningkatan Energi Listrik Berbasis Simulator Solar Panel dengan Metode *Fix Position* dan *Tracking Position* terhadap Cahaya Matahari,” *ROTASI*, vol. 21, no. 2, pp. 102–108, May 2019, doi: 10.14710/rotasi.21.2.102-108.



# LAMPIRAN

## 1. Data hasil pengujian/pengukuran



## 2. Foto-Foto Kegiatan

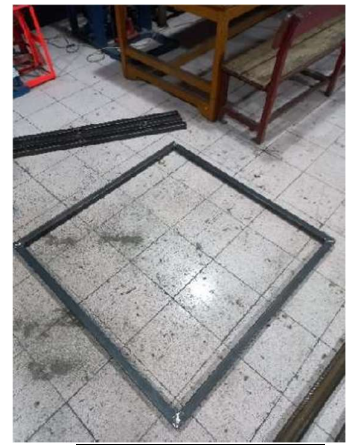
Proses pemotongan material



Material yang sudah dilakukan proses pemotongan



Proses pengelasan material bagian bawah



Proses pengelasan bagian tiang



Proses pengelasan material bagian atas



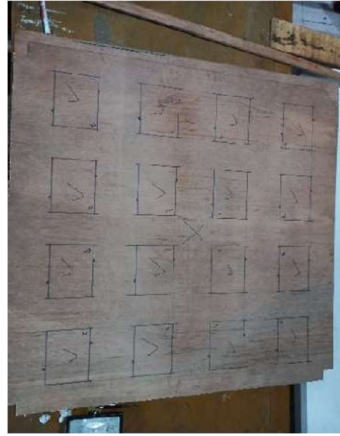
Proses pengelasan material bagian dudukan lampu



Proses pengelasan material bagian dudukan solar panel



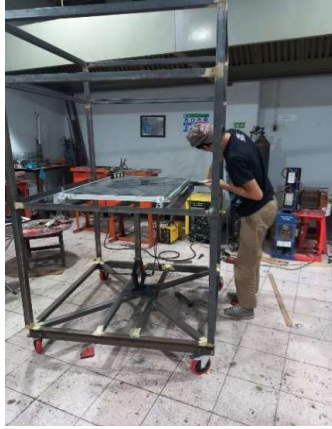
Proses pemotongan material plywood sebagai dudukan lampu dan penutup rangka bagian atas



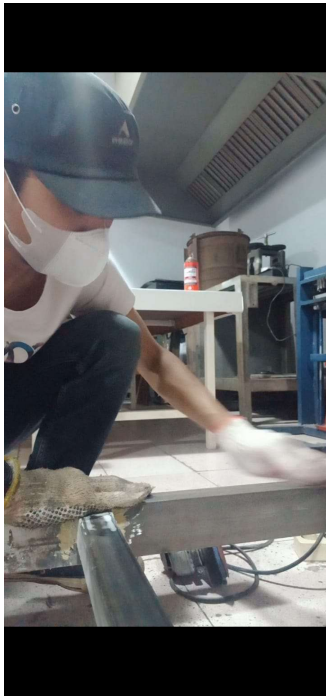
Proses fabrikasi Penopang solar panels

Proses pendempulan alat simulator surya





### Proses pengamplasan alat simulator surya



### Proses pengecatan alat simulator surya







Proses instalasi



Pengujian alat simulator surya

