

**ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH TEMPERATUR DAN
IRADIASI TERHADAP DAYA PADA PANEL SURYA JENIS
MONOCRYSTALLINE MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB**

*COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT TEMPERATURE AND
IRRADIATION ON POWER IN SOLAR PANELS MONOCRYSTALLINE USING
MATLAB SIMULINK*

Skripsi

Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-1

Disusun Oleh :

**NICHOLAS RIZKI PRASETYA
18315029**



Acc revisi 22/2023
/4
[Signature]

Ernando RIZKI D.

22/2023
/11

Acc Cetak
[Signature]
NOVIA UTAMI PUTRI

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS TEKNOKRAT INDONESIA
BANDAR LAMPUNG
2023**

Acc cetak
22/2023
[Signature]

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi


**ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH TEMPERATUR DAN
IRADIASI TERHADAP DAYA PADA PANEL SURYA JENIS
MONOCRYSTALLINE MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB**

Dipersiapkkan dan disusun oleh

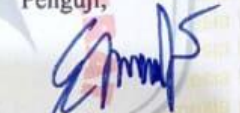
NICHOLAS RIZKI PRASETYA
18315029

Telah dipertahankan di depan Dewan penguji
Pada tanggal 10 November 2023

Pembimbing,


Noyri Utami Putri, S.T.,M.M.,M.T.
NIK. 022 13 09 07

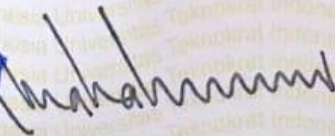
Penguji,


Ernando R. Dalimunthe, S.T.,M.T.
NIK. 022 23 09 04

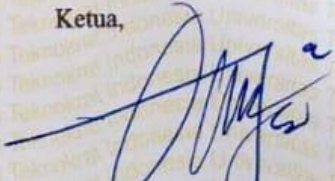
Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar sarjana
Tanggal 10 November 2023

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer,
Dekan,




Dr. H. Mahathir Muhammad, SE., MM.
NIK. 023 05 00 09

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,


Qadhli Jafar Adrian, M.I.T.
NIK. 022 16 10 01

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nicholas Rizki Prasetya
NPM : 18315029
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir :

Judul : Analisis Perbandingan Pengaruh Iradiasi Dantemperatur Terhadap Daya Pada Panel Surya Jenis *Monocrystalline* Menggunakan SIMULINK MATLAB

Pembimbing : Novia Utami Putri S.T M.M, M.T

Belum pernah di ajukan untuk diuji sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar akademik pada berbagai tingkatan di universitas/ perguruan tinggi manapun. Tidak ada bagian dalam skripsi ini yang di publikasikan oleh pihak lain, kecuali bagian yang di gunakan sebagai referensi, berdasarkan kaidah penulisan ilmiah yang benar. Apabila dikemudian hari ternyata laporan akhir yang saya tulis terbukti hasil saduran/plagiat, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini di buat dengan sebenar-benarnya.

Bandar Lampung, 10 November 2023

Yang menyatakan



Nicholas Rizki Prasetya

Npm :18315029

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nicholas Rizki Prasetya

NPM : 18315029

Program Studi : Teknik Elektro

Jenis karya : Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia. **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Perbandingan Pengaruh Iradiasi Dantemperatur Terhadap Daya Pada Panel Surya Jenis *Monocrystalline* Menggunakan SIMULINK MATLAB.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bandar Lampung

Tanggal : 10 November 2023

Yang Menyatakan,



Nicholas Rizki Prasetya

Npm. 18315029

KATA PENGANTAR

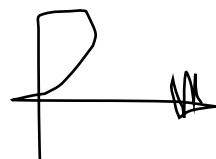
Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. H. M. Nasrullah Yusuf, S.E., M.B.A., selaku Rektor Universitas Teknokrat Indonesia.
2. Bapak H. Mahatir Muhammad, S.E., M.M., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia.
3. Bapak Qadhli Jafar Adrian, BMM., MIT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia.
4. Ibu Novia Utami Putrsi S.T., M.M., M.T selaku pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Ernando Rizki Dalimunthe, S.T., M.T., selaku penguji.
6. Keluarga tercinta yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan moral serta dukungan materil.

Ahir kata, penulis berharap bahwa Tuhan Yang Maha Esa akan memberkati semua yang telah memberikan bantuan dan semoga skripsi ini memberikan kontribusi yang berarti untuk perkembangan ilmu.

Bandar Lampung, 10 November 2023



Penulis

Nicholas Rizki Prasetya

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamualaikum Wr. Wb. Akhirnya penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dan keberhasilan ini merupakan hasil dari kerja keras, kesabaran dan doa dari orang-orang yang berada disekeliling saya dengan ketulusan dan keikhlasan, sebagai ungkapan rasa sayangku kepada mereka semua maka saya persembahkan karya ini kepada :

1. Kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi dan cintai Ibu Yuliana Sumirah dan Bapak Rachman winata yang telah merawat saya, mendidik saya dengan sangat penuh kasih sayang, serta kerja keras yang telah engkau berikan untuk meningkatkan kualitas Pendidikan anak mu ini. serta doa motivasi dan pikiran yang telah di berikan kepada saya hingga anakmu bisa sampai dititik ini untuk mencapai gelar sarjananya yang pertama.
2. Kedua Saudara saya NMega Maylinda Lutfiani dan Gilang Permata Ramadan yang telah memberikan semangat dan selalu membantu saya.
3. Kepada keluarga besar saya yang telah memberikan dorongan dan doa dalam perjalanan perkuliah saya.
4. Pakde, Bude kantin serta adik tingkat saya yang tersayang yang selalu memberikan semangat agar dapat menyelesaikan skripsi ini .
5. Bapak dan ibu Dosen Universitas Teknokrat Indonesia serta pembimbing skripsi yang telah memberikan motivasi, semangat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kakak saya I Gede Arya Darmawan S.T dan teman-teman dikontrakan syariah terimkasi atas bimbinganya dan doanya
7. Teman -temen terimkasi atas dukunganya
8. Almamater Universitas Teknokrat Indonesia. Sang Juara
9. Serta pacar yang Bersama saya sekarang yang sudah mendukung dan memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi dan kerjaan saya hingga sukses.

MOTTO

Aristoteles : Guru terbaik dalam kehidupan adalah pengalaman, dan ilmu tanpa guru bisa membuat kita tersesat.

Plato : Orang yang berani akan bangkit lagi Ketika dirinya terjatuh, sedangkan orang yang penakut akan terus rebah dan tidak bangkit lagi.

“Kehidupan ibarat seni, jadi berusaha semaksimal mungkin menciptakan gradasi warna kehidupan yang indah”

Socrates :Setiap orang pernah melakukan kesalahan, tetapi semua orang juga berhak memperbaikinya.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Energi Terbarukan	9
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	10
2.4 Cara Kerja PLTS	11
2.5 Jenis Sistem PLTS	13
2.6 Jenis Panel Surya	17
2.7 Radiasi (<i>Irradiance</i>)	18

2.8 Temperatur.....	19
2.9 Komponen Utama Panel Surya.....	19
2.10 <i>Lux Meter</i>	20
2.11 <i>Thermometer</i>	21
2.12 <i>Multitester</i>	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.4 Prosedur Penelitian.....	24
3.5 Diagram Alir Penelitian dan sistem.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Pengujian dan Kalibrasi Keseluruhan Alat.....	31
4.2 Pengujian Panel Surya <i>Monocrystalline</i> tanpa Beban.....	32
4.3 Pengujian Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dengan Beban.....	38
4.4 Simulasi Rangkaian Panel Surya <i>Monocrystalline</i> tanpa Beban.....	44
4.5 Simulasi Rangkaian Panel Surya <i>Monocrystalline</i> dengan Beban.....	50
4.6 Hasil dan Pembahasan.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	xv
LAMPIRAN	xvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Energi baru dan terbarukan.....	10
Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	11
Gambar 2.3 prinsip kerja PLTS	12
Gambar 2.4 <i>Stand-Alone</i> PV sistem	13
Gambar 2.5 <i>Grid Connected</i> PV Sistem.....	14
Gambar 2.6 <i>Grid Connected</i> PV Sistem <i>With Battrey Backup</i>	15
Gambar 2.7 <i>Hybrid</i> PV Sistem.....	16
Gambar 2.8 Jenis Panel Surya.....	17
Gambar 2.9 Alat ukur intensitas cahaya <i>lux</i> meter.....	20
Gambar 2.10 Alat ukur <i>Thermometer</i>	21
Gambar 2.11 <i>Multitester</i>	22
Gambar 3.1 Sistem Pengujian <i>solar cell</i> menggunakan MATLAB <i>Simulink</i>	24
Gambar 3.2 Pemodelan <i>Solar Cell</i> MATLAB <i>Simulink</i>	25
Gambar 3.3 Pemodelan Sensor tanpa beban pada MATLAB <i>Simulink</i>	25
Gambar 3.4 Pemodelan Sensor dengan beban pada MATLAB <i>Simulink</i>	26
Gambar 3.5 Hasil keluaran panel surya jenis <i>monocrystalline</i>	26
Gambar 3.6 cara kerja <i>solar cell</i>	27
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.8 Diagram Alir Sistem.....	29
Gambar 4.1 Kalibrasi Keseluruhan Alat.....	31
Gambar 4.2 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-1 Panel Surya Tanpa Beban	33
Gambar 4.3 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-2 Panel Surya Tanpa Beban	34
Gambar 4.4 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-3 Panel Surya Tanpa Beban	35
Gambar 4.5 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-4 Panel Surya Tanpa Beban	36
Gambar 4.6 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-5 Panel Surya Tanpa Beban	37
Gambar 4.7 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-1 Panel Surya Dengan Beban.....	39
Gambar 4.8 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-2 Panel Surya Dengan Beban.....	40
Gambar 4.9 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-3 Panel Surya Dengan Beban.....	41
Gambar 4.10 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-4 Panel Surya Dengan Beban.....	42
Gambar 4.11 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-5 Panel Surya Dengan Beban.....	43

Gambar 4.12	Keluaran Simulasi Hari Ke-1 Panel Surya tanpa Beban	45
Gambar 4.13	Keluaran Simulasi Hari Ke-2 Panel Surya tanpa Beban	46
Gambar 4.14	Keluaran Simulasi Hari Ke-3 Panel Surya tanpa Beban	47
Gambar 4.15	Keluaran Simulasi Hari Ke-4 Panel Surya tanpa Beban	48
Gambar 4.16	Keluaran Simulasi Hari Ke-5 Panel Surya tanpa Beban	50
Gambar 4.17	Keluaran Simulasi Hari Ke-1 Panel Surya dengan Beban.....	51
Gambar 4.18	Keluaran Simulasi Hari Ke-2 Panel Surya dengan Beban.....	52
Gambar 4.19	Keluaran Simulasi Hari Ke-3 Panel Surya dengan Beban.....	53
Gambar 4.20	Keluaran Simulasi Hari Ke-4 Panel Surya dengan Beban.....	54
Gambar 4.21	Keluaran Simulasi Hari Ke-5 Panel Surya dengan Beban.....	56
Gambar 4.22	Rata-Rata Hasil Pengukuran Daya Selama 5 Hari Tanpa Beban ..	57
Gambar 4.23	Rata-Rata Hasil Pengukuran Daya Selama 5 Hari Dengan Beban	58
Gambar 4.24	Rata-Rata Hasil Simulasi Daya Selama 5 Hari Tanpa Beban	59
Gambar 4.25	Rata-Rata Hasil Simulasi Daya Selama 5 Hari Dengan Beban.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	5
Tabel 4.1 Spesifikasi Motor DC.....	31
Tabel 4.2 Pengukuran Hari ke-1 Tanpa Beban	32
Tabel 4.3 Pengukuran Hari ke-2 Tanpa Beban	33
Tabel 4.4 Pengukuran Hari ke-3 Tanpa Beban	34
Tabel 4.5 Pengukuran Hari ke-4 Tanpa Beban	35
Tabel 4.6 Pengukuran Hari ke-5 Tanpa Beban	36
Tabel 4.7 Pengukuran Hari ke-1 Dengan Beban.....	38
Tabel 4.8 Pengukuran Hari ke-2 Dengan Beban.....	39
Tabel 4.9 Pengukuran Hari ke-3 Dengan Beban.....	40
Tabel 4.10 Pengukuran Hari ke-4 Dengan Beban.....	41
Tabel 4.11 Pengukuran Hari ke-5 Dengan Beban.....	42
Tabel 4.12 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban Hari ke-1	44
Tabel 4.13 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban Hari ke-2	45
Tabel 4.14 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban Hari ke-3	46
Tabel 4.15 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban Hari ke-4	48
Tabel 4.16 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban Hari ke-5	49
Tabel 4.17 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Dengan Beban Hari ke-1.....	50
Tabel 4.18 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Dengan Beban Hari ke-2.....	51
Tabel 4.19 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Dengan Beban Hari ke-3.....	53
Tabel 4.20 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Dengan Beban Hari ke-4.....	54
Tabel 4.21 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Dengan Beban Hari ke-5.....	55
Tabel 4.22 Rata-rata hasil pengukuran <i>output</i> daya panel surya <i>monocrystallin</i> .57	
Tabel 4.23 Rata-rata hasil simulasi <i>output</i> daya panel surya <i>monocrystalline</i>	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran Iradiasi Panel Surya 1	xiv
Lampiran 2. Pengukuran Iradiasi Panel Surya 2	xv
Lampiran 3. Pengukuran Thermometer Pada Panel Surya 1	xvi
Lampiran 4. Pengukuran Thermometer Pada Panel Surya 2	xvii
Lampiran 5. Temperatur / Suhu Pada Thermometer	xviii
Lampiran 6. Iradiasi Pada Lux Meter.....	xix

ABSTRAK

Panel surya bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara *semikonduktor* tipe-p dan tipe-n. *Semikonduktor* tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Prinsip kerja dari panel surya adalah dengan memanfaatkan efek *photovoltaic* (PV, *photo* = cahaya dan *voltaic* = listrik) dalam bentuk sel surya atau panel surya yang terbuat dari silikon berkrystal tunggal. Pengaruh kinerja panel surya sendiri tergantung pada temperatur dan iradiasi, perubahan nilai temperatur dan iradiasi akan menghasilkan daya yang dapat berubah-ubah, jika masalah tersebut tidak diperhatikan maka efisiensi konversi radiasi menjadi energi listrik yang dihasilkan tidak optimal. Daya keluaran maksimum yang dihasilkan panel surya *monocrystalline* 100 WP berbanding lurus dengan iradiasi matahari yang dimana semakin tinggi nilai iradiasi semakin tinggi *output* keluaran panel surya Pada saat rata-rata iradiasi tertinggi yaitu 830,6 dengan rata-rata pengukuran daya maksimal keluaran tanpa beban yang dihasilkan yaitu sebesar 63 Watt, sedangkan nilai *output* keluaran daya berbanding terbalik dengan temperatur, semakin tinggi nilai temperatur, semakin kecil keluaran panel surya. Selain itu pengaruh temperatur yang fluktuatif mengakibatkan penurunan nilai *output* daya yang dihasilkan menurun, pada rata-rata temperatur terukur tertinggi 38,2°C mengalami penurunan nilai hasil keluaran panel surya *monocrystalline* 100 WP yaitu 37,4 Watt.

Kata Kunci : temperatur, Iradiasi, Cahaya, Panel Surya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini penggunaan sumber energi sebagai bahan bakar pembangkit listrik masih banyak bergantung pada sumber energi fosil lambat laun akan habis dan tentunya akan berdampak pada kerusakan alam, pada penggunaan sumber energi tidak terbarukan berbahan bakar fosil yang berlebihan akan meningkatkan emisi gas karbon sehingga menyebabkan terjadinya *global warming*, khususnya Indonesia masih bergantung dengan sumber energi fosil seperti gas, minyak bumi dan batubara. Sumber energi fosil termasuk energi tak terbarukan dengan meningkatnya kebutuhan manusia setiap tahunnya, semakin lama energi tak terbarukan akan habis.

Energi terbarukan sangatlah diperlukan untuk mengatasi persoalan kebutuhan energi listrik. Khususnya di Indonesia, negara yang terletak tepat pada garis khatulistiwa memungkinkan adanya potensi sumber energi alternatif terbarukan dalam jumlah besar yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik, contohnya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang memanfaatkan energi dari cahaya matahari, lalu diserap dengan bantuan panel surya yang akan disimpan pada baterai penyimpan dan kemudian dikonversikan menjadi energi listrik.

Panel surya bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu junction antara *semikonduktor* tipe-p dan tipe-n. *Semikonduktor* tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Prinsip kerja dari panel surya adalah dengan memanfaatkan efek *photovoltaic* (PV, *photo* = cahaya dan *voltaic* = listrik) dalam bentuk sel surya atau panel surya yang terbuat dari silikon berkrystal tunggal (Yusuf Dewantoro Herlambang *et al.*, 2021). Cahaya matahari yang membawa energi akan diterima sel dan diserap ke dalam *semikonduktor* sehingga mempengaruhi *elektron* yang ada di dalamnya. *Elektron* bebas akan digerakkan oleh energi tersebut sehingga mengalir ke arah tertentu. Aliran *elektron* ini yang dinamakan sebagai arus listrik.

Ada beberapa jenis tipe panel surya yaitu diantaranya *monocrystalline* dan *polycrystalline*, Panel surya bertipe *monocrystalline* sangat efisien untuk kondisi kaya akan cahaya, namun temperatur dan iradiasi menjadi salah satu penentu tingkat efisiensi dikarenakan efisiensi yang dihasilkan akan menurun jika tingkat temperatur begitu ekstrim, sedangkan panel surya bertipe *polycrystalline* sangat cocok digunakan disegala jenis kondisi, tetapi efisiensi dari hasil keluaran panel surya bertipe *polycrystalline* sangat rendah hal itu disebabkan karena memiliki struktur susunan setiap sel lebih rapat sehingga sinar yang dikonversikan menjadi listrik menjadi lebih kecil sehingga dibutuhkan banyak panel surya agar dapat mencapai titik efisiensi sama dengan panel surya bertipe mono(Midiatmoko et al.,2020.).

Pengaruh kinerja panel surya sendiri tergantung pada temperatur dan iradiasi, perubahan nilai temperatur dan iradiasi akan menghasilkan daya yang dapat berubah-ubah, jika masalah tersebut tidak diperhatikan maka efisiensi konversi radiasi menjadi energi listrik yang dihasilkan tidak optimal. Untuk menjaga efisiensi konversi energi listrik pada panel surya dapat digunakan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) sehingga panel surya dapat mempertahankan *output* keluaran yang dihasilkan, namun dalam implementasi yang sering dilakukan MPPT tidak dapat berdampak lebih untuk mempertahankan efisiensi dari panel surya karena kondisi cuaca yang berubah-ubah. Maka perlu dilakukan analisis yang dapat membantu kinerja panel surya agar dapat mempertahankan titik maksimumnya khususnya pada panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu panel surya jenis *monocrystalline*.

Oleh karena itu peneliti mengambil topik permasalahan yaitu Analisis Perbandingan Pengaruh Temperatur dan Iradiasi Terhadap Daya pada Panel Surya Jenis *Monocrystalline* menggunakan *software* MATLAB *Simulink* sebagai penunjang proses simulasi daya keluaran panel surya sehingga efisiensi dan daya keluaran serta waktu energi tertinggi yang dapat dihasilkan panel surya dapat dimanfaatkan sesuai dengan kondisi iradiasi dan temperatur disekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemodelan sistem panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan MATLAB *Simulink*.
2. Bagaimana menganalisis pengaruh temperatur dan iradiasi pada panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan simulasi MATLAB *Simulink*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang dibuat oleh penulis pada penelitian ini adalah:

1. Daya DC panel surya 100 Wp system yang di rancang tidak membahas sistem kendali panel surya.
2. Hasil keluaran berupa tegangan arus dan daya panel surya terhadap pengaruh perubahan temperatur dan iradiasi.
3. Penelitian ini menggunakan *lux meter* dan *thermometer* untuk mengukur intensitas cahaya serta temperatur pada panel surya.
4. Penelitian dilakukan selama 10 hari.
5. Penelitian dilakukan pada setiap 1 jam dari jam 7 pagi sampai jam 16 sore.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pemodelan sistem panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan MATLAB *Simulink*
2. Menganalisis pengaruh temperatur dan iradiasi pada panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan simulasi MATLAB *Simulink*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Dapat merancang dan memahami pemodelan sistem panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan MATLAB *Simulink*

2. Dapat mengetahui pengaruh temperatur dan iradiasi pada panel surya jenis *monocrystalline* menggunakan simulasi MATLAB *Simulink*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini terdiri dari beberapa bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, tujuan, manfaat, batasan masalah, hipotesis dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan secara garis besar tentang teori dasar yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian, di antaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan serta proses perancangan pemodelan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini mengenai hasil penelitian dan membahas terhadap data-data hasil penelitian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Bab ini akan menyimpulkan semua kegiatan dan hasil-hasil yang diperoleh selama proses penelitian serta saran-saran yang sekiranya diperlukan untuk menyempurnakan penelitian berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun study literatur dalam penelitian ini berupa tinjauan pustaka terhadap penelitian terdahulu yang sejalan dengan penelitian ini guna memperkuat hasil dari penelitian yang akan dilakukan. Berikut tinjauan pustaka yang dilakukan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil
Tinjauan Pustaka 1	Partaonan Harahap	2020	Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya	Tujuan penelitian ini adalah membandingkan 2 merk panel surya jenis <i>polycrystalline</i> . Metode penelitian sendiri dengan cara melakukan Penelitian dan pengujian panel sel surya berdasarkan intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa semakin tinggi intensitas lux maka semakin tinggi pula kinerja panel surya. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penulis melakukan pengukuran nilai radiasi matahari pada panel surya jenis <i>monocrystalline</i> ,

				guna mengetahui pengaruh penyerapan radiasi terhadap efisiensi panel surya serta daya yang dihasilkan dari panel surya sebagai sumber energi listrik pada tanaman aeroponik.
Tinjauan Pustaka 2	Bambang Hari Purwoto, <i>et al.</i>	2018	Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif	Tujuan dari penelitian adalah untuk memberikan Gambaran yang jelas tentang efisiensi penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif jika dibandingkan dengan penggunaan generator/Genset sebagai sumber energi untuk peralatan listrik. Metode dari penelitian ini diawali dengan pengumpulan komponen yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan penggunaan panel surya sebagai sumber energi alternatif sebagai pensuplai beban listrik lebih efisien jika dibandingkan dengan menggunakan genset sebagai sumber energi. Perbedaan penelitian yang dilakukan penulis yaitu penulis menggunakan panel

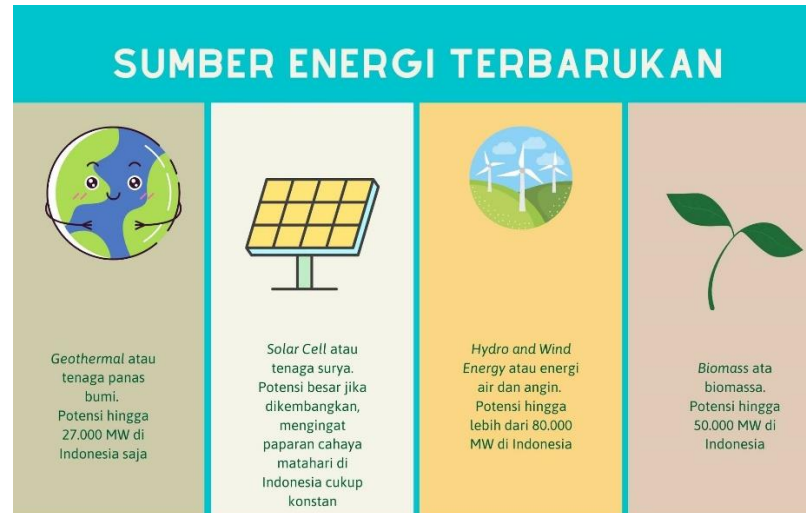
				surya sebagai sumber energi listrik untuk menghidupkan pompa air pada tanaman aeroponik.
Tinjauan Pustaka 3	Andi Makkulau, Samsurizal, <i>et al.</i>	2021	Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Karakteristik Sel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i> Menggunakan Regresi Linear	Tujuan dari penelitian ini adalah memaksiamalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya dengan sudut kemiringan yang tepat. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan beberapa tahapan untuk menganalisis pengaruh intensitas matahari terhadap karakteristik panel surya jenis <i>polycrystalline</i> yang diawali dengan pengumpulan data dan informasi berupa materi yang dibutuhkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perubahan sudut kemiringan pada modul surya juga berperan penting dalam mempengaruhi kinerja dari modul surya jenis <i>polycrystalline</i> . Perbedaan dari penelitian yang dilakukan penulis yaitu penulis menggunakan panel surya jenis <i>monocrystalline</i> 50 Wp.

Tinjauan Pustaka 4	Putu Pawitra Teguh Dharma Priatam, <i>et al.</i>	2021	Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap keluaran energi listrik. Metode penelitian mengukur intensitas matahari dengan <i>lux meter</i> dan mengukur arus listrik yang dihasilkan panel surya jenis <i>polycrystalline</i> , Dari hasil rata-rata pengukuran intensitas matahari selama 2 hari, dapat disimpulkan bahwa Semakin cerah matahari dan selama tidak tertutup awan maka nilai intensitas matahari semakin besar. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis yaitu penulis melakukan pengukuran nilai radiasi matahari pada panel surya jenis <i>monocrystalline</i> , guna mengetahui pengaruh penyerapan radiasi terhadap efisiensi panel surya serta daya yang dihasilkan dari panel surya sebagai sumber energi listrik pada tanaman aeroponik.
-----------------------	--------------------------------------------------------------	------	-----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5	Pangestuni ngtyas D.L, <i>et al.</i>	2020	Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Terhadap Radiasi Matahari Yang Diterima Oleh Panel Surya tipe <i>Array</i> Tetap	Hasil yang di peroleh pada penelitian ini yaitu pengaruh besar sudut kemiringan dan sudut azimun pada panel surya terhadap radiasi rata-rata matahari. Radiasi rata – rata matahari yang diterima panel surya yang paling tinggi diperoleh saat panel diletakkan pada sudut azimut 180 drajat, yaitu saat panel diletakkan menghadap ke arah utara. Besarnya sudut kemiringan yang paling tepat setiap bulannya bervariasi tergantung posisi matahari dan indeks kecerahan per bulan.
---	--------------------------------------------	------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Energi Terbarukan

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energi terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara). Klasifikasi energi terbarukan dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Energi baru dan terbarukan

(Sumber : Institute of Electrical and Electronics Engineers et al., 2014)

Seperti pada Gambar 2.1 jenis energi terbarukan dengan berbagai karakteristik geologis, utamanya daerah pegunungan, sungai, dan lautan, menjadi kelebihan tersendiri dalam mewujudkan listrik energi terbarukan. Sistem energi jenis terpusat, sulit diterapkan pada daerah yang terpencil (misal: terpisah sungai lebar, kepulauan kecil, dan wilayah perbukitan), karena pembiayaannya untuk membangun jaringan distribusi serta kegiatan operasional dan pemeliharaan akan meningkat secara signifikan. Maka, pilihan terbaik adalah dengan memanfaatkan energi terbarukan setempat melalui sebuah sistem energi yang sifatnya kecil dan lokal.

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi matahari. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan dan menggunakan bahan bakar terbarukan (matahari), dan lebih diminati karena dapat digunakan untuk keperluan apa saja dan di mana saja : bangunan besar, pabrik, perumahan, daerah terpencil dan lainnya. Selain persediaannya tanpa batas, tenaga surya nyaris tanpa dampak buruk terhadap lingkungan dibandingkan bahan bakar lainnya. Indonesia sendiri selain dikarenakan faktor-faktor yang disebutkan diatas, masih ada lagi faktor lain yang menyebabkan PLTS diminati di Indonesia. Seperti diketahui bersama bahwasanya Indonesia

merupakan negara kepulauan yang luas dan perkembangan tiap daerah serta sumber daya alam yang tidak merata, sehingga PLTS merupakan salah satu alternatif yang diminati. Adanya faktor-faktor di atas mengakibatkan terciptanya daerah-daerah yang belum terlistriki dan sukar dijangkau untuk dilistriki oleh PLN, sehingga rasio elektrifikasi di Indonesia masih relatif rendah (Kananda dan Nazir, 2013). Upaya untuk meningkatkan rasio elektrifikasi sudah dilakukan dengan banyaknya dibangun pembangkit-pembangkit baru, namun ternyata hal tersebut belum cukup dikarenakan luasnya wilayah Indonesia dan adanya daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam serta sukar dijangkau.



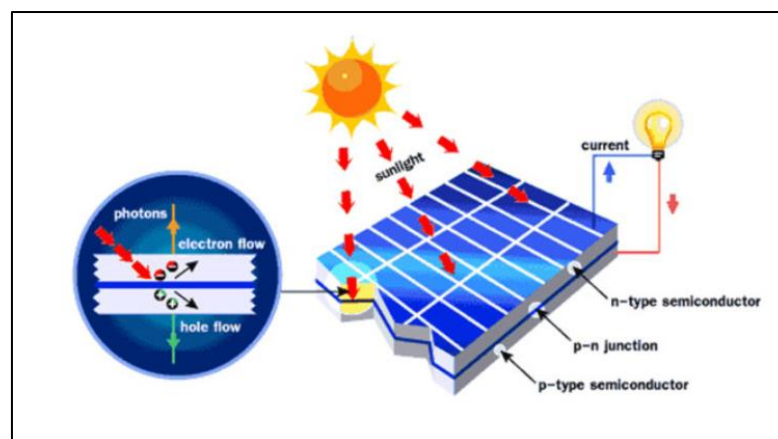
Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada Gambar 2.2 dilihat bahwa PLTS menjadi salah satu solusi tepat untuk sumber energi listrik daerah-daerah yang tidak mempunyai sumber daya alam dan sukar dijangkau. Hal ini dikarenakan bahan baku dari PLTS adalah matahari yang mana di setiap daerah pasti adanya, dikarenakan Indonesia merupakan daerah tropis, serta kelebihan lainnya adalah bahwa PLTS dapat mandiri (langsung pakai), dapat masuk ke grid (PLN) dan juga dapat berkolaborasi dengan pembangkit lainnya. Dengan dibangunnya pembangkit-pembangkit PLTS ini maka rasio elektrifitasnya akan meningkat semakin baik.

2.4 Cara Kerja PLTS

Pembangkit Listrik Tenaga Surya konsepnya sederhana, yakni mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan di dibandingkan dengan sebuah generator listrik, ada bagian yang berputar dan memerlukan bahan bakar untuk dapat menghasilkan listrik. Suaranya bising. Selain itu gas buang yang dihasilkan dapat menimbulkan efek gas rumah kaca (*green house gas*) yang pengaruhnya dapat merusak ekosistem planet bumi. Sistem sel surya yang digunakan di permukaan bumi terdiri dari panel sel surya, rangkaian kontroler pengisian (*charge controller*), dan aki (baterai) 12 volt yang *maintenance free*. Berikut dapat dilihat seperti pada Gambar 2.3 cara kerja PLTS.



Gambar 2.3 prinsip kerja PLTS

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

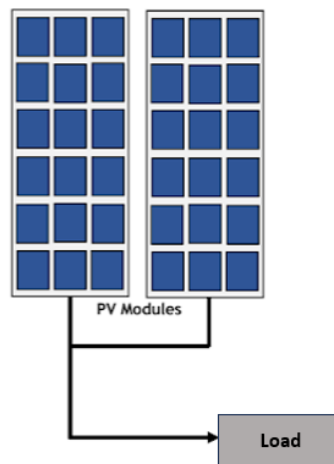
Gambar 2.3 merupakan cara kerja dari panel sel surya dimana modul yang terdiri beberapa sel surya yang digabung dalam hubungan seri dan 14 paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Sebuah panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa untuk mencapai keluaran yang diinginkan. Dari jumlah sel surya itu, sinar matahari dapat

diubah menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang terhubung ke panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi listrik. Sederhananya, sel surya terdiri dari bahan semikonduktor tipe-P dan N. Jika P-N *junction* ini terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron. Aliran elektron inilah yang disebut aliran arus listrik (Kananda dan Nazir, 2013).

2.5 Jenis Sistem PLTS

2.5.1 *Stand Alone Photovoltaic*

Stand Alone PV sistem atau Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (PLTS-Terpusat) merupakan sistem pembangkit listrik alternatif untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN.



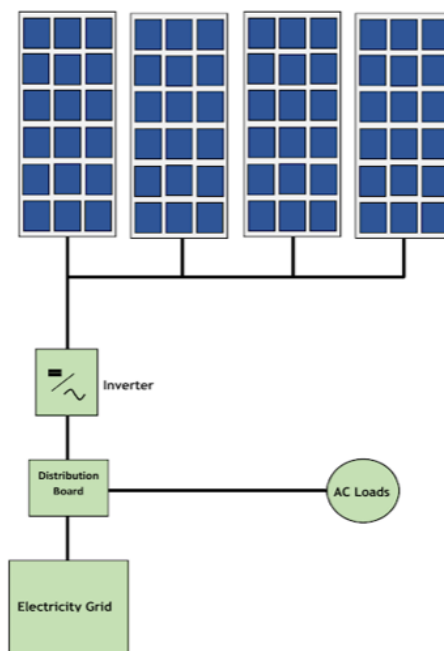
Gambar 2.4 *Stand-Alone PV sistem*

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Sistem PLTS Sistem Terpusat disebut juga *Stand-Alone PV sistem* yaitu sistem pembangkit listrik yang hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan.

2.5.2 Grid Connected Photovoltaic Sistem

Grid Connected PV Sistem merupakan solusi *Green Energy* bagi penduduk perkotaan baik perumahan ataupun perkantoran. Sistem ini menggunakan Modul Surya (*Photovoltaic Module*) untuk menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Dengan adanya sistem ini 17 akan mengurangi tagihan listrik rumah tangga, dan memberikan nilai tambah pada pemiliknya. Sesuai namanya, *Grid Connected-PV*, maka sistem ini akan tetap berhubungan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan Energi PV untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin.



Gambar 2.5 *Grid Connected PV Sistem*

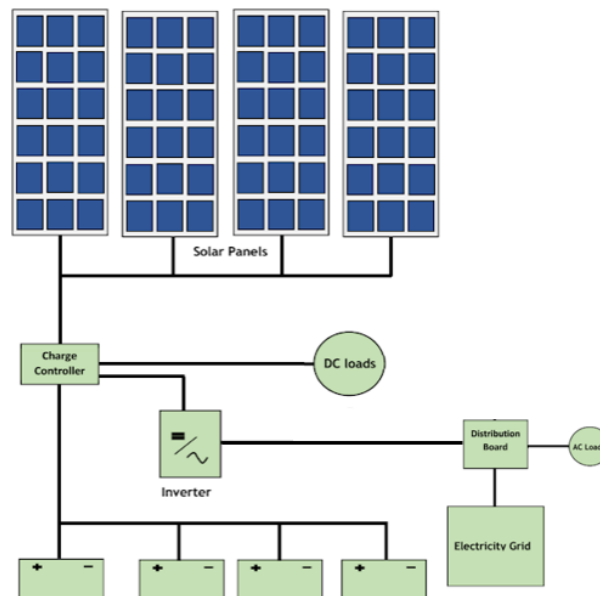
(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada siang hari, Modul Surya yang terpasang pada atap akan mengkonversi sinar matahari menjadi Energi listrik Arus Searah (DC). Selanjutnya sebuah komponen yang disebut *Grid-inverter* merubah listrik arus searah (DC) dari PV menjadi listrik arus bolak-balik (AC) yang kemudian dapat digunakan untuk mensuplai berbagai peralatan rumah tangga seperti Lampu, TV, Kulkas, Mesin Cuci, dll. Jadi pada siang hari, kebutuhan energi listrik berbagai peralatan disuplai langsung

oleh Modul Surya. Jika pada kondisi ini terdapat kelebihan energi dari PV maka kelebihan energi ini dapat dijual ke PLN (tergantung kebijakan). Pada malam hari atau jika kondisi cuaca mendung maka peralatan akan disupport oleh jaringan PLN. Hal ini dimungkinkan karena sistem ini tetap terkoneksi dengan jaringan PLN.

2.5.3 *Grid Connected Photovoltaic Sistem With Battrey Backup*

Grid-connected PV with battery backup adalah solusi energi hijau untuk penduduk perkotaan baik perumahan, perkantoran, atau fasilitas publik. Sistem ini menggunakan Modul Surya (*Photovoltaic Module*) sebagai penghasil listrik yang ramah lingkungan dan bebas emisi.



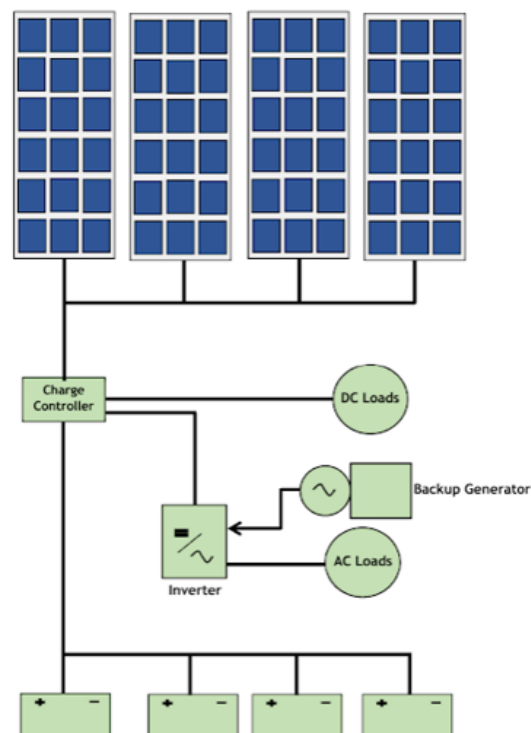
Gambar 2.6 *Grid Connected PV Sistem With Battrey Backup*

(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Dengan adanya sistem ini akan mengurangi tagihan listrik PLN dan sekaligus turut andil dalam penyelamatan lingkungan dengan pengurangan penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkitan energi listrik. Sistem ini juga berfungsi sebagai backup energi listrik untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan-peralatan elektronik. Jika suatu saat terjadi kegagalan pada suplai listrik PLN (Pemadaman listrik) maka peralatan-peralatan elektronik dapat beroperasi secara normal dalam jangka waktu tertentu tanpa adanya gangguan.

2.5.4 Hybrid Photovoltaic Sistem

Pengertian *Hybrid* pada tulisan ini adalah penggunaan 2 atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk captive genset, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis (keandalan *sistem supply*) (Kananda dan Nazir, 2013). Tujuan utama dari sistem hybrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada type load (*Load profile*) tertentu.



Gambar 2.7 Hybrid PV Sistem

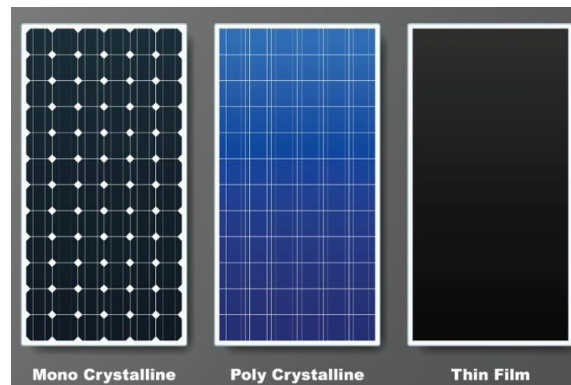
(Sumber :Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Tipe load (*Load profile*) adalah *keyword* penting dalam sistem hybrid. Untuk setiap load profile yang berbeda, akan diperlukan sistem hybrid dengan komposisi tertentu, agar dapat dicapai sistem yang optimum. Sistem Hybrid dapat melibatkan 2 atau lebih sistem pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan

untuk hybrid adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga sistem hybrid bisa berarti PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS-Tenaga Angin.

2.6 Jenis Panel Surya

Panel surya yang ada saat ini memiliki memiliki berbagai macam jenis dan bentuknya yang mana memiliki kemampuan tersendiri. berikut ini jenis panel surya seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Jenis Panel Surya

(Sumber : Hari Purwoto et al., 2018.)

Pada Gambar 2.8 perbedaan dari kedua panel surya dengan efisiensi yang berbeda *mono-crystalline* lebih unggul dari *poly-crystalline* dan *Thin Film Photovoltaic*(Hari Purwoto et al., 2018.). Berikut panel *Mono-crystalline* dan *Poly-crystalline*. Dijelaskan sebagai berikut :

1. Panel Surya *Mono-crystalline*

Merupakan panel 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 nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

2. Panel Surya *Poly-crystalline*

Poly-crystalline merupakan jenis sel surya yang materialnya berasal dari susunan Kristal yang acak dengan efisiensi yang dimiliki sebesar 14-16%. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah.

3. *Thin Film Photovoltaic*

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristalsilicon 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 lain dengan daya yang tertera.

2.7 Radiasi (*Irradiance*)

Radiasi adalah proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa menggunakan zat perantara. Energi matahari dapat mencapai permukaan bumi melalui radiasi (pancaran) karena terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara) antara bumi dan matahari. Sedangkan gelombang elektromagnetik merupakan bentuk gelombang yang merambat berupa komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat menyebar dengan kecepatan yang sangat tinggi tanpa memerlukan zat atau medium perantara.

Perhitungan radiasi menggunakan parameter intensitas cahaya matahari yang masih dalam satuan *lux* harus dikonversi menjadi radiasi dalam satuan

W/m^2 . Adapun persamaan untuk mengkonversikan dari satuan *lux* menjadi W/m^2 dapat dilihat pada persamaan (1) berikut (Pudin dan Mardiyanto, 2020):

$$Lux = 0.0079 \frac{W}{m^2} \dots\dots\dots \text{persamaan(1)}$$

Keterangan :

Lux = Intensitas Cahaya

$\frac{W}{m^2}$ = Radiasi

2.8 Temperatur

Temperatur atau suhu merupakan besaran yang menyatakan derajat suatu benda atau kondisi sekitar. Pada penelitian ini temperatur yang diukur ialah temperatur pada panel surya dan temperatur lingkungan sekitar. Menurut Partonan Harahap, (2020) pada malam hari, nilai temperatur pada panel surya sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada saat siang hari, saat terik matahari, nilai temperatur panel surya dapat mencapai $30^{\circ}C$ atau lebih di atas temperatur lingkungan sekitar.

2.9 Komponen Utama Panel Surya

Adapun komponen utama dari sistem pembangkit menggunakan panel surya guna menyokong *output* hasil keluaran daya yang dihasilkan dari panel surya, yaitu sebagai berikut :

2.9.1 Panel Surya

Panel surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari dalam bentuk radiasi matahari, yang kemudian diubah menjadi energi listrik melalui sel surya (*photovoltaic*). menghitung (estimasi) daya listrik yang dihasilkan modul solar PV menggunakan data radiasi dan spesifikasi modul solar PV. Daya yang dihasilkan oleh modul solar PV dapat dihitung dengan persamaan (2) dibawah ini(Pudin dan Mardiyanto, 2020):

$$P_{pv} = \left[P_{pv(STC)} \frac{G_T}{1000} (1 - \gamma(T_j - 25) \times N) \right] \dots\dots\dots \text{persamaan(2)}$$

Dengan :

$P_{pv(STC)}$: *Peak power* yang tertera pada spesifikasi (W)

G_T : Radiasi yang sampai ke permukaan panel $\frac{W}{m^2}$

- γ : Koefisien temperatur daya
 T_j : Temperature cell pada modul (°C)
 N : Jumlah modul solar PV

Nilai T_j didapatkan melalui persamaan (3) di bawah ini:

$$T_j = T_{amb} + \frac{G_T}{800} (NOCT - 20) \dots\dots\dots \text{persamaan (3)}$$

Dengan:

- T_{amb} : Temperatur lingkungan
 $NOCT$: Nominal operating cell temperature

Perhitungan persamaan (2) dan (3) hanya mempertimbangkan pengaruh radiasi dan temperatur.

2.10 Lux Meter

Lux meter adalah alat yang berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan satuan *lux*. Adapun alat ukur lux meter dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.9 Alat ukur intensitas cahaya *lux* meter

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Pada Gambar 2.10 merupakan alat ukur intensitas cahaya dengan satuan *lux*. Pada penelitian ini *lux* meter yang digunakan bertipe AS803 yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya matahari. *Lux* meter terdiri dari rangka sebuah sensor dengan sel foto dan layar panel. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya, cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap

oleh sel, arus yang dihasilkan pun semakin besar, sensor yang digunakan pada alat ini adalah *photo diode*. Sensor *photo diode* termasuk kedalam jenis sensor cahaya atau *optic*. Sensor cahaya atau *optic* adalah sensor yang mendeteksi perubahan cahaya dari sumber cahaya, pantulan cahaya ataupun bias cahaya yang mengenai suatu daerah tertentu. Kemudian dari hasil dari pengukuran yang dilakukan akan ditampilkan pada layar panel. Berbagai jenis cahaya yang masuk pada *lux* meter baik itu cahaya alami ataupun buatan akan mendapatkan respon yang berbeda dari sensor. Berbagai warna yang diukur akan menghasilkan suhu warna yang berbeda, dan panjang gelombang yang berbeda pula.

2.11 *Thermometer*

Thermometer adalah alat yang berfungsi untuk mengukur perubahan suhu/temperatur dengan satuan derajat. Adapun alat ukur *theremometer* dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2.10 Alat ukur *Thermometer*
(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Ada beberapa jenis termometer, yang prinsip kerjanya bergantung pada beberapa sifat materi yang berubah terhadap suhu. Sebagian besar termometer umumnya bergantung pada pemuaian materi terhadap naiknya suhu. Untuk mengukur suhu secara kuantitatif, perlu didefinisikan semacam skala numerik. Skala yang paling banyak dipakai sekarang adalah skala *Celcius*, kadang disebut skala *Centigrade*. Pada Gambar 2.11 merupakan alat ukur thermometer yang bertipe HTC-2 yang digunakan dalam penelitian untuk pengukuran suhu yang ada pada panel surya dan lingkungan sekitar.

2.12 Multitester

Multitester ialah alat ukur listrik yang berfungsi mengukur besaran nilai komponen elektronika. Selain itu *multitester* juga digunakan untuk mengetahui keadaan sebuah komponen. Adapun Gambar dari *multitester* dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2.11 *Multitester*

(Sumber : Sukmajati dan Hafidz, 2015)

Multitester adalah alat untuk mengukur tegangan AC/DC, arus DC dan tahanan. Untuk mengukur tegangan, saklar pilih multitester dikembalikan pada posisi ACV atau DCV dan alat ukur dipasang secara paralel dengan beban (yang akan diukur). Hasil pengukuran dapat diketahui dengan membaca skala yang sesuai dengan penempatan posisi skala pemilih. Pada Gambar 2.12 merupakan komponen *multitester* yang digunakan untuk mengukur nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengerjaan skripsi ini di lakukan di Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Teknokrat Indonesia. Waktu pengerjaan di lakukan pada bulan Agustus 2023 sampai dengan waktu yang belum di tentukan. Dengan lokasi pengujian di desa Fajar Baru, Lampung.

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur yang dilakukan pada skripsi ini guna menyelesaikan penelitian ini sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Penulis mempelajari karya tulis atau dokumen yang relevan guna menambah referensi dari penelitian analisis pengaruh temperatur dan irradiasi pada *Solar Cell*.

2. Studi Konsultasi

Proses untuk menyelesaikan tugas akhir ini penulis memerlukan saran atau pendapat dari dosen pembimbing guna membantu mencari solusi dalam analisis pengaruh temperatur dan irradiasi pada *Solar Cell*.

3. Perancangan

Dilakukan untuk mengambil data alat dan sistem serta melengkapi secara langsung kondisi biaya untuk pembuatan *solar cell* agar dapat mengetahui pengaruh temperatur dan irradiasi pada *Solar Cell*.

4. Studi Pengujian dan Analisis

Menguji simulasi perancangan system *solar cell* yang dibuat dalam pemodelan matlab simulink dan menganalisis pengaruh temperatur dan irradiasi pada *solar cell* terhadap karakteristik I-V dan P-V, yang dituangkan dalam bentuk data tabel, seperti pada tabel 3 sebagai berikut

:

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

3.3.1 Alat

1. *solar cell* 100 Wp *monocrystalline*
2. Sensor
3. Multi Meter
4. Lux Meter
5. *Thermometer*

3.3.2 Bahan

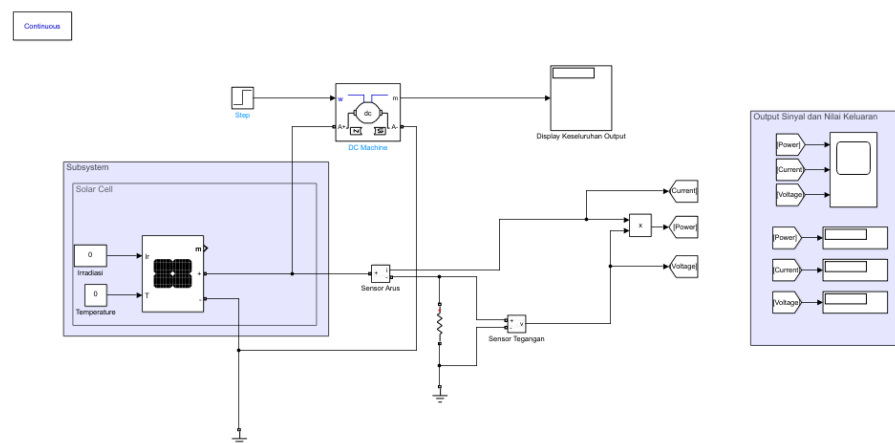
1. Laptop
2. *Software* MATLAB *Simulink*

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pada penelitian ini yaitu dengan melakukan perancangan dan pembuatan serta prinsip kerja *solar cell* untuk energi listrik pada MATLAB *Simulink*.

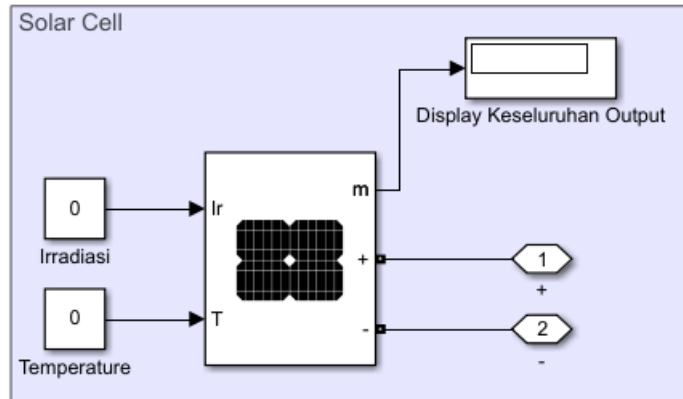
3.4.1 Perancangan system *solar cell* menggunakan MATLAB *Simulink*

Perancangan system *solar cell* menggunakan matlab simulink digunakan sebagai bahan uji coba *prototype* dan analisis, berikut rancangan *sistem solar cell* ditujukan pada gambar 3.1 Sebagai berikut :



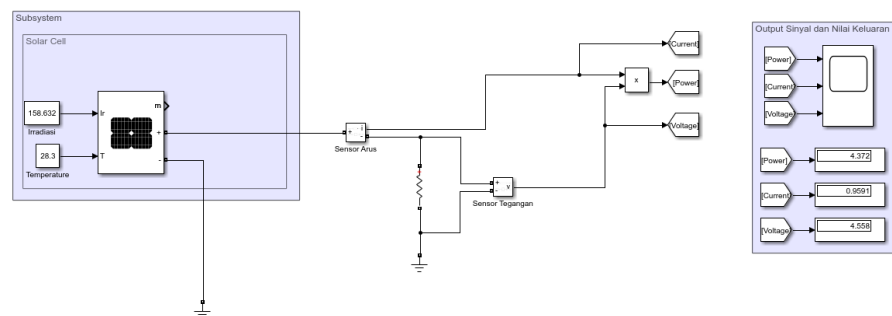
Gambar 3.1 Sistem pengujian *solar cell* menggunakan MATLAB *Simulink*

Perancangan sistem *solar cell* diawali dengan penambahan *PV array* berjenis *monocrystalline* sebagai *solar cell* seperti pada gambar 3.2 sebagai berikut.



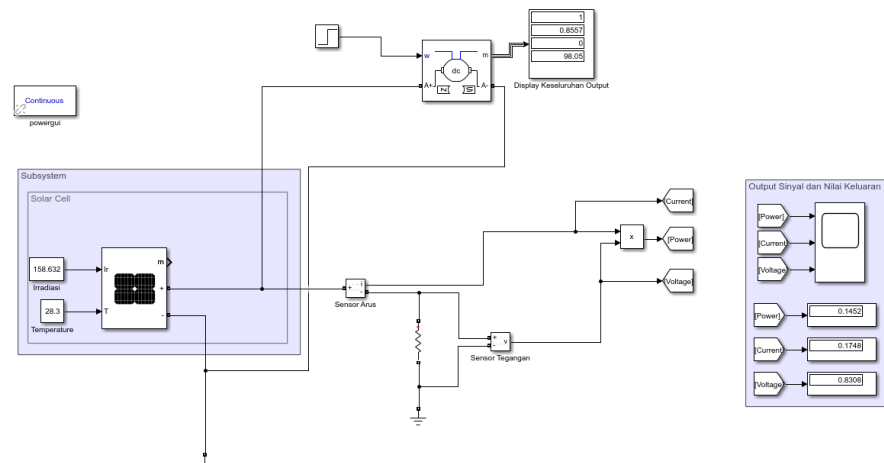
Gambar 3.2 Pemodelan *Solar Cell* MATLAB *Simulink*

kemudian dilanjutkan dengan penambahan Sensor sebagai indikator keluaran dan kontrol pada beban dan tanpa beban seperti pada gambar 3.3 berikut.



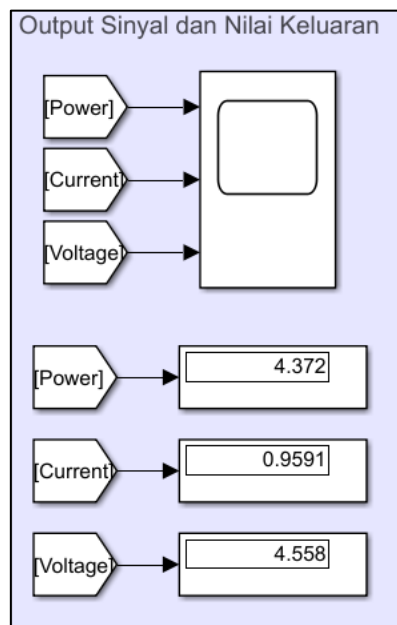
Gambar 3.3 Pemodelan Sensor tanpa beban pada MATLAB *Simulink*

Pemodelan solar panel seperti pada gambar 3.3 merupakan pemodelan *output* keluaran tanpa beban, kemudian dilanjutkan dengan pemodelan panel surya dengan beban, seperti pada gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Pemodelan Sensor dengan beban pada MATLAB *Simulink*

Pemodelan panel surya dengan beban diperlihatkan seperti pada gambar 3.4, beban yang digunakan adalah motor DC 15 V. Kemudian Selanjutnya proses akumulasi dan mendapat hasil keluaran yang ditujukan akan berupa data kuantitatif dan grafik kinerja *solar cell* dapat dilihat pada gambar 3.5.



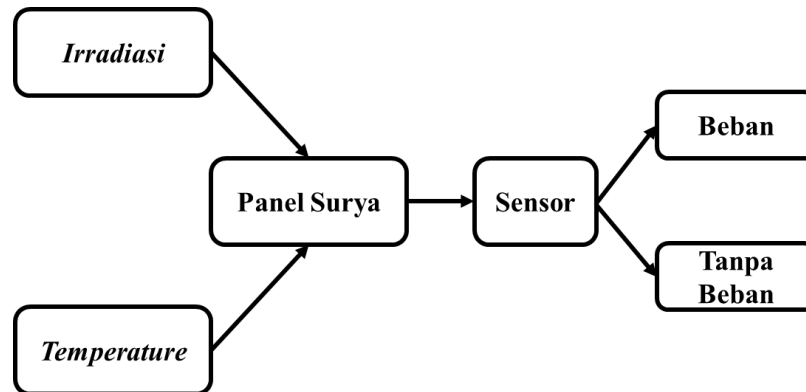
Gambar 3.5 Hasil keluaran panel surya jenis *monocrystalline*

Hasil pengujian atau nilai *output* keluaran bergantung pada perubahantemperatur dan irradiasi yang terukur, gambar 3.5 menunjukkan bentuk hasil keluaran yang akan diperoleh saat pengujian.

3.4.2 Cara Kerja *solar cell*

Adapun cara kerja system yang dapat dilihat seperti pada gambar

3. Sebagai berikut :



Gambar 3.6 cara kerja *solar cell*

Pada gambar 3.6 panel surya yang terpapar sinar matahari akan menyerap sinar matahari berupa irradiasi, temperatur, dan partikel sangat kecil yang disebut dengan *Foton*. *Foton* yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom *Semikonduktor* silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan *elektron* dari struktur atomnya. *Elektron* yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material *Semikonduktor*. Atom yang kehilangan *Elektron* tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “*hole*” dengan muatan Positif (+).

Daerah *Semikonduktor* dengan *elektron* bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendonor *elektron*, daerah *Semikonduktor* ini disebut dengan *Semikonduktor* tipe n (*n-type*). Sedangkan daerah *Semikonduktor* dengan *hole* bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (*Acceptor*) *elektron* yang dinamakan dengan *Semikonduktor* tipe p (*p-type*).

Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (*pn Junction*), akan menimbulkan energi yang mendorong *elektron* dan *hole* untuk bergerak ke arah yang berlawanan. *Elektron* akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan *hole* akan bergerak menjauhi daerah Positif. Ketika

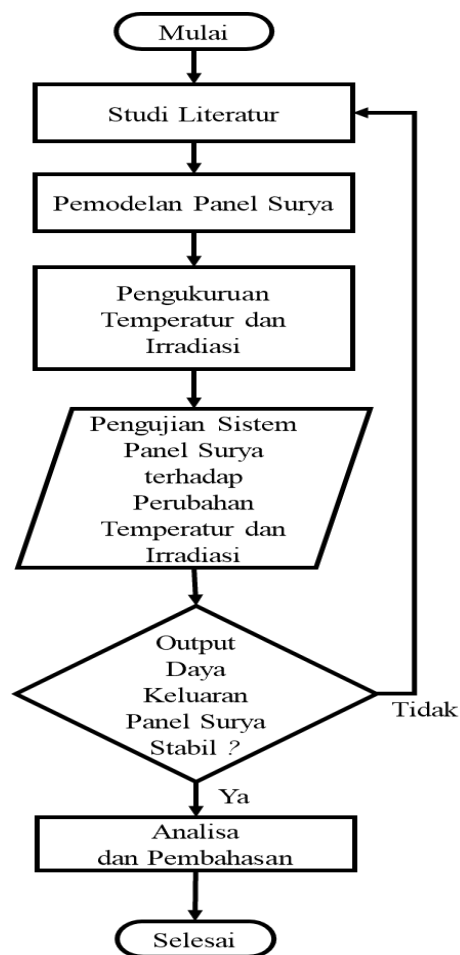
diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (*pn Junction*) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik. Kemudian arus listrik yang tercipta akan dioperasikan oleh Sensor untuk sumber energi listrik atau pemenuhan kebutuhan beban.

3.5 Diagram Alir Penelitian dan Sistem

Adapun diagram alir untuk alur penelitian agar sesuai dengan jalannya penelitian, sebagai berikut :

3.5.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir untuk alur penelitian agar sesuai dengan jalannya penelitian, sebagai berikut :

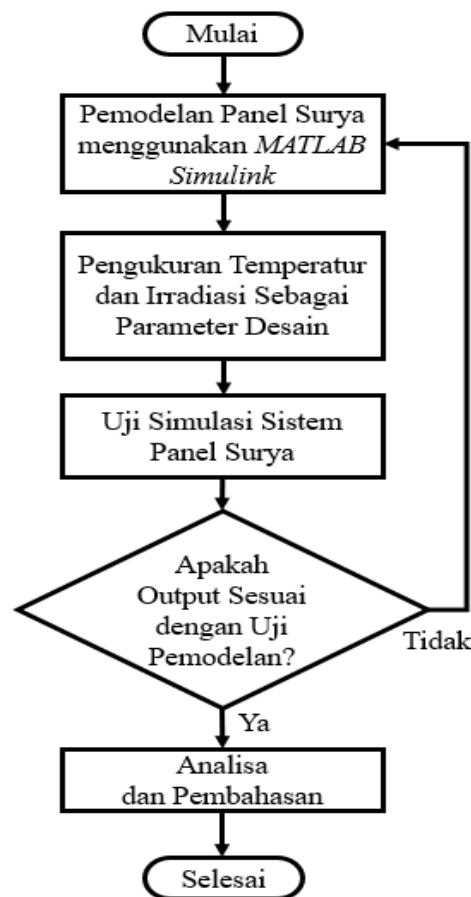


Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

Penelitian diawali dengan mengumpulkan informasi berupa jurnal-jurnal pendukung dan sebagai perbandingan, kemudian dilakukan pemodelan panel surya pada *MATLAB Simulink*, setelah dilakukan pemodelan selanjutnya melakukan pengukuran temperatur dan *irradiasi*, pengujian berupa memasukan nilai ukur yang sudah dilakukan berdasarkan perubahan temperatur dan *irradiasi* terhadap waktu, jika terjadi *error* maka dilakukan kembali pemodelan panel surya, jika *output* berupa tegangan, arus, dan daya akan dilanjutkan analisis hasil dan mendapatkan kesimpulan, skema berdasarkan diagram alir penelitian seperti pada gambar 3.7.

3.5.2 Diagram Alir Sistem

Adapun diagram sistem untuk alur pemodelan sampai hasil pengujian agar sesuai dengan jalannya penelitian, sebagai berikut :



Gambar 3.8 Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem seperti pada gambar 3.8 diawali dengan pemodelan panel surya pada MATLAB *Simulink* dilanjutkan dengan pengukuran nilai temperatur dan *irradiasi* yang akan digunakan sebagai parameter pengujian, setelah dilakukan pengujian maka jika *output* (Tegangan, Arus, dan Daya) pada *solar cell* tidak didapatkan maka dilakukan pemodelan kembali, dan jika *output output* (Tegangan, Arus, dan Daya) didapatkan maka dilakukan analisis dan pembahasan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Kalibrasi Keseluruhan Alat

Pengujian keseluruhan alat merupakan tahapan kalibrasi terhadap alat ukur yang digunakan, seperti multimeter, lux meter, dan thermometer. Selain itu pengujian dilakukan agar pada tahap pengambilan data alat siap digunakan. Berikut bentuk pengujian yang dilakukan seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kalibrasi Keseluruhan Alat

Kalibrasi yang dilakukan menunjukkan kesiapan alat dalam pengambilan data, selain itu beban yang terpasang berupa motor DC 12 Volt seperti pada gambar 4.1 sebagai beban utama panel surya, berikut datasheet motor DC yang digunakan sebagai beban, ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Spesifikasi Motor DC

No	Part	Spesifikasi
1	Tegangan Kerja	12V (6V-30V DC)
2	<i>No-Load Speed</i>	15000 rpm
3	<i>No-Load Current</i>	1A
4	<i>Armeteur Resistance</i>	0,6 Ohm
5	<i>Armeteur Inductance</i>	0,012H

Beban motor diujikan dan disimulasikan sesuai dengan beban nyata dalam proses pengambilan data, dapat dilihat seperti pada gambar 4.1 dan tabel 4.1, motor

DC yang terpasang diujikan langsung dan kemudian disimulasikan dengan *software* MATLAB Simulink.

4.2 Pengujian Panel Surya *Monocrystalline* tanpa Beban

Pengujian dilakukan selama 5 hari dengan variable masukan temperatur dan iradiasi selama pengujian, perolehan nilai *output* panel surya *monocrystalline* tanpa beban dimulai dari pukul 07.00 WIB sampai 16.00 WIB.

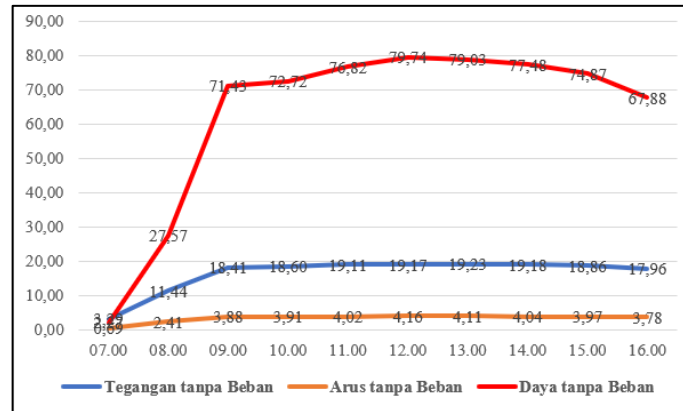
4.2.1 Hari ke-1

Pengukuran hari ke-1 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Pengukuran Hari ke-1 Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	26,7	114,39	3,29	0,69	2,27
08.00	29,1	401,39	11,44	2,41	27,57
09.00	33,0	779,09	18,41	3,88	71,43
10.00	30,9	795,53	18,60	3,91	72,72
11.00	34,0	1000,14	19,11	4,02	76,82
12.00	34,6	1413,31	19,17	4,16	79,74
13.00	35,5	1277,43	19,23	4,11	79,03
14.00	30,6	940,1	19,18	4,04	77,48
15.00	32,4	886,38	18,86	3,97	74,87
16.00	30,5	698,59	17,96	3,78	67,88

Pengujian hari ke-1 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.2, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 12.00 WIB dengan *output* keluaran 79,74 Watt, nilai temperatur terukur 34,6°C dan iradiasi yang terukur 1413,31. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 2,27 Watt, nilai temperatur terukur 26,7°C dan iradiasi yang terukur 114,39. Hasil pengukuran hari ke-1 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-1 Panel Surya Tanpa Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.2 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 16,52 Volt, rata-rata keluaran arus 3,49 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 62,79 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 12.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.2.2 Hari ke-2

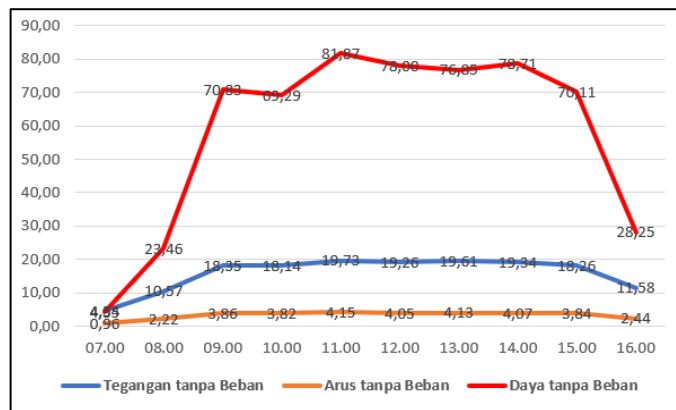
Pengukuran hari ke-2 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Pengukuran Hari ke-2 Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	27,7	158,07	4,54	0,96	4,35
08.00	28,7	370,51	10,57	2,22	23,46
09.00	30,6	749,94	18,35	3,86	70,83
10.00	35,2	759,34	18,14	3,82	69,29
11.00	33,1	1299,55	19,73	4,15	81,87
12.00	38,4	1238,72	19,26	4,05	78,00
13.00	34,6	1287,7	19,61	4,13	76,85
14.00	33,7	1068,08	19,34	4,07	78,71
15.00	33,2	759,11	18,26	3,84	70,11
16.00	30,3	405,66	11,58	2,44	28,25

Pengujian hari ke-2 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.3, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 81,87 Watt, nilai temperatur terukur 33,1°C dan iradiasi yang terukur 1299,55. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 4,35 Watt, nilai temperatur terukur 27,7°C dan iradiasi yang terukur

158,07. Hasil pengukuran hari ke-2 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-2 Panel Surya Tanpa Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.3 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 15,93 Volt, rata-rata keluaran arus 3,35 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 63,98 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.2.3 Hari ke-3

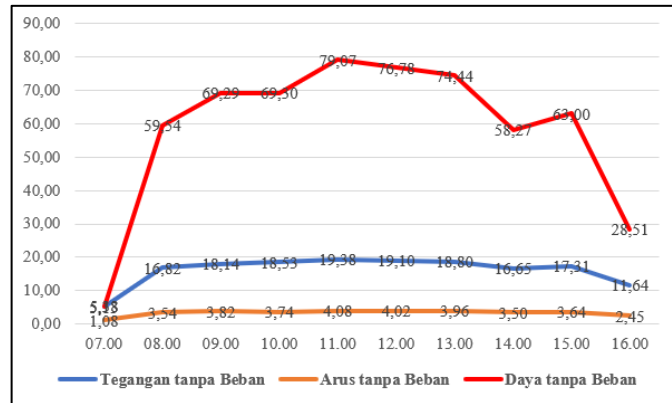
Pengukuran hari ke-3 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Pengukuran Hari ke-3 Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,0	178,61	5,13	1,08	5,38
08.00	31,3	611,69	16,82	3,54	59,54
09.00	34,2	750,02	18,14	3,82	69,29
10.00	34,6	1121,8	18,53	3,74	69,30
11.00	38,2	1310,61	19,38	4,08	79,07
12.00	42,7	1343	19,10	4,02	76,78
13.00	46,1	1271,11	18,80	3,96	74,44
14.00	38,3	613,27	16,65	3,50	58,27
15.00	34,8	654,35	17,31	3,64	63,00
16.00	32,1	407,00	11,64	2,45	28,51

Pengujian hari ke-3 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.4, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 11.00 WIB dengan *output*

keluaran 79,07 Watt, nilai temperatur terukur 38,2°C dan iradiasi yang terukur 1310,61. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 5,38 Watt, nilai temperatur terukur 28,0°C dan iradiasi yang terukur 178,61. Hasil pengukuran hari ke-3 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-3 Panel Surya Tanpa Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.4 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 17,96 Volt, rata-rata keluaran arus 3,38 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 58,35 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

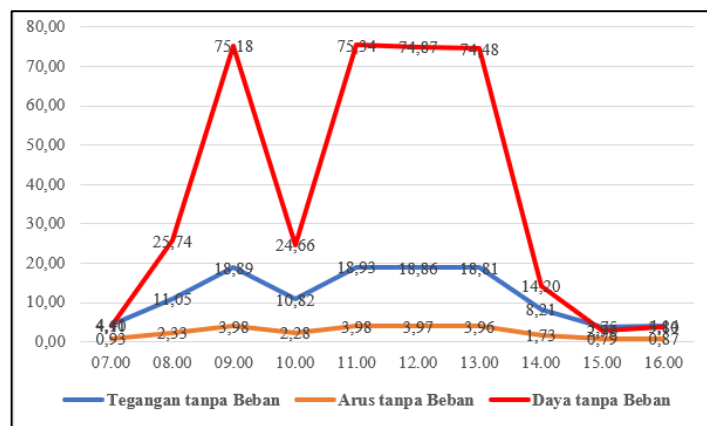
4.2.4 Hari ke-4

Pengukuran hari ke-4 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Pengukuran Hari ke-4 Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,5	153,49	4,41	0,93	4,10
08.00	34,9	385,28	11,05	2,33	25,74
09.00	33,6	910,47	18,89	3,98	75,18
10.00	35,2	376,90	10,82	2,28	24,66
11.00	43,2	1245,83	18,93	3,98	75,34
12.00	46,3	1355,64	18,86	3,97	74,87
13.00	48,1	1429,11	18,81	3,96	74,48
14.00	40,3	283,531	8,21	1,73	14,20
15.00	38,1	129,16	3,75	0,79	2,96
16.00	33,8	143,30	4,14	0,87	3,80

Pengujian hari ke-4 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.5, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 75,34 Watt, nilai temperatur terukur 43,2°C dan iradiasi yang terukur 1245,83. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 15.00 WIB dengan *output* keluaran 2,96 Watt, nilai temperatur terukur 38,1°C dan iradiasi yang terukur 129,16. Hasil pengukuran hari ke-4 dengan cuaca mendung dan berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.5 sebagai berikut.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-4 Panel Surya Tanpa Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.5 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 11,78 Volt, rata-rata keluaran arus 2,48 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 37,53 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 15.00 WIB.

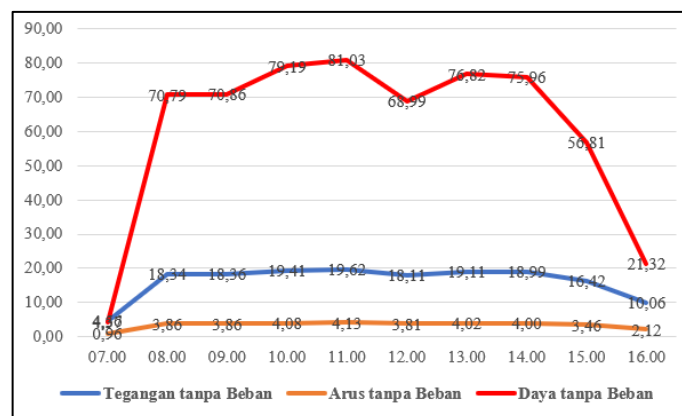
4.2.5 Hari ke-5

Pengukuran hari ke-5 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Pengukuran Hari ke-5 Panel Surya Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,3	158,63	4,56	0,96	4,37
08.00	29,7	741,43	18,34	3,86	70,79
09.00	32,2	766,3	18,36	3,86	70,86
10.00	33,5	1132,07	19,41	4,08	79,19
11.00	33,5	1217,39	19,62	4,13	81,03
12.00	45,7	932,2	18,11	3,81	68,99
13.00	40,0	1207,91	19,11	4,02	76,82
14.00	35,3	987,5	18,99	4,00	75,96
15.00	33,3	592,10	16,42	3,46	56,81
16.00	32,2	351,07	10,06	2,12	21,32

Pengujian hari ke-5 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.6, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 81,03 Watt, nilai temperatur terukur 33,5°C dan iradiasi yang terukur 1217,39. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 4,37 Watt, nilai temperatur terukur 28,3°C dan iradiasi yang terukur 158,63. Hasil pengukuran hari ke-5 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-5 Panel Surya Tanpa Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.6 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 16,30 Volt, rata-rata keluaran arus 3,43 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 60,61 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran

maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.3 Pengujian Panel Surya *Monocrystalline* dengan Beban

Pengujian panel surya *monocrystalline* dengan beban berupa motor DC 12 Volt DC tegangan kerja, dengan *load current* 1A, selama 5 hari pengujian dengan variable masuk temperatur dan iradiasi selama pengujian, perolehan nilai *output* panel surya *monocrystalline* dengan beban dimulai dari pukul 07.00 WIB sampai 16.00 WIB.

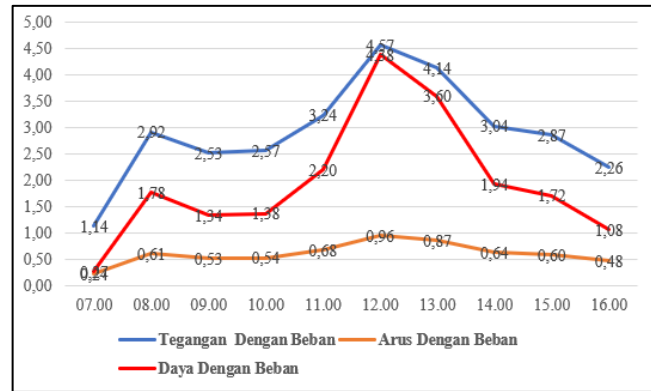
4.2.1 Hari ke-1

Pengukuran hari ke-1 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Pengukuran Hari ke-1 dengan Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	26,7	114,39	1,14	0,24	0,27
08.00	29,1	401,39	2,92	0,61	1,78
09.00	33,0	779,09	2,53	0,53	1,34
10.00	30,9	795,53	2,57	0,54	1,38
11.00	34,0	1000,14	3,24	0,68	2,20
12.00	34,6	1413,31	4,57	0,96	4,38
13.00	35,5	1277,43	4,14	0,87	3,60
14.00	30,6	940,1	3,04	0,64	1,94
15.00	32,4	886,38	2,87	0,60	1,72
16.00	30,5	698,59	2,26	0,48	1,08

Pengujian hari ke-1 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.7, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 12.00 WIB dengan *output* keluaran 4,38 Watt, nilai temperatur terukur 34,6°C dan iradiasi yang terukur 1413,31. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,27 Watt, nilai temperatur terukur 26,7°C dan iradiasi yang terukur 114,39. Hasil pengukuran hari ke-1 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.7 sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-1 Panel Surya Dengan Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.7 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,93 Volt, rata-rata keluaran arus 0,62 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,96 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 12.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.2.2 Hari ke-2

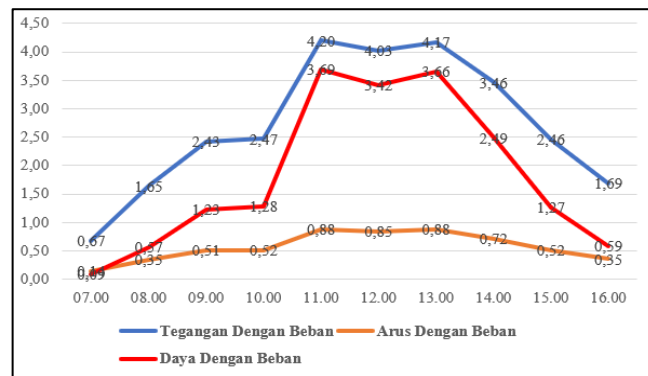
Pengukuran hari ke-2 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Pengukuran Hari ke-2 dengan Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	27,7	158,07	0,67	0,14	0,09
08.00	28,7	370,51	1,65	0,35	0,57
09.00	30,6	749,94	2,43	0,51	1,23
10.00	35,2	759,34	2,47	0,52	1,28
11.00	33,1	1299,55	4,20	0,88	3,69
12.00	38,4	1238,72	4,03	0,85	3,42
13.00	34,6	1287,7	4,17	0,88	3,66
14.00	33,7	1068,08	3,46	0,72	2,49
15.00	33,2	759,11	2,46	0,52	1,27
16.00	30,3	405,66	1,69	0,35	0,59

Pengujian hari ke-2 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.8, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 3,69 Watt, nilai temperatur terukur 33,1°C dan iradiasi yang terukur 1299,55. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,9 Watt, nilai temperatur terukur 27,7°C dan iradiasi yang terukur

158,07. Hasil pengukuran hari ke-2 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.8 sebagai berikut.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-2 Panel Surya dengan Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.8 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,72 rata-rata keluaran arus 0,57 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,82 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.2.3 Hari ke-3

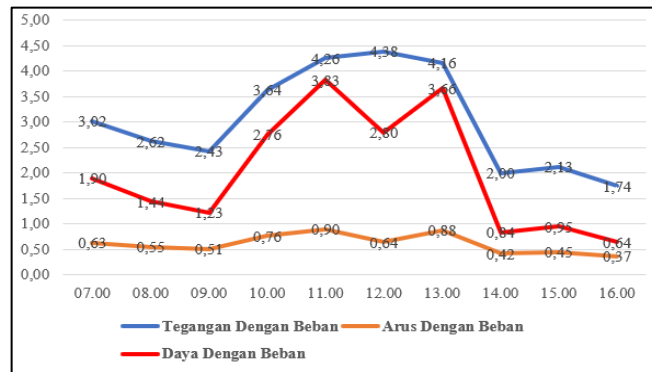
Pengukuran hari ke-3 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.9 sebagai berikut.

Tabel 4.9 Pengukuran Hari ke-3 dengan Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,0	178,61	3,02	0,63	1,90
08.00	31,3	611,69	2,62	0,55	1,44
09.00	34,2	750,02	2,43	0,51	1,23
10.00	34,6	1121,8	3,64	0,76	2,76
11.00	38,2	1310,61	4,26	0,90	3,83
12.00	42,7	1343	4,38	0,64	2,80
13.00	46,1	1271,11	4,16	0,88	3,66
14.00	38,3	613,27	2,00	0,42	0,84
15.00	34,8	654,35	2,13	0,45	0,95
16.00	32,1	407,00	1,74	0,37	0,64

Pengujian hari ke-3 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.9, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 3,83 Watt, nilai temperatur terukur 38,2°C dan iradiasi yang terukur

1310,61. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 16.00 WIB dengan *output* keluaran 0,64 Watt, nilai temperatur terukur 32,1°C dan iradiasi yang terukur 407,00. Hasil pengukuran hari ke-3 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 4.9 Grafik Hasil Keluaran Hari ke-3 Panel Surya dengan Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.9 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 3,04 Volt, rata-rata keluaran arus 0,61 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 2,00 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 16.00 WIB.

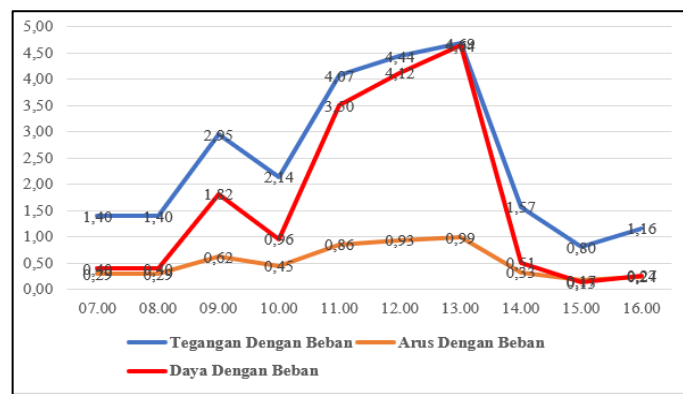
4.2.4 Hari ke-4

Pengukuran hari ke-4 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.10 Pengukuran Hari ke-4 dengan Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,5	153,49	1,40	0,29	0,40
08.00	34,9	385,28	1,40	0,29	0,40
09.00	33,6	910,47	2,95	0,62	1,82
10.00	35,2	376,90	2,14	0,45	0,96
11.00	43,2	1245,83	4,07	0,86	3,50
12.00	46,3	1355,64	4,44	0,93	4,12
13.00	48,1	1429,11	4,69	0,99	4,64
14.00	40,3	283,53	1,57	0,33	0,51
15.00	38,1	129,16	0,80	0,17	0,13
16.00	33,8	143,30	1,16	0,24	0,27

Pengujian hari ke-4 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.10, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 3,50 Watt, nilai temperatur terukur 43,2°C dan iradiasi yang terukur 1245,83. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 15.00 WIB dengan *output* keluaran 0,13 Watt, nilai temperatur terukur 38,1°C dan iradiasi yang terukur 129,16. Hasil pengukuran hari ke-4 dengan cuaca mendung dan berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-4 Panel Surya dengan Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.10 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,46 Volt, rata-rata keluaran arus 0,52 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,67 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 15.00 WIB.

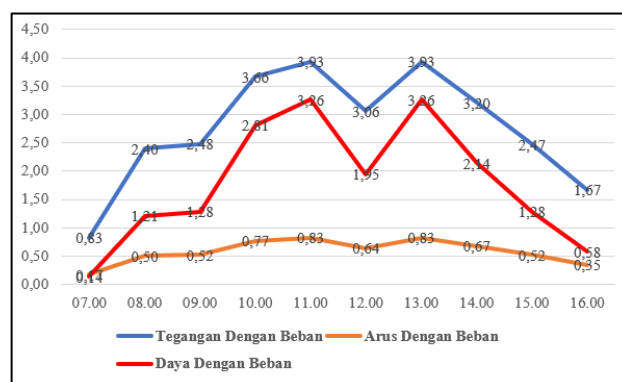
4.2.5 Hari ke-5

Pengukuran hari ke-5 mendapatkan hasil seperti pada tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 Pengukuran Hari ke-5 Panel Surya Tanpa Beban.

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,3	158,63	0,83	0,17	0,14
08.00	29,7	741,43	2,40	0,50	1,21
09.00	32,2	766,3	2,48	0,52	1,28
10.00	33,5	1132,07	3,66	0,77	2,81
11.00	33,5	1217,39	3,93	0,83	3,26
12.00	45,7	932,2	3,06	0,64	1,95
13.00	40,0	1207,91	3,93	0,83	3,26
14.00	35,3	987,5	3,20	0,67	2,14
15.00	33,3	592,10	2,47	0,52	1,28
16.00	32,2	351,07	1,67	0,35	0,58

Pengujian hari ke-5 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.11, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 3,26 Watt, nilai temperatur terukur 33,5°C dan iradiasi yang terukur 1217,39. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,14 Watt, nilai temperatur terukur 28,3°C dan iradiasi yang terukur 158,63. Hasil pengukuran hari ke-5 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.11 sebagai berikut.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Keluaran Hari Ke-5 Panel Surya dengan Beban

Data hasil pengukuran seperti pada gambar 4.11 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,76 Volt, rata-rata keluaran arus 0,58 Ampere, dan rata-rata daya

keluaran 1,79 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.4 Simulasi Rangkaian Panel Surya *Monocrystalline* tanpa Beban

Pengujian simulasi panel surya tanpa beban menggunakan *software* MATLAB Simulink bertujuan untuk menganalisa pengaruh iradiasi dan temperatur dalam menghasilkan daya keluaran, pengujian dilakukan menggunakan data lapangan yang diperoleh dari pengukuran lux meter dan thermometer, sehingga dapat dipastikan data hasil pengukuran dengan hasil uji coba simulasi.

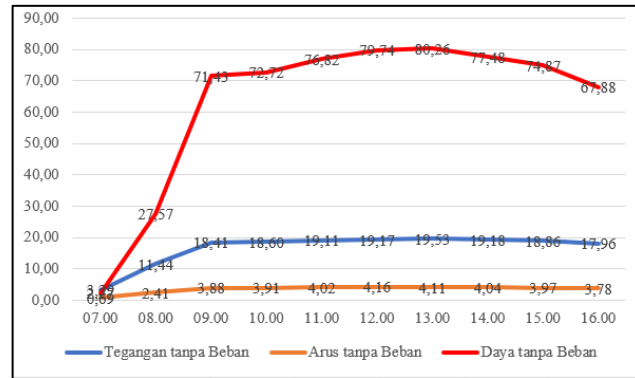
4.4.1 Hari ke-1

Pengujian data hari ke-1 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.12 sebagai berikut.

Tabel 4.12 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	26,7	114,39	3,29	0,69	2,27
08.00	29,1	401,39	11,44	2,41	27,57
09.00	33,0	779,09	18,41	3,88	71,43
10.00	30,9	795,53	18,60	3,91	72,72
11.00	34,0	1000,14	19,11	4,02	76,82
12.00	34,6	1413,31	19,17	4,16	79,74
13.00	35,5	1277,43	19,53	4,11	80,26
14.00	30,6	940,1	19,18	4,04	77,48
15.00	32,4	886,38	18,86	3,97	74,87
16.00	30,5	698,59	17,96	3,78	67,88

Pengujian simulasi hari ke-1 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.12, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 13.00 WIB dengan *output* keluaran 80,26 Watt, nilai temperatur terukur 35,5°C dan iradiasi yang terukur 1277,43. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 2,27 Watt, nilai temperatur terukur 26,7°C dan iradiasi yang terukur 114,39. Hasil pengukuran hari ke-1 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.12 sebagai berikut.



Gambar 4.12 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-1 Panel Surya tanpa Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.12 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 16,55 Volt, rata-rata keluaran arus 3,50 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 63,10 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 13.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.4.2 Hari ke-2

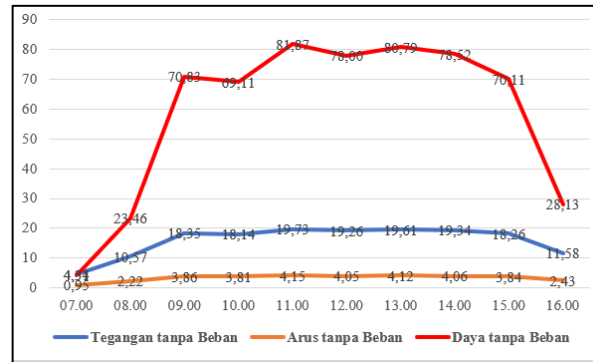
Pengujian data hari ke-2 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.13 sebagai berikut.

Tabel 4.13 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	27,7	158,07	4,54	0,95	4,31
08.00	28,7	370,51	10,57	2,22	23,46
09.00	30,6	749,94	18,35	3,86	70,83
10.00	35,2	759,34	18,14	3,81	69,11
11.00	33,1	1299,55	19,73	4,15	81,87
12.00	38,4	1238,72	19,26	4,05	78,00
13.00	34,6	1287,7	19,61	4,12	80,79
14.00	33,7	1068,08	19,34	4,06	78,52
15.00	33,2	759,11	18,26	3,84	70,11
16.00	30,3	405,66	11,58	2,43	28,13

Pengujian simulasi hari ke-2 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.13, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan

output keluaran 81,87 Watt, nilai temperatur terukur 33,1°C dan iradiasi yang terukur 1299,55. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 4,31 Watt, nilai temperatur terukur 27,7°C dan iradiasi yang terukur 158,07. Hasil pengukuran hari ke-2 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.13 sebagai berikut.



Gambar 4.13 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-2 Panel Surya tanpa Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.13 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 15,93 Volt, rata-rata keluaran arus 3,35 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 58,51 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

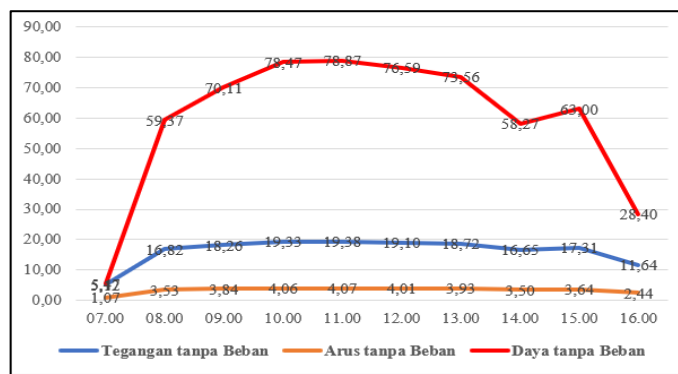
4.4.3 Hari ke-3

Pengujian data hari ke-3 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.14 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,0	178,61	5,12	1,07	5,47
08.00	31,3	611,69	16,82	3,53	59,37
09.00	34,2	750,02	18,26	3,84	70,11
10.00	34,6	1121,8	19,33	4,06	78,47
11.00	38,2	1310,61	19,38	4,07	78,87
12.00	42,7	1343	19,10	4,01	76,59
13.00	46,1	1271,11	18,72	3,93	73,56
14.00	38,3	613,27	16,65	3,50	58,27
15.00	34,8	654,35	17,31	3,64	63,00
16.00	32,1	407,00	11,64	2,44	28,40

Pengujian simulasi hari ke-3 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.14, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 78,87 Watt, nilai temperatur terukur 38,2°C dan iradiasi yang terukur 1310,61. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 5,47 Watt, nilai temperatur terukur 28,0°C dan iradiasi yang terukur 178,61. Hasil pengukuran hari ke-3 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.14 sebagai berikut.



Gambar 4.14 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-3 Panel Surya tanpa Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.14 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 16,23 Volt, rata-rata keluaran arus 3,41 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 59,21 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

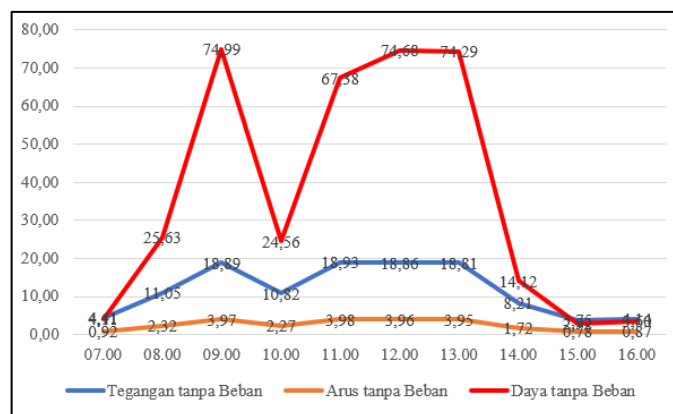
4.4.4 Hari ke-4

Pengujian data hari ke-4 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.15 sebagai berikut.

Tabel 4.15 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,5	153,49	4,41	0,92	4,11
08.00	34,9	385,28	11,05	2,32	25,63
09.00	33,6	910,47	18,89	3,97	74,99
10.00	35,2	376,90	10,82	2,27	24,56
11.00	43,2	1245,83	18,93	3,98	67,38
12.00	46,3	1355,64	18,86	3,96	74,68
13.00	48,1	1429,11	18,81	3,95	74,29
14.00	40,3	283,53	8,21	1,72	14,12
15.00	38,1	129,16	3,75	0,78	2,92
16.00	33,8	143,30	4,14	0,87	3,60

Pengujian simulasi hari ke-4 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.15, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditujukan pada pukul 12.00 WIB dengan *output* keluaran 74,68 Watt, nilai temperatur terukur 46,3°C dan iradiasi yang terukur 1355,64. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 15.00 WIB dengan *output* keluaran 2,92 Watt, nilai temperatur terukur 38,1°C dan iradiasi yang terukur 129,16. Hasil pengukuran hari ke-4 dengan cuaca mendung dan berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.15 sebagai berikut.



Gambar 4.15 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-4 Panel Surya tanpa Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.15 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 11,79 Volt, rata-rata keluaran arus 2,47 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 36,63 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 12.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 15.00 WIB.

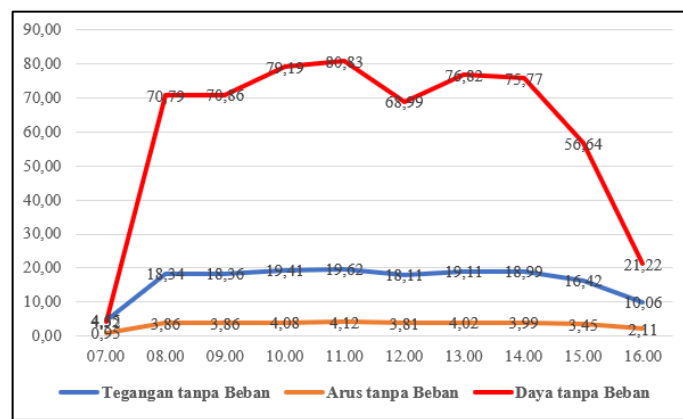
4.4.5 Hari ke-5

Pengujian data hari ke-5 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.16 sebagai berikut.

Tabel 4.16 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya Tanpa Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan tanpa Beban (V)	Arus tanpa Beban (A)	Daya tanpa Beban (W)
07.00	28,3	158,63	4,55	0,95	4,32
08.00	29,7	741,43	18,34	3,86	70,79
09.00	32,2	766,3	18,36	3,86	70,86
10.00	33,5	1132,07	19,41	4,08	79,19
11.00	33,5	1217,39	19,62	4,12	80,83
12.00	45,7	932,2	18,11	3,81	68,99
13.00	40,0	1207,91	19,11	4,02	76,82
14.00	35,3	987,5	18,99	3,99	75,77
15.00	33,3	592,10	16,42	3,45	56,64
16.00	32,2	351,07	10,06	2,11	21,22

Pengujian simulasi hari ke-5 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.16, *output* daya maksimum panel surya tanpa beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 80,83 Watt, nilai temperatur terukur 33,5°C dan iradiasi yang terukur 1217,39. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 4,32 Watt, nilai temperatur terukur 28,3°C dan iradiasi yang terukur 158,63. Hasil pengukuran hari ke-5 dengan cuaca cerah dan berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.16 sebagai berikut.



Gambar 4.16 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-5 Panel Surya tanpa Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.16 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 16,30 Volt, rata-rata keluaran arus 3,43 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 60,54 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.5 Simulasi Rangkaian Panel Surya *Monocrystalline* dengan Beban

Pengujian simulasi rangkaian panel surya dengan beban motor DC 12 V disimulasikan dalam posisi *on-grid* yang dimana hasil *output* keluaran panel surya langsung untuk memenuhi suplay daya motor DC 12 V.

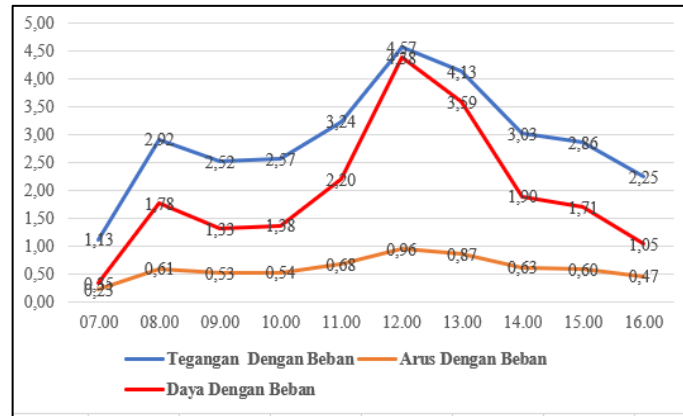
4.5.1 Hari ke-1

Pengujian data hari ke-1 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.17 sebagai berikut.

Tabel 4.17 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya dengan Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	26,7	114,39	1,13	0,23	0,35
08.00	29,1	401,39	2,92	0,61	1,78
09.00	33,0	779,09	2,52	0,53	1,33
10.00	30,9	795,53	2,57	0,54	1,38
11.00	34,0	1000,14	3,24	0,68	2,20
12.00	34,6	1413,31	4,57	0,96	4,38
13.00	35,5	1277,43	4,13	0,87	3,59
14.00	30,6	940,1	3,03	0,63	1,90
15.00	32,4	886,38	2,86	0,60	1,71
16.00	30,5	698,59	2,25	0,47	1,05

Pengujian simulasi hari ke-1 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.17, *output* daya maksimum panel surya dengan beban ditunjukkan pada pukul 12.00 WIB dengan *output* keluaran 4,38 Watt, nilai temperatur terukur 34,6°C dan iradiasi yang terukur 1413,31. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,35 Watt, nilai temperatur terukur 26,7°C dan iradiasi yang terukur 114,39. Hasil pengukuran hari ke-1 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.17 sebagai berikut.



Gambar 4.17 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-1 Panel Surya dengan Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.17 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,92 Volt, rata-rata keluaran arus 0,61 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,97 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 12.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.5.2 Hari ke-2

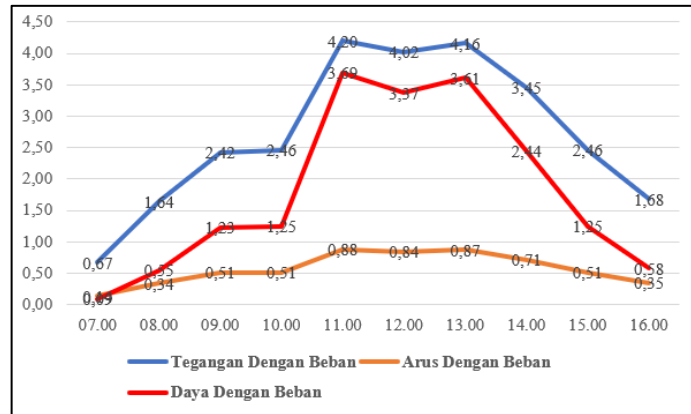
Pengujian data hari ke-2 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.18 sebagai berikut.

Tabel 4.18 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya dengan Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	27,7	158,07	0,67	0,14	0,09
08.00	28,7	370,51	1,64	0,34	0,55
09.00	30,6	749,94	2,42	0,51	1,23
10.00	35,2	759,34	2,46	0,51	1,25
11.00	33,1	1299,55	4,20	0,88	3,69
12.00	38,4	1238,72	4,02	0,84	3,37
13.00	34,6	1287,7	4,16	0,87	3,61
14.00	33,7	1068,08	3,45	0,71	2,44
15.00	33,2	759,11	2,46	0,51	1,25
16.00	30,3	405,66	1,68	0,35	0,58

Pengujian simulasi hari ke-2 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.18, *output* daya maksimum panel surya dengan beban ditunjukkan pada pukul 11.00 WIB dengan

output keluaran 3,69 Watt, nilai temperatur terukur 33,1°C dan iradiasi yang terukur 1299,55. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,09 Watt, nilai temperatur terukur 27,7°C dan iradiasi yang terukur 158,07. Hasil pengukuran hari ke-2 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.18 sebagai berikut.



Gambar 4.18 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-2 Panel Surya dengan Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.18 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,72 Volt, rata-rata keluaran arus 0,57 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,81 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

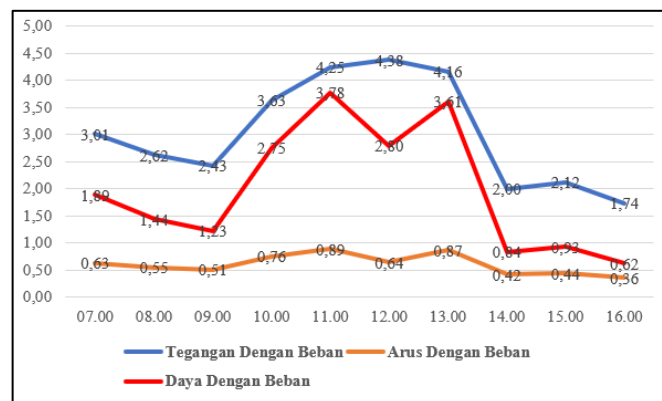
4.5.3 Hari ke-3

Pengujian data hari ke-3 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.19 sebagai berikut.

Tabel 4.19 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya dengan Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,0	178,61	3,01	0,63	1,89
08.00	31,3	611,69	2,62	0,55	1,44
09.00	34,2	750,02	2,43	0,51	1,23
10.00	34,6	1121,8	3,63	0,76	2,75
11.00	38,2	1310,61	4,25	0,89	3,78
12.00	42,7	1343	4,38	0,64	2,80
13.00	46,1	1271,11	4,16	0,87	3,61
14.00	38,3	613,27	2,00	0,42	0,84
15.00	34,8	654,35	2,12	0,44	0,93
16.00	32,1	407,00	1,74	0,36	0,62

Pengujian simulasi hari ke-3 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.19, *output* daya maksimum panel surya dengan beban ditujukan pada pukul 11.00 WIB dengan *output* keluaran 3,78 Watt, nilai temperatur terukur 38,2°C dan iradiasi yang terukur 1310,61. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 16.00 WIB dengan *output* keluaran 0,62 Watt, nilai temperatur terukur 32,1°C dan iradiasi yang terukur 407,00. Hasil pengukuran hari ke-3 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.19 sebagai berikut.



Gambar 4.19 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-3 Panel Surya dengan Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.19 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 3,03 Volt, rata-rata keluaran arus 0,61 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,99 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 11.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 16.00 WIB.

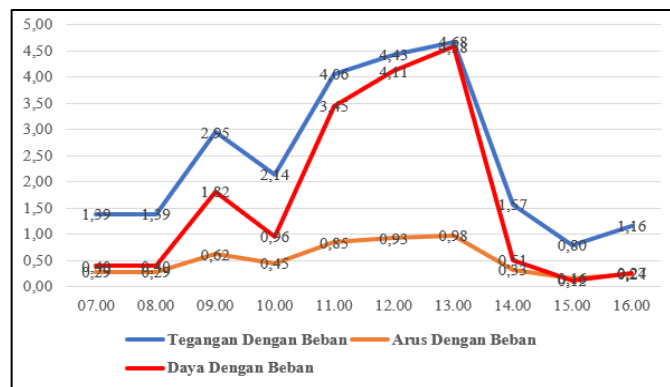
4.5.4 Hari ke-4

Pengujian data hari ke-4 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.20 sebagai berikut.

Tabel 4.20 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya dengan Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,5	153,49	1,39	0,29	0,40
08.00	34,9	385,28	1,39	0,29	0,40
09.00	33,6	910,47	2,95	0,62	1,82
10.00	35,2	376,90	2,14	0,45	0,96
11.00	43,2	1245,83	4,06	0,85	3,45
12.00	46,3	1355,64	4,43	0,93	4,11
13.00	48,1	1429,11	4,68	0,98	4,58
14.00	40,3	283,53	1,57	0,33	0,51
15.00	38,1	129,16	0,80	0,16	0,12
16.00	33,8	143,30	1,16	0,24	0,27

Pengujian simulasi hari ke-4 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.20, *output* daya maksimum panel surya dengan beban ditujukan pada pukul 13.00 WIB dengan *output* keluaran 4,58 Watt, nilai temperatur terukur 48,1°C dan iradiasi yang terukur 1429,11. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 15.00 WIB dengan *output* keluaran 0,12 Watt, nilai temperatur terukur 38,1°C dan iradiasi yang terukur 129,16. Hasil pengukuran hari ke-4 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.20 sebagai berikut.



Gambar 4.20 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-4 Panel Surya dengan Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.20 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,46 Volt, rata-rata keluaran arus 0,51 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,66 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 13.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 16.00 WIB.

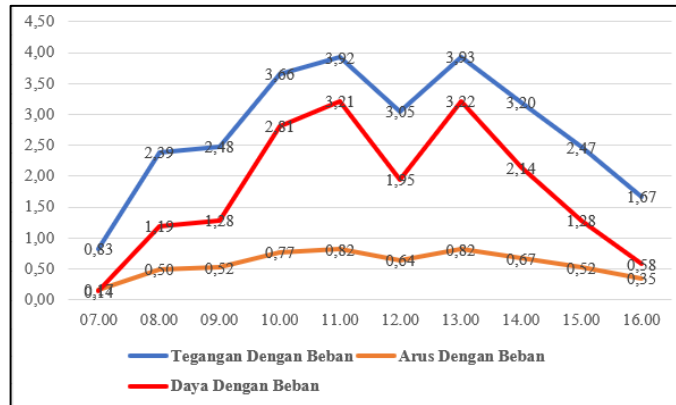
4.5.5 Hari ke-5

Pengujian data hari ke-5 yaitu nilai temperatur dan iradiasi akan diujikan menggunakan rangkaian yang sudah dibuat pada *software* MATLAB Simulink, data hasil uji simulasi dapat dilihat seperti pada tabel 4.21 sebagai berikut.

Tabel 4.21 Data Hasil Uji Simulasi Panel Surya dengan Beban

Jam (WIB)	Temperatur (°C)	Iradiasi (W/m ²)	Tegangan Dengan Beban (V)	Arus Dengan Beban (A)	Daya Dengan Beban (W)
07.00	28,3	158,63	0,83	0,17	0,14
08.00	29,7	741,43	2,39	0,50	1,19
09.00	32,2	766,3	2,48	0,52	1,28
10.00	33,5	1132,07	3,66	0,77	2,81
11.00	33,5	1217,39	3,92	0,82	3,21
12.00	45,7	932,2	3,05	0,64	1,95
13.00	40,0	1207,91	3,93	0,82	3,22
14.00	35,3	987,5	3,20	0,67	2,14
15.00	33,3	592,10	2,47	0,52	1,28
16.00	32,2	351,07	1,67	0,35	0,58

Pengujian simulasi hari ke-5 menunjukkan hasil seperti pada tabel 4.21, *output* daya maksimum panel surya dengan beban ditunjukkan pada pukul 13.00 WIB dengan *output* keluaran 3,22 Watt, nilai temperatur terukur 40,0°C dan iradiasi yang terukur 1207,91. Sedangkan *output* minimum panel surya pada pukul 07.00 WIB dengan *output* keluaran 0,14 Watt, nilai temperatur terukur 28,3°C dan iradiasi yang terukur 158,63. Hasil pengukuran hari ke-5 dengan cuaca cerah tidak berawan. Dapat dilihat bentuk grafik hasil keluaran seperti pada gambar 4.21 sebagai berikut.



Gambar 4.21 Grafik Hasil Keluaran Simulasi Hari Ke-5 Panel Surya dengan Beban

Data hasil simulasi seperti pada gambar 4.21 menunjukkan rata-rata keluaran tegangan 2,46 Volt, rata-rata keluaran arus 0,51 Ampere, dan rata-rata daya keluaran 1,66 Watt dengan pengukuran selama 10 jam, *output* keluaran maksimum pada pukul 13.00 WIB dan *output* keluaran minimum pada pukul 07.00 WIB.

4.6 Hasil Dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian simulasi yang dilakukan selama 5 hari dari pukul 07.00 WIB dan 16.00 WIB, didapatkan nilai rata-rata *output* keluaran panel surya *monocrystalline* berdasarkan antemperatur dan iradiasi.

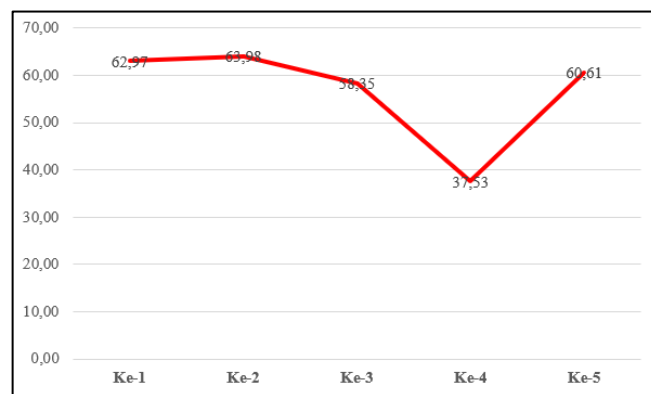
4.6.1 Pengukuran nilai hasil *output* daya berdasarkan antemperatur dan iradiasi tanpa beban dan dengan beban.

Nilai hasil pengukuran seperti pada tabel 4.22 merupakan pengukuran rata-rata daya *output* yang dihasilkan panel surya *monocrystalline* tanpa beban dan dengan beban.

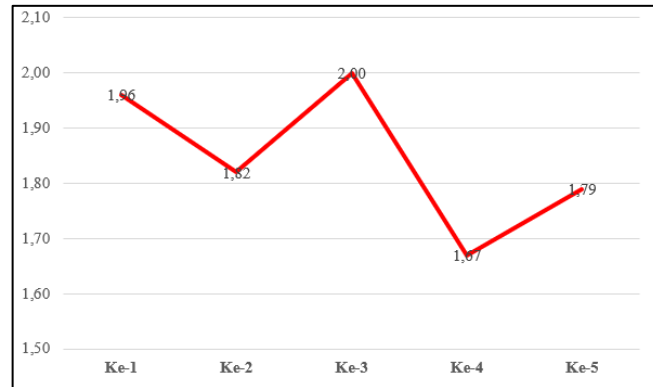
Tabel 4.22 Rata-rata hasil pengukuran *output* daya panel surya *monocrystalline*

Hari	Rata-Rata Temperatur (°C)	Rata-Rata Iradiasi(W/m ²)	Rata-Rata <i>Output</i> Daya tanpa Beban (W)	Rata-Rata <i>Output</i> Daya dengan Beban (W)
Ke-1	31,73	830,63	62,97	1,96
Ke-2	32,55	809,67	63,98	1,82
Ke-3	36,0	826,15	58,35	2,00
Ke-4	38,2	641,27	37,53	1,67
Ke-5	34,37	808,66	60,61	1,79

Berdasarkan perolehan data pengukuran yang dilakukan selama 5 hari didapatkan hasil seperti pada tabel 4.22, pengukuran menunjukkan bahwa daya keluaran maksimum tanpa beban pada hari ke-2 yaitu 63,98 Watt berbanding lurus dengan perolehan data iradiasi tertinggi yaitu 809,67 sedangkan pengaruh temperatur berbanding terbalik yaitu 32,55°C dan begitu juga sebaliknya dengan perolehan daya minimum tanpa beban pada hari ke-5 yaitu 60,61 Watt, Dapat dilihat seperti pada gambar 4.22 merupakan grafik keluaran yang dihasilkan oleh panel surya.

**Gambar 4.22** Rata-Rata Hasil Pengukuran Daya Selama 5 Hari Tanpa Beban

Perolehan hasil pengukuran daya tanpa beban selama 5 hari dapat dilihat seperti pada gambar 4.22, sedangkan pengukuran daya dengan beban dapat dilihat seperti pada gambar 4.23 sebagai berikut.



Gambar 4.23 Rata-Rata Hasil Pengukuran Daya Selama 5 Hari Dengan Beban penambahan beban *on-grid* menyebabkan perubahan *output* daya yang dihasilkan dengan perolehan daya maksimum pada hari ke-3 yaitu 2,00 Watt dan daya minimum pada hari ke-4 yaitu 1,67 Watt, dilihat seperti pada gambar 4.23 perbedaan perolehan daya pada panel surya *monocrystalline* 100WP tanpa beban dan dengan beban sangat bergantung pada efisiensi panel surya dalam penyuplaian daya ke beban menyebabkan ketidakseimbangan perolehan daya yang dihasilkan sehingga diperlukan penyetabil *output* keluaran daya panel surya.

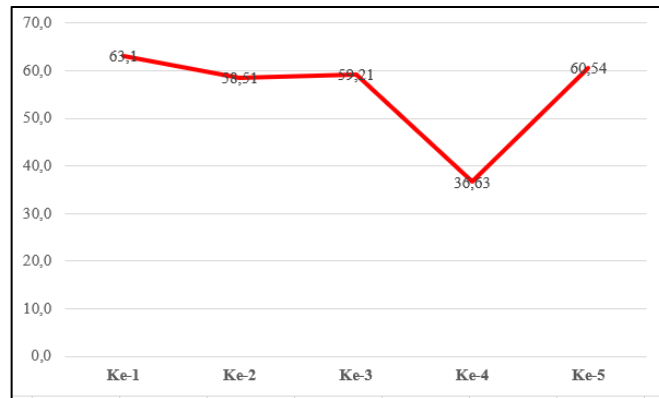
4.6.2 Pengujian Simulasi nilai hasil *output* daya berdasarkantemperatur dan iradiasi tanpa beban dan dengan beban

Nilai hasil seperti pada tabel 4.24 merupakan hasil pengujian simulasi rata-rata daya *output* yang dihasilkan panel surya *monocrystalline* tanpa beban dan dengan beban.

Tabel 4.23 Rata-rata hasil simulasi *output* daya panel surya *monocrystalline*

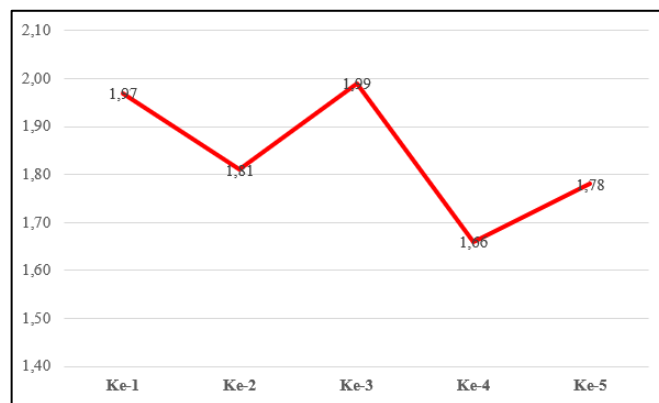
Hari	Rata-Rata Temperatur (°C)	Rata-Rata Iradiasi(W/m ²)	Rata-Rata <i>Output</i> Daya tanpa Beban (W)	Rata-Rata <i>Output</i> Daya dengan Beban (W)
Ke-1	31,73	830,63	63,10	1,97
Ke-2	32,55	809,67	58,51	1,81
Ke-3	36,0	826,15	59,21	1,99
Ke-4	38,2	641,27	36,63	1,66
Ke-5	34,3	808,66	60,54	1,78

Perolehan daya keluaran pada hasil simulasi tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran, iradiasi dan temperatur menjadi penentu hasil keluaran pada pengujian simulasi panel surya *monocrystalline* 100WP, daya maksimum tanpa beban yang dihasilkan pada hari ke-1 yaitu 63,10 Watt dan daya minimum tanpa beban yang dihasilkan pada hari ke-4 yaitu 36,63 Watt. Dapat dilihat seperti pada gambar 4.24 sebagai berikut.



Gambar 4.24 Rata-Rata Hasil Simulasi Daya Selama 5 Hari Tanpa Beban

Perolehan hasil simulasi daya tanpa beban selama 5 hari dapat dilihat seperti pada gambar 4.24, sedangkan pengukuran daya dengan beban dapat dilihat seperti pada gambar 4.25 sebagai berikut.



Gambar 4.25 Rata-Rata Hasil Simulasi Daya Selama 5 Hari Dengan Beban

penambahan beban *on-grid* menyebabkan perubahan *output* daya yang dihasilkan dengan perolehan daya maksimum pada hari ke-3 dan ke-1 yaitu 1,99 Watt dan daya minimum pada hari ke-4 yaitu 1,66 Watt, dilihat seperti pada gambar 4.25.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun beberapa kesimpulan berdasarkan rumusan masalah dan hasil penelitian pengaruh iradiasi dan temperatur pada panel surya *monocrystalline* terhadap hasil *output* keluaran, sebagai berikut :

1. Daya keluaran maksimum yang dihasilkan panel surya *monocrystalline* 100 WP berbanding lurus dengan iradiasi matahari yang dimana semakin tinggi nilai iradiasi semakin tinggi *output* keluaran panel surya Pada saat rata-rata iradiasi tertinggi yaitu 830,63 dengan rata-rata pengukuran daya maksimal keluaran tanpa beban yang dihasilkan yaitu sebesar 63,09 Watt dan hasil simulasi yaitu 63,0 Watt pada hari ke-1, kemudian hasil keluaran daya maksimal dengan beban pada hari ke-1 dan ke-3 yaitu pada kisaran 2 Watt.
2. Nilai *output* keluaran daya berbanding terbalik dengan temperatur, semakin tinggi nilai temperatur, semakin kecil keluaran panel surya. Selain itu pengaruh temperatur yang fluktuatif mengakibatkan penurunan nilai *output* daya yang dihasilkan menurun, pada rata-rata temperatur terukur tertinggi 38,2°C mengalami penurunan nilai hasil keluaran panel surya *monocrystalline* 100 WP yaitu 37,7 Watt dan hasil simulasi 36,63 Watt pada hari ke-4, kemudian hasil keluaran daya minimum dengan beban pada hari ke-4 yaitu 1,7 Watt.
3. Hasil uji simulasi menunjukkan bahwa respon panel surya *monocrystalline* 100 WP bergantung pada nilai iradiasi dan temperatur terukur, nilai yang dihasilkan dengan 5 hari data pengukuran menunjukkan bahwa keadaan intensitas matahari fluktuatif mempengaruhi *output* daya yang dihasilkan, pada pengujian rata-rata daya yang dihasilkan tanpa beban dan rata-rata daya yang dihasilkan dengan beban.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu bsebagai berikut :

1. Pengujian dan pengukuran diperlukan kondisi intensitas matahari yang sesuai selama proses pengukuran, karena akan berpengaruh terhadap hasil *output* yang diinginkan.
2. Diperlukan kondisi geografis yang memadai agar hasil pengukuran lebih maksimal.
3. Diperlukannya penyetabil hasil keluaran daya dari panel surya *monocrystalline* 100 WP seperti *inverter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouzguenda, m., salmi, t., gastli, a., #4, d. A. M., listrik, j. T., komputer, d., & teknik, s. T. (n.d.). *Konferensi internasional pertama 2012 tentang energi terbarukan dan teknologi kendaraan*.
- Bouzguenda, m., salmi, t., masmoudi, a. G. A., qaboos, u. S., box, p. O., & oman, k. (2012). *Mengevaluasi kinerja sistem fotovoltaik surya menggunakan matlab*. 1–7.
- Bowles, d., pratt, c., evans, w., price, r. A., & coburn, t. (1981). Normal computed tomograms of the brain in osteosarcoma patients treated with high-dose methotrexate. *Cancer*, 47(7), 1762–1765. [https://doi.org/10.1002/1097-0142\(19810401\)47:7<1762::aid-cnrcr2820470706>3.0.co;2-8](https://doi.org/10.1002/1097-0142(19810401)47:7<1762::aid-cnrcr2820470706>3.0.co;2-8)
- Dewantoro herlambang, y., desandra armanah, j., fuadi emzain, z., su'udy, a. H., & arifin, f. (n.d.). *Simulasi solar cell dan solar module dengan matlab simulink untuk pembangkit listrik tenaga surya* (vol. 184).
- Faishal fuad rahman soeharto, at all. (n.d.). *Analisis pengaruh kenaikan temperatur dan variasi irradiasi pada tegangan, arus dan daya keluaran*.
- Institute of electrical and electronics engineers, institute of electrical and electronics engineers. Bangladesh section, & bangladesh university of engineering and technology. Department of electrical and electronic engineering. (n.d.). *Icece 2014 : 8th international conference on electrical and computer engineering : advancing technology for a better tomorrow : 20-22 december, 2014, pan pacific sonargaon dhaka, dhaka, bangladesh*.
- Kananda, k., & nazir, r. (2013). *Konsep pengaturan aliran daya untuk plts tersambung ke sistem grid pada rumah tinggal*. 2(2).
- Midiatmoko, f., shalahuddin, y., & yahya, m. (n.d.). Pv solar tracker berbasis matlab / simulink untuk optimasi daya. In *jtecs : jurnal sistem telekomunikasi elektronika sistem kontrol power sistem & komputer* (vol. 1, issue 1).
- Pudin, a., & mardiyanto, i. R. (2020). Desain dan implementasi data logger untuk pengukuran daya keluaran panel surya dan iradiasi matahari. *Elkomika: jurnal teknik energi elektrik, teknik telekomunikasi, & teknik elektronika*, 8(2), 240. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.240>

- Pudin, a., & mardiyanto, i. R. (2020). *Desain dan implementasi data logger untuk pengukuran daya keluaran panel surya dan iradiasi matahari*. 8(2), 240–251.
- S, h. A., & bastomi, m. (2019). Analisis pengaruh perubahan temperatur panel terhadap daya dan efisiensi keluaran sel surya poycrystalline. *Dinamika : jurnal ilmiah teknik mesin*, 11(1), 33. <https://doi.org/10.33772/djitm.v11i1.9285>
- Sukmajati, s., & hafidz, m. (n.d.). *Perancangan dan analisis pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 10 mw on grid di yogyakarta* (vol. 7, issue 1).
- Surya wardhana, a. (n.d.). *Pengaruh suhu pada modul 100wp menggunakan pemodelan dan simulasi 36 sel photovoltaic*.
- Tujuan, a., cell, s., supaya, m. S., cell, s., cell, s., simulink, m., i-v, n., cell, s., cell, s., cell, s., cell, s., module, s., & kunci, k. (2021). *Prosiding nciet vol. 2 (2021) b184-b193* 2. 2, 184–193.
- Wardhana, a. S. (2014). Pengaruh suhu pada modul 100wp menggunakan pemodelan dan simulasi 36 sel photovoltaic. *Jurnal esdm*, 6(38), 82–88.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengukuran Iradiasi Panel Surya



Lampiran 2. Pengukuran Iradiasi Panel Surya



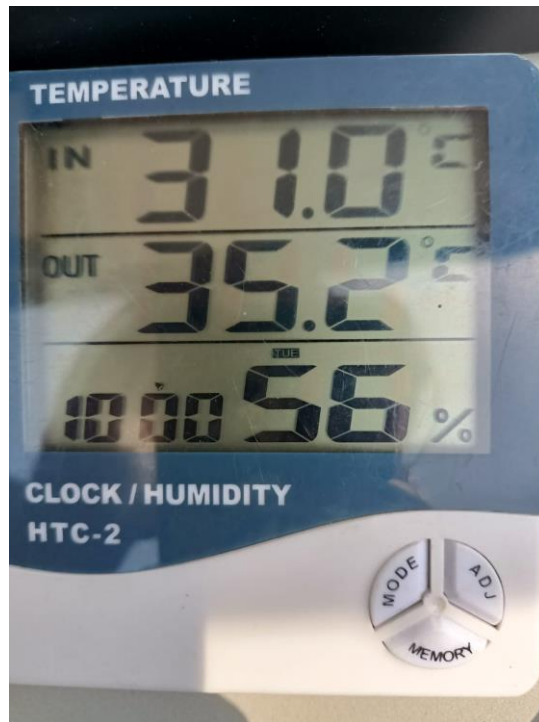
Lampiran 3. Pengukuran Thermometer Pada Panel Surya



Lampiran 4. Pengukuran Thermometer Pada Panel Surya



Lampiran 5. Temperatur / Suhu Pada Thermometer



Lampiran 6. Iradiasi Pada Lux Meter

