

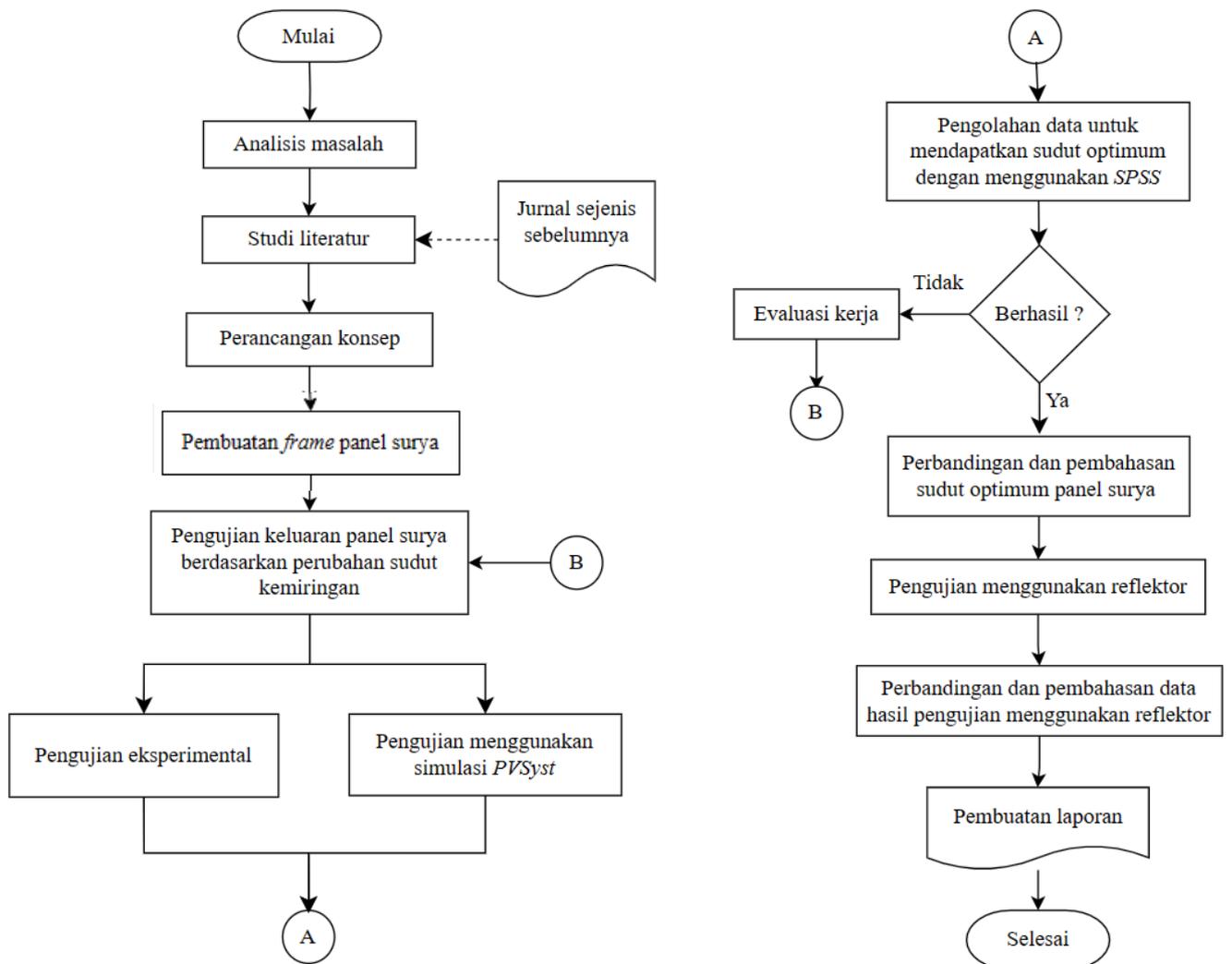
BAB III

METODOLOGI PELAKSANAAN

Bab ini menjelaskan metodologi pelaksanaan yang akan dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

III.1 Metodologi Penyelesaian Masalah

Metodologi penyelesaian tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan. Adapun tahapan tersebut divisualisasikan menggunakan diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

III.1.1 Analisis masalah

Analisis masalah ialah langkah paling awal dari penelitian tugas akhir ini. Masalah yang dianalisis pada tugas akhir ini ialah penentuan sudut kemiringan optimum pada panel surya bifasial sehingga dapat menghasilkan efisiensi konversi energi atau daya terbesar beserta penentuan reflektor yang dapat meningkatkan efisiensi terbesar.

III.1.2 Studi literatur

Studi literatur merupakan pengumpulan bahan bacaan yang diharapkan dapat membantu penelitian tugas akhir sehingga materi yang berhubungan dapat lebih dipahami dan juga dikuasai. Studi literatur dilakukan dengan menggali informasi secara lengkap yang terkait dengan penelitian ini. Karya ilmiah sejenis sebelumnya yang digunakan sebagai referensi dari penelitian tugas akhir ini ditunjukkan pada Sub bab II.2. Setelah dilakukannya studi literatur, dilanjutkan dengan perancangan konsep.

III.1.3 Perancangan konsep

Tujuan dari perancangan konsep ialah menentukan spesifikasi komponen dan alat yang diperlukan pada penentuan sudut kemiringan panel surya ini. Perancangan konsep ini didasari oleh studi literatur. Berikut adalah beberapa perancangan konsep pada penelitian ini, antara lain :

1. Lokasi penelitian

Penelitian sudut kemiringan akan dilakukan di Masjid Jami Al-Mukhtar yang berlokasi di Jl. Jatihandap, Kota Bandung dengan koordinat -6.883^0 lintang selatan dan 107.666^0 bujur timur. Gambar 3.2 menunjukkan lokasi dari Masjid Jami Al-Mukhtar pada *google maps*.



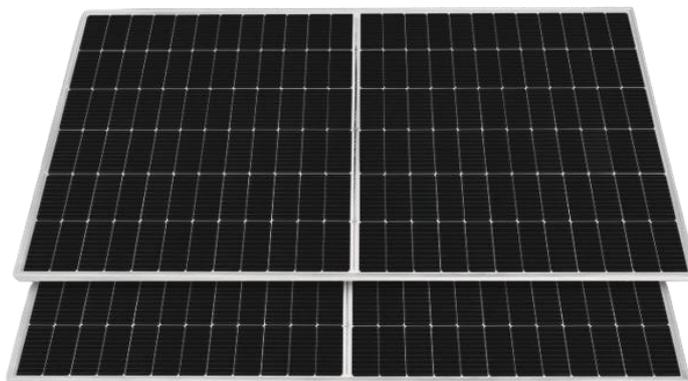
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian pada *google maps*

2. Waktu pengujian

Pengujian sudut kemiringan panel surya ini akan dilakukan pada bulan Oktober 2023 dengan waktu pengambilan data dari jam 09.00 – 15.00 WIB dengan waktu pengambilan data 30 menit sekali [12].

3. Panel surya

Panel surya yang digunakan pada penelitian ini ialah panel surya bifasial JAM72D30 *monocrystalline* berdimensi $2278 \times 1134 \times 35$ mm. Panel surya yang akan digunakan ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Panel surya JAM72D30

Tabel 3.1 menunjukkan beberapa parameter elektrik panel surya pada kondisi standar (iradiansi 1000 W/m² dan temperatur panel 25°C). Untuk spesifikasi lengkap dari panel surya yang akan digunakan terlampir pada Lampiran 1.

Tabel 3. 1 Parameter elektrik panel surya JAM72D30

Besaran	Parameter	Nilai
<i>Rated Maximum Power</i>	P _{max}	550 Watt
<i>Open Circuit Voltage</i>	V _{oc}	49.9 Volt
<i>Maximum Power Voltage</i>	V _{mp}	41.96 Volt
<i>Short Circuit Current</i>	I _{sc}	14 Ampere
<i>Maximum Power Current</i>	I _{mp}	13.11 Ampere
<i>Module Eficiency</i>	%	21.3 %

Setelah beberapa parameter elektrik panel surya diketahui, dilanjutkan dengan menentukan resistansi atau hambatan dari panel surya tersebut. Hambatan dari panel surya diperlukan dalam perancangan *dummy load* karena nilai hambatan *dummy load* harus sama atau mendekati *power supply* yang digunakan yaitu panel surya [13]. Penentuan hambatan dari panel surya ditunjukkan oleh perhitungan di bawah ini.

$$R_{panel} = \frac{V_{oc}}{I_{sc}} = \frac{49.9 V}{14 A} = 3.564 \Omega$$

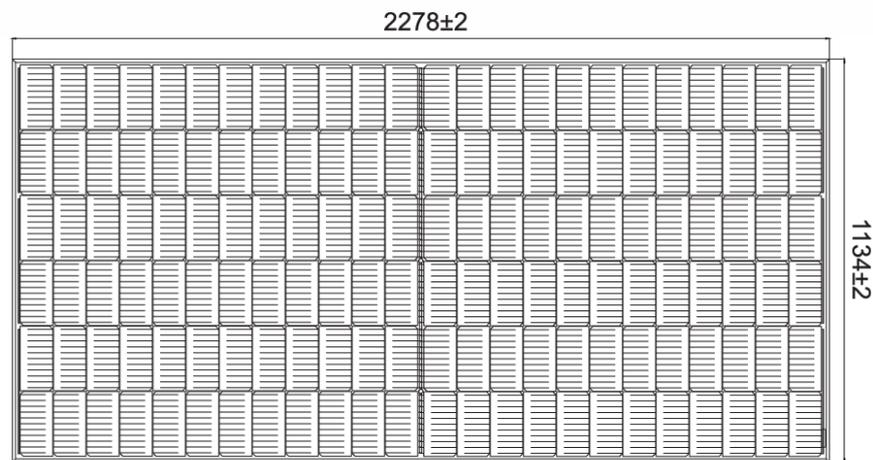
Dari perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai hambatan yang diperlukan pada perancangan *dummy load* harus sama atau mendekati 3.564 Ω sesuai dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan [13].

Perancangan sistem panel surya bifasial ialah *off-grid* yaitu menggunakan baterai sebagai penyimpanan energi yang dikonversikan. Namun berdasarkan tetapan rancangan yang telah ditentukan oleh BRIN, sistem panel surya bifasial ini tidak memiliki baterai untuk menyimpan energi yang telah dikonversikan. Perancangan sistem panel surya bifasial ini juga tidak memiliki *inverter* untuk mengubah *output* arus DC menjadi AC sehingga energi yang dikonversikan dapat dimanfaatkan. Untuk saat ini, sistem panel surya bifasial

hanya akan dilakukan pengujian dan *output* dari panel surya tersebut masih belum dimanfaatkan.

4. Dimensi panel surya

Dimensi panel surya mempengaruhi kapasitas total produksi energi dari panel surya, di mana luas permukaan menangkap sinar matahari dan menghasilkan listrik. Gambar 3.4 menunjukkan gambar kerja dari panel surya bifasial JAM72D30 *monocrystalline*.



Gambar 3. 4 Dimensi panel surya

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa panel surya yang dipakai memiliki panjang 2.278 meter dan lebar 1,138 meter. Untuk menentukan luas permukaan dari panel surya, diperlukannya perhitungan matematis sebagai berikut [10].

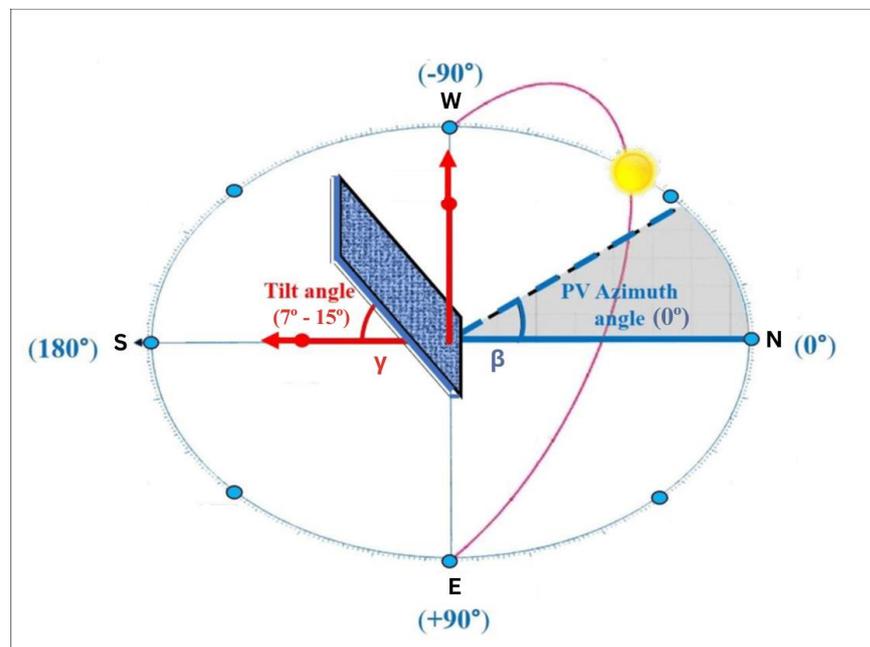
$$A_r = p \times l = 2.278 \text{ m} \times 1.138 \text{ m} = 2.583 \text{ m}^2$$

5. Sudut panel surya

Intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan. Semakin besar intensitas radiasi yang diterima maka daya yang dapat dihasilkan oleh sistem juga semakin besar karena energi matahari merupakan sumber utama dari pembangkitan energi pada panel surya. Untuk mendapatkan nilai intensitas radiasi matahari yang optimum, diperlukannya sudut kemiringan yang optimal. Pada proses pengujian, akan dilakukan pengujian beberapa sudut.

Lokasi penelitian berada di Jawa Barat yang termasuk ke dalam daerah selatan garis khatulistiwa. Sudut azimut (γ) dari panel surya yang digunakan untuk melihat pengaruh sudut adalah 0° menghadap utara dan 180° menghadap selatan [14]. Alasan lain dari ditentukannya sudut azimut 0° menghadap utara ialah karena pemasangan panel surya ini ialah *fixed tilt panel* yang berarti arah hadapan panel surya tersebut tidak dapat dirubah.

Setelah ditentukannya sudut azimut, dilanjutkan dengan penentuan sudut *tilt* atau kemiringan panel surya (β). Variasi sudut kemiringan panel surya yang akan diuji ialah $7 - 15^\circ$ dengan kenaikan setiap sudutnya sebesar 2° . Gambar 3.5 menunjukkan hubungan antara sudut azimut dan sudut kemiringan panel surya.



Gambar 3. 5 Hubungan sudut azimut dan sudut kemiringan [9]

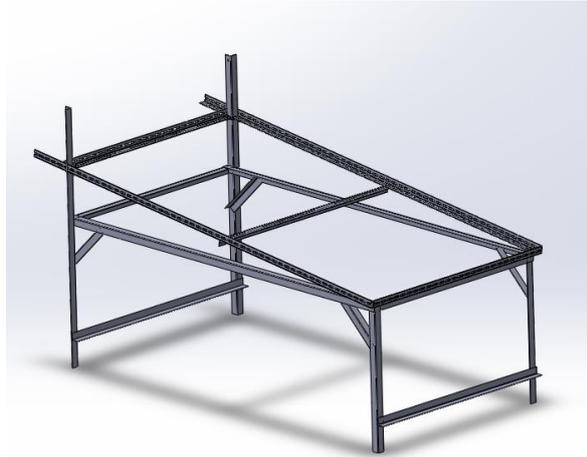
6. *Frame* panel surya

BRIN memberikan beberapa tuntutan perancangan pada pembuatan *frame* panel surya pada penelitian yang dilakukan. Berikut adalah beberapa tuntutan perancangan pada pembuatan *frame* panel surya, antara lain :

- a. *Frame* dibuat dengan material besi siku atau *slotted angle rack* [12].
- b. Telah disediakan besi siku sepanjang 4 meter sebanyak 4 buah (total panjang 16 meter)

- c. Jarak panel surya dengan permukaan dasar sekitar 0.5 – 1 meter.
- d. Tidak adanya proses pengelasan, besi siku dipasang menggunakan baut.

Dengan mengacu pada beberapa tuntutan perancangan di atas, *frame* panel surya dirancang dengan dimensi $2.3 \times 1.2 \times 0.8$ meter dengan jarak antara panel surya dan permukaan dasar sebesar 0.8 meter. Gambar 3.6 menunjukkan perancangan 3D *frame* panel surya menggunakan *solidworks*.



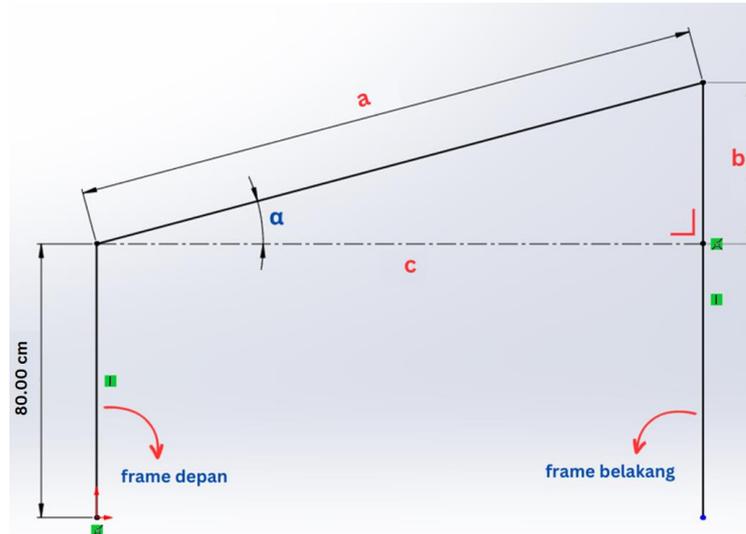
Gambar 3. 6 3D model frame

Setelah pembuatan model 3D *frame* panel surya, proses pembuatan pun dapat dilakukan. Panel surya akan ditempatkan pada *frame* yang telah dirancang. Gambar 3.7 menunjukkan *frame* yang akan digunakan untuk menempatkan panel surya.



Gambar 3. 7 *Frame* panel surya

Pada bagian belakang *frame*, dua buah siku dibuat lebih panjang dari sisi lainnya sebagai tempat baut penahan ketika panel surya dinaikkan sesuai sudut kemiringan yang diuji. Gambar 3.8 menunjukkan perancangan *frame* yang dilakukan sesuai dengan tuntutan perancangan dari BRIN.



Gambar 3. 8 Perancangan tinggi *frame*

Perancangan yang dilakukan menggunakan perhitungan metode *teorema pythagoras*. Tabel 3.2 menunjukkan beberapa parameter yang didapatkan dari perancangan dengan metode *theorema pythagoras* berdasarkan sudut kemiringan panel surya yang diuji.

Tabel 3. 2 Tabel tinggi *frame*

Sudut	Panjang sisi (cm)		Tinggi <i>frame</i>	
	a (panel)	b	Depan	Belakang
7°	227.8	7.79	80	107.79
9°		15.67		115.67
11°		23.5		123.5
13°		31.29		131.29
15°		39.01		139.01

Untuk mendapatkan sudut kemiringan yang presisi, akan digunakan *inclinometer* yang ditempatkan pada permukaan panel surya untuk mengukur sudut kemiringannya.

III.1.4 Pengujian

Setelah dilakukannya perancangan konsep, akan dilakukan proses pengujian pada penelitian ini untuk mendapatkan beberapa data. Pada penelitian ini, optimasi efisiensi konversi energi dari panel surya dilakukan dengan cara memaksimalkan radiasi matahari yang dapat diterima oleh panel surya. Salah satu cara untuk memaksimalkan intensitas radiasi matahari adalah dengan menempatkan panel surya dengan sudut kemiringan yang paling tepat agar dapat menerima radiasi matahari yang paling tinggi sehingga *output* panel surya menjadi optimal. Besar sudut azimuth pada penelitian ini ialah 0° (posisi panel surya tegak lurus terhadap garis khatulistiwa) dan sudut kemiringan panel surya yang akan diuji ialah 7° , 9° , 11° , 13° , dan 15° dikarenakan beberapa jurnal dan riset sebelumnya menunjukkan bahwa sudut kemiringan yang menghasilkan *output* optimum berada pada 7-15°. Faktor dan level *design of experiment* dari pengujian panel surya ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Tabel faktor dan level

Faktor	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
Sudut kemiringan	7°	9°	11°	13°	15°
Intensitas radiasi matahari (Watt/m ²)	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000

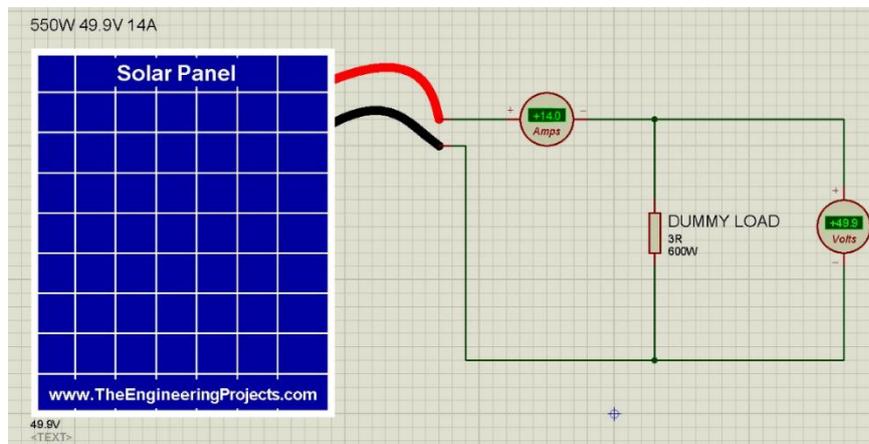
Berikut adalah beberapa metode pengujian yang akan dilakukan pada penelitian sudut kemiringan panel surya ini, antara lain :

1. Pengujian secara langsung pada panel surya (eksperimental)

Pengujian secara langsung pada panel surya dilakukan melalui beberapa percobaan pada hari yang berbeda untuk mendapatkan populasi dan *liliefors* data. Pengujian eksperimental dilakukan pada sudut $7 - 15^\circ$ dengan kenaikan sudut 2° pada jam 09:00 – 15:00 dengan rentang waktu 30 menit dan waktu

pengambilan data selama 10 menit untuk mengatur seluruh sudut kemiringan panel surya yang diuji.

Sebelum dilakukannya pengujian eksperimental, dilakukannya perancangan rangkaian listrik searah atau DC (*direct current*) dengan bantuan *software* bernama *proteus*. Gambar 3.9 merupakan rancangan dari rangkaian DC untuk mengukur *output* dari panel surya dengan menggunakan *proteus*.



Gambar 3. 9 Rangkaian panel surya pada *proteus*

Data *output* yang diberikan panel surya ialah tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc}). Panel surya dimiringkan sesuai dengan sudut yang akan diuji (7° , 9° , 11° , 13° , dan 15°) dan akan diambil data *output* di setiap kemiringannya. Pengukuran data tegangan *open circuit* menggunakan *voltmeter* dan pengukuran data arus *short circuit* menggunakan tang *ampere*. Untuk pengukuran data tegangan *maximum performance* (V_{mp}) dan arus *maximum performance* (I_{mp}), diperlukannya beban atau *load* yang sama atau lebih besar dari energi *output* maksimum panel surya tersebut. Daya *output* maksimum yang dihasilkan panel surya yang digunakan ialah sebesar 550 Watt dan hambatan sebesar 3.564Ω . Untuk menahan daya *output* tersebut, akan digunakan sebuah *dummy load* dengan menggunakan resistor 20 Watt 100Ω sebanyak 30 buah dan dirangkai secara paralel. Di bawah ini merupakan perhitungan untuk menentukan beberapa parameter *dummy load* yang akan digunakan [13].

Daya total *dummy load*

$$P_{dummy\ load} = P_{resistor} \times n = 20\ \text{Watt} \times 30 = 600\ \text{Watt}$$

Hambatan total *dummy load*

$$\frac{1}{R_{paralel}} = \frac{1}{R} \times n$$

$$\frac{1}{R_{paralel}} = \frac{1}{100\ \Omega} \times 30$$

$$\frac{1}{R_{paralel}} = \frac{30}{100\ \Omega}$$

$$R_{paralel} = \frac{100\ \Omega}{30}$$

$$R_{paralel} = 3.333\ \Omega$$

Dari perhitungan di atas didapatkan dua parameter *dummy load* yaitu daya sebesar 600 Watt dan hambatan 3.333 Ω . Perancangan *dummy load* ini telah memenuhi kriteria untuk dipasangkan pada panel surya. Daya *dummy load* sebesar 600 Watt dapat menahan daya *output* panel surya sebesar 550 Watt. Hambatan *dummy load* sebesar 3.333 Ω mendekati nilai hambatan panel surya sebesar 3.564 Ω . Alasan dari diperlukannya nilai hambatan yang sama atau mendekati ialah agar memaksimalkan transfer daya dari panel surya ke beban karena adanya penyesuaian impedansi memungkinkan daya yang dihasilkan oleh panel surya untuk lebih efektif diteruskan ke beban [13]. Dengan memastikan bahwa nilai hambatan pada *dummy load* dan panel surya sama, dapat meminimalkan pantulan kembali daya (*mismatch*) dan mengoptimalkan transfer daya antara sumber energi (panel surya) dan beban atau sistem penyimpanan. Gambar 3.10 ialah *dummy load* yang telah dibuat berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.



Gambar 3. 10 *Dummy load* 600 Watt yang digunakan

Setelah menentukan *dummy load* yang akan digunakan, dilanjutkan dengan merangkai seluruh alat dan komponen sesuai dengan perancangan rangkaian yang telah dilakukan dengan *proteus* sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Rangkaian kelistrikan panel surya

Beberapa alat diperlukan untuk melakukan pengujian eksperimental panel surya. Tabel 3.4 menunjukkan beberapa alat yang digunakan pada pengujian.

Tabel 3. 4 Alat ukur

No	Gambar Alat	Nama Alat	Fungsi
1		<i>Inclinometer digital</i>	Pengukur kemiringan sudut panel surya
2		Besi penyiku	Pengukur ketegaklurusan benda
2		<i>Voltmeter</i>	Pengukur tegangan.
3		Tang <i>ampere</i>	Pengukur arus.
4		<i>Solar power meter</i>	Pengukur intensitas radiasi matahari
5		Termometer digital	Pengukur temperatur

Pengujian dapat dilakukan setelah menentukan beberapa alat yang akan digunakan. Tabel 3.5 menunjukkan langkah-langkah dari proses pengujian eksperimental pada panel surya.

Tabel 3. 5 Langkah pengujian eksperimental tanpa beban

No	Dokumentasi	Keterangan
1		<p>Proses kalibrasi pada <i>inclinometer</i> untuk menentukan sudut 0° pada panel surya yang sudah terpasang pada <i>frame</i>. Kalibrasi ini dilakukan dengan bantuan siku.</p>
2		<p><i>Inclinometer</i> yang telah dikalibrasi dipasangkan pada permukaan panel surya lalu panel surya dimiringkan berdasarkan sudut kemiringan yang akan diuji ($7-15^\circ$).</p>
3		<p><i>Solar power meter</i> ditempatkan pada bagian atas panel surya untuk mendapatkan data intensitas radiasi matahari.</p>

4		<p>Kabel sensor digital thermometer ditempelkan pada permukaan panel surya untuk mendapatkan data temperatur</p>
5		<p>Setelah panel surya dimiringkan, tegangan <i>open circuit</i> dapat diukur dengan menggunakan <i>voltmeter</i> dengan cara menyambungkan kabel positif dan negatif pada <i>voltmeter</i>.</p>
6		<p>Arus <i>short circuit</i> dapat diukur menggunakan tang <i>ampere</i>. Pengukuran dilakukan dengan cara menjepit kabel negatif oleh tang <i>ampere</i> lalu kabel positif dan negatif disambungkan secara <i>short circuit</i>.</p>
7		<p>Hubungkan kabel positif dan negatif surya pada <i>dummyload</i>, lalu hubungkan kabel <i>voltmeter</i> kepada rangkaian tersebut untuk mendapatkan data tegangan <i>maximum performance</i></p>

8		<p>Arus <i>maximum performance</i> dapat diukur dengan menjepitkan tang <i>ampere</i> pada kabel negative di rangkaian panel surya yang terhubung dengan <i>dummyload</i></p>
---	---	---

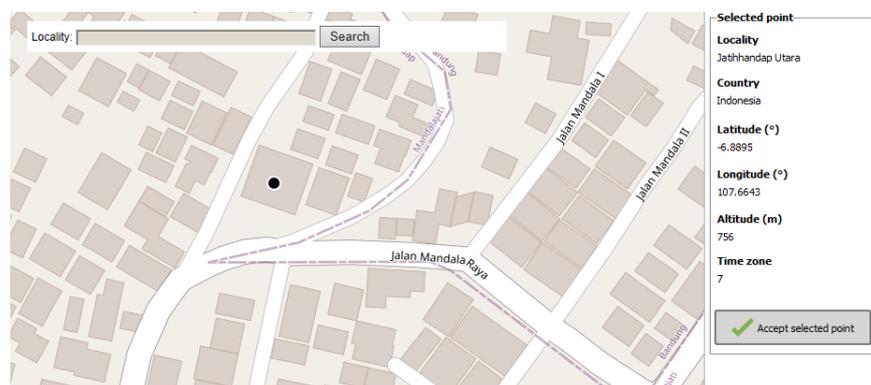
Setelah dilakukannya pengujian eksperimental pada panel surya, dilakukannya pengambilan data.

2. Pengujian dengan menggunakan metode simulasi

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak bernama *PVSyst*. Data input simulasi yang digunakan mengacu pada perancangan konsep yang telah dilakukan seperti lokasi acuan, spesifikasi panel surya, dan sudut kemiringan panel surya [4]. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian metode simulasi, antara lain :

a. Penentuan lokasi acuan

Lokasi acuan panel surya ialah bertempat pada Masjid Jami Al-Mukhtar yang berlokasi di Jl. Jatihandap, Kota Bandung. Gambar 3.12 menunjukkan *geographical sites* dari lokasi acuan yang telah ditentukan.



Gambar 3. 12 Titik koordinat pengujian

b. Penentuan data *irradiance*.

Data *irradiance* merupakan data radiasi matahari yang digunakan dalam simulasi PVSyst. Pada perangkat lunak PVSyst terdapat tujuh pilihan basis data yaitu: Meteonorm 8.0, NASA-SSE, PVGIS TMY, NREL, Solcast, dan SolarAnywhere. Di antara pilihan basis data tersebut dipilih Meteonorm 8.0 karena mempunyai data *irradiance* yang paling baru dan basis data tersebut sama dengan basis data yang dikeluarkan BMKG [4]. Gambar 3.13 menunjukkan pemilihan basis data pada PVSyst.

Site **Masjid Jami Al-Mukhtar (Indonesia)**
Data source **Meteonorm 8.1 (2016-2021), Sat=100%**

	Global horizontal irradiation kWh/m ² /day	Horizontal diffuse irradiation kWh/m ² /day	Temperature °C
January	4.67	2.26	19.9
February	5.27	2.55	19.7
March	5.07	2.61	20.4
April	5.10	2.41	20.6
May	5.04	2.28	21.2
June	5.03	1.89	20.6
July	5.05	2.01	20.4
August	5.29	2.05	20.6
September	5.53	2.47	20.6
October	5.89	2.80	21.2
November	5.01	2.78	20.5
December	4.90	2.91	20.3
Year ?	5.15	2.42	20.5

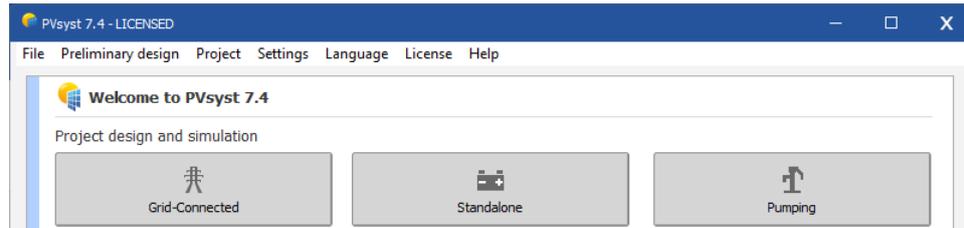
Gambar 3. 13 Data intensitas radiasi matahari

Pada Gambar 3.13 menunjukkan rata-rata *irradiation* (intensitas radiasi matahari) dan temperatur panel surya di setiap bulannya. Data yang dipakai pada pengujian metode simulasi ini ialah rata-rata data *global horizontal irradiation* dalam satu tahun yang bernilai $5.15^{kWh/m^2}$. *Global horizontal irradiation* memiliki arti total radiasi matahari yang diterima pada permukaan horizontal, termasuk radiasi langsung dari matahari dan radiasi tersebar atau difus dari langit [4]. Di bawah ini merupakan perhitungan untuk mendapatkan nilai daya *input* rata-rata panel surya dalam satu tahun pada pengujian metode simulasi.

$$P_{in} = I_r \times A_r = 5.15 \text{ kWh/m}^2 \times 2.583 \text{ m}^2 = 13.302 \text{ kWh}$$

- c. Pengaturan sistem panel surya yang digunakan

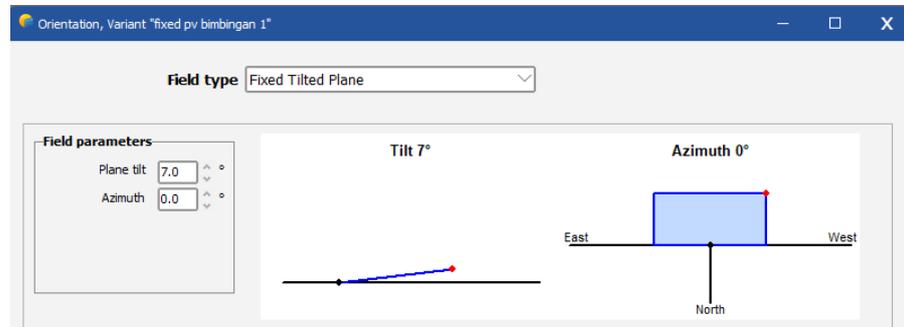
Sistem panel surya yang digunakan ialah sistem *stand alone* atau *off-grid* yang dapat diartikan berdiri sendiri tanpa terhubung ke aliran listrik PLN. Gambar 3.14 menunjukkan pemilihan sistem panel surya pada *PVSyst*.



Gambar 3. 14 Dashboard *PVSyst*

- d. Pengaturan sudut azimuth dan sudut *tilt* panel surya

Pengaturan sudut ini dilakukan berdasarkan perancangan konsep yakni sudut azimuth 0° menghadap ke utara dan sudut *tilt* yang diuji ialah 7 - 15° dengan kenaikan 2° seperti yang ditunjukkan Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Penentuan sudut pada *PVSyst*

- e. Penentuan spesifikasi panel surya

Panel surya yang akan digunakan ialah panel surya bifasial JAM72D30 *monocrystalline* 550W. Beberapa parameter telah ditentukan *PVSyst* sesuai dengan spesifikasi panel surya yang akan diuji. Gambar 3.16 menunjukkan penentuan beberapa parameter panel surya bifasial JAM72D30 *monocrystalline* 550W pada *PVSyst*.

Model	JAM72-D30-550-MB	Manufacturer	JA Solar
File name	JA_Solar_JAM72_D30_550_MB.PAN	Data source	Manufacturer-RETc 2021
Custom parameters definition		Prod. Since 2021	

Nom. Power (at STC)	550.0 Wp	Tol. +/-	0.0 3.0 %
Technology	Si-mono		

Manufacturer specifications or other measurements			
Reference conditions	GRef	1000 W/m ²	TRef 25 °C
Short-circuit current	Isc	14.000 A	Open circuit Voc 49.90 V
Max Power Point	Imp	13.110 A	Vmpp 41.96 V
Temperature coefficient	muIsc	5.6 mA/°C	Nb cells in series 72 x 2
	or muIsc	0.040 %/°C	

Internal model result tool			
Operating conditions	GOper	1000 W/m ²	TOper 25 °C
Max Power Point	Pmpp	550.8 W	Temper. coeff. -0.33 %/°C
Short-circuit current	Current	Imp 13.30 A	Voltage Vmpp 41.4 V
	Isc	14.00 A	Open circuit Voc 49.9 V
Efficiency	/ Cells area	23.10 %	/ Module area 21.32 %

Model summary	
Main parameters	
R shunt	400 Ω
Rsh(G=0)	1000 Ω
R serie model	
R serie max.	0.20 Ω
R serie apparent	0.34 Ω
Model parameters	
Gamma	0.994
IoRef	0.02 nA
muVoc	-134 mV/°C
muPMax fixed	-0.33 /°C

Gambar 3. 16 Spesifikasi panel surya pada *PVSyst*

f. Menjalankan simulasi

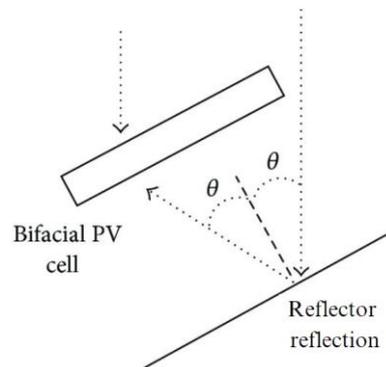
Setelah melakukan langkah-langkah sebelumnya, dilanjutkan dengan menjalankan simulasi *PVSyst* pada setiap sudut yang akan diuji. Data yang didapat dari simulasi ini ialah energi *output* yang dihasilkan panel surya per tahun.

Data dari setiap pengujian yang telah diolah menjadi efisiensi panel berdasarkan variasi sudut kemiringan panel surya akan diolah kembali dengan metode regresi kuadratik polinomial dengan bantuan aplikasi *SPSS*. Pada pengolahan data dengan *SPSS* ini, akan dianalisa dengan pendekatan regresi untuk memperkirakan pengaruh sudut kemiringan panel surya dengan intensitas radiasi matahari, daya *input*, daya *output*, dan efisiensi panel.

III.1.5 Pengujian menggunakan reflektor

Pengujian panel surya bifasial dengan menggunakan reflektor adalah langkah terkini dalam pengembangan teknologi energi surya yang lebih efisien. Dalam upaya memaksimalkan pengumpulan energi dari dua sisi panel surya, penggunaan reflektor menjadi fokus penelitian yang menarik. Reflektor ini dirancang khusus untuk meningkatkan efisiensi panel surya bifasial dengan memantulkan cahaya matahari yang diterima ke kedua sisi panel. Dengan menyelidiki sejauh mana reflektor ini dapat meningkatkan daya serap panel surya bifasial, pengujian ini

tidak hanya mengevaluasi kinerja energi, tetapi juga mempertimbangkan kestabilan dan keandalan reflektor tersebut [5].



Gambar 3. 17 Kinerja reflektor [5]

Reflektor yang digunakan ialah aluminium foil dan cermin datar dengan dimensi yang disamakan dengan panjang dan lebar panel surya itu sendiri yakni 2278 mm × 1128 mm. Penempatan dari reflektor tersebut ialah berjarak 50 cm di bawah panel surya (ditunjukkan oleh Gambar 3.17) dengan sudut yang sejajar dengan sudut optimum panel surya yaitu 11.27°. Alasan dari penempatan reflektor diletakkan di bawah dengan jarak 50 cm ialah peningkatan penyerapan cahaya yang dipantulkan oleh reflektor sehingga dapat mengenai bagian belakang panel yang biasanya tidak menerima sinar matahari langsung. Ini memungkinkan panel surya untuk menyerap lebih banyak cahaya matahari secara efektif, meningkatkan produksi energi [5]. Gambar 3.18 merupakan penempatan reflektor terhadap panel surya.



Gambar 3. 18 Penempatan reflektor (a. Aluminium foil; b. Cermin datar)

Setelah reflektor ditempatkan pada bagian bawah panel surya seperti yang ditunjukkan Gambar 3.18, dilanjutkan dengan pengujian *output* dari panel surya tersebut. Tabel 3.6 menunjukkan langkah pengujian panel surya menggunakan reflektor.

Tabel 3. 6 Langkah pengujian reflektor

No	Dokumentasi	Keterangan
1		<p>Reflektor diletakkan pada bagian bawah panel surya dengan sudut sejajar yaitu $11,27^\circ$.</p>
2		<p><i>Solar power meter</i> ditempatkan pada bagian atas panel surya untuk mendapatkan data intensitas radiasi matahari.</p>
3		<p>Tempelkan kabel sensor digital termometer untuk mendapatkan data temperatur</p>
4		<p>Setelah panel surya dimiringkan, tegangan <i>open circuit</i> dapat diukur dengan menggunakan <i>voltmeter</i> dengan cara menyambungkan kabel positif dan negatif pada <i>voltmeter</i>.</p>

5		<p>Arus <i>short circuit</i> dapat diukur menggunakan tang <i>ampere</i>. Pengukuran dilakukan dengan cara menjepit kabel negatif oleh tang <i>ampere</i> lalu kabel positif dan negatif disambungkan secara <i>short circuit</i>.</p>
6		<p>Hubungkan kabel positif dan negatif surya pada <i>dummyload</i>, lalu hubungkan kabel <i>voltmeter</i> kepada rangkaian tersebut untuk mendapatkan data tegangan <i>maximum performance</i></p>
7		<p>Arus <i>maximum performance</i> dapat diukur dengan menjepitkan tang <i>ampere</i> pada kabel negative di rangkaian panel surya yang terhubung dengan <i>dummyload</i></p>

Data yang didapat dari pengujian menggunakan reflektor akan diolah dengan menggunakan beberapa perhitungan matematis sederhana untuk mendapatkan nilai efisiensi yang ditingkatkan dari kedua reflektor yang digunakan.