

KAJIAN PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA BIFASIAL TERHADAP EFISIENSI KONVERSI ENERGI

Laporan Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh:

Muhammad Hilal Saefuddin

222411913



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul :

Kajian Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Bifasial Terhadap Efisiensi Konversi Energi

Oleh :

Muhammad Hilal Saefuddin

222411913

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
Pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 23 Februari 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Dr. Herman Budi Harta, ST., MT.
NIP. 196001101985031005

Pembimbing II,



Ahmad Raiani, MT
NIP. 198606122015021002

Disahkan,

Ketua Penguji,



M. Ali Suparman, Masch. Ing. HTL, MT.
NIP. 196011011989031001

Anggota Penguji I,



Dhion Khairul Nugraha, ST., MT.
NIP. 199003102022031002

Anggota Penguji II,



Rani Noprivanti, SSi., MT.
NIP. 199011032022032008

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Hilal Saefuddin
NIM : 222411913
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kajian Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Bifasial Terhadap Efisiensi Konversi Energi

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 27 Februari 2024
Yang Menyatakan,



Muhammad Hilal Saefuddin
NIM 222411913

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Hilal Saefuddin
NIM : 222411913
Jurusan : Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Kajian Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Bifasial Terhadap Efisiensi Konversi Energi

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 27 Februari 2024
Yang Menyatakan,



Muhammad Hilal Saefuddin
NIM 222411912

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat Rahmat dan juga Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, seluruh keluarganya, kerabatnya, sahabatnya, hingga kepada kita sebagai umatnya, Aamiin.

Atas pertolongan-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Kajian Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Bifasial Terhadap Efisiensi Konversi Energi”. Penulisan laporan tugas akhir ini ditunjukkan sebagai bentuk pertanggung jawaban dan sebagai salah satu syarat menyelesaikan jenjang Program Studi Diploma Empat Teknologi Rekayasa Manufaktur Jurusan Teknik Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung. Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari beberapa pihak, untuk itu izinkan penulis berterima kasih kepada :

1. Bapak Mohammad Nurdin, S.T., M.A.B., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Bandung
2. Bapak Jata Budiman, SST., MT., Ketua Jurusan Teknik Manufaktur
3. Bapak Haris Setiawan, SST., MT., Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur.
4. Bapak Dr. Herman Budi Harja, ST., MT., selaku dosen pembimbing.
5. Bapak Ahmad Rajani, MT., selaku Ketua Periset BRIN sekaligus pembimbing lapangan.
6. Panitia tugas akhir Teknik Manufaktur
7. Orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi dan do’a tanpa henti kepada penulis.
8. Teknisi BRIN dan rekan-rekan magang yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian tugas akhir tanpa patah semangat sekalipun.
9. Rekan-rekan SMAN 23 Bandung yang selalu memberikan saran dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.
10. Beberapa pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini belum sempurna, oleh sebab itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar laporan ini lebih baik dan lebih bermanfaat.

Bandung, 23 Januari 2024

Penulis

Muhammad Hilal Saefuddin

222411913

ABSTRAK

Indonesia secara global terletak di garis ekuator dimana sinar matahari dapat diperoleh sepanjang tahun sehingga sangat berpotensi untuk pemasangan panel surya sebagai pemberdayaan energi terbarukan. Agar nilai daya *output* dan efisiensi dari panel surya maksimal, maka pada perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan panel yang paling tepat untuk menerima intensitas radiasi matahari yang paling tinggi. Penelitian sudut kemiringan panel surya ini merupakan bagian dari penelitian “Sistem *Greenhouse Hybrid Bifacial Photovoltaic Thermal* (B-PVT)” yang sedang dilakukan oleh sebuah kelompok riset teknologi energi listrik dan mekanik BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui sudut kemiringan optimum pemasangan panel surya terhadap efisiensi konversi energi yang optimal. Panel surya yang digunakan pada sistem *greenhouse* ini ialah panel surya bifasial JAM72D30 550W *monocrystalline* dengan sistem *off-grid*. Pada penelitian ini, akan dilakukan pengujian *output* panel surya secara eksperimental dan pengujian dengan simulasi *PVSyst*. Sudut kemiringan panel surya yang akan diuji ialah 7° sampai 15° dengan sudut azimuth 180° meghadap utara dan 0° meghadap selatan. Pengujian secara eksperimental dilakukan sebanyak 5 kali untuk mewakili seluruh kondisi cuaca dengan waktu pengujian pada 09.00 – 15.00 WIB dengan waktu pengambilan data selama 10 menit. Data *output* panel surya berupa tegangan dan arus akan diolah menjadi efisiensi panel surya dan dilakukan metode regresi kuadratik untuk menentukan nilai sudut kemiringan optimum panel surya. Dari kedua metode pengujian yang telah dilakukan, didapat sebanyak dua sudut kemiringan optimum panel surya. Sudut kemiringan optimum panel surya hasil pengujian eksperimental sebesar 11.375° menghasilkan efisiensi konversi energi sebesar 11.5% dan sudut kemiringan optimum panel surya hasil pengujian *PVSyst* sebesar 11.267° menghasilkan efisiensi konversi energi sebesar 19.133%. Setelah didapatkan sudut kemiringan optimum panel surya, dilanjutkan dengan pengujian menggunakan reflektor aluminium foil dan cermin datar dengan penempatan di bagian bawah panel surya dengan jarak 50 cm dan sudut sejajar dengan panel surya itu sendiri. Pengujian reflektor dilakukan dengan waktu pengujian 09.00 – 15.00 WIB dengan waktu pengambilan data selama 5 menit. Cermin datar terbukti dapat meningkatkan efisiensi panel surya hingga 21.73% dibanding dengan aluminium foil yang hanya meningkatkan sebesar 16.74%.

Kata kunci: panel surya bifasial, sudut kemiringan, efisiensi, regresi kuadratik, reflektor

ABSTRACT

Indonesia is globally located on the equator where sunlight can be obtained throughout the year so there is great potential for installing solar panels to empower renewable energy. In order to maximize the output power and efficiency of the solar panels, the system design requires the most appropriate tilt angle of the panels to receive the highest intensity of solar radiation. Research on the tilt angle of solar panels is part of research on the "Greenhouse Hybrid Bifacial Photovoltaic Thermal (B-PVT) System" which is being carried out by an electrical and mechanical energy technology research group, BRIN (National Research and Innovation Agency). The aim of this research is to determine the optimum tilt angle for installing solar panels for optimal energy conversion efficiency. The solar panels used in this greenhouse system are JAM72D30 550W monocrystalline bifacial solar panels with an off-grid system. In this research, solar panel output will be tested experimentally and tested using PVSyst simulation. The tilt angle of the solar panels to be tested is 7° to 15° with an azimuth angle of 180° facing north and 0° facing south. Experimental testing was carried out 5 times to represent all weather conditions with a testing time of 09.00 – 15.00 WIB with a data collection time of 10 minutes. Solar panel output data in the form of voltage and current will be processed into solar panel efficiency and a quadratic regression method will be carried out to determine the optimum tilt angle value of the solar panel. From the two test methods that have been carried out, two optimum tilt angles for the solar panels were obtained. The optimum tilt angle of the solar panel as a result of experimental testing is 11.375° resulting in an energy conversion efficiency of 11.5% and the optimum tilt angle of the solar panel as a result of the PVSyst test is 11.267° resulting in an energy conversion efficiency of 19.133%. After obtaining the optimum tilt angle for the solar panel, it was continued with testing using an aluminum foil reflector and a flat mirror placed at the bottom of the solar panel at a distance of 50 cm and at an angle parallel to the solar panel itself. Reflector testing was carried out with a testing time of 09.00 – 15.00 WIB with a data collection time of 5 minutes. Flat mirrors have been proven to increase solar panel efficiency by up to 21.73% compared to aluminum foil which only increases by 16.74%.

Keywords: *bifacial solar panels, tilt angle, efficiency, quadratic regression, reflector*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	4
I.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1 Karya Ilmiah Sejenis Sebelumnya.....	6
II.2 Dasar Teori	8
BAB III METODOLOGI PELAKSANAAN	21
III.1 Metodologi Penyelesaian Masalah	21
BAB IV	43
IV.1 Pengolahan data pengujian penentuan sudut optimum	43
IV.2 Hasil pengujian reflektor	70
BAB V.....	75
V.1 Kesimpulan.....	75
V.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gaya gerak listrik [6].....	9
Gambar 2. 2 <i>Monocrystalline</i> [7]	11
Gambar 2. 3 <i>Polycrystalline</i> [7]	11
Gambar 2. 4 <i>Thin film</i> [7].....	12
Gambar 2. 5 pengaruh dari iradiasi pada karakteristik I-V [8]	14
Gambar 2. 6 Karakteristik perubahan temperatur panel surya [8]	15
Gambar 2. 7 Karakteristik perubahan tegangan-arus panel surya [8]	16
Gambar 2. 8 Sudut-sudut pada panel surya [9]	16
Gambar 2. 9 Grafik <i>fill factor</i> [10].....	18
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian pada <i>google maps</i>	23
Gambar 3. 3 Panel surya JAM72D30	23
Gambar 3. 4 Dimensi panel surya	25
Gambar 3. 5 Hubungan sudut azimut dan sudut kemiringan [9]	26
Gambar 3. 6 3D model frame.....	27
Gambar 3. 7 <i>Frame</i> panel surya.....	27
Gambar 3. 8 Perancangan tinggi <i>frame</i>	28
Gambar 3. 9 Rangkaian panel surya pada <i>proteus</i>	30
Gambar 3. 10 <i>Dummy load</i> 600 Watt yang digunakan	32
Gambar 3. 11 Rangkaian kelistrikan panel surya.....	32
Gambar 3. 12 Titik koordinat pengujian	36
Gambar 3. 13 Data intensitas radiasi matahari.....	37
Gambar 3. 14 <i>Dashboard PVSyst</i>	38
Gambar 3. 15 Penentuan sudut pada <i>PVSyst</i>	38
Gambar 3. 16 Spesifikasi panel surya pada <i>PVSyst</i>	39
Gambar 3. 17 Kinerja reflektor [5]	40
Gambar 3. 18 Penempatan reflektor (a. Alumunium foil; b. Cermin datar)	40
Gambar 4. 1 Uji <i>liliefors</i> pada data efisiensi pada kondisi cuaca cerah.....	61
Gambar 4. 2 Uji <i>liliefors</i> pada data efisiensi pada kondisi cuaca cerah.....	62
Gambar 4. 3 Uji <i>liliefors</i> pada data efisiensi pada kondisi cuaca mendung	63
Gambar 4. 4 Kurva regresi hasil pengolahan data eksperimental	64
Gambar 4. 5 Kurva regresi data hasil pengujian <i>PVSyst</i>	67
Gambar 4. 6 Diagram hasil pengolahan data pengujian reflektor.....	73
Gambar 4. 7 Pancaran sinar pada jam 09:00-10:30	73
Gambar 4. 8 Pancaran sinar pada jam 10:-15:00	74
Gambar 4. 9 Pancaran sinar pada jam 13:30-15:00	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karya Ilmiah Sebelumnya.....	6
Tabel 3. 1 Parameter elektrikal panel surya JAM72D30	24
Tabel 3. 2 Tabel tinggi <i>frame</i>	28
Tabel 3. 3 Tabel faktor dan level	29
Tabel 3. 4 Alat ukur	33
Tabel 3. 5 Langkah pengujian eksperimental tanpa beban	34
Tabel 3. 6 Langkah pengujian reflektor	41
Tabel 4. 1 Data Voc pengujian 1.....	44
Tabel 4. 2 Data Isc pengujian 1.....	44
Tabel 4. 3 Data Vmp pengujian 1	45
Tabel 4. 4 Data Imp pengujian 1	45
Tabel 4. 5 Data efisiensi pengujian 1	46
Tabel 4. 6 Data Voc pengujian 2.....	47
Tabel 4. 7 Data Isc pengujian 2.....	47
Tabel 4. 8 Data Vmp pengujian 2	48
Tabel 4. 9 Data Imp pengujian 2.....	48
Tabel 4. 10 Data efisiensi pengujian 2	49
Tabel 4. 11 Data Voc pengujian 3.....	50
Tabel 4. 12 Data Isc pengujian 3.....	50
Tabel 4. 13 Data Vmp pengujian 3	51
Tabel 4. 14 Data Imp pengujian 3.....	51
Tabel 4. 15 Data efisiensi pengujian 3	52
Tabel 4. 16 Data Voc pengujian 4.....	53
Tabel 4. 17 Data Isc pengujian 4.....	53
Tabel 4. 18 Data Vmp pengujian 4	54
Tabel 4. 19 Data Imp pengujian 4.....	54
Tabel 4. 20 Data efisiensi pengujian 4	55
Tabel 4. 21 Data Voc pengujian 5.....	56
Tabel 4. 22 Data Isc pengujian 5.....	56
Tabel 4. 23 Data Vmp pengujian 5	57
Tabel 4. 24 Data Imp pengujian 5.....	57
Tabel 4. 25 Data efisiensi pengujian 5	58
Tabel 4. 26 Data hasil pengujian PVSyst.....	59
Tabel 4. 27 Pengolahan data hasil pengujian eksperimental.....	64

Tabel 4. 28 <i>Model summary</i> hasil pengolahan pengujian eksperimental	65
Tabel 4. 29 Koefisien dari kurva regresi data pengujian eksperimental	65
Tabel 4. 30 Pengolahan data hasil pengujian <i>PVSyst</i>	67
Tabel 4. 31 <i>Model Summary</i> dari kurva regresi data pengujian <i>PVSyst</i>	67
Tabel 4. 32 <i>Coefficient</i> dari data hasil pengolahan pengujian <i>PVSyst</i>	68
Tabel 4. 33 Data pengujian menggunakan reflektor	71
Tabel 4. 34 Pengolahan data efisiensi	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Curriculum Vitae</i> hal 1	80
Lampiran 2 <i>Curriculum Vitae</i> hal 2	81
Lampiran 3 Spesifikasi panel surya yang akan digunakan	82

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Energi matahari merupakan sumber daya alam yang memegang peranan penting untuk masa depan dikarenakan terus berkurangnya bahan bakar fosil. Energi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Indonesia secara global terletak di garis ekuator dimana sinar matahari dapat diperoleh sepanjang tahun Sehingga sangat berpotensi untuk pemasangan panel surya. Salah satu upaya untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya maka pada perancangan sistem ialah pengaturan sudut kemiringan panel yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi [1]. Sudut yang mempengaruhi pemasangan panel surya pada instalasi ada dua macam yaitu sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horizontal (*slope*) dan sudut yang diukur searah dengan acuan arah selatan (*azimut*) . Permasalahan utama dari panel surya yaitu daya yang dihasilkan oleh panel surya masih bersifat fluktuatif karena masih tergantung pada besar kecilnya tingkat intensitas cahaya matahari. Berawal dari permasalahan tersebut peneliti akan melakukan penelitian terkait hubungan kemiringan panel surya terhadap nilai intensitas cahaya matahari. Sehingga akan diperoleh titik maksimal intensitas cahaya matahari berdasarkan kemiringan panel surya [1].

Penelitian sudut kemiringan panel surya ini dilakukan pada proyek berjudul “*Greenhouse Hybrid Bifacial Photovoltaic thermal (B-PVT)*” yang dilakukan oleh kelompok riset teknologi energi listrik dan mekanik BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional). Panel surya yang digunakan pada sistem *greenhouse* ini ialah panel surya bifasial yang dapat menyerap energi cahaya matahari dari sisi depan dan belakangnya. Dalam sistem *greenhouse* ini, udara akan dialirkan pada permukaan panel surya bifasial sehingga menghasilkan energi listrik dan udara panas yang akan membantu kinerja pengeringan hasil panen serta memenuhi kebutuhan listrik secara mandiri (*off grid*). Dua buah panel surya bifasial akan digunakan pada *greenhouse* yang masing-masing memiliki daya maksimal

sebesar 550 Watt dan memiliki dimensi $2287 \times 1135 \times 30$ mm. Beberapa faktor yang mempengaruhi daya *output* dan efisiensi panel surya pada *greenhouse* ini meliputi posisi matahari beserta intensitasnya, keadaan atmosfer atau musim, sudut kemiringan panel surya, kecepatan angin, dan kelembapan lingkungan. Kelembapan lingkungan dan kecepatan angin diabaikan pada pengujian yang dilakukan dikarenakan faktor-faktor tersebut memiliki dampak yang relatif kecil terhadap kinerja panel surya [2]. Pada pengujian panel surya yang dilakukan, data yang diambil ialah tegangan, arus, intensitas radiasi matahari, dan temperature panel surya. Sudut kemiringan pada panel surya *greenhouse* berpengaruh terhadap daya *output*, efisiensi, dan pengeringan hasil panen. Namun untuk saat ini, pemanfaatan *output* dari panel surya pada *greenhouse* tersebut masih belum dilakukan karena diperlukannya sebuah studi atau kajian melalui pengujian pada panel surya itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukannya penelitian untuk mengetahui sudut optimum pemasangan panel surya tersebut sehingga menghasilkan efisiensi konversi energi yang optimal.

Hingga kini, penelitian mengenai penggunaan panel surya bifasial di Indonesia masih merupakan bidang yang relatif baru. Hal ini disebabkan oleh minimnya implementasi PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang memanfaatkan teknologi panel surya bifasial. Penelitian terdahulu terkait optimasi sudut pemasangan panel surya yang telah dilakukan hanya melakukan pengujian dengan kenaikan sudut kemiringan panel sebesar 10° sehingga sudut kemiringan yang menghasilkan *output* terbesar tidak presisi [3]. Hingga saat ini juga, penelitian mengenai teknologi panel surya bifasial di Jawa Barat baru dilakukan di Kota Sukabumi, belum ada penelitian di Kota Bandung [4]. Oleh karena itu, akan dilakukannya penelitian dan kajian mengenai pengaruh sudut kemiringan panel surya bifasial terhadap daya *output* dan efisiensi konversi energi. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian sudut kemiringan panel surya 7° , 9° , 11° , 13° , dan 15° atau dengan kenaikan sudut 2° . Alasan dari dipilihnya variabel sudut tersebut ialah dikarenakan sudut kemiringan optimum panel surya pada beberapa penelitian terdahulu ialah bernilai antara 7° hingga 15° [4]. Kenaikan sudut sebesar 2° pun dipilih untuk mendapatkan nilai yang lebih presisi dari sudut kemiringan optimum panel surya bifasial. Penggunaan reflektor untuk

meningkatkan efisiensi bagian belakang panel surya bifasial akan dikaji dalam pengerjaan tugas akhir ini. Reflektor yang akan diuji ialah cermin datar dan alumunium foil dikarenakan pada penelitian sebelumnya, reflektor yang dapat meningkatkan efisiensi panel surya terbesar ialah cermin datar dan alumunium foil [5]. Beberapa penelitian terdahulu masih tidak dapat dijadikan acuan dalam pemasangan panel surya bifasial di Jawa Barat khususnya di Kota Bandung. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di daerah tropis dan mempunyai wilayah yang berlokasi tersebar di berbagai garis lintang yang berbeda, yaitu sebagian di wilayah utara dan sebagian wilayah di selatan garis khatulistiwa.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka dibuatlah penelitian tugas akhir dengan judul Kajian Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya Bifasial Terhadap Efisiensi Konversi Energi.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini ialah sebagai berikut :

1. Berapakah sudut kemiringan optimum panel surya bifasial agar menghasilkan efisiensi konversi energi terbesar?
2. Berapa nilai efisiensi panel surya dalam keadaan kemiringan sudut optimum?
3. Reflektor apa yang dapat meningkatkan nilai efisiensi panel surya terbesar?

I.3 Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini, cakupan materi yang dikerjakan ialah penentuan sudut kemiringan optimum panel surya bifasial agar mendapat efisiensi konversi energi yang optimal melalui beberapa perhitungan matematis. Penelitian tugas akhir ini merupakan bagian dari sebuah proyek yang sedang dilakukan oleh BRIN, berikut adalah beberapa tetapan rancangan yang telah ditentukan oleh BRIN, antara lain :

1. Panel surya yang digunakan ialah panel surya JAM72D30 bifasial *monocrystalline* dengan sistem *off-grid* (tidak tersambung dengan PLN).
2. Sistem panel surya tidak mempunyai baterai dan inverter sehingga output dari panel surya tersebut masih belum dapat dimanfaatkan.

3. Sudut kemiringan panel surya yang diuji ialah 7° , 9° , 11° , 13° , dan 15° .
4. Pengujian eksperimental dilakukan di musim penghujan yaitu pada bulan Oktober – Desember.
5. Pengujian metode simulasi menggunakan *PVSyst*.
6. Pengujian panel surya secara eksperimental hanya dilakukan di Masjid Jami Al-Mukhtar, Kota Bandung, Jawa Barat.
7. Kondisi lingkungan seperti kelembapan dan kecepatan angin diabaikan.
8. Reflektor yang digunakan hanya seng dan cermin

Adapun beberapa batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Waktu pengujian metode eksperimental panel surya ialah pada jam 09:00-15:00 dengan rentang waktu 30 menit sekali dan waktu pengambilan data selama 10 menit untuk mengatur seluruh sudut kemiringan panel surya yang diuji.
2. Variabel terikat dari penelitian tugas akhir ini ialah sudut kemiringan panel surya ($7-15^{\circ}$) dan waktu pengujian (09:00 – 15:00 WIB)
3. Variabel bebas dari penelitian tugas akhir ini ialah intensitas radiasi matahari, temperatur panel, dan *output* panel surya (V_{oc} , I_{sc} , V_{mp} , dan I_{mp})
4. Sudut kemiringan optimum panel surya hanya berlaku untuk bulan November yang termasuk ke dalam musim penghujan.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Berikut adalah beberapa tujuan dan manfaat dari penelitian tugas akhir ini, antara lain :

1. Menentukan sudut kemiringan panel surya bifasial dalam sistem *greenhouse bifacial photovoltaic thermal* (B-PVT) agar dapat menghasilkan efisiensi konversi energi yang optimal.
2. Mencapai penguasaan teknologi energi terbarukan berupa pemanfaatan intensitas cahaya matahari menggunakan panel surya
3. Membuat studi yang mendasari pemasangan sudut optimum panel surya bifasial di Jawa Barat khususnya Kota Bandung.

I.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN merupakan bab pertama yang membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, ruang lingkup, batasan masalah, dan sistematika penulisan dari proposal tugas akhir yang dibuat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA membahas mengenai karya ilmiah sejenis yang sudah ada sebelumnya dan dasar teori penunjang.

Bab III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH membahas tentang prosedur, metode, alat yang digunakan, data yang dibutuhkan, proses yang dilakukan, serta diagram alir.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN membahas tentang sudut kemiringan optimum hasil pengolahan data dari pengujian pada penelitian tugas akhir.

Bab V PENUTUP membahas kesimpulan dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan beserta dengan saran agar penelitian selanjutnya dapat dilakukan secara optimal.