



Buku Tugas Akhir

Peningkatan Efisiensi Panel Surya *Monocrystalline* dengan Reflektor dan Metode *Water Treatments*

Mathilda Laurensia

2017630013

Pembimbing:

Levin Halim, S.T., M.T.

Diajukan untuk memenuhi salah satu
syarat mendapatkan gelar Sarjana
Teknik

Februari 2022



PROGRAM STUDI SARJANA
TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI MEKATRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung 40141, INDONESIA.
mekatronika@unpar.ac.id
<http://mekatronika.unpar.ac.id>

Lembar Persetujuan Selesai



Tugas Akhir berjudul:

Peningkatan Efisiensi Panel Surya *Monocrystalline* dengan Reflektor dan Metode *Water Treatments*

oleh:

Mathilda Laurensia

NPM : 2017630013

ini telah diujikan pada Sidang Tugas Akhir 2 (IME 184500) di Program Studi Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan serta dinyatakan SELESAI.

TANDA PERSETUJUAN SELESAI,

Bandung, Februari 2022

Ketua Program Studi Sarjana
Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ali Sadiyoko'.

Dr. Ali Sadiyoko, S.T., M.T

Pembimbing Tunggal,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Levin Halim'.

Levin Halim, S.T., M.T.

**PERNYATAAN TIDAK MENCONTEK ATAU
MELAKUKAN TINDAKAN PLAGIAT**

Saya yang bertandatangan dibawah ini,

MATHILDA LAURENSIA

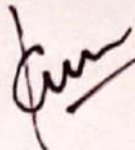
Dengan ini menyatakan bahwa Buku Tugas Akhir dengan judul:

**'PENINGKATAN EFISIENSI PANEL SURYA *MONOCRYSTALLINE* DENGAN
REFLEKTOR DAN METODE *WATER TREATMENTS*'**

adalah hasil pekerjaan Saya. Seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini Saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka Saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada Saya.

Bandung, 14 Februari 2022



Mathilda Laurensia

NPM: 2017630013

Abstrak

Energi terbarukan dihasilkan dengan memanfaatkan sumber energi dari alam yang akan habis jika digunakan secara terus-menerus. Energi matahari merupakan salah satu dari banyak jenis energi terbarukan. Untuk menyerap energi matahari dan diubah menjadi energi listrik, dibutuhkan alat bernama panel surya. Panel surya memiliki beberapa kelemahan, yaitu semakin tinggi temperatur dari panel surya, maka semakin rendah nilai dari efisiensi panel surya dan kaca bagian atas panel surya memantulkan cahaya matahari yang menyebabkan cahaya matahari tidak terserap dengan sempurna oleh panel surya. Pada penelitian ini, dibuat sistem untuk mendinginkan panel surya dan reflektor untuk memantulkan kembali sinar yang telah dipantulkan oleh kaca panel pada panel surya tipe *monocrystalline* dengan ukuran $700\text{mm} \times 510\text{mm} \times 30\text{mm}$ dengan metode pendinginan *water treatments* dan reflektor *aluminium foil*. Efisiensi panel surya *monocrystalline* diukur sebelum dan sesudah metode *water treatments* dan reflektor diaplikasikan pada panel surya tersebut. Sebelum metode pendinginan dan reflektor diaplikasikan, efisiensi dari panel surya tipe *monocrystalline* adalah 14%. *Cooling rate model* dibutuhkan untuk mengetahui durasi pendinginan panel surya. Rata-rata temperatur dan radiasi matahari yang didapat ketika melakukan pengukuran pada tanggal 11 Oktober hingga 17 Oktober 2021 dengan menggunakan reflektor adalah $61.3\text{ }^\circ\text{C}$ dan 871.10 W/m^2 . Debit air pompa yang digunakan adalah 0.29 liter/detik, sehingga durasi pendinginan yang dibutuhkan oleh panel surya adalah 40.64 detik.

Abstract

Renewable energy is produced by utilizing energy sources from nature which will run out if used continuously. Solar energy is one of many types of renewable energy. To absorb solar energy and convert it into electrical energy, a device called a solar panel is needed. Solar panels have several weaknesses, namely the higher the temperature of the solar panels, the lower the value of the efficiency of the solar panels and the glass on the top of the solar panels reflects sunlight which causes sunlight not to be absorbed perfectly by the solar panels. In this research, a system is made to cool solar panels and reflectors to reflect back the light that has been reflected by the glass panels on a *monocrystalline* solar panel with a size of 700mm \times 510m meter \times 30mm with *water treatments* cooling method and *aluminum foil* reflector. The efficiency of the *monocrystalline* solar panel was measured before and after the *water treatments* method and the reflector was applied to the solar panel. Without any treatment was applied, the efficiency of the *monocrystalline* solar panel was 14%. *Cooling rate model* is needed to know the cooling duration of solar panels. The average temperature and solar radiation obtained when taking measurements from October 11 to October 17, 2021 using a reflector are 61.3 °C and 871.10 W/m². The pump water discharge used is 0.29 liters/second, so the cooling duration required by the solar panels is 40.64 seconds.

Kata Pengantar

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena dengan berkat & rahmatNya penyusunan Buku Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Proposal Tugas Akhir yang berjudul "Peningkatan Efisiensi Panel Surya *monocrystalline* dengan Reflektor dan Metode *Water Treatments*" disusun, sebagai syarat untuk mengikuti Sidang Proposal pada mata kuliah Tugas Akhir II (IME 184500-04) pada Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan. Buku Tugas Akhir ini disusun secara baik atas bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar dalam penulisan proposal. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak Levin Halim, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir di Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan.
2. Kedua Orang Tua, Jusuf & Nita yang telah memberikan dukungan berupa moral, dana, tempat tinggal, makanan yang tak terbatas. Terima kasih atas semua kasih sayang, perhatian & dorongan kepada penulis.
3. Tim Doa PDPKK St. Bonaventura yang memberikan dukungan & *support* doa dari awal perkuliahan hingga saat ini.
4. Alicia Virgia Gustin dan Christopher Michel Kristanto sebagai sahabat yang membantu sebagai pemeriksa kesalahan minor yang dilakukan oleh penulis, membantu dalam proses perancangan sistem & selalu mendorong penulis untuk segera menyelesaikan Buku Tugas Akhir ini.
5. Farhan Trirama Nugraha dan Alma Sucianti Adam yang memberikan semangat dan keceriaan kepada penulis dalam proses penulisan Tugas Akhir dari awal hingga akhir.
6. Seluruh teman-teman teknik mekatronika angkatan 2017 yang telah menjadi teman belajar selama 4.5 tahun di Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari keterbatasan & kekurangan dalam penulisan baik dari susunan kalimat & tata bahasa. Oleh sebab itu, penulis menerima segala bentuk kritik & saran secara terbuka agar penulis dapat memperbaiki penulisan laporan & sebagai

pembelajaran bagi penulis. Besar harapan penulis, agar Buku Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang berguna bagi perkembangan Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika Universitas Katolik Parahyangan pada khususnya serta khazanah keilmuan Teknik Mekatronika pada umumnya.

Daftar Isi

Abstrak	ix
Abstract	xi
Kata Pengantar	xiii
Daftar Isi	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Gambar	xix
Daftar Simbol dan Variabel	xxi
1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.	3
1.3 Batasan Masalah dan Asumsi	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir	4
1.6 Metodologi Tugas Akhir	4
1.7 Sistematika Penulisan	5
2 Tinjauan Pustaka	7
2.1 Tipe Panel Surya	7
2.2 Panel Surya	8
2.3 Model Elektrik Panel Surya	11
2.4 <i>Fill Factor</i> , Efisiensi, dan Energi Panel Surya	13
2.5 <i>Cooling Rate Model</i>	17
2.6 Reflektor	18

2.7	Halogen	19
2.8	Alat Ukur yang Digunakan	21
3	Perancangan Sistem	23
3.1	Metodologi	23
3.2	Panel Surya	25
3.3	<i>Fill Factor</i> dan Efisiensi	26
3.4	Data Temperatur dan Radiasi Matahari Tanpa Reflektor	27
3.5	Perhitungan <i>Cooling Rate Model</i>	29
3.6	Komponen Sistem dan Spesifikasi Pendinginan	32
3.7	Desain 3D Perancangan Reflektor dan <i>Water Treatments</i>	35
3.8	Reflektor	38
4	Analisis Sistem	41
4.1	Hasil Rancangan Sistem Pendingin Panel Surya dengan Reflektor	41
4.2	Metode Pengambilan Data	43
4.3	Data Temperatur dan Radiasi Matahari Dengan Reflektor	45
4.4	Hasil Pengukuran Tanpa Reflektor dan Sistem Pendingin	48
4.5	Hasil Pengukuran dengan Panel Surya Tanpa Reflektor Diletakkan di Atas Bak Air	52
4.6	Hasil Pengukuran dengan Metode Permukaan Atas Panel Surya Tanpa Reflektor Dialirkan Air	56
4.7	Hasil Pengukuran Tanpa Sistem Pendingin dengan Reflektor	59
4.8	Hasil Pengukuran dengan Panel Surya dengan Reflektor Diletakkan di Atas Bak Air	64
4.9	Hasil Pengukuran dengan Metode Permukaan Atas Panel Surya dengan Reflektor Dialirkan Air	68
4.10	Perbandingan Data Efisiensi Dengan dan Tanpa menggunakan Reflektor dan Sistem Pendingin <i>Water Treatments</i>	71
4.10.1	Daya Panel Surya Sebelum dan Sesudah Proses Pendinginan di Cikarang, Cibatu	73
4.10.2	Daya Penggunaan Pompa	74
5	Simpulan dan Saran	75
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	76
	Daftar Pustaka	77
	Lampiran A Tabel Data Radiasi	81
A.1	Data Radiasi Tanpa Reflektor	82
A.2	Data Radiasi Dengan Reflektor	86

Daftar Tabel

2.1	Tabel Rangkuman Rancangan Simulator Lampu Halogen	20
3.1	Spesifikasi Panel Surya <i>Monocrystalline</i> Tipe SP-50-M36 [1]	26
3.2	Data <i>Cooling Rate Model</i>	30
4.1	Resistor yang Digunakan Dalam Proses Pengukuran	44
4.2	Data <i>Output</i> Panel Surya Tanpa Reflektor dan Pendingin	51
4.3	Data <i>Output</i> Panel Surya Tanpa Reflektor Diletakkan di Dalam Bak Air	55
4.4	Data <i>Output</i> Metode Permukaan Panel Surya Tanpa Reflektor Dialiri Air	59
4.5	Data <i>Output</i> Panel Surya Tanpa Pendingin	63
4.6	Data <i>Output</i> Panel Surya Metode Panel Diletakkan Di Dalam Bak Air	67
4.7	Data Output Panel Surya Metode Permukaan Panel Dialirkan Air .	71
4.8	Data Perbandingan Keluaran Panel Surya Tanpa Reflektor dan Dengan Reflektor Menggunakan Tiga Metode Pendinginan	72
4.9	Data Temperatur dan Radiasi Matahari Sebelum dan Sesudah Proses Pendinginan	73
A.1	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Tanpa Reflektor Tanggal 29 & 30 September 2021	82
A.2	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Tanpa Reflektor Tanggal 1 & 2 Oktober 2021	83
A.3	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Tanpa Reflektor Tanggal 3 & 4 Oktober 2021	84
A.4	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Tanpa Reflektor Tanggal 5 Oktober 2021	85
A.5	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Dengan Reflektor Tanggal 11 & 12 Oktober 2021	86
A.6	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Dengan Reflektor Tanggal 13 & 14 Oktober 2021	87
A.7	Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Dengan Reflektor Tanggal 15 & 16 Oktober 2021	88

A.8 Data Radiasi Matahari, Temperatur Panel Surya, dan Temperatur <i>Ambiance</i> Dengan Reflektor Tanggal 17 Oktober 2021	89
---	----

Daftar Gambar

2.1	<i>Terminal Box</i> pada Bagian Belakang Panel Surya	8
2.2	Pengaruh Temperatur pada Arus dan Tegangan [2]	9
2.3	Grafik Arus terhadap Tegangan [2]	10
2.4	Grafik Efisiensi Berdasarkan Jenis-Jenis Sel Surya [3]	11
2.5	Model Elektrik Panel Surya	11
2.6	<i>Fill Factor</i> pada Grafik Arus terhadap Tegangan [2]	13
2.7	Karakteristik <i>Output</i> I-V pada Panel Surya terhadap Perubahan Temperatur [4]	14
2.8	Grafik Relasi V_{oc} dan I_{sc} terhadap Temperatur [5]	15
2.9	Persentasi <i>Fill Factor</i> dan Efisiensi Rata-Rata dari Berbagai Tipe Panel Surya [6]	16
2.10	Desain Panel Surya dengan Reflektor [7]	19
2.11	<i>Solar Power Meter</i> SM-206	21
2.12	Digital Multimeter KW06-272	22
3.1	Diagram Alir Metodologi Penelitian	23
3.2	Panel Surya <i>Monocrystalline</i> Tipe SP-50-M36	25
3.3	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 29 & 30 September 2021	27
3.4	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 1 & 2 Oktober 2021	28
3.5	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 3, 4, & 5 Oktober 2021	28
3.6	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor	29
3.7	Waktu Pendinginan terhadap Debit Air	32
3.8	Lampu Halogen 50 W	33
3.9	Thermistor NCT 10k	33
3.10	Sensor Tegangan dan Sensor Arus DC	33
3.11	Pompa Air 12V DC	34
3.12	Baterai 12V	34
3.13	Tampak Depan Sistem Pendingin dengan Reflektor	35
3.14	Tampak Kanan Sistem Pendingin dan Reflektor	36
3.15	Tampak Atas Sistem Pendingin dengan Reflektor	37
3.16	Hasil Keseluruhan Sistem Pendingin dengan Reflektor	38

3.17	Arah Pantul Reflektor ke Panel Surya	39
4.1	Sistem Pendinginan Panel Surya dengan Reflektor	41
4.2	Posisi Sensor Thermistor pada Bagian Belakang Panel Surya	42
4.3	Metode Pengukuran Arus, Tegangan V_{oc} , dan Arus I_{sc} Panel Surya .	44
4.4	Skematik Sistem Pendingin Panel Surya dan Peletakan Sensor [8] . .	45
4.5	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 11 & 12 Oktober 2021	46
4.6	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 13 & 14 Oktober 2021	46
4.7	Grafik Radiasi Matahari Tanpa Reflektor Tanggal 15, 16, & 17 Oktober 2021	47
4.8	Grafik Radiasi Matahari Dengan Reflektor	47
4.9	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Tanpa Reflektor Tanpa Pendingin	48
4.10	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Tanpa Pendingin (Tanpa Reflektor)	49
4.11	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Tanpa Pendingin (Tanpa Reflektor)	50
4.12	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Metode Pendinginan Panel Surya Tanpa Reflektor Diletakkan Di Atas Bak Air	52
4.13	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Diletakkan Pada Bak Air (Tanpa Reflektor)	54
4.14	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Diletakkan Pada Bak Air (Tanpa Reflektor)	54
4.15	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Metode Pendinginan Permukaan Panel Surya Tanpa Reflektor Dialirkan Air	56
4.16	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Dialirkan air (Tanpa Reflektor)	57
4.17	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Dialirkan air (Tanpa Reflektor)	58
4.18	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Dengan Reflektor Tanpa Pendingin	60
4.19	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Tanpa Pendingin (Dengan Reflektor)	61
4.20	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Tanpa Pendingin (Dengan Reflektor)	62
4.21	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Metode Pendinginan Panel Surya Bereflektor Diletakkan Di Atas Bak Air	64
4.22	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Diletakkan Pada Bak Air (Dengan Reflektor)	65
4.23	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Diletakkan Pada Bak Air (Dengan Reflektor)	66
4.24	Diagram Alir Pengukuran Panel Surya Metode Pendinginan Permukaan Panel Surya Bereflektor Dialirkan Air	68
4.25	Grafik V_{oc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Dialirkan air (Dengan Reflektor)	69
4.26	Grafik I_{sc} Terhadap Temperatur Pada Metode Panel Surya Dialirkan Air (Dengan Reflektor)	70

Daftar Simbol dan Variabel

$\%$	Persen
$^{\circ}$	Derajat
I_{pv}	Arus keluar sel surya
I_{ph}	Arus yang muncul karena foton menghantam silikon
I_d	Arus yang melewati dioda
I_{sh}	Arus yang melewati hambatan <i>shunt</i>
I_s	Arus saturasi dioda
q	Muatan dioda
V_{ph}	Tegangan sel surya
R_s	Hambatan pada sel surya
m	Faktor ideal dioda
K	Konstanta Boltzmann
T	Temperatur silikon
V_{dioda}	Kerapatan elektron pada keadaan dasar
V_{mp}	Tegangan yang dicapai ketika daya maksimal
I_{mp}	Arus yang dicapai ketika daya maksimal
V_{oc}	Tegangan maksimal panel surya ketika <i>open circuit</i>
I_{sc}	Arus maksimal panel surya ketika <i>short circuit</i>
SI	Radiasi matahari
A	Luas permukaan panel surya
q_{in}	Kalor yang diterima air dari panel surya
q_{out}	Kalor yang dilepas oleh panel surya
m_{water}	Laju alir massa air
C_{water}	Kapasitas kalor air
ΔT_{water}	Perbedaan temperatur
t	Waktu pendinginan panel surya
m_{glass}	Massa kaca panel surya
C_{glass}	Kapasitas kalor gelas
ΔT_{glass}	Perbedaan temperatur panel surya
ρ_{water}	Laju alir massa air
Q_{water}	Debit air
ρ_{glass}	Massa jenis kaca panel surya
A_{glass}	Luas permukaan kaca panel surya
X_{glass}	Ketebalan kaca panel surya

Bab 1

Pendahuluan

Bab ini berisikan penjelasan mengenai permasalahan yang akan dibahas pada Laporan Tugas Akhir ini. Penjelasan permasalahan akan dijabarkan ke dalam beberapa sub-bab, yaitu latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan Tugas Akhir, manfaat Tugas Akhir, dan metodologi Tugas Akhir.

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi terbarukan dihasilkan dengan memanfaatkan sumber energi dari alam dan akan habis dalam jangka waktu yang sangat lama. Keuntungan dari menggunakan energi terbarukan antara lain adalah energi ramah lingkungan, berkelanjutan dan dapat ditemukan dimana-mana [9]. Saat ini, energi fosil masih banyak digunakan di industri karena harganya yang murah dan dapat digunakan setiap saat. Akibat energi fosil yang saat ini menjadi energi utama pada dunia perindustrian saat ini berkurang dan membutuhkan waktu yang lama untuk terbentuk kembali, energi terbarukan digunakan [2]. Selain itu, energi terbarukan juga dipilih karena penggunaan energi fosil secara berlebihan mengakibatkan dampak buruk kepada lingkungan berupa pemanasan global. Jenis-jenis dari energi terbarukan antara lain adalah energi matahari, energi angin, dan energi tenaga air [9].

Energi matahari merupakan energi yang berasal dari cahaya matahari dan jumlahnya berlimpah di bumi [9]. Agar energi matahari dapat dimanfaatkan, diperlukan suatu alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya merupakan alat yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik, namun panel surya memiliki kekurangan, yaitu efisiensi dari panel surya relatif kecil. Pada umumnya, efisiensi yang dimiliki oleh panel surya tipe *monocrystalline* 16-18% [10]. Setiap terjadi peningkatan temperatur pada panel surya, efisiensi dari panel surya berkurang sebanyak 0,38% [11].

Terdapat beberapa faktor yang dapat memengaruhi turunnya daya keluaran dari panel surya, antara lain adalah panel surya tertutup debu dan bayangan, pantulan cahaya, orientasi, cuaca, dan temperatur dari panel surya [12]. Terdapat dua parameter temperatur yang dapat menyebabkan turunnya efisiensi panel surya, yaitu temperatur pada panel surya dan temperatur lingkungan di sekitar panel surya [12]. Cahaya matahari juga dapat memantul akibat permukaan panel surya yang dilapisi oleh kaca dan menyebabkan cahaya matahari tidak terserap dengan sempurna oleh panel surya.

Berdasarkan [13], pendinginan panel surya dengan menggunakan metode *water treatments* merupakan sistem yang baik, jika proses pendinginan dilakukan dengan sistem ON-OFF, dimana pompa menyala ketika panel surya mencapai temperatur maksimum karena dengan dilakukannya proses tersebut, maka daya yang digunakan oleh pompa dapat diminimalisasi. Selain itu, [14] menyatakan bahwa, dengan menggunakan metode *water treatments*, tingkat efisiensi dari panel surya dapat meningkat hingga 47%. Namun, radiasi yang dihasilkan oleh matahari turut mempengaruhi hasil dari efisiensi tersebut. Semakin besar nilai radiasi yang dihasilkan oleh matahari, maka permukaan panel surya dapat bekerja dengan optimal. Dengan menggunakan reflektor pada bagian kiri dan kanan dari panel surya, penelitian [15] menyatakan bahwa dengan penggunaan reflektor cermin dapat meningkatkan efisiensi sebesar 24%. Selain itu, reflektor cermin digunakan untuk meningkatkan efisiensi dengan biaya seminimal mungkin.

Penelitian dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi ini menggunakan metode pendinginan *water treatments* dan reflektor secara bersamaan agar dapat meningkatkan efisiensi panel surya secara maksimal dimana pada penelitian-penelitian yang disebutkan di atas, metode pendinginan dan penggunaan reflektor pada panel surya diaplikasikan secara terpisah. Selain itu, sistem *water treatments* digunakan pada penelitian ini dengan memperhitungkan konsumsi daya yang digunakan oleh pompa agar daya yang digunakan pompa tidak lebih besar. Kedua sistem ini digunakan karena dengan digunakannya reflektor dan metode *water treatments*, maka efisiensi dari panel surya dapat ditingkatkan karena dua faktor yang dapat menyebabkan efisiensi panel surya menurun dapat diatasi dengan kedua hal tersebut.

Pada penelitian ini, temperatur dan pantulan cahaya merupakan parameter utama yang dipertimbangkan memiliki pengaruh terhadap efisiensi panel surya. Untuk meningkatkan efisiensi panel surya yang turun akibat pantulan cahaya dan temperatur, maka cahaya yang memantul dari panel surya di refleksikan menggunakan reflektor yang terbuat dari bahan *aluminium foil* [16]. Ketika cahaya yang dipantulkan oleh reflektor diserap oleh panel surya, maka temperatur panel surya akan meningkat seperti diketahui pada [12]. Untuk meminimalkan efek temperatur pada panel surya, maka digunakan metode *water treatments* untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya. *Water treatments* merupakan metode pendinginan panel surya dengan menggunakan air yang dialirkan di atas panel surya dengan menggunakan pompa dan panel surya diletakkan di atas sebuah bak berisi air.

Panel surya yang digunakan pada penelitian yang dilakukan di Lippo Cikarang ($6^{\circ}19'51.5''\text{S}$ $107^{\circ}07'52.8''\text{E}$) adalah panel surya *monocrystalline* dengan ukuran $700\text{mm} \times 510\text{mm} \times 30\text{mm}$. Penelitian ini merupakan penelitian pertama dengan sistem *water treatments* dan reflektor *aluminium foil*. Untuk mengetahui waktu mengalirkan air ke atas panel surya dan durasinya, maka temperatur panel surya, radiasi matahari, dan *cooling rate model* dibutuhkan. Pemodelan *cooling rate* dilakukan untuk menentukan debit air yang dikeluarkan oleh pompa dan durasi pendinginan panel surya, sehingga pompa air yang tepat dapat dipilih untuk meminimalisasi penggunaan listrik. Gambar 3D dibuat dengan memanfaatkan perangkat lunak SolidWorks yang meliputi komponen-komponen sistem seperti bak air, pompa, dan panel surya. Gambar 3D tersebut dibuat untuk memudahkan instalasi sistem pendinginan panel surya yang dibahas pada penelitian ini [8].

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.

Pada latar belakang dijelaskan bahwa, kekurangan dari panel surya adalah memantulkan cahaya dan menurunnya efisiensi ketika peningkatan temperatur terjadi. Oleh karena itu, perumusan masalah yang digunakan adalah :

1. Bagaimana cara untuk merancang sistem yang dapat memantulkan cahaya dari sistem menuju panel surya?
2. Bagaimana cara untuk merancang sistem yang dapat mendinginkan panel surya secara aktif ketika peningkatan temperatur terjadi ?
3. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi ketika peningkatan temperatur terjadi ?
4. Bagaimana cara meningkatkan efisiensi dengan menggunakan pantulan cahaya ?

1.3 Batasan Masalah dan Asumsi

Pada penelitian panel surya dengan menggunakan reflektor dan metode *water treatments*, diperlukan batasan masalah, antara lain:

1. Panel surya yang ditinjau memiliki *fixed panel*.
2. Pergerakan matahari pada perangkat simulator matahari dengan lampu halogen tidak ditinjau.
3. Panel surya yang telah diinstalasi memiliki sudut kemiringan terhadap sumbu horizontal yaitu 10°

Dalam Buku Tugas Akhir ini diasumsikan :

1. Panel surya yang digunakan dalam penelitian adalah panel surya tipe *monocrystalline*.

2. *Aluminium foil* merupakan reflektor cahaya yang digunakan pada penelitian.
3. Temperatur dan pantulan cahaya merupakan parameter utama yang dipertimbangkan dapat berpengaruh terhadap efisiensi dari panel surya.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk meneliti mengenai :

1. Merancang sistem pada panel surya untuk meningkatkan penyerapan sinar matahari
2. Merancang sistem pendingin menggunakan *water treatments* untuk panel surya jenis *monocrystalline* untuk meningkatkan efisiensi dari panel surya.
3. Mengetahui perbedaan pada temperatur panel surya sebelum dan sesudah sistem pendingin menggunakan *water treatments* dilakukan.
4. Mengetahui perbedaan jumlah sinar matahari yang diserap panel surya sebelum dan sesudah pemasangan reflektor
5. Mengetahui perbedaan efisiensi panel surya sebelum dan sesudah sistem pendinginan *water treatments* dan reflektor diaplikasikan.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah dimana masyarakat dapat mengetahui hasil peningkatan efisiensi dari hasil pemasangan reflektor pada panel surya tipe *monocrystalline* dan hasil peningkatan efisiensi dari sistem pendingin dengan metode *water treatments* yang telah dirancang ulang untuk panel surya tipe *monocrystalline*.

1.6 Metodologi Tugas Akhir

Metodologi tugas akhir yang dilakukan adalah :

- a. Studi literatur
Sebagai tahap awal, literatur terkait dengan pembangkit listrik tenaga surya yang berasal dari buku dan jurnal dipelajari.
- b. Menentukan panel surya
Menentukan panel surya yang sesuai dengan penelitian.
- c. Perhitungan menggunakan rumus
Perhitungan dilakukan untuk mengetahui nilai sudut dari kemiringan panel surya, durasi pendinginan panel surya, temperatur maksimum panel surya, radiasi matahari, daya maksimum panel surya, dan efisiensi panel surya.

- d. Merancang gambar 3D pada SolidWorks
Rancangan 3D dibuat di dalam SolidWorks untuk memudahkan instalasi sistem.
- e. Instalasi sistem dan uji coba
Sistem yang dirancang sebelumnya, diinstalasi. Instalasi dilakukan dengan pemasangan reflektor pada bagian kiri dan kanan dari panel surya, dilanjutkan dengan pemasangan bak air pada bagian bawah panel surya. Pada bagian atas panel surya, akan diinstalasi lampu halogen untuk proses pengambilan data. Setelah itu, dilakukan uji coba dan perhitungan dengan metode dengan menggunakan *water treatments* dan reflektor. Dilakukan juga perhitungan terhadap metode tanpa *water treatments* dan tanpa reflektor.

1.7 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini dibagi menjadi 3 bab, yakni sebagai berikut:

1. **Bab 1 Pendahuluan.** Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, identifikasi dan perumusan masalah, batasan masalah dan asumsi, tujuan, manfaat, metodologi, dan sistematika penulisan dalam Buku Tugas Akhir.
2. **Bab 2 Tinjauan Pustaka.** Bab ini berisi teori-teori yang digunakan menentukan panel surya, menghitung efisiensi, menentukan sudut kemiringan dan arah panel surya, menentukan model *cooling rate*, alat ukur yang digunakan saat pengukuran, dan menentukan spesifikasi komponen sistem. Teori-teori tersebut dibutuhkan dalam merancang sistem panel surya di dalam penelitian ini.
3. **Bab 3 Perancangan Sistem.** Bab perancangan sistem berisikan data untuk menentukan *cooling rate* dari permodelan, *fill factor* dari panel surya, efisiensi awal dari panel surya, diagram alir sistem, skematik sistem, rancangan sistem 3D dalam SolidWorks, sistem pendingin dan reflektor yang digunakan.
4. **Bab 4 Hasil Perancangan dan Analisa Peningkatan Efisiensi Panel Surya.** Bab ini berisi tentang hasil rancangan sistem pendingin, analisis data tegangan, arus dan daya. Juga hasil perbandingan efisiensi sebelum dan sesudah penggunaan sistem pendingin dan reflektor.
5. **Bab 5 Kesimpulan dan Saran.** Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

