

**ANALISA PENDINGINAN PERMUKAAN SOLAR CELLS
DENGAN VARIASI MEDIA DAN TEMPERATUR
MENGGUNAKAN WATER SPRAY**

SKRIPSI



Disusun Oleh:

**DEWA MADE RISKY SUMARTA PUTRA
NIM. 2111920**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2022**

**ANALISA PENDINGINAN PERMUKAAN *SOLAR CELLS* DENGAN
VARIASI MEDIA DAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN WATER
*SPRAY***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)
Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh:
DEWA MADE RISKY SUMARTA PUTRA
NIM. 2111920

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2022

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

ANALISA PENDINGINAN PERMUKAAN SOLAR CELLS DENGAN
VARIASI MEDIA DAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN WATER SPRAY



Disusun Oleh:
DEWA MADE RISKY SUMARTA PUTRA
NIM. 2111920

Malang, 30 November 2022

Mengetahui,



Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP.Y. 1030400405

Diperiksa dan Disetujui,
Dosen Pembimbing


Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP.Y. 1018100036



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145

Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama : Dewa Made Risky Sumarta Putra.
NIM : 21.11.920
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin S-1.
Judul Proposal Skripsi : Analisa Pendinginan Permukaan *Solar Cells* Dengan Variasi Media Dan Temperatur Menggunakan *Water Spray*

Dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada:

Hari/Tanggal : Rabu / 30 November 2022

Dengan Nilai : *86,7 (A)*.

Panitia Penguji Skripsi

Ketua

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.

NIP.Y. 1030400405

Sekertaris

Febi Rahmadianto, ST., MT

NIP.Y. 1031500490

Anggota Penguji

Pengaji I

Arif Kurniawan, ST., MT.

NIP.P. 1031500491

Pengaji II

Djoko Hari Praswanto, ST., MT.

NIP.P. 1031800551

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewa Made Risky Sumarta Putra

NIM : 21.11.920

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Menyatakan

Bahwa skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya sendiri bukan hasil karya orang lain, kecuali kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 30 November 2022



Dewa Made Risky Sumarta Putra

NIM. 2111920

LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Dewa Made Risky Sumarta Putra
 NIM : 2111920
 Jurusan : S1 Teknik Mesin
 Judul Skripsi : Analisa Pendinginan Permukaan *Solar Cells* Dengan Variasi Media Dan Temperatur Menggunakan *Water Spray*

Dosen Pembimbing : Ir. Mochtar Asroni, MSME

No.	Materi Bimbingan	Waktu Bimbingan	Paraf Dosen Pembimbing
1	- Diskusi pengajuan judul - Surat keputusan bimbingan	27 September 2022	
2	- Persetujuan judul oleh Koordinator Bidang Ilmu dan Dosen Pembimbing	29 September 2022	
3	- Penyusunan Proposal Skripsi BAB I, II, dan III	30 September 2022	
4	- Perbaikan Proposal Skripsi BAB I, II, dan III	3 Oktober 2022	
5	- Persetujuan Proposal Skripsi BAB I, II, dan III	9 Oktober 2022	
6	- Seminar Proposal Skripsi BAB I, II, dan III	12 Oktober 2022	
7	- Penyusunan Laporan Skripsi BAB IV dan V	1 November 2022	
8	- Perbaikan Laporan Skripsi BAB IV dan V	15 November 2022	
9	- Persetujuan Laporan Skripsi BAB IV dan V	24 November 2022	
10	- Seminar Hasil Laporan Skripsi BAB I, II, III, IV, dan V	30 November 2022	

LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Dewa Made Risky Sumarta Putra

NIM : 2111920

Jurusan : S1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisa Pendinginan Permukaan *Solar Cells* Dengan
Variasi Media Dan Temperatur Menggunakan *Water Spray*

Dosen Pembimbing : Ir. Mochtar Asroni, MSME

Tanggal Mengajukan Skripsi : 15 September 2022

Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 15 Februari 2023

Telah Dievaluasi Dengan Nilai : *90 (A)*

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Mochtar Asroni, MSME

NIP.Y. 1018100036

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala ridho, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi tepat pada waktunya. Dalam penyusunan Laporan Skripsi ini penulis mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Kustamar, MT., selaku Rektor ITN Malang.
2. Ibu Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST.,MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang
4. Bapak Ir. Mochtar Asroni, MSME , selaku dosen pembimbing dan dosen bidang ahli yang tak henti-hentinya memberikan arahan, motivasi, dan dukungan sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Proposal Skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin S-1 ITN Malang, atas semua ilmu yang tak ternilai harganya.
6. Kedua Orang tua, serta keluarga, teman-teman yang senantiasa mendukung penulis lewat doa, perhatian, biaya, dan kasih sayang.
7. Semua teman-teman mahasiswa alih jenjang angkatan 2021 yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan Laporan Proposal Skripsi ini.
8. Sahabat-sahabat yang selalu bersama, terimakasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, semangat motivasi, serta doa hingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini.
9. Desak Gede Sri Mahayani yang selalu setia sebagai support system dalam penggerjaan Laporan Skripsi ini.
10. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Laporan Skripsi yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa membalas semua kebaikan yang telah diberikan.

Penulis menyadari Laporan Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharap kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan Laporan Skripsi yang dibuat.

Malang, 30 November 2022

Penulis

ANALISA PENDINGINAN PERMUKAAN SOLAR CELLS DENGAN VARIASI MEDIA DAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN WATER SPRAY

Dewa Made Risky Sumarta Putra (2111920)
Dosen Pembimbing : Ir. Mochtar Asroni, MSME
Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Email: dewarisky12345@gmail.com

ABSTRAK

Panel surya rata-rata mempunyai efektifitas kerja pada suhu 25 -30°C. Suhu ratarata di Indonesia berkisaran antara 35°C - 37°C. Maka dari itu perlu untuk menjaga efektifitas kinerja pada panel surya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pendinginan temperatur permukaan *solar cell* 100 Wp dengan *water spray* dan tanpa pendinginan serta untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi dari pendinginan tersebut. Data temperatur pada sistem diukur menggunakan termokopel, tegangan dan arus pada sistem diukur menggunakan multimeter serta intensitas cahaya diukur menggunakan piranometer setiap lima menit sekali selama dua jam pengujian. Adapun data yang digunakan sebagai acuan penggunaan sistem yang lebih efektif yaitu, daya input (watt), daya output (watt), dan efisiensi (%) *solar cell*. Serta perpindahan panas yang terjadi (Q).

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa penggunaan sistem pendinginan lebih baik pada temperatur 45 °C media air daur ulang dengan daya input sebesar 43,06 watt, daya output sebesar 1,815 watt dan efisiensi *solar cell* sebesar 0.0422 %. Serta perpindahan panas yang dihasilkan sebesar 0.9780 kJ/s. Tetapi daya yang dihasilkan *solar cell* paling besar adalah pada temperatur 35 °C sebesar media air daur ulang dengan daya input sebesar 45,90 watt, daya output sebesar 1,975 watt (dengan perpindahan panas sebesar 0.524 kJ/s). Dari hasil penelitian nantinya bisa sebagai acuan teknis dalam pengaplikasian pendinginan permukaan solar cells dengan *water spray* lainnya.

Kata kunci : *Solar Cell, Water Spray, Efisiensi*

ABSTRACT

Solar panels have an average work effectiveness at 25 °C up to 30 °C. The average temperature in Indonesia ranges from 35° C up to 37 °C. Therefore it is necessary to maintain the effectiveness of the performance of solar panels. The purpose of this study was to determine the effect of cooling the surface temperature of the solar cell 100 Wp with water spray and without cooling and to determine the heat transfer that occurs from the cooling. The temperature data in the system is measured using a thermocouple, the voltage and current in the system are measured using a multimeter and the light intensity is measured using a pyranometer every five minutes for two hours of testing. The data used as a reference for a more effective system use are input power (watts), output power (watts), and solar cell efficiency (%). As well as the heat transfer that occurs (Q).

The test results show that the use of a cooling system is better at a temperature of 45 °C a water recycled media with an input power of 43.06 watts, an output power of 1.815 watts and a solar cell efficiency of 0.0422%. As well as the resulting heat transfer of 4.885 kJ / s. But the output power in solar cells the biggest in the temperature of 35 °C a water recycled media with an input power of 45.90 watts, an output power of 1.975 watts (with a heat transfer of 0.524 kJ/s). From the results of the research, it can be used as a technical reference in the application of cooling the surface of solar cells with other water spray.

Keywords : Solar Cell, Water Spray, Efficiency

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Berita Acara Ujian Skripsi.....	iv
Pernyataan Keaslian Isi Tulisan	v
Lembar Asistensi Laporan Skripsi	vi
Lembar Bimbingan Skripsi	vii
Kata Pengantar	viii
Abstrak	x
Daftar Isi	xii
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Tabel	xvii
Daftar Grafik	xviii
Daftar Lampiran.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan 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 Pengertian Energi Matahari.....	6
2.3 Pengertian Panel Surya.....	6
2.4 Prinsip Kerja Panel Surya	7
2.5 Jenis-jenis Panel Surya.....	8
2.5.1 Panel Surya Monokristal (Mono-crystalline).....	8
2.5.2 Panel Surya Polikristal (Poly-Crystalline)	9

2.5.3	Thin Film Photovoltaic.....	9
2.6	Struktur Sel Surya	10
2.6.1	<i>Substrat/Metal Backing</i>	11
2.6.2	Material Semikonduktor.....	11
2.6.3	Kontak Metal / Contact Grid.....	12
2.6.4	Lapisan Antireflektif	12
2.6.5	Enkapsulasi / Cover Glass.....	12
2.7	Sistem Panel Surya.....	12
2.7.1	<i>On-Grid System</i>	12
2.7.2	<i>Off Grid System</i>	13
2.7.3	Hybrid system	14
2.8	<i>Solar Home System</i>	15
2.9	Komponen Sistem Panel Surya	16
2.10	Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Panel Surya	19
2.11	Lampu Halogen	21
2.12	Semprotan <i>sprayer</i>	22
2.13	Tandon Air	23
2.14	Motor pompa air DC 12 v	23
2.15	Komponen Pendingin Air	24
2.16	Pengertian Nosel	25
2.17	Daya Input Panel Surya.....	26
2.18	Daya Output Panel Surya	26
2.19	Efisiensi Panel Surya.....	26
2.20	Perhitungan Perpindahan Panas	27
BAB III	METODE PENELITIAN	28
3.1	Jenis Penelitian.....	28
3.2	Diagram Alir Penelitian	30
3.3	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.4	Variabel Penelitian	31
3.5	Penentuan Sumber Data	32
3.6	Sumber Daya Penelitian	32

3.7 Instrumen Penelitian.....	32
3.7.1 Termokopel	32
3.7.2 Multimeter.....	33
3.7.3 Piranometer	33
3.7.4 Tang amper.....	34
3.7.5 Stop watch.....	34
3.7.6 Rotameter	34
3.7.7 <i>Termostat</i>	35
3.8 Mekanisme Pendinginan <i>Water Spray</i>	35
3.8.1 Proses penyemprotan <i>water spray</i>	35
3.8.2 Proses penjagaan temperatur air.....	36
3.9 Prosedur Penelitian.....	36
3.9.1 Langkah persiapan	36
3.9.2 Langkah pengambilan data	37
3.9.3 Pengolahan data	37
 BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian	39
4.1.1 Karakter Panel Surya Tanpa Pendinginan.....	39
4.1.2 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Daur Ulang Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 35°C.....	43
4.1.3 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Daur Ulang Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 40°C.....	49
4.1.4 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Daur Ulang Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 45°C.....	54
4.1.5 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Laut Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 35°C.....	60

4.1.6 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Laut Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 40°C.....	66
4.1.7 Karakter Panel Surya Dengan Pendinginan Air Laut Menggunakan 6 Water Spray Pada Temperatur Permukaan 45°C.....	71
4.2 Pembahasan Hasil Dari Penelitian	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	90
5.1 Kesimpulan.....	90
5.2 Saran	90
Daftar Pustaka	92
Lampiran	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Energi Matahari Sumber: Seputar Ilmu (2018)	6
Gambar 2.2 Panel Surya.....	7
Gambar 2.3 Panel surya monocristalline.....	8
Gambar 2.4 Jenis polycrystalline	9
Gambar 2.5 Jenis thin film photovoltaic	10
Gambar 2.6 Thin Film.....	11
Gambar 2.7 Sistem on grid pada panel surya.....	13
Gambar 2.8 Sistem off grid pada panel surya	14
Gambar 2.9 Sistem hybrid pada panel surya.....	15
Gambar 2.10 Solar home system	15
Gambar 2.11 Panel surya polycristaline 100 WP	17
Gambar 2.12 DC/AC power inverter 1000W	17
Gambar 2.13 Solar Charge Controller	18
Gambar 2.14 Accu 12V/24Ah.....	19
Gambar 2.15 Lampu Halogen 500 w	22
Gambar 2.16 Sprayer	23
Gambar 2.17 Tandon Air	23
Gambar 2.18 Motor pompa air DC 12 v	24
Gambar 2.19 Pendingin air termoelektrik	25
Gambar 2.20 Nisel.....	26
Gambar 3.1 Gambar 3D Skema pendinginan permukaan solar cells.....	28
Gambar 3.2 System Pendinginan	29
Gambar 3.3 Diagram Alir	30
Gambar 3.4 Termokopel	33
Gambar 3.5 Multitester	33
Gambar 3.6 Piranometer	34
Gambar 3.7 Tang amper.....	34
Gambar 3.8 Stop watch.....	34
Gambar 3.9 Rotameter	35
Gambar 3.10 Termostat.....	35
Gambar 4.1 Solar cells dengan water spray	39

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pelaksanaan Skripsi.....	31
Tabel 4.1 Data hasil pengujian solar cells tanpa proses pendinginan	39
Tabel 4.2 Data hasil pengujian temperature permukaan 35°C menggunakan air daur ulang	44
Tabel 4.3 Data hasil pengujian temperature permukaan 40°C menggunakan air daur ulang	49
Tabel 4.4 Data hasil pengujian temperature permukaan 45°C menggunakan air daur ulang	54
Tabel 4.5 Data hasil pengujian temperature permukaan 35°C menggunakan air laut	60
Tabel 4.6 Data hasil pengujian temperature permukaan 40°C menggunakan air laut	66
Tabel 4.7 Data hasil pengujian temperature permukaan 45°C menggunakan air laut	72
Tabel 4.8 Tegangan rata-rata yang dihasilkan selama dua jam	78
Tabel 4.9 Arus rata-rata yang dihasilkan selama dua jam	80
Tabel 4.10 Daya Input rata-rata yang dihasilkan selama dua jam	81
Tabel 4.11 Daya Output rata-rata yang dihasilkan selama dua jam.....	83
Tabel 4.12 Efisiensi rata-rata yang dihasilkan selama dua jam	84
Tabel 4.13 Daya & Perpindahan panas rata-rata yang dihasilkan	87
Tabel 4.14 Efektifitas rata-rata yang dihasilkan selama dua jam.....	89

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya	40
Grafik 4.2 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel.....	40
Grafik 4.3 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel.....	41
Grafik 4.4 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan panel, voltase & ampere	41
Grafik 4.5 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan panel & daya panel aktual	42
Grafik 4.6 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis	42
Grafik 4.7 Hubungan antara waktu, daya panel aktual & efisiensi.....	43
Grafik 4.8 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 35°C media air daur ulang	44
Grafik 4.9 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 35°C media air daur ulang.....	45
Grafik 4.10 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel pada temperatur 35°C media air daur ulang.....	45
Grafik 4.11 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 35°C media air daur ulang.....	46
Grafik 4.12 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 35°C media air daur ulang.....	46
Grafik 4.13 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 35°C media air daur ulang.....	47
Grafik 4.14 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 35°C media air daur ulang.....	48
Grafik 4.15 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 35°C media air daur ulang.....	48
Grafik 4.16 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 40°C media air daur ulang	49
Grafik 4.17 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 40°C media air daur ulang.....	50

Grafik 4.18 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel pada temperatur 40°C media air daur ulang.....	51
Grafik 4.19 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 40°C media air daur ulang.....	51
Grafik 4.20 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 40°C media air daur ulang.....	52
Grafik 4.21 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 40°C media air daur ulang.....	53
Grafik 4.22 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 40°C media air daur ulang.....	53
Grafik 4.23 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 40°C media air daur ulang.....	54
Grafik 4.24 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 45°C media air daur ulang	55
Grafik 4.25 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 45°C media air daur ulang.....	55
Grafik 4.26 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel pada temperatur 45°C media air daur ulang.....	56
Grafik 4.27 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 45°C media air daur ulang.....	57
Grafik 4.28 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 45°C media air daur ulang.....	57
Grafik 4.29 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 45°C media air daur ulang.....	58
Grafik 4.30 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 45°C media air daur ulang.....	59
Grafik 4.31 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 45°C media air daur ulang.....	59
Grafik 4.32 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 35°C media air laut	61
Grafik 4.33 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 35°C media air laut.....	61

Grafik 4.34 Hubungan Antara Waktu, Intensitas Cahaya dan Temperatur Permukaan Panel pada Temperatur 35°C Media Air Laut	62
Grafik 4.35 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 35°C media air laut.....	63
Grafik 4.36 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 35°C media air laut.....	63
Grafik 4.37 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 35°C media air laut.....	64
Grafik 4.38 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 35°C media air laut.....	65
Grafik 4.39 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 35°C media air laut.....	65
Grafik 4.40 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 40°C media air laut	66
Grafik 4.41 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 40°C media air laut.....	67
Grafik 4.42 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel pada temperatur 40°C media air laut.....	68
Grafik 4.43 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 40°C media air laut.....	68
Grafik 4.44 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 40°C media air laut.....	69
Grafik 4.45 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 40°C media air laut.....	70
Grafik 4.46 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 40°C media air laut.....	70
Grafik 4.47 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 40°C media air laut.....	71
Grafik 4.48 Hubungan antara waktu dan intensitas cahaya pada temperatur 45°C media air laut	72
Grafik 4.49 Hubungan antara waktu dan temperatur permukaan panel pada temperatur 45°C media air laut.....	73

Grafik 4.50 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya dan temperatur permukaan panel pada temperatur 45°C media air laut.....	73
Grafik 4.51 Hubungan antara waktu, laju massa air dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 45°C media air laut.....	74
Grafik 4.52 Hubungan antara waktu, temperatur permukaan & daya panel aktual temperatur 45°C media air laut.....	75
Grafik 4.53 Hubungan antara waktu, intensitas cahaya & daya panel teoritis temperatur 45°C media air laut.....	75
Grafik 4.54 Hubungan antara waktu, efektivitas dan perbedaan temperatur air masuk & keluar pada temperatur 45°C media air laut.....	76
Grafik 4.55 Hubungan antara waktu, efisiensi dan daya panel aktual pada temperatur 45°C media air laut.....	77
Grafik 4.56 Perbandingan tegangan antara solar cells tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	78
Grafik 4.57 Perbandingan arus antara solar cells tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	79
Grafik 4.58 Perbandingan daya input solar cell antara tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	81
Grafik 4.59 Perbandingan daya output solar cell antara tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	82
Grafik 4.60 Perbandingan efisiensi solar cell antara tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	84
Grafik 4.61 Perbandingan efisiensi rata-rata solar cell antara tanpa pendinginan dengan menggunakan pendinginan	84
Grafik 4.62 Perbandingan antara daya dengan perpindahan panas pada temperatur 35 °C	86
Grafik 4.63 Perbandingan antara daya dengan perpindahan panas pada temperatur 40 °C	86
Grafik 4.64 Perbandingan antara daya dengan perpindahan panas pada temperatur 45 °C	86
Grafik 4.65 Perbandingan efektifitas solar cell menggunakan pendinginan media air daur ulang dan air laut	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil pengujian tanpa pendinginan	97
Lampiran 2. Data hasil pengujian temperatur permukaan 35°C menggunakan media pendinginan air daur ulang.....	98
Lampiran 3. Data hasil pengujian temperatur permukaan 35°C menggunakan media pendinginan air laut.....	99
Lampiran 4. Data hasil pengujian temperatur permukaan 40°C menggunakan media pendinginan air daur ulang.....	100
Lampiran 5. Data hasil pengujian temperatur permukaan 40°C menggunakan media pendinginan air laut.....	101
Lampiran 6. Data hasil pengujian temperatur permukaan 45°C menggunakan media pendinginan air daur ulang.....	102
Lampiran 7. Data hasil pengujian temperatur permukaan 45°C menggunakan media pendinginan air laut.....	103