

**SKRIPSI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL**  
***PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *HEATSINK***  
**METODE PERPINDAHAN KALOR**  
**KONVEKSI BEBAS**



**Charles Sjahrudin**

**03051281621044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**



**SKRIPSI**  
**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL**  
***PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *HEATSINK***  
**METODE PERPINDAHAN KALOR**  
**KONVEKSI BEBAS**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana**  
**Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**Charles Sjahrudin**

**03051281621044**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL  
PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN *HEATSINK*  
METODE PERPINDAHAN KALOR  
KONVEKSI BEBAS**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

**Oleh:**

**CHARLES SJAHRUDDIN  
03051281621044**

Palembang, Agustus 2019

**Pembimbing**

  
**Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

  
**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001**



**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :**

**SKRIPSI**

**NAMA : CHARLES SJAHRUDDIN  
NIM : 03051281621044  
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL  
PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN HEATSINK METODE  
PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI BEBAS  
DIBERIKAN : AGUSTUS 2018  
SELESAI : JULI 2019**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001**

Palembang, Juli 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi

A blue ink signature, likely belonging to Ir. Irwin Bizzy, written in a cursive style.

**Ir. Irwin Bizzy, M.T.  
NIP. 196005281989031002**





## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “**Studi Eksperimental Pendinginan Panel Photovoltaic Menggunakan Heatsink Metode Perpindahan Kalor Konveksi Bebas**” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 6 Juli 2019.

Palembang, 6 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

**1. Ir. Zainal Abidin, M.T**  
NIP. 195809101986021001

Anggota :

**2. Dr. Ir. Darmawi, M.T., M.T.**  
NIP. 195806151987031002

**3. Ellyanie, S.T, M.T.**  
NIP.196905011994122001

**4. Ir. Marwani, M.T.**  
NIP. 196503221991022001



(.....)



(.....)



(.....)



(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK MESIN

**Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D**  
NIP.19712251997021001

Pembimbing Skripsi,



**Ir. Irwin Bizzy, M.T.**  
NIP.196005281989031002



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Charles Sjahruddin

NIM : 03051281621044

Judul : Studi Eksperimental Pendinginan Panel *Photovoltaic* Menggunakan  
*Heatsink* Metode Perpindahan Kalor Konveksi Bebas

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2019



Charles Sjahruddin  
NIM. 03051281621044



## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Charles Sjahrudin

NIM : 03051281621044

Judul : Studi Eksperimental Pendinginan Panel *Photovoltaic* Menggunakan Heatsink Metode Perpindahan Kalor Konveksi Bebas.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik, apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Juli 2019

Charles Sjahrudin  
NIM. 03051281621044



## RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *HEATSINK* METODE PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI BEBAS.

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 6 Juli 2019.

Charles Sjahrudin, dibimbing oleh Ir. Irwin Bizzy, M.T.

EXPERIMENTAL STUDY OF PHOTOVOLTAIC COOLING PANEL USING HEATSINK HEAT TRANSFER METHODS FREE CONVECTION

xxxi + 87 Halaman, 27 tabel, 49 gambar, 4 lampiran

### RINGKASAN

Energi matahari adalah energi yang sangat besar dan berkelanjutan, ramah lingkungan, dan penggunaannya relatif sederhana. Radiasi matahari dapat dikonversikan ke energi listrik DC menggunakan panel *photovoltaic* akan tetapi memiliki keterbatasan pada saat radiasi matahari tinggi, temperatur permukaan panel *photovoltaic* juga ikut tinggi yang menyebabkan penurunan efisiensi daya output panel *photovoltaic* sebesar 0,5 persen setiap kenaikan temperatur satu derajat dari kondisi standar 25°C sehingga dibutuhkan media pendingin untuk menurunkan temperatur permukaan panel *photovoltaic*. Penambahan *heatsink* diperlukan pada panel *photovoltaic* untuk mengetahui pengaruh perubahan temperatur panel terhadap daya, efisiensi, koefisien, dan laju perpindahan kalor pada panel *photovoltaic*. Berdasarkan hasil analisis, didapat panel *photovoltaic* dengan *heatsink* lebih optimal dengan daya output rata-rata sebesar 0,483 W dan efisiensi sebesar 3,37 %. Untuk itu, penggunaan *heatsink* cukup memberikan pengaruh positif terhadap panel *photovoltaic*. Sedangkan untuk koefisien perpindahan panas rata-rata yang tanpa menggunakan *heatsink* lebih tinggi sebesar 4,18  $W/m^2.K$  dibandingkan yang menggunakan *heatsink* sebesar 3,76  $W/m^2.K$ . Laju perpindahan panas rata-rata yang menggunakan *heatsink* lebih

tinggi yaitu 5,35 W dan tanpa *heatsink* sebesar 4,78 W. Selain itu, koefisien dan laju perpindahan panas sangat dipengaruhi oleh luas penampang dan temperatur panel *photovoltaic*.

**Kata Kunci** : Efisiensi, *heatsink*, listrik DC, panel *photovoltaic*, temperatur



## SUMMARY

### EXPERIMENTAL STUDY OF PHOTOVOLTAIC COOLING PANEL USING HEATSINK HEAT TRANSFER METHODS FREE CONVECTION

Scientific Paper in the form of Skripsi, 6 Juli 2019

Charles Sjahrudin, supervised by Ir. Irwin Bizzy, M.T.

### STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *HEATSINK* METODE PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI BEBAS.

xxxii + 87 Pages, 27 Tables, 49 Pictures, 4 appendix

## SUMMARY

Solar energy is very large and sustainable, environmentally friendly, and its use is relatively simple. Solar radiation can be converted to DC electrical energy using photovoltaic panels but has limitations when solar radiation is high, the surface temperature of photovoltaic panels is also high which causes a decrease in photovoltaic panel output power efficiency of 0,5 percent for one degree temperature rise from standard 25°C so that a cooling medium is needed to reduce the surface temperature of the photovoltaic panel. The addition of heatsinks is needed in photovoltaic panels to determine the effect of changes in panel temperature on power, efficiency, coefficient and heat transfer rate in photovoltaic panels. Based on the results of the analysis, obtained a photovoltaic panel with more optimal heatsink with an average output power of 0,483 W and an efficiency of 3,37%. For this reason, the use of heatsinks is quite a positive influence on photovoltaic panels. Whereas for the average heat transfer coefficient without using a heatsink it is higher at 4,8  $W/m^2.K$  compared to those using a heatsink of 3,76  $W/m^2.K$ . The average heat transfer rate that uses a heatsink is 5,35 W and without heatsink of 4,78 W. In addition, the heat transfer coefficient and rate are

strongly influenced by the cross-sectional area and temperature of the photovoltaic panel.

**Keywords:** Efficiency, heatsink, DC electricity, photovoltaic panel, temperature

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya, skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini berjudul **“STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL *PHOTOVOLTAIC* MENGGUNAKAN *HEATSINK* METODE PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI BEBAS”**.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak berkerja sendirian, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak terkait, antara lain:

1. Keluarga Orang Tua Penulis Ir. Sjahrudin yang selalu memberikan cinta kasih sayang, dukungan moral, doa yang tulus, dan materi serta telah mendidik, mengarahkan, dan memotivasi dari awal hingga selesainya skripsi ini.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membimbing, mendidik, memotivasi selama proses belajar mengajar di lingkungan Teknik Mesin.
3. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan dan Dosen Pembimbing Akademik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Muhammad Yanis, S.T, M.T yang telah banyak memberikan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Irwin Bizzy, M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberikan motivasi, wawasan, dan ilmunya serta memberi arahan dalam proses pembuatan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.
7. Staf Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu dalam proses administrasi.

8. Komponen Kelas B Teknik Mesin 2016, dan teman-teman seperjuangan angkatan 2016. Kita adalah sebuah kisah klasik untuk di ingat selalu.
9. Teman, Sahabat dan Keluarga yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan berkontribusi dalam dunia pendidikan dan industri manufaktur agar pengukuran kekasaran permukaan lebih efisiensi dan murah dengan menggunakan sensor getaran dalam proses produksi.

Palembang, Juli 2019

Charles Sjahrudin

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN AGENDA .....	v
HALAMAN PERSETUJUAN .....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
RINGKASAN .....	xv
SUMMARY .....	xvii
DAFTAR ISI .....	xix
DAFTAR TABEL .....	xxiii
DAFTAR GAMBAR .....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pemanfaatan Energi Surya .....	5
2.2 Pemanfaatan Lampu Halogen .....	6
2.3 Sel Fotovoltaik .....	7
2.4 Struktur Panel Fotovoltaik .....	9
2.4.1 <i>Frame</i> .....	9

2.4.2 <i>Glass</i> .....	10
2.4.3 <i>Encapsulant</i> .....	10
2.4.4 <i>Solar Cells</i> .....	10
2.4.5 <i>Backsheet</i> .....	10
2.4.6 <i>Junction Box</i> .....	11
2.5 Jenis-Jenis Panel Fotovoltaik .....	11
2.5.1 <i>Monocrystalline</i> .....	11
2.5.2 <i>Polycrystalline</i> .....	12
2.5.3 <i>Thin Film Solar Cell (TFSC)</i> .....	12
2.5.3.1 <i>Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cell</i> .....	12
2.5.3.2 <i>Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cell</i> .....	12
2.5.3.3 <i>Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cell</i> ...	12
2.6 Cara Kerja Panel Fotovoltaik .....	14
2.7 Karakteristik Panel Fotovoltaik .....	20
2.8 Faktor Pengoperasian Panel Fotovoltaik .....	23
2.8.1 Temperatur .....	23
2.8.2 Tegangan .....	24
2.8.3 Intensitas Cahaya Matahari .....	25
2.8.4 Orientasi Panel Fotovoltaik .....	26
2.8.5 Sudut Kemiringan Panel Fotovoltaik .....	26
2.8.6 Kecepatan Angin .....	26
2.8.7 Keadaan Atmosfir atau Cuaca .....	27
2.9 <i>Heatsink</i> .....	27
2.10 Perpindahan Panas.....	28
2.10.1 Konduksi .....	28
2.10.2 Konveksi .....	29
2.10.3 Radiasi.....	31
2.11 Bilangan Rayleigh .....	32
2.12 Bilangan Nusselt.....	33
2.13 Bilangan Prandtl .....	35
2.14 Bilangan Grashof.....	36

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	37
3.2 Persiapan Penelitian .....	38
3.3 Alat dan Bahan .....	38
3.3.1 Panel Fotovoltaik .....	38
3.3.2 Lampu Halogen .....	39
3.3.3 Alat Ukur Intensitas Matahari .....	40
3.3.4 Alat Ukur Arus dan Voltase.....	40
3.3.5 Alat Ukur Kecepatan Angin.....	41
3.3.6 Alat Pengukur Suhu .....	41
3.3.7 Media Pendingin .....	42
3.4 Lokasi Pengujian.....	42
3.5 Prosedur Pengujian .....	43

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengukuran .....	47
4.2 Perhitungan Panel Fotovoltaik .....	50
4.2.1 Perhitungan Daya Masuk Panel Fotovoltaik.....	50
4.2.2 Perhitungan Daya Keluar Panel Fotovoltaik.....	51
4.2.3 Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik .....	52
4.2.4 Perbedaan Karakteristik Panel Fotovoltaik Tanpa <i>Heatsink</i> dan Panel Fotovoltaik dengan <i>Heatsink</i> .....	57
4.2.5 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Bebas Pada <i>Heatsink</i> .....	58
4.2.6 Perhitungan Koefisien Pemuaiian Luas .....	58
4.2.7 Perhitungan Bilangan Grashof .....	59
4.2.8 Perhitungan Bilangan Rayleigh .....	60
4.2.9 Perhitungan Bilangan Nusselt .....	61
4.2.10 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi.....	62
4.2.11 Perhitungan Laju Perpindahan Panas secara Konveksi Bebas	64
4.2.12 Perhitungan Perpindahan Panas Konveksi Bebas Pada Panel.	68
4.2.13 Perhitungan Koefisien Pemuaiian Fluida .....	69

4.2.14 Perhitungan Bilangan Grashof .....	69
4.2.15 Perhitungan Bilangan Rayleigh .....	71
4.2.16 Perhitungan Bilangan Nusselt .....	72
4.2.17 Perhitungan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi .....	73
4.2.18 Perhitungan Laju Perpindahan Panas secara Konveksi Bebas	74
4.2.19 Perbedaan Panel Fotovoltaik Tanpa <i>Heatsink</i> dan Panel Fotovoltaik dengan <i>Heatsink</i> .....	78
4.3 Pembahasan .....	79
4.3.1 Kuat Arus dan Tegangan .....	79
4.3.2 Daya Keluaran .....	80
4.3.3 Temperatur .....	81
4.3.4 Efisiensi .....	82
4.3.5 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi.....	83
4.3.6 Laju Perpindahan Panas Konveksi Terhadap Koefisien Laju Perpindahan Panas .....	84
4.3.7 Laju Perpindahan Panas Konveksi Terhadap Jarak .....	85
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	87
5.2 Saran .....	87
DAFTAR PUSTAKA .....	xxix
LAMPIRAN .....	89



## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbandingan Model Panel Surya .....	14
4.1 Data hasil Pengujian Dengan Jarak L = 85 cm .....	47
4.2 Data hasil Pengujian Dengan Jarak L = 70 cm .....	48
4.3 Data hasil Pengujian Dengan Jarak L = 55 cm .....	48
4.4 Data hasil Pengujian Dengan Jarak L = 40 cm .....	49
4.5 Data hasil Pengujian Dengan Jarak L = 25 cm .....	50
4.6 Hasil Perhitungan Daya Masuk Panel Fotovoltaik .....	51
4.7 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik Pada Jarak L = 85 cm.....	55
4.8 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik Pada Jarak L = 70 cm.....	55
4.9 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik Pada Jarak L = 55 cm.....	55
4.10 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik Pada Jarak L = 40 cm.....	56
4.11 Hasil Perhitungan Efisiensi Panel Fotovoltaik Pada Jarak L = 25 cm.....	56
4.12 Hasil Perhitungan Efisiensi Rata-Rata Panel Fotovoltaik .....	56
4.13 Perbandingan Karakteristik Panel Fotovoltaik Rata-Rata.....	57
4.14 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Jarak = 85 cm .....	65
4.15 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Jarak = 70 cm .....	66
4.16 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Jarak = 55 cm .....	66
4.17 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Jarak = 40 cm .....	67
4.18 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Jarak = 25 cm .....	67
4.19 Hasil Perhitungan Pada Panel Dengan <i>Heatsink</i> Rata-Rata.....	68
4.20 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Jarak = 85 cm .....	75
4.21 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Jarak = 70 cm .....	76

4.22 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Jarak = 55 cm .....	76
4.23 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Jarak = 40 cm .....	77
4.24 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Jarak = 25 cm .....	77
4.25 Hasil Perhitungan Pada Panel Tanpa <i>Heatsink</i> Rata-Rata .....	78
4.26 Perbandingan Panel Fotovoltaik Rata-Rata.....	78

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Dunia Radiasi Matahari.....	5
Gambar 2.2 Spektrum Warna Lampu Halogen.....	6
Gambar 2.3 Panel Fotovoltaik .....	8
Gambar 2.4 Panel Sel Surya Dipasang Seri.....	8
Gambar 2.5 Struktur Panel Fotovoltaik .....	9
Gambar 2.6 Panel Fotovoltaik Jenis <i>Monocrystalline</i> .....	11
Gambar 2.7 Panel Fotovoltaik Jenis <i>Polycrystalline</i> .....	12
Gambar 2.8 Panel Fotovoltaik Jenis <i>Thin Film Solar Cell</i> (TFSC).....	13
Gambar 2.9 Ilustrasi Perpindahan Atom Pada Semikonduktor .....	15
Gambar 2.10 Semikonduktor Jenis p dan n Sebelum Disambung .....	16
Gambar 2.11 Perpindahan Elektron dan Hole Pada Semikonduktor.....	16
Gambar 2.12 Hasil Muatan Positif dan Negatif Pada Semikonduktor.....	17
Gambar 2.13 Timbulnya Medan Listrik Internal E.....	17
Gambar 2.14 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari.....	18
Gambar 2.15 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari .....	19
Gambar 2.16 Proses Konversi Energi Matahari Menjadi Energi Listrik Pada Panel Fotovoltaik .....	20
Gambar 2.17 Grafik Arus Terhadap Tegangan.....	20
Gambar 2.18 Kurva Fill Factor Arus-Tegangan .....	22
Gambar 2.19 Karakteristik Arus-Tegangan dan Daya-Tegangan.....	22
Gambar 2.20 Pengaruh Temperatur Terhadap Keluaran Panel Surya .....	24
Gambar 2.21 Pengaruh Tegangan Terhadap Waktu Pada Panel Surya .....	25
Gambar 2.22 Pengaruh Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Keluaran Panel Fotovoltaik .....	25
Gambar 2.23 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya .....	26
Gambar 2.24 <i>Heatsink</i> Alumunium .....	27
Gambar 2.25 Konduksi Panas Melalui Dinding Ketebalan Bidang Sebesar $\Delta x$ dan Area A.....	28

Gambar 2.26 Perpindahan Panas Dari Permukaan Panas ke Udara Melalui Konveksi ...	30
Gambar 2.27 Pendinginan Telur Rebus Dengan Paksa dan Konveksi Alami.....	30
Gambar 2.28 Transfer Panas Radiasi Antara Permukaan dan Permukaan Sekitarnya.....	32
Gambar 2.29 Geometri Konfigurasi Sirip.....	34
Gambar 2.30 Arah Aliran Plat Horizontal Mengalir Dari Permukaan Atas Panas ke Permukaan Bawah Dingin .....	35
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 3.2 Panel Fotovoltaik.....	38
Gambar 3.3 Lampu Halogen .....	39
Gambar 3.4 Solar Power Meter SPM-1116SD .....	40
Gambar 3.5 Clamp Meter Kew Fork Model 2300R.....	40
Gambar 3.6 Anemometer Lutron LM-8000 .....	41
Gambar 3.7 Termokopel 4K- <i>Channel</i> .....	41
Gambar 3.8 Media Pendingin.....	42
Gambar 3.9 Lokasi Pengujian .....	42
Gambar 3.10 Skema Alat Uji .....	43
Gambar 3.11 Titik-Titik Letak Temperatur Dengan <i>Heatsink</i> dan Tanpa <i>Heatsink</i> .....	43
Gambar 3.12 Pemasangan <i>Heatsink</i> Pendingin Pada Panel Fotovoltaik.....	44
Gambar 4.1 Perbandingan Kuat Arus Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Tegangan .....	79
Gambar 4.2 Perbandingan Daya Keluaran Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Intensitas Cahaya .....	80
Gambar 4.3 Perbandingan Temperatur Panel Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Intensitas Cahaya .....	81
Gambar 4.4 Perbandingan Efisiensi Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Intensitas Cahaya.....	82
Gambar 4.5 Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Intensitas Cahaya.....	83
Gambar 4.6 Perbandingan Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Tanpa <i>Heatsink</i> dan Dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Laju Perpindahan Panas Konveksi .....	84
Gambar 4.7 Perbandingan Jarak Panel Tanpa <i>Heatsink</i> dan Panel dengan <i>Heatsink</i> Terhadap Laju Perpindahan Panas Konveksi .....	85

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Tabel Udara .....	89
Lampiran A.2 Alat dan Data yang didapatkan.....	89



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi merupakan bagian yang paling mendasar bagi kehidupan makhluk hidup di alam semesta ini. Berdasarkan asal sumber energi, energi dikelompokkan sebagai energi tak terbarukan atau fosil dan energi baru terbarukan atau EBT. Energi tak terbarukan terdiri dari minyak, batubara, dan gas. Sedangkan, EBT terdiri dari matahari, angin, air, biofuel, panas bumi, dan nuklir. Energi matahari merupakan energi yang paling besar berkelanjutan, ramah lingkungan, dan penggunaannya relatif sederhana.

Cahaya matahari mempunyai spektrum sinar mulai dari sinar ultraviolet sampai near-infrared. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi disebut konstanta surya, yaitu sebesar  $1365 \text{ W/m}^2$ . Setelah disaring oleh atmosfer bumi beberapa spektrum cahaya hilang, dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar  $1000 \text{ W/m}^2$  atau  $100 \text{ mW/cm}^2$ . Nilai ini menunjukkan tipikal intensitas radiasi pada keadaan permukaan tegak lurus sinar matahari dengan keadaan cerah (Arifin, Margareta dan Trimaryana, 2017).

BEI mengemukakan bahwa perkembangan teknologi surya yang dapat dijangkau, tidak terbatas dan ramah lingkungan akan memberi benefit untuk kedepannya. Perkembangan teknologi energi surya akan menambah tingkat aman energi negara di dunia melalui penggunaan sumber energi yang telah ada, tidak habis, mengurangi polusi, mengurangi biaya mitigasi perubahan iklim dan mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Benefit tersebut berlaku secara internasional karena biaya insentif untuk pengembangan awal dianggap sebagai investasi untuk pembelajaran dan investasi harus digunakan secara bijak agar dibagi bersama-sama (Wald dan Rodeck, 2012).

Radiasi matahari dapat dikonversikan ke energi listrik DC menggunakan panel PV akan tetapi memiliki keterbatasan pada saat radiasi matahari tinggi, temperatur permukaan panel PV juga ikut tinggi yang menyebabkan penurunan

efisiensi daya output panel PV sebesar 0,5 persen setiap kenaikan temperatur satu derajat dari kondisi standar 25° C (Razak dkk, 2016) sehingga dibutuhkan media pendingin untuk menurunkan temperatur permukaan panel PV. Menurut (Bizzy dan Mustafizal, 2018) bahwa pemasangan pelat alumunium berlubang di belakang panel PV telah meningkatkan efisiensi panel PV. Selain itu, panel PV mengalami hambatan saat menerima radiasi matahari, seperti adanya awan, angin, dan debu sehingga radiasi matahari tidak optimal diserap oleh panel PV.

Radiasi Matahari merupakan pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi pada matahari. Energi radiasi berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik dengan pektrum radiasi Matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar bergelombang pendek berupa sinar X, sinar  $\gamma$  (gamma), sinar  $\beta$  (beta), sinar  $\alpha$  (alpha) dan sinar neutron dapat dihasilkan oleh radiasi gelombang elektromagnetik, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah (Wanto dan Arief, 1981).

Sumber radiasi ultraviolet dari alam merupakan matahari, akan tetapi serapan atom oksigen membentuk lapisan ozon maka radiasi matahari sampai ke bumi intensitasnya lebih rendah yang meliputi ultraviolet dengan panjang gelombang 290–400 nm, akan tetapi panjang gelombang lebih pendek diserap oleh lapisan atmosfer. Sumber radiasi ultraviolet buatan manusia pada dasarnya terdiri dari tiga jenis yaitu incandescent, seperti lampu halogen , lampu neon, lampu intensitas tinggi yang digunakan pada industri pada fotopolimerisasi dan lampu germisidal pada sterilisasi dan pada mengelas metal; dan lampu ultraviolet seperti excimer laser (Alatas & Lusiyanti, 2001).

Untuk itu, dalam penelitian ini menggunakan sebuah lampu halogen sebagai pengganti sinar matahari karena memiliki kesamaan gelombang elektromagnetik dengan radiasi ultraviolet agar sinar yang masuk ke panel PV dapat secara optimal dan kontinyu. Lampu halogen sendiri merupakan sebuah lampu pijar yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energi. Lampu halogen dapat mengoperasikan filamennya pada suhu yang lebih tinggi dari lampu pijar biasa tanpa pengurangan umur. Lampu ini memberikan efisiensi yang lebih tinggi dari



lampu pijar biasa (10-30 lm/W) dan memancarkan cahaya dengan suhu warna yang lebih tinggi.

Heatsink merupakan logam yang didesign secara khusus terbentuk dari aluminium atau tembaga (ada yang kombinasi kedua material tersebut) berfungsi memperluas transfer panas dari prosesor. Komponen cpu yang dipakai untuk menyerap panas, biasanya terbuat dari aluminium dipadukan dengan pemakaian fan pada heatsink agar mengoptimalkan penyerapan panas yaitu mengalirkan panas dari heatsink ke luar dari cpu, sehingga meningkatkan performa kerja komputer.

Untuk itu, penulis berinisiatif untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh peningkatan temperatur terhadap efisiensi dan daya output panel surya melalui penelitian yang berjudul “**Studi Eksperimental Pendinginan Panel *Photovoltaic* Menggunakan *Heatsink* Metode Perpindahan Kalor Konveksi Bebas**”.

## 1.2 Perumusan Masalah

Penurunan efisiensi panel *photovoltaic* saat radiasi matahari tinggi merupakan permasalahan yang harus diatasi. Untuk itu, pemasangan media pendingin heatsink di belakang panel *photovoltaic* merupakan salah satu solusi yang perlu untuk diteliti.

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah :

- 1) Panel *photovoltaic* yang digunakan merupakan tipe *polycrystalline* dengan kapasitas 8 WP (*Watt Peak*) dengan dimensi 185x380 mm.
- 2) Panel *photovoltaic* yang digunakan berjumlah 2 unit dengan spesifikasi yang sama, dengan tegangan saat P maksimum adalah 5,5 V dan arus saat P maksimum adalah 1,45 A.
- 3) Lampu halogen yang dipakai memiliki spesifikasi daya 500 W setara intensitas radiasi matahari 7112,3 W/m<sup>2</sup> dan tegangan 220V-240V.
- 4) Sudut kemiringan panel PV sebesar 15°.
- 5) Kondisi standar intensitas radiasi sinar matahari pada panel PV sebesar 1 kW/m<sup>2</sup> saat temperatur 27° C

- 6) Pengaruh *Thermal Grease* HY 510 terhadap perpindahan panas dibatasi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian adalah:

- 1) Sebagai pembelajaran dalam rancang bangun alat pengujian, pengambilan dan menganalisis data panel PV.
- 2) Sebagai bahan acuan bagi para peneliti dan pengguna panel PV dalam meningkatkan efisiensi panel PV dalam mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik DC.

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian terdiri dari :

- 1) Menganalisa efisiensi dan daya output yang dihasilkan panel PV dengan menggunakan lampu halogen dan media pendingin heatsink dengan metode konveksi alami.
- 2) Mengetahui pengaruh temperatur media pendingin heatsink dengan metode konveksi bebas yang di pasang di belakang panel PV.
- 3) Mengetahui pengaruh koefisien perpindahan panas konveksi terhadap laju perpindahan kalor konveksi.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan skripsi ini dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- BAB I : Pendahuluan
- BAB II : Tinjauan Pustaka
- BAB III : Metodologi Penelitian
- BAB IV : Hasil dan Pembahasan
- BAB V : Kesimpulan dan Saran

## DAFTAR PUSTAKA

- Arengga, D. (2015) ‘Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Sistem MGPI ( Motor Generator Pengganti Inverter )’, *indonesia*.
- Arifin, M., Margareta, D. O. and Trimaryana, O. F. (2017) ‘Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)’, *Jurnal Integrasi*, 9(1), p. 24. doi: 10.30871/ji.v9i1.246.
- Assidiq, H. (2018) ‘Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Efisiensi Sel Fotovoltaik ( Influence Of Slope Angle On Efficiency Of The Photovoltaic Cell )’, (May).
- Bar-Cohen, A., Iyengar, M. and Kraus, A. D. (2003) ‘Design of Optimum Plate-Fin Natural Convective Heat Sinks’, *Journal of Electronic Packaging*, 125(2), p. 208. doi: 10.1115/1.1568361.
- Bergman, T. L. (2011) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. California.
- Bizzy, I. and Mustafriзал, L. (2018) ‘PV Panel Cooler to Enhance Output Performance Using Perforated Aluminium Plate’, *Symposium of Emerging Nuclear Technology and Engineering Novelty (SENTEN)*, pp. 1–4.
- Buwono, M. C., Budiman, W. and Hariyanto, N. (2010) ‘Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel Arus Sel Surya Dengan Rekonfigurasi Seri-Paralel’, *Bandung : Institut Teknologi Nasional*, 2(1), pp. 1–12.
- Demak, R. K., Hatib, R. and Asrul (2016) ‘Komparasi Energi Surya Dengan Lampu Halogen Terhadap Efisiensi modul photopoltaictipe muticrystalline’, 7(1), pp. 625–633.
- Dincer, F. and Meral, M. E. (2010) ‘Critical Factors that Affecting Efficiency of Solar Cells’, *Smart Grid and Renewable Energy*, 01(01), pp. 47–50. doi: 10.4236/sgre.2010.11007.

- Dr. Richard M Napitupulu, M., Ir. Sutan Simanjuntak, ST., M. E. and Swardi Sibarani (2017) ‘Pengaruh Material Monokristal Dan Polikristal Terhadap Karakteristik Sel Surya 20 Wp Dengan Trackingsistem Dua Sumbu’, 2(March 2018). doi: 10.13140/RG.2.2.23137.40808.
- K, P. *et al.* (2018) ‘Integrating solar photovoltaic energy conversion systems into industrial and commercial electrical energy utilization—A survey’, *Journal of Industrial Information Integration*. Elsevier Inc., 10, pp. 39–54. doi: 10.1016/j.jii.2018.01.003.
- Karina, A. and Satwiko, S. (2011) ‘Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya’, *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV HFI Jateng & DIY*, 25(1), pp. 163–166. Available at: [http://hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/18/Abstrak-Studi Karakteristik Arus-Tegangan \(Kurva I-V\) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya-163-166\\_FM-04\\_Anjaranixf.pdf](http://hfi-diyjateng.or.id/sites/default/files/18/Abstrak-Studi%20Karakteristik%20Arus-Tegangan%20(Kurva%20I-V)%20pada%20Sel%20Tunggal%20Polikristal%20Silikon%20serta%20Pemodelannya-163-166_FM-04_Anjaranixf.pdf).
- Legocki, R. P., Legocki, M. and a., A. (1986) *General Approach, Genetics*. doi: 10.1017/CBO9780511676420.004.
- Lu, B. Y. Ğ. *et al.* (2009) ‘Rectangular Fin Arrays Subjected To Natural Convection Heat’, pp. 99–105.
- Miles, R. W., Hynes, K. M. and Forbes, I. (2005) ‘Photovoltaic solar cells: An overview of state-of-the-art cell development and environmental issues’, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 51(1–3), pp. 1–42. doi: 10.1016/j.pcrysgrow.2005.10.002.
- Nugraha, I. A. *et al.* (2018) ‘Optimalisasi Pemasangan Panel Solar Home System Untuk Kehidupan Masyarakat Pedesaan di Ban Kubu’, 17(1).
- Nurussaniah *et al.* (2013) ‘Studi Pengaruh Penggunaan Poly ( 3-Hexylthiophene )’, 3(1), pp. 9–14.
- Razak, A. *et al.* (2016) ‘Investigation of the Effect Temperature on Photovoltaic (PV) Panel Output Performance’, *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(5), p. 682. doi:

10.18517/ijaseit.6.5.938.

Sewchurran, S., Kalichuran, J. and Maphumulo, S. (2016) 'Drivers and application of small scale DG on municipal distribution networks', *65th AMEU Convention*, (January), pp. 65–75. Available at: <http://www.ee.co.za/wp-content/uploads/2016/11/AMEU-2016-pg-65-75.pdf>.

Wald, N. and Rodeck, C. (2012) 'Solar Energy Perspectives: Executive Summary', *New Directions for Youth Development*, 2012(136), pp. 7–11. doi: 10.1002/yd.20038.

Warsito, A. *et al.* (2013) 'Dipo PV Cooler , Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Sel Surya ( Fotovoltaik ) Sebagai Penigkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan Metode', *Transient*, 2. Available at: [http://download.portalgaruda.org/article.php?article=120870&val=4717&title=Dipo PV Cooler , Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Heatsink Fan Pada Panel Sel Surya \( Fotovoltaik \) Sebagai Penigkatan Kerja Energi Listrik Baru Terbarukan](http://download.portalgaruda.org/article.php?article=120870&val=4717&title=Dipo%20PV%20Cooler%20Penggunaan%20Sistem%20Pendingin%20Temperatur%20Heatsink%20Fan%20Pada%20Panel%20Sel%20Surya%20(Fotovoltaik)%20Sebagai%20Penigkatan%20Kerja%20Energi%20Listrik%20Baru%20Terbarukan).

Zhang, H. L. *et al.* (2014) 'Photovoltaics: Reviewing the European feed-in-tariffs and changing PV efficiencies and costs', *Scientific World Journal*, 2014(May). doi: 10.1155/2014/404913.