



KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor: 1053/UN9.FT/TU.SK/2021

TENTANG
PERSETUJUAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI
TENAGA PELAKSANA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN MANDIRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2021

REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Menimbang : a. Bahwa untuk kegiatan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dengan pendanaan Mandiri Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Tahun 2021 maka perlu persetujuan Judul Penelitian dan Pengabdian dan Serta Penunjukan Tenaga Pelaksana Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
- b. Bahwa mereka yang namanya tertera dalam lampiran Surat Keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Tenaga Pelaksana Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul kegiatan yang tercantum pada lampiran Surat Keputusan ini;
- c. Bahwa sehubungan dengan huruf a dan b diatas, maka perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor. 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 190/KMK.05/2009, tentang Penetapan Universitas Sriwijaya pada Depdiknas sebagai Instansi Pemerintahan yang Menetapkan PK-BLU;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 04 Tahun 2014, tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 12 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Sriwijaya;
5. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 17 Tahun 2018, tentang Statuta Universitas Sriwijaya;
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 20 Tahun 2018, tentang Penelitian;
7. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 32031/M/KP/2019, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Telp. (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741
Pos El ftunsri@unsri.ac.id

MEMUTUSKAN

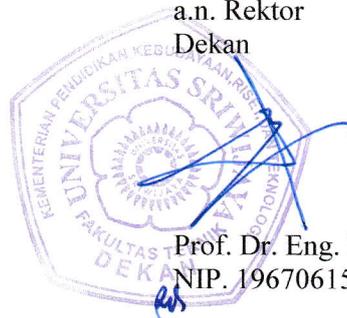
- Menetapkan : **PERSETUJUAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI TENAGA PELAKSANA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN MANDIRI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA TAHUN 2021**
- Pertama : Menyetujui nama, judul kegiatan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang tercantum pada lampiran Surat Keputusan ini;
- Kedua : Memberi wewenang kepada Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya untuk menandatangani Surat Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Pendanaan Mandiri;
- Ketiga : Memberi wewenang kepada Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya untuk melaksanakan monitoring dan evaluasi terhadap pelaksanaan kegiatan serta menyetujui laporan hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Pendanaan Mandiri

Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, apabila terdapat kekeliruan dalam Surat Keputusan ini akan diadakan perbaikan.

Ditetapkan di Indralaya

Pada tanggal 07 Desember 2021

a.n. Rektor
Dekan



Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

TEMBUSAN :

1. Rektor UNSRI
2. Ketua LPPM UNSRI
3. Ketua UPPM FT UNSRI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Telp. (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741
Pos El ftunsri@unsri.ac.id

**PENGUMUMAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI TENAGA PELAKSANA
PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN
MANDIRI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA TAHUN 2021**
Nomor : 1053/UN9.FT/TU.SK/2021

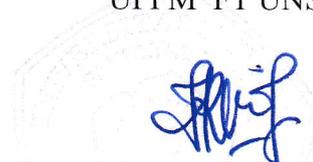
NO	Nama Ketua	Nama Anggota	Jurusan	Judul Penelitian dan Pengabdian Mandiri	Skema
1	Ir . Armin Sofijan, M.T.	1. Ir. Zainal Husin, MSc 2. Ir. Hairul Alwani HA, M.T, 3. Ir. Antonius Hamdadi, M.S 4. Wirawan Adipradana, S.T., M.T	Teknik Elektro	Sistem Portable Techno Hybrid Grid Connected With PV-PLN-Generator Teraplikasi di Desa Pemulutan	Pengabdian
2	Ir . Armin Sofijan, M.T.	1. Wirawan Adipradana, S.T., M.T 2. Ir. M. Suparlan, M.S	Teknik Elektro	Metode Free Convection pada Photovoltaic Polycrystalline 100 WP Menggunakan Perforated Aluminum Plate	Penelitian
3	Dr. Susila Arita R, DEA	1. Prof. Dr. Yuanita Windusari,S.Si., M.Si 2. Devi Kristianti NIM. 20012681822016	Teknik Kimia	Pengolahan limbah Cair Pulp dan Kertas Menggunakan Adsorben Fly Ash dengan Bioindikator Ikan Nila	Penelitian
4	Dr. Herlina, S.T., M.T	1. Dr. Ir. Syamsuri Zaini, MM 2. Wirawan Adipradana, ST, M.T	Teknik Elektro	Analisa Luaran Gsmputaran Rendah Dengan Aliran Fluks Radial	Penelitian

Mengetahui/ Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik Unsri



Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Indralaya, 07 Desember 2021
Ketua
UPPM FT UNSRI



Dr. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001

**BIDANG: ENERGI BARU
DAN TERBARUKAN**

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN SKEMA MANDIRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

***Metode Free Convection pada Photovoltaic Polycrystalline 100 WP
Menggunakan Perforated Aluminum Plate***



Ir. Armin Sofijan, M.T.

0003116402/ KETUA

Wirawan Adipradana, S.T., M.T.

0012018605/ ANGGOTA

Ir. M. Suparlan, M.S.

00060657003/ ANGGOTA

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL PENELITIAN MANDIRI

1. Judul Penelitian : Metode *Free Convection* pada *Photovoltaic Polycrystalline 100 WP Menggunakan Perforated Aluminum Plate*
2. Bidang Penelitian : Energi Baru dan Terbarukan
3. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Ir. Armin Sofijan, M.T.
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIDN/NIDK : 0003116402
 - d. Pangkat dan Golongan : Penata Muda Tk.I/ IIC
 - e. Pendidikan Terakhir : S2
 - f. Jabatan Fungsional : Lektor
 - g. Fakultas /Jurusan/Prodi : Teknik / Teknik Elektro
 - h. Alamat Kantor : Jl. Palembang-Prabumulih Km. 32
Inderalaya Ogan Ilir, Sumatera Selatan
 - i. Telepon / Fax : (0711) 580283
 - j. Alamat Rumah : Perum Bukit Sejahtera, Polygon Blok
AQ9 Palembang 30139
 - k. Telepon / HP / Fax : 081367782009
4. Jumlah Anggota Peneliti : 2 Orang
 - a. Nama Anggota I : Wirawan Adipradana, S.T., M.T.
NIDN/NIDK : 0012018605
 - b. Nama Anggota II : Ir. Suparlan, M.S.
NIDN/NIDK : 00060657003
5. Jangka Waktu Penelitian : 6 Bulan
6. Jumlah yang diajukan : Mandiri
7. Target Luaran TKT : 3
8. Nama, NIM dan Jurusan/
Program Studi/BKU : 1. Josua Sudiro(03041281722031/Elektro)
2. Rohli Halim (03041281722040/Elektro)
Mahasiswa yang Terlibat : 3.M. Arifuddin(03041281722059/Elektro)

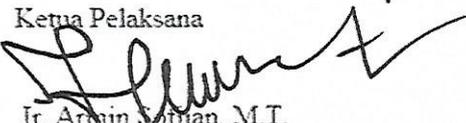
Mengetahui

Ketua UPPM Fakultas,


Dr. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001

Inderalaya, 20 Novembers 2021

Ketua Pelaksana


Ir. Armin Sofijan, M.T.
NIP. 196411031995121001

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19670615199512002

DAFTAR ISI

COVER	1
LEMBAR PENGESAHAN	2
DAFTAR ISI.....	3
IDENTITAS PENELITI	5
RINGKASAN	9
1. Latar Belakang	10
2. Tinjauan Pustaka	12
2.1. Panel Fotovoltaik.....	12
2.2. Prinsip Kerja Panel PV	16
2.3. Kinerja Kelistrikan yang Tergantung Suhu Modul PV	18
2.4. Efisiensi Modul PV sebagai Fungsi dari Suhu Pengoperasian	19
2.5. Ketergantungan daya output PV pada modul operasi suhu	21
2.6. Perpindahan panas / <i>Heat transfer</i>	21
2.6.1. Konduksi	21
2.6.2. Radiasi	21
2.6.3. Konveksi	21
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Metode Pengambilan Data.....	25
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3. Flow Chart Penelitian	26
3.4. Pembagian Tugas Penelitian.....	27
3.5. Diagram Blok Penelitian.....	28
3.6. Tabel Matriks Pengambilan Data	30
4. <i>Road Map</i>	31
5. Rencana Anggaran Biaya.....	32
6. Jadwal Penelitian	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	35

IDENTITAS KETUA PENELITIAN

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ir. Armin Sofijan, M.T.
2	Jenis kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP / NIK/ Identitas lainnya	196411031995121001
5	NIDN	0003116402
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Lahat, 3 November 1964
7	E-mail	a_sofijan@ft.unsri.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	081367782009
9	Alamat Kantor	Jl. Palembang-Prabumulih KM 32 Ogan Ilir, Sumatera Selatan
10	Nomor Telepon/Fax	(0711) 580283
11	Alamat Rumah	Perum Bukit Sejahtera, Polygon blok AQ 9 Palembang 30139

B. Riwayat Pendidikan

2.1.Program	S1	S2	S3
2.2. Nama Perguruan Tinggi	Univ. Sriwijaya	Univ. Sriwijaya	Univ Sriwijaya
2.3. Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Energi	Teknik Elektro
2.4. Tahun Masuk	1984	1999	2019
2.5. Tahun Lulus	1989	2002	
2.6. Judul Skripsi/ Thesis/ Disertasi	Penggunaan parameter petir dalam menentukan kemungkinan sambaran petir.	Menghitung pengaruh parameter surya pada fotovoltaik menggunakan syaraf tiruan	Peningkatan luaran daya panel fotovoltaik dengan metode <i>free convection</i> menggunakan plat berlubang
2.7. Nama Pembimbing	Dr. Ir. Zoro dipl. ing dan Ir. Zainuddin	Prof. Ir. Macmud Hasjim, M.Sc dan Dr. Ir. Joni Bustan, M.eng	Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, PhD dan Dr. Bhakti Suprpto, S.T, M.T

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jabatan
1	2018	Desain <i>Solar Renewable Energy</i> Pada <i>Photovoltaic</i> Jenis Monokristal Sebagai Pengganti Daya PLN 1300 Watt	UNSRI	Ketua
2	2019	Rencana Penerangan Ruangan Kerja Sebagai <i>Renewable Energy System</i> Menggunakan Fotovoltaik Polikristal	UNSRI	Anggota
3	2019	Desain dan optimalisasi inverter sinusoidal 1300 va pada <i>solar renewable system</i>	UNSRI	Ketua

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jabatan
1	2019	Meningkatkan kualitas sumber daya manusia dengan pemanfaatan cahaya matahari sebagai energi listrik terbarukan di Desa binaan Ulak Kerbau Baru Kabupaten Ogan Ilir	DIPA Unsri	Ketua
2	2019	Inverter berkapasitas 500 watt sebagai perubah arus dc ke ac pada PLTS didesa binaan Ulak Kerbau Baru	DIPA Unsri	Anggota

E. Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	ISSN/ Volume/ Nomor	Nama Jurnal	Link
1.	2019	Performance Evaluation Solar Charge Controller on Solar Power System Home-Based SPV Amorphous 80 Watt-peak.	doi:10.1088/1742-6596/1500/1/012004	Journal of Physics: Conference Series)	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1500/1/012004
2.	2019	Desain Dan Optimalisasi Inverter Sinusoidal 1300 Va Pada Solar Renewable System	ISBN: 978-979-190-72-4-8	AVOER XI	http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/issue/view/21
3.	2019	Prototipe Solar Renewable Energy Berbasis Transistor 2n3055 Di Desa Ulak Kembahang 2 Kecamatan Pemulutan Barat	ISBN: 978-979-190-72-4-8	AVOER XI	http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/view/382
3.	2020	Passive cooling using perforated aluminum plate to improve efficiency on monocrystalline of 100 Wp	doi:10.1088/1757-899X/909/1/012006	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 909 (2020) 012006	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/909/1/012006/meta

		Photovoltaic			
4.	2020	Efficiency Analysis of the Effect of Radiation and Temperature on Photovoltaic Monocrystalline, Polycrystalline, and Amorphous Recorded by Data Logger Based on Arduino Mega 2560	0038-111X	Solid State Technology	http://solidstate technology.us/index.php/jsst/article/view/8034

RINGKASAN

Penelitian ini berjudul: “Metode *Free Convection* pada *Photovoltaic Polycrystalline* 100 WP Menggunakan *Perforated Aluminum Plate*”. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Energi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya di Indralaya.

Peningkatan temperatur yang melebihi batas maksimum panel PV akan mempengaruhi penurunan efisiensi, sehingga dibutuhkan suatu sistem pendinginan guna menjaga temperatur panel PV agar tidak melebihi batas maksimum. Teknik pendinginan (*cooling technique*) yang paling efisien adalah *passive cooling* yang merupakan suatu sistem pendinginan dari *cooling technique* yang dibagi menjadi 2 bagian yaitu *passive* dan *active cooling*.

Penelitian ini, menggunakan *passive Cooling technique* dengan metoda *Free Convection* (konveksi secara alami), *Perforated Aluminum Plate* dipasang dibelakang panel PV *Polycrystalline* menyebabkan perpindahan panas dari panel PV ke udara luar melalui plat aluminium yang merupakan *cooling media*.

Datalogger digunakan sebagai pencatat *real time* pada sistem operasional pengukuran temperatur, arus, tegangan, kelembaban yang dilakukan di lapangan terbuka diluar Laboratorium Teknologi Energi Fakultas Teknik Indralaya.

Kata kunci : *Datalogger, Free Convection, Perforated aluminum plate, Polycrystalline* .

1. Latar Belakang

Peningkatan populasi manusia serta masalah pada lingkungan menjadikan energi terbarukan banyak digunakan pada saat ini. Dikarenakan pentingnya energi matahari, hal ini membuat banyak peneliti berminat untuk menggarapnya sebagai sumber energi terbarukan. Energi matahari menghasilkan 2 jenis energi yaitu listrik dan panas. Penggunaan panel PV dapat menghasilkan energi listrik. Panel PV merupakan sistem yang paling efisien dan ramah lingkungan. Pada panel akan terjadi peningkatan temperatur panel PV dan berkurangnya efisiensi panel PV dikarenakan peningkatan temperatur melebihi batas maksimum PV[1]. Zaoi, dkk [2] menyelidiki secara eksperimental dan numerik dampak temperatur sel pada kinerja panel PV dengan nilai iradiasi konstan. Dapat dilihat bahwa efisiensi dan daya keluaran berkurang seiring dengan nilai temperatur panel yang meningkat.

Penurunan temperatur yang terlampaui tinggi, digunakan suatu teknik pendinginan yang efektif. *Cooling technique* (teknik pendinginan) dikategorikan dalam dua cara, yaitu *passive cooling* dan *active cooling*. Sistem pendingin aktif, yang mengkonsumsi eksternal daya dalam proses reduksi panas (pompa listrik, kipas angin dan seterusnya). Mekanisme pendinginan pasif mengacu pada teknologi digunakan untuk mengekstrak dan atau meminimalkan penyerapan panas dari panel PV tanpa daya tambahan (alami). Teknik untuk sistem pendingin pasif bisa dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu pendinginan pasif udara, pendinginan pasif air dan pendinginan konduktif.

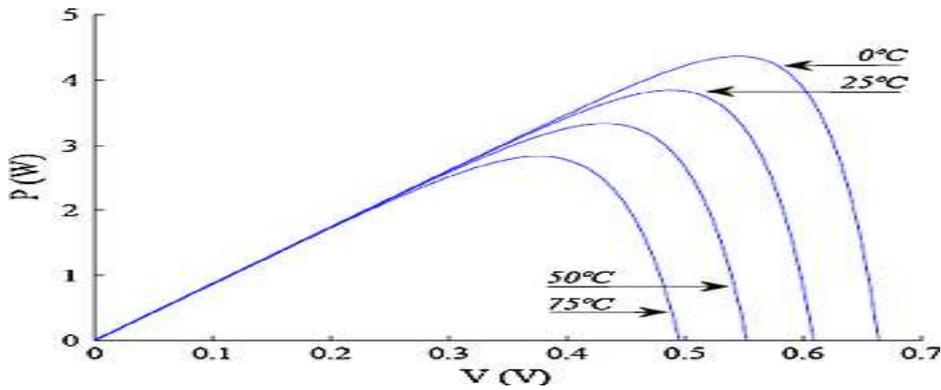
Datalogger digunakan sebagai pencatat *real time* pada sistem operasional pengukuran temperatur, arus, tegangan, kelembaban. Datalogger merupakan sebuah alat digital atau elektronik terprogram yang mencatat data dari waktu ke waktu. Atau secara singkat datalogger adalah alat untuk melakukan data logging. Secara fisik alat data logger berukuran kecil dan perangkat ini dilengkapi dengan mikroprosesor dan memori internal yang digunakan untuk mencatat dan merekam data dan sensor. Aplikasi dari penggunaan data logger adalah dapat digunakan sebagai alat pemantauan suhu (*temperature monitoring*). Selain itu alat ini dapat digunakan pula untuk pemantauan lingkungan yang memiliki syarat untuk

melakukan perekaman data secara real time 24 jam. Pengambilan data menjadi efektif dan efisien ketika menggunakan datalogger. Jika dibandingkan dengan pengambilan data secara manual, dapat mengakibatkan terjadinya *human error*. Dengan mengacu pada latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul *Performance Datalogger pada Photovoltaic Polycrystalline 100 WP Menggunakan Aluminum Plate Berlubang dengan Metode Free Convection*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Panel Fotovoltaik

Pembagian modul PV dikategorikan menjadi tiga jenis kristal sel yaitu: polikristalin, monokristalin dan amorf. Lalu penggunaan silikon dijadikan sebagai bahan dasar produksi modul PV. Silikon mempunyai dua kelompok utama yaitu modul thin dan silikon kristalin. Hal ini dikelompokkan berdasarkan aplikasi[3]. Silikon kristalin merupakan modul berjenis dominan dimana proses nya berasal dari wafer silikon kristalin. Faktor daya output maksimum dan tegangan sirkuit terbuka mempunyai koefisien yang memiliki suhu negatif dimana hal ini mempengaruhi kinerja silikon kristalin. Begitu juga kebalikannya, pada arus hubung singkat yang mempunyai koefisien suhu positif, suhu sekitar yang berasal dari lokasi dan daya keluaran dari fotovoltaik tidak akan langsung proporsional. Oleh karena itu, ketika suhu pada panel menurun maka akan ada peningkatan pada daya output yang dihasilkan oleh fotovoltaik. Menurut penelitian [4] terjadinya peningkatan temperatur panel yaitu pada saat cuaca di Malaysia terjadi peningkatan suhu panas. Hal ini akan membuat daya output dan efisiensi mengalami penurunan. Perbedaan yang terdapat pada panel dan sekitar disebabkan oleh adanya penurunan efisiensi. Maka dari itu, perlunya pertimbangan yang tepat dalam menentukan lokasi panel PV. Sedangkan peneliti teknik pendinginan panel PV yaitu pendinginan aktif (active cooling) atau dengan kata lain konveksi paksa (force convection) dan pendingin pasif (passive cooling) yang merupakan konveksi bebas (free convection) yang dapat mengurangi panas panel dan meningkatkan kinerja panel PV. Pada gambar 2.1 dapat dilihat tegangan dan daya out yang dipengaruhi oleh temperatur panel PV. Tegangan akan mendekati 7 V apabila temperatur panel 00 celcius dan daya 1 watt, sedangkan tegangan mendekati 6 V apabila temperatur panel 250 celcius, dan pada tegangan sebesar 5,5 V dihasilkan oleh temperatur 500 celcius. Dengan demikian juga untuk mendekati tegangan 5 V diperlukan temperatur panel 750 celcius.



Gambar 2.1. Karakteristik P–V sebagai Fungsi temperatur [7]

Pada gambar 2.1. Menjelaskan karakteritik modul PV, dimana fungsi temperatur adalah daya dan tegangan. Penurunan daya output dan tegangan modul PV diakibatkan karena adanya pertambahan temperatur sel.

Analisis regresi menghasilkan Arus panel fotovoltaik (I_{pp}), Daya maksimum (P_{max}) dan *Fill Factor* (FF), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan panel fotovoltaik (V_{pp}) yang digunakan dalam penentuan parameter koefisien temperatur.

Efisiensi konversi energi η modul didefinisikan sebagai berikut:

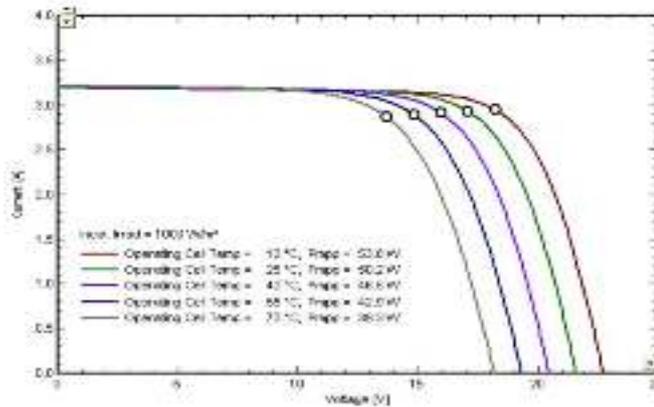
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I_{pp} * V_{pp}}{P_{in}} = \frac{FF * V_{oc} * I_{sc}}{P_{in}}$$

(1)

P_{in} adalah total daya input radiasi dari semua cahaya matahari yang mengenai permukaan sel/modul, dan P_{out} adalah output daya listrik dari sel/modul.

Faktor pengisian, FF ditentukan oleh:

$$FF = \frac{I_{pp} * V_{pp}}{I_{sc} * V_{oc}} * 100 \% \quad (2)$$



Gambar 2.2. Karakteristik I-V modul PV

Pada gambar 2.2, merupakan kurva tegangan dan arus yang mengakibatkan penurunan pada keluaran modul nya. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan temperatur operasi sel sebagai fungsi temperatur. Standar nilai variabel pada kurva I-V diikuti oleh faktor pengisian dimana semakin sel menghasilkan banyak daya maka semakin tinggi FF yang dimiliki.

Hubungan antara arus hubung singkat dan tegangan hubung terbuka oleh.

$$I_{SC} = 10 \frac{eq}{AKT^{-1}} V_{OC}$$

(3)

$$V_{OC} = \frac{AKT}{Q} * Ln\left(\frac{I_{SC}}{I_0+1}\right)$$

(4)

Dimana,

I_{sc} = arus hubung singkat (arus pada $V = 0$). Idealnya, ini sama dengan cahaya yang dihasilkan saat ini (I_L).

V_{oc} = tegangan rangkaian terbuka (tegangan pada $I = 0$, V_{oc} sangat bergantung pada sifat-sifatnya semikonduktor berdasarkan ketergantungannya pada $I=0$, arus nol.

K = konstanta Boltzmann,

T = temperatur sel,

Q = muatan elektronik, Faktor kualitas dioda dari persimpangan p-n.

Tegangan rangkaian terbuka adalah tegangan untuk beban maksimum dalam rangkaian.

V_{oc} adalah Tegangan rangkaian terbuka dimana tegangan untuk beban maksimum dalam rangkaian.

$$\frac{dV_{OC}}{dT} = \frac{-\left(\frac{E_g}{q} - V_{OC} + \frac{3KT}{q}\right)}{T}$$

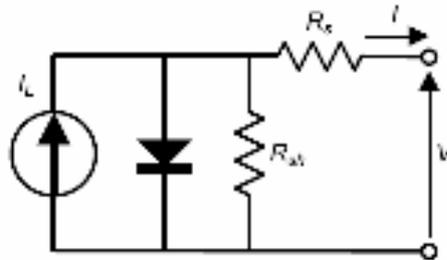
(5)

$$I = I_0 \exp\left[\frac{eV}{AkT} - 1\right] - I_L$$

(6)

Dimana; E_g = energi band gap; dan T = temperatur sel (K)

Rangkaian pengganti/ekivalen dari sel surya/PV dapat dilihat pada gambar 2.3 dengan model diode tunggal sebagai berikut:



Gambar 2.3. Model dioda tunggal untuk rangkaian ekivalen modul PV rangkaian pengganti/ekivalen modul PV model dioda tunggal yang digunakan untuk menggambarkan arus operasional yang dihasilkan modul PV dengan I_L arus yang dibangkitkan cahaya (A), I_0 arus jenuh balik pada sambungan dioda p-n (A), R_s hambatan seri pada sel PV (Ω), R_{sh} hambatan shunt sel PV (Ω), N_s jumlah sel yang tersusun seri, n_1 faktor ideal dioda, dan parameter tunggal dan V_t tegangan termal (V) yang dinyatakan sebagai :

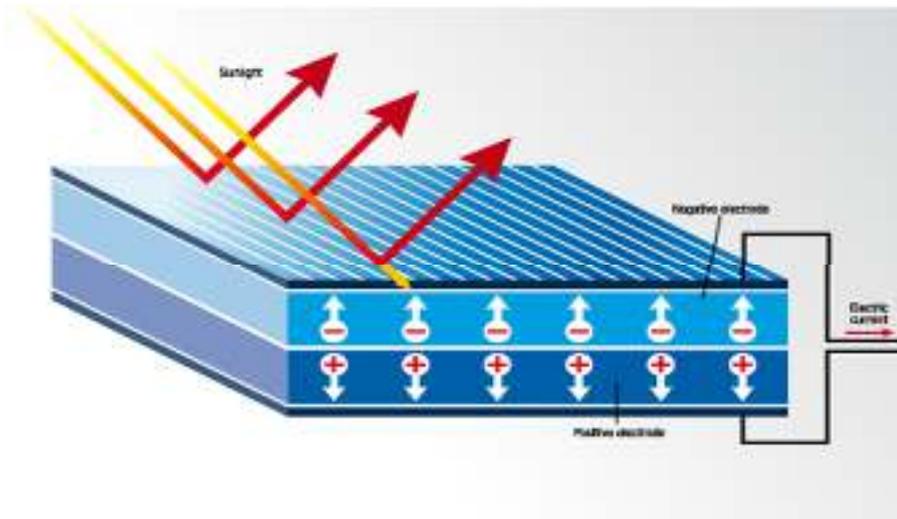
$$V_t = \frac{kTc}{q}$$

(7)

dengan T temperatur sel (K), k konstanta Boltzmann (JK) dan q muatan elektron (C). Hambatan shunt atau hambatan paralel R_{sh} menunjukkan arus yang bocor (leakage) pada sambungan p-n dioda, dimana nilainya untuk PV modul silikon sekitar $0.1 - 10 \Omega m^2$



Gambar 2.4. berikut ini adalah gambar bentuk Sel Surya yang merupakan modul surya PV yang berbentuk kepingan kecil dan dapat dirangkai seri dan parallel.



Gambar 2.5. Struktur dasar sel surya

Pada gambar 2.5. menggambarkan struktur dasar sel surya /PV. Pada gambar ini permukaan sel surya PV terbuat dari bahan gelas tembus cahaya. Sebagian permukaan sel surya yang terkena sinar matahari akan dipantulkan dan sebagian lainnya akan mengalami pembentukan kutub positif dan negatif sebagai arus DC karena telah dikonversi menjadi arus listrik.

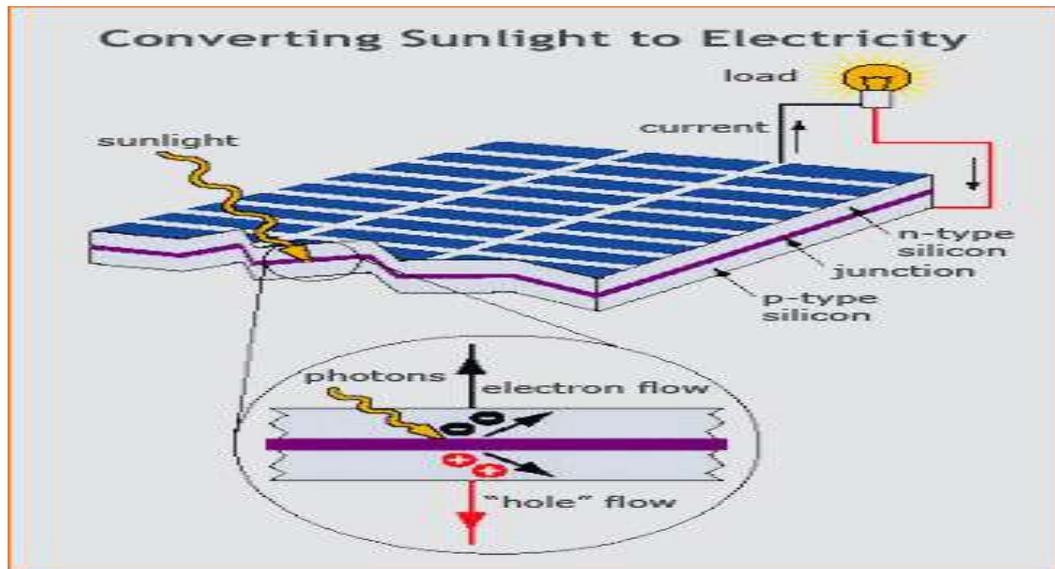
2.2.Prinsip Kerja Panel PV

Piranti semikonduktor diode adalah cara kerja yang identik pada sel surya. Akan terjadi pelepasan elektron karena bersentuhan nya cahaya dan sel surya lalu diserap oleh bahan semikonduktor. Sigma gaya pada bahan akan berubah jika pada lapisan yang berbeda elektron tersebut menempuh perjalanan menuju bahan semi konduktor. Hal ini akan menyebabkan aliran medan listrik karena adanya gaya tolakan antar semi konduktor. Gaya tolakan tersebut membuat elektron

digunakan pada perabot listrik karena adanya proses penyaluran ke saluran awal dan akhir.

Pembuatan sel surya memerlukan silikon murni yang memiliki kualitas kristal yang tinggi. Dari atom silikon tersebut akan terbentuk kisi kristal yang bersifat stabil. Pada kulit terluar atom silikon mempunyai empat ikatan elektron (elektron valensi). Ikatan pasangan elektron akan terbentuk dari dua elektron atom yang saling berdekatan. Hal ini bertujuan untuk mengkonfigurasi elektron yang bersifat stabil pada kisi kristal. Empat atom yang berdekatan akan terbentuk karena adanya ikatan pasangan elektron. Pembentukan pasangan elektron tersebut dengan delapan elektron di kulit terluarnya akan membuat gas mulia yang stabil karena silikon telah mencapai konfigurasi. Ikatan elektron dapat dipisahkan jika adanya pemberian panas atau cahaya.

Kemudian elektron tersebut akan bergerak bebas untuk menuju kisi kristal yang di dalam nya terdapat suatu rongga. Hal ini dikenal dengan konduktivitas intrinsik.



Gambar 2.6. Konversi cahaya matahari menjadi listrik dc [7][9].

Sinar matahari terdiri dari foton dimana partikel yang dimiliki sangat kecil, pada Gambar 2.6, Foton mampu menghasilkan energi yang mampu memisahkan elektron berstruktur atom karena foton memiliki partikel sinar matahari yang mengenai atom semikonduktor silikon pada sel surya [5]. Daerah pita konduksi

yang berbahan semikonduktor akan diisi dengan elektron yang bermuatan negatif karna telah dipisahkan dan akan bebas bergerak di dalam daerah tersebut.

Kosong nya struktur yang disebabkan atom kehilangan elektron disebut "lubang" dengan muatan positif (+). Semikonduktor tipe-N adalah wilayah yang bertindak sebagai pendonor elektron dengan elektron negatif yang bebas bergerak. Sedangkan semikonduktor -type-P adalah wilayah yang bertindak sebagai akseptor elektron dengan memiliki lubang positif.

Pergerakan arah yang berlawanan disebabkan adanya lubang dan energi yang mendorong elektron pada persimpangan wilayah positif dan negatif (PN Junction) . Hal ini akan membuat elektron menjauhi wilayah yang negatif dan lubang akan menjauhi wilayah yang positif. Timbulnya arus listrik yang searah (DC current) disebabkan karena adanya pemberian beban pada titik temu positif dan negatif (PN Junction) dalam bentuk lampu atau perangkat listrik lainnya[6]

2.3. Kinerja Kelistrikan yang Tergantung Suhu Modul PV

Proses konversi fotovoltaiik dipengaruhi oleh suhu pengoperasiannya. Suhu operasi sel secara linear menjadi patokan efisiensi listrik dan daya keluaran modul PV. Berbagai korelasi diusulkan dalam literatur mewakili persamaan kerja yang disederhanakan dan dapat diterapkan pada modul PV atau array PV dipasang pada frame berdiri bebas, kolektor PV / Termal dan *array BIPV (Building integrated photovoltaic)*.

Material PV yang digunakan melihat jenisnya mempengaruhi kinerja kelistrikan. Di dalam literatur tentang PV / T hanya a-Si dan kristal Si yang ditemukan pada proses praktiknya. Tingginya efisiensi kelistrikan disebabkan karena efisiensi kristal Si yang tinggi juga dan rasio kelistrikan menjadi termal yang lebih tinggi dari PV/T di bandingkan dengan a-Si. Pada kolektor PV / T-cair dan PV / T-udara untuk a-Si dan c-Si, ditemukan bahwa pada suhu nol tereduksi, untuk pengumpul cairan PV / T, efisiensi prototipe c-Si adalah 55% dan prototipe a-Si 60%, sedangkan untuk pengumpul udara PV / T prototipe c-Si adalah 38% dan prototipe a-Si 45%. Namun, kinerja listrik untuk modul c-Si adalah 12% dan untuk a-Si adalah 6%. Hasil termal yang lebih tinggi juga ditemukan untuk a-Si.

2.4. Efisiensi Modul PV sebagai Fungsi dari Suhu Pengoperasian

Korelasi yang menyatakan suhu sel PV (T_c) sebagai fungsi dari variabel cuaca seperti suhu sekitar (T_a), kecepatan angin lokal (V_w), radiasi matahari ($I(t)$), material dan sistem yang bergantung pada sifat seperti transmitansi penutup-kaca (τ), absorptansi plat (α), dll. Efek suhu pada efisiensi listrik sel PV / modul dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan fundamental[7],

$$P_m = I_m V_m = (FF) I_{sc} V_{oc} \quad (8)$$

Dalam persamaan 8. ini FF adalah *Fill Factor*, I_{sc} adalah arus hubung singkat, V_{oc} adalah tegangan hubung terbuka dan subskrip m mengacu pada titik daya maksimum dalam kurva I-V modul. Baik tegangan hubung terbuka dan *Fill factor* menurun secara substansial dengan suhu (karena elektron tereksitasi termal mulai mendominasi sifat listrik dari semi-konduktor), sedangkan arus hubung singkat meningkat, tetapi hanya sedikit. Dengan demikian, efek bersih mengarah ke dalam bentuk hubungan linear

$$\eta_c = \eta_{Tref} [1 - \beta_{ref} (T_c - T_{ref}) + \gamma \log_{10} I(t)] \quad (9)$$

Pada persamaan 9 dimana : η_{Tref} adalah modul efisiensi listrik pada suhu referensi, T_{ref} , dan pada radiasi matahari 1000 W/m^2 . Koefisien suhu, β_{ref} , dan koefisien radiasi matahari, γ , terutama sifat-sifat material, memiliki nilai sekitar $0,004 \text{ K}^{-1}$ dan $0,12$, masing-masing, untuk modul silikon kristalin, biasanya diambil sebagai nol, dan pers 10 berkurang menjadi

$$\eta_c = \eta_{Tref} [1 - \beta_{ref} (T_c - T_{ref})] \quad (10)$$

yang mewakili ekspresi linear tradisional untuk efisiensi listrik PV. Jumlah η_{Tref} dan β_{ref} biasanya diberikan oleh pabrikan PV. Namun, dapat diperoleh dari uji coba di mana output listrik modul diukur pada dua suhu yang berbeda untuk fluks radiasi matahari yang diberikan. Pada persamaan 11, nilai aktual dari koefisien suhu dapat juga tergantung pada T_{ref} bukan hanya pada bahan PV. Itu diberikan oleh rasio,

$$\beta_{ref} = \frac{1}{T_o - T_{ref}} \quad (11)$$

dimana T_0 adalah suhu tinggi di mana efisiensi listrik modul PV turun ke nol. Untuk sel surya kristal silikon, suhu ini adalah 270°C. Dalam sejumlah korelasi, suhu sel / modul yang tidak tersedia telah digantikan oleh T_{NOCT} , yaitu suhu sel operasi nominal (*Nominal Operating Cell Temperature*). Dijelaskan pada persamaan 12. Berikut,

$$\eta = \eta_{ref} \left[1 - \beta \left[T_a - T_{ref} + (T_{NOCT} - T_a) \frac{I(t)}{I(t)_{NOCT}} \right] \right]$$

(12)

Kuantitas yang dilabeli sebagai NOCT diukur pada kondisi rangkaian terbuka (mis. Tanpa beban terpasang) saat beroperasi yang disebut nominal lingkungan sekitar/Nominal Terrestrial Environment(NTE), yang didefinisikan sebagai berikut :

- Fluks surya global: 800Wm²
- Suhu udara: 293.16K (20oC),
- Kecepatan angin rata-rata: 1ms⁻¹
- Pemasangan: rak terbuka, dimiringkan secara normal ke matahari siang, Matahari

Selain nilai 'instan' untuk efisiensi listrik PV, dapat ditulis juga ekspresi untuk efisiensi rata-rata bulanan. Untuk memperkirakan output energi listrik bulanan modul PV dapat melihat persamaan 13 , berikut:

$$\eta_c = \eta_{Tref} \left[1 - \beta_{ref} (T_a - T_{ref}) \cdot \frac{\beta_{ref} (\bar{\tau} \bar{\alpha})}{n U_L} \bar{V} \bar{H}_T \right] \quad (13)$$

di mana *over-bar* menunjukkan jumlah rata-rata bulanan, n adalah jumlah jam per hari, U_L adalah koefisien kerugian termal keseluruhan, H_T adalah insulasi harian rata-rata bulanan pada bidang array dan V adalah fungsi tak berdimensi dari jumlah tersebut sebagai sudut matahari terbenam, indeks kejernihan rata-rata bulanan dan rasio total radiasi bulanan pada array terhadap permukaan horizontal.

Dalam literatur ditemukan sejumlah persamaan terkait efisiensi sel PV / modul yang ditujukan untuk parameter, seperti persamaan 13 yang ditemukan oleh beberapa penulis. Lalu terdapat juga penyajian bentuk-bentuk tambahan

untuk Z_c , Atas dasar data yang tercantum untuk $T_{ref}=25^{\circ}C$, rata-rata $\eta_{ref} \approx 0.12$ dan rata-rata $\beta_{ref} 0.0045^{\circ}C^{-1}$.

2.5. Ketergantungan daya output PV pada modul operasi suhu

Prediksi kinerja modul PV dalam hal output daya listrik dalam kondisi lapangan, yaitu penyimpangan dari kondisi pengujian standar dilaporkan oleh pabrikan modul. Misalnya, baru-baru ini diusulkan korelasi untuk daya PV seperti persamaan 14, adalah

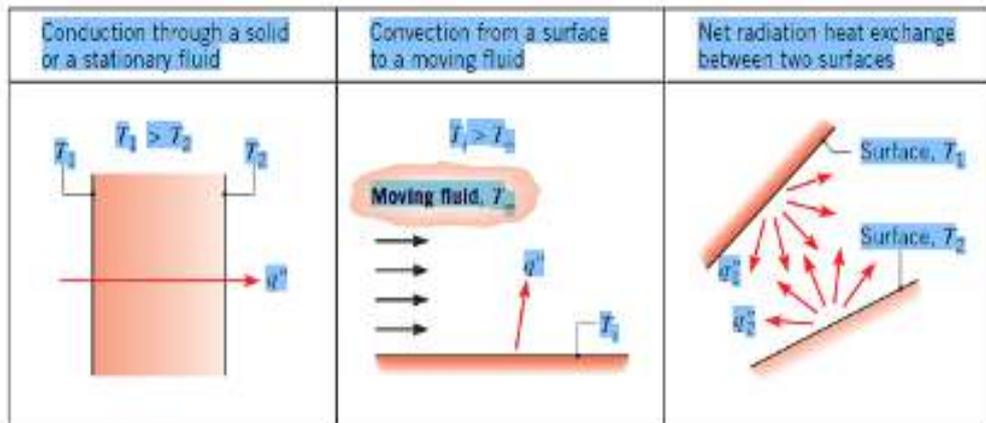
$$P = \eta_{T_{ref}} \tau_{pv} A I(t) [1 - 0,0045(T_c - 25)] \quad (14)$$

Efektivitas terhadap panel PV/T sudah banyak dicoba oleh peneliti agar dapat mengalami peningkatan [8]. Penurunan nilai efisiensi panel PV/T disebabkan karena suhu yang sudah melebihi batas. Hal ini membuat banyak peneliti mencoba berbagai metode agar dapat menjaga suhu panel PV/T. Sebagian besar para peneliti, mencoba agar sistem pendingin panel PV/T dapat digerakkan dengan penggunaan energi tambahan. Contohnya, kipas angin dc dan air yang disemprot menggunakan pompa pada sistem pendingin air nya[9]. Panel PV/T dalam keefisienanya memiliki variasi dengan range 7 – 40 %. Jenis bahan semikonduktor yang dipakai menentukan efisiensi panel PV/T untuk melihat kenaikan suhu panel PV/T. Pada permukaan panel akan terdapat jumlah penyerapan radiasi matahari yang datang . Hal ini akan mempengaruhi peningkatan efektivitas panel PV/T. Sebaliknya, jika suhu pada panel PV melebihi batas maka efisiensi pada panel PV akan menurun.

2.6. Perpindahan panas / *Heat transfer*

Ilmu yang mempelajari perbedaan suhu (panas dan dingin) yang menyebabkan adanya laju perpindahan panas antara material dan benda. Panas yang mengalir akan melalui daerah yang bersuhu tinggi menuju ke daerah yang bersuhu rendah.

Mekanisme perpindahan panas seperti gambar 2.7.



Gambar 2.7. mode heat transfer konduksi, konveksi dan radiasi

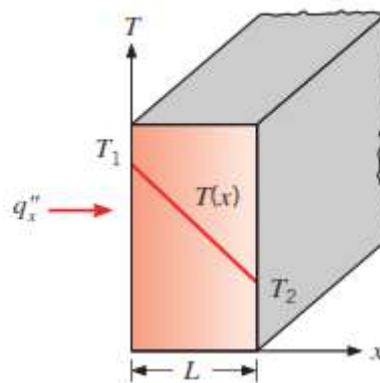
2.6.1. Konduksi

Perpindahan panas melalui konduksi apabila adanya aliran panas dari tempat yang bersuhu tinggi menuju suhu yang lebih rendah dengan menggunakan media padat.

Dasar: Hukum Fourier

$$q''_x = k \left[-\frac{dT}{dx} \right]$$

(15)



Gambar 2.8. Perpindahan panas konduksi pada satu bidang datar

q''_x (w/m²) adalah *heat transfer rate* pada sumbu x perunit area, proporsional dengan gradien temperatur $\frac{dT}{dx}$, parameter k sebagai konduktivitas termal (w/m.k) dan merupakan karakteristik dinding material. Penurunan temperatur akan seiring dengan perpindahan panas yang ditunjukkan dengan tanda minus. Dibawah kondisi steady state seperti ditunjukkan pada gambar diatas, dimana distribusi temperatur adalah linier, gradien temperatur ditunjukkan pada persamaan berikut

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_2 - T_1}{L}$$

(16)

Dan *heat flux* menjadi

$$q''_x = -k \frac{T_2 - T_1}{L} = k \frac{\Delta T}{L}$$

(17)

catatan *heat flux* adalah transfer panas rata-rata perunit area. Perpindahan panas karena konduksi $q_{x(w)}$ pada area A adalah

$$q_x = q''_x \cdot A$$

(18)

2.6.2. Radiasi

Pancaran seperti sinar atau radiasi gelombang elekto magnetik menyebabkan adanya perpindahan panas dan disebut dengan radiasi. Radiasi dalam melakukan perpindahan panas tidak perlu menggunakan media perantara.

Dasar: Hukum Stefan-Boltzman

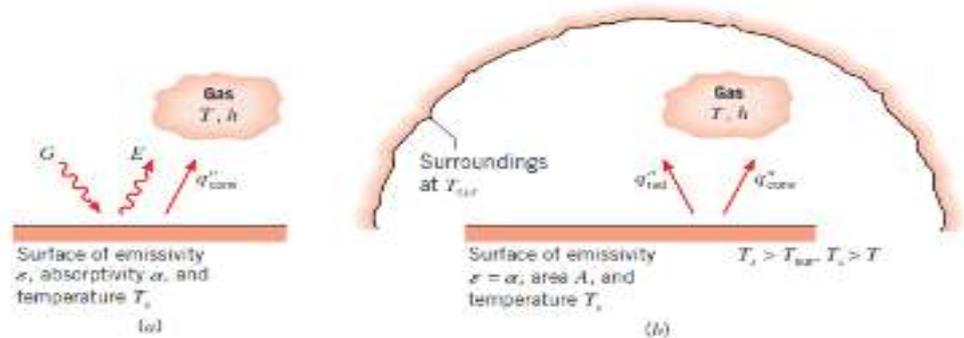
$$E_b = \sigma T_s^4$$

(19)

Energi dilepaskan per satuan luas (W/m²) pada permukaan daya emisivitas, E. Dengan batas atas untuk daya emisivitas, dimana T_s adalah absolute temperature (K) dari permukaan dan σ adalah konstanta Stefan-boltzman ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W/m².K⁴). Permukaan seperti itu disebut radiator ideal atau blackbody.

Panas yang dipancarkan oleh permukaan nyata lebih kecil dari pada benda hitam pada suhu yang sama dan dinyatakan oleh $E = \epsilon \sigma T_s^4$ di mana ϵ adalah sifat radiasi permukaan disebut emisivitas. Dengan nilai dalam jarak $0 \leq \epsilon \leq 1$, sifat ini

memberikan ukuran seberapa efisien suatu permukaan memancarkan energi relatif terhadap benda hitam. Itu sangat tergantung pada permukaan dan finishing bahan



Gambar 2.9. Radiation exchange: (a) permukaan and (b) antara permukaan dan sekitar

Melalui ungkapan ini diketahui bahwa penyerapan radiasi dapat memperoleh emisi radiasi karena adanya adanya pelepasan energi panas yang berbeda. Banyak aplikasi, memudahkan mengekspresikan pertukaran panas radiasi bersih dalam bentuk

$$q_{\text{rad}} = h_r A (T_s - T_{\text{sur}}) \quad (20)$$

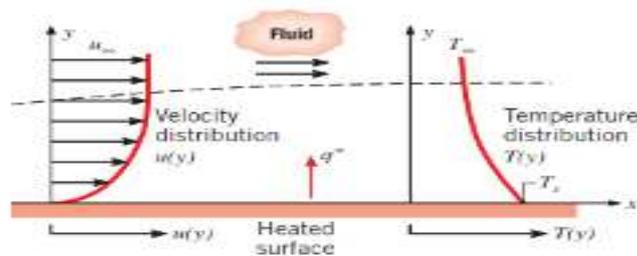
2.6.3. Konveksi

Adalah adanya perpindahan panas antara padat dan fluida yang terjadi disekitar permukaan dimana fluida (gas/cairan) sebagai media penghantar.

Dasar: Hukum Newton

$$q'' = h_c A (T_\infty - T_s) \quad (21)$$

$$T_\infty > T_s$$



Gambar 2.10. Boundary layer development pada konveksi heat transfer

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Pengambilan Data

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental termasuk dalam metode penelitian kuantitatif untuk mendapatkan data dan informasi pendukung mendesain *passive cooling* menggunakan pelat aluminium berlubang yang difungsikan untuk meningkatkan efisiensi panel PV antara lain:

1. Studi Literatur

Pengumpulan literatur dari jurnal, artikel, dan buku referensi yang sesuai dan menunjang bahasan yang berkaitan dengan teori penelitian.

2. Desain sistem pendingin passive cooling

Mendesain blok diagram dan rancangan diagram alir suatu sistem pendingin menggunakan prinsip *free convection*.

3. Pemasangan dan Instalasi

Pemasangan instalasi panel PV, pelat berlubang, battery charge control, baterai, inverter, data logger dan instalasi kabel.

4. Pendataan

mengukur tegangan Voc, arus Isc, radiasi matahari, dan suhu pada panel PV.

5. Analisa dan Evaluasi

Menganalisa dan mengevaluasi hasil dari *datalogger*.

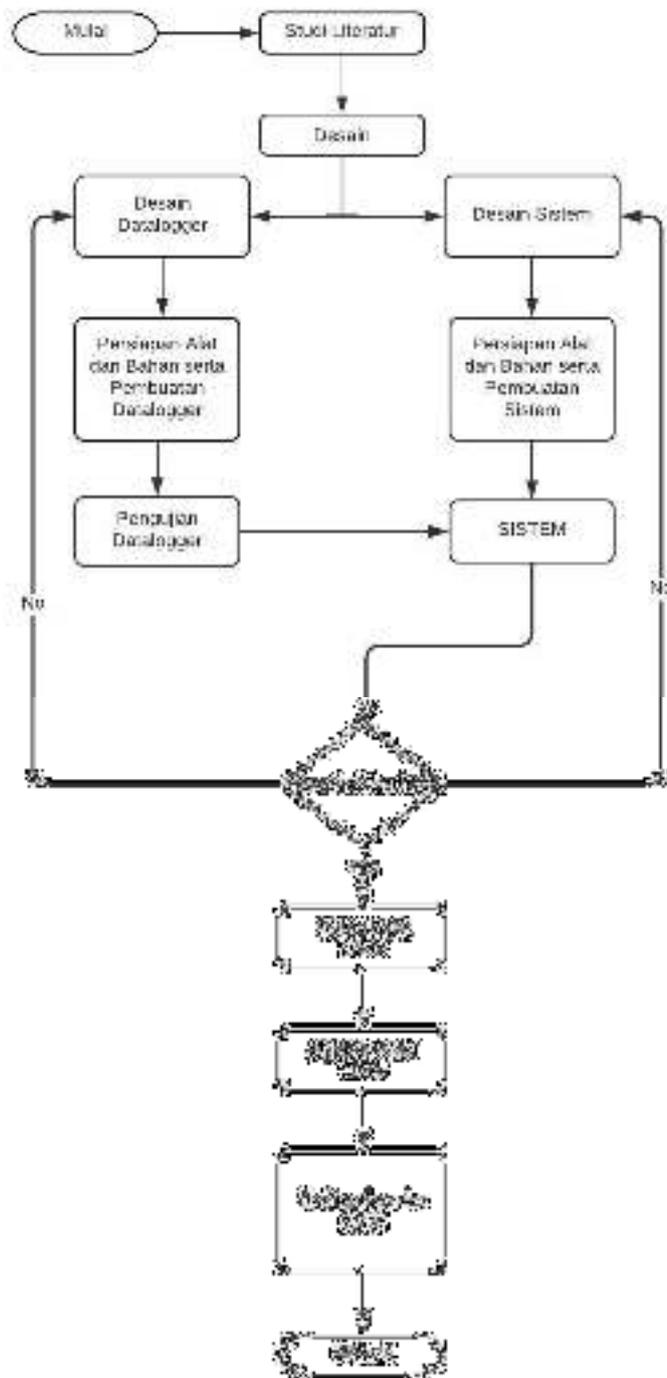
6. Kesimpulan dan Saran

7. Pembuatan Laporan

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Riset Teknologi Energi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya di Indralaya, pelaksanaan penelitian dimulai bulan Juni 2021.

3.3. Flow Chart Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

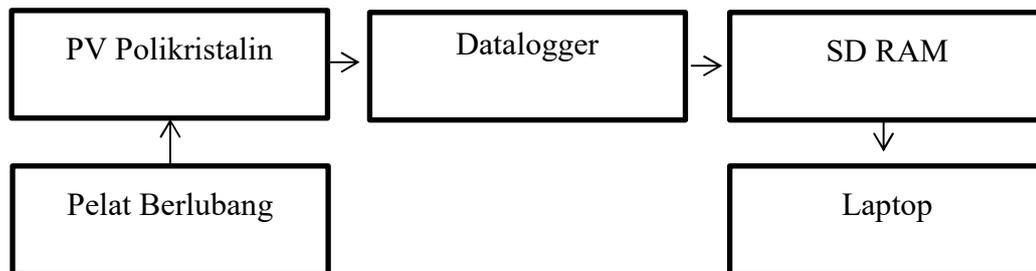
3.4. Pembagian Tugas Peneliti

NO	Jabatan	DESKRIPSI TUGAS	JAM
1	Ketua	<ol style="list-style-type: none">1. Mengkoordinir dan memimpin Anggota dalam pelaksanaan penelitian.2. Memberikan arahan dan pembagian tugas kepada anggota dosen dan mahasiswa3. Membimbing mahasiswa melakukan riset4. Membimbing mahasiswa membuat laporan dan aktifitas riset5. Melatih dan mengarahkan mahasiswa dalam pembuatan laporan dan artikel luaran	40 Jam
2	Anggota 1	<ol style="list-style-type: none">1. Melaksanakan kegiatan riset dan membimbing mahasiswa2. Melakukan analisa data yang dihasilkan serta memberi arahan kepada mahasiswa3. Membuat desain peralatan bersama-sama dengan dosen dan mahasiswa4. Memberikan arahan dan penjelasan tentang riset kepada mahasiswa	30 Jam

		5. Membantu mahasiswa melakukan penulisan laporan dan artikel	
3	Anggota 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melaksanakan kegiatan riset dan membimbing mahasiswa 2. Melakukan analisa data yang dihasilkan serta memberi arahan kepada mahasiswa 3. Membuat desain peralatan bersama-sama dengan dosen dan mahasiswa 4. Memberikan arahan dan penjelasan tentang riset kepada mahasiswa 5. Membantu mahasiswa melakukan penulisan laporan dan artikel 	30 Jam
4	Anggota Mahasiswa 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Membantu dosen dalam instalasi dan perakitan 2. Melakukan studi literatur sesuai dengan arahan dosen 3. Mencoba melakukan eksperimen peralatan 4. Membuat laporan hasil penelitian 	60 – 80 Jam
5	Anggota Mahasiswa 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan studi literatur 2. Membantu pengambilan data 	60 – 80 Jam

		3. Membuat laporan dan persetujuan dosen	
6	Anggota Mahasiswa 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Melakukan studi literatur 2. Membantu dosen dalam pengambilan data 3. Membuat instalasi dan perakitan peralatan 4. Membuat laporan dan diskusi 	60 – 80 Jam

3.5. Diagram Blok Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Blok Penelitian.

Pelat berlubang diaplikasikan dibagian bawah panel surya polikristalin 100 WP. Pertambahan pelat ini difungsikan agar panas yang ada pada panel surya tidak *over heat* dan dapat meningkatkan efisiensi pada panel surya tersebut. Pengukuran dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan kemudian menghitung efisiensi dari hasil keluaran panel surya.

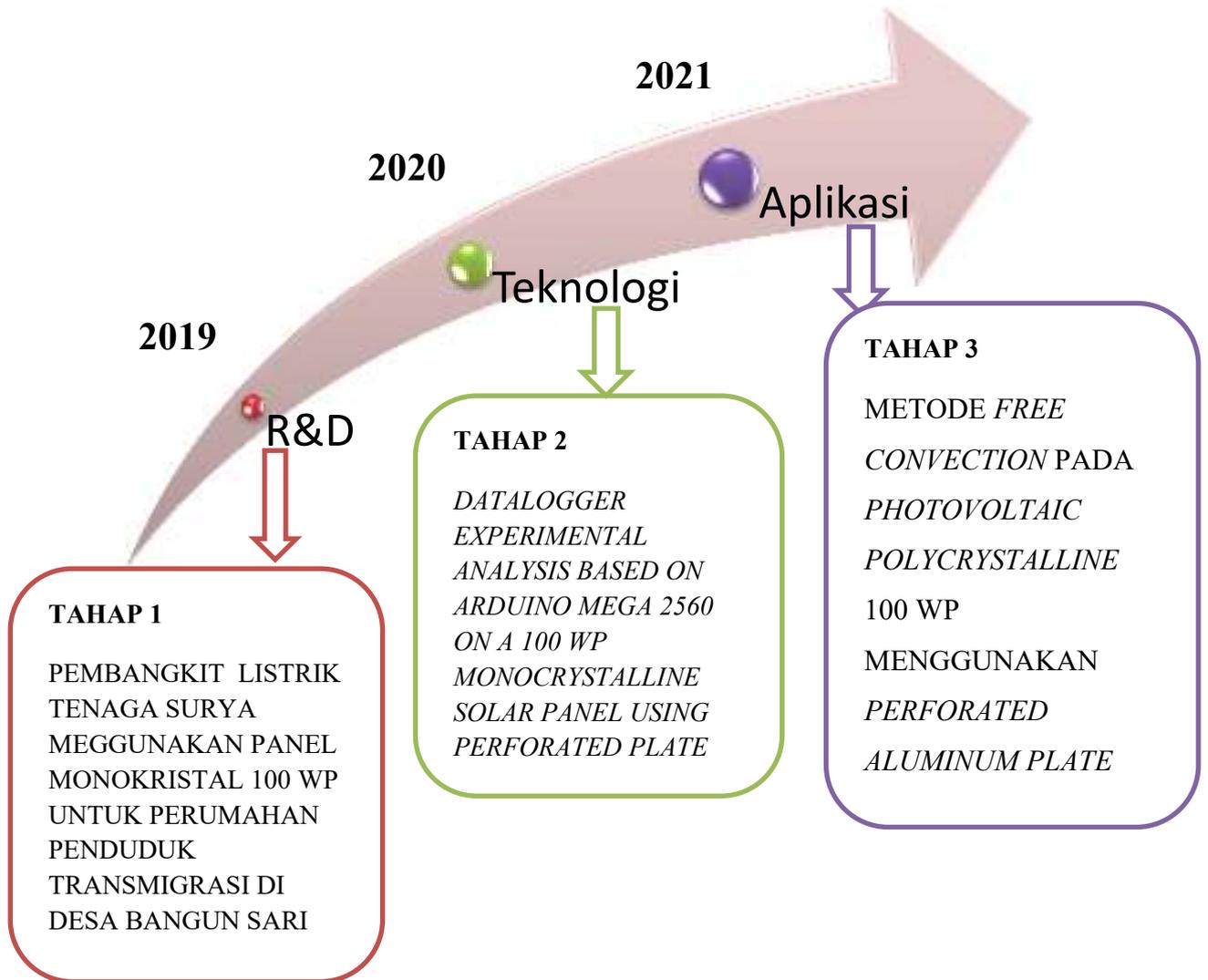
3.6. Tabel Matriks Pengambilan Data

Tabel 3.2. Tabel Data Pengukuran.

Waktu (WIB)	Radiasi Matahari (W/m²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur (°C)
09.00				
10.00				
11.00				
12.00				
.....				
16.00				

4. ROAD MAP

Road map/ peta jalan penelitian ini mengacu pada kenaikan efisiensi pada panel surya. Peningkatan temperatur pada panel surya melebihi tingkat suhu maksimal mengakibatkan hasil keluaran daya dan efisiensi menurun. Solusi untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan menambahkan media pendingin. *Perforated Plate* merupakan solusi dalam penurunan temperatur pada panel surya tersebut. Peta jalan penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.1. *Road map/* Peta jalan penelitian.

5. RENCANA ANGGARAN BIAYA

Nama Item	Jumlah Item	Satuan	Biaya Satuan	Subtotal
Panel Surya Polikristalin 100 WP	4	Unit	850000	3400000
Multi Meter model UX-838TR	1	Unit	1500000	1500000
Baterai 150 AH	1	Buah	1850000	1850000
Inverter 1000 W	1	Unit	900000	900000
Arduino Mega-2540	1	Set	1250000	1250000
Datalogger	1	Set	675000	675000
Termokopel	1	Unit	850000	850000
Solar Charge Controler	1	Unit	950000	950000
UV Light Meter model TM-208	1	Unit	400000	400000
Pelat Aluminium	1	Kp	925000	925000
Anemometer model LM-8000	1	Unit	975000	975000
Clamp Meter model kew fork 2300R	1	Unit	1450000	1450000
Pek. Instalasi Datalogger	1	Set	750000	750000
Pek. Pelat Berlubang	2	Unit	250000	500000
Pek tower panel	1	Unit	3600000	3600000
Pek.perakitan dan instalasi	1	Unit	900000	900000
Analisa Datalogger	1	LS	800000	800000
Analisa Pengukuran Output Daya	1	LS	500000	500000
Kalibrasi	1	Unit	600000	600000
Transportasi	1	LS	400000	400000
Penggandaan Laporan	1	LS	600000	600000
Laporan Akhir	1	LS	700000	700000
Poster	1	LS	250000	250000
Dokumentasi	1	LS	775000	775000
International Conference Fee	1	LS	3000000	3000000
Akomodasi	1	LS	900000	900000
Mobilisasi	1	LS	600000	600000
	TOTAL			30000000
	(TIGA PULUH JUTA RUPIAH)			

6. JADWAL PENELITIAN

Tabel 6.1. Jadwal Penelitian.

No.	Kegiatan	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1.	Proposal	x						
2.	Persiapan		x					
3.	Studi Literatur	x	x	x	x	x	x	x
4.	Desain Peralatan		x	x				
5.	Peralatan Pendukung			x				
6.	Perakitan Peralatan				x	x		
7.	Pengujian Peralatan					x	x	
7.	Pengukuran dan Analisa						x	x
8.	Penulisan Laporan							x

7. HASIL DAN ANALISA

7.1. Data Hasil Pengukuran

Dalam penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan variasi ukuran diameter lubang pelat pendingin pada panel surya. Adapun data yang akan diambil pada saat pengukuran data adalah Radiasi Matahari (W/m^2), Tegangan (Volt), Arus (Ampere), Temperatur ($^{\circ}C$). Penelitian dilakukan dengan variasi ukuran diameter lubang pelat pendingin mulai dari 25 mm , 5.0 mm , dan 7.5 mm.

Tabel 7.1 Data hasil pengukuran PV tanpa / dengan plat 2.5 mm

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m^2)	Panel Surya tanpa Plat Pendingin			Panel Surya dengan Plat Pendingin Ukuran 2,5 mm				Temperatur Sekitar ($^{\circ}C$)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel ($^{\circ}C$)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel ($^{\circ}C$)	Temperatur Plat ($^{\circ}C$)	
06:30	121.20	14.53	0.95	30.00	15.67	1.06	30.00	36.70	25.00
07:00	150.70	14.54	1.03	31.50	15.71	1.07	32.00	39.70	27.00
07:30	124.00	14.52	1.08	36.20	15.79	1.17	30.50	40.00	25.20
08:00	198.10	14.6	1.08	34.00	16.41	1.16	32.70	42.50	25.00
08:30	330.30	14.69	1.33	39.70	17.23	1.53	39.50	38.20	26.20
09:00	355.90	14.79	1.35	40.20	17.75	1.65	39.70	39.00	26.50
09:30	414.00	14.88	1.34	46.70	17.31	1.42	46.50	40.00	26.50
10:00	789.00	14.95	1.48	52.20	16.91	1.64	51.20	43.00	26.20
10:30	763.00	15.2	1.02	54.50	16.52	1.17	50.00	42.00	26.50
11:00	757.00	15.74	1.45	57.20	16.8	1.67	52.20	42.00	27.70
11:30	780.00	16.06	1.03	52.00	17.91	1.27	46.20	40.50	28.20
12:00	843.00	16.13	1.48	52.00	17.55	1.94	46.50	41.20	25.70
12:30	806.00	16.78	1.23	51.50	16.79	1.36	47.50	41.70	27.50
13:00	781.00	15.79	1.46	45.70	17.15	1.83	44.00	41.50	26.50
13:30	715.00	15.79	1.28	44.00	16.29	1.43	40.50	43.00	28.70
14:00	666.00	15.77	1.32	37.50	16.19	1.49	37.50	45.00	29.70
14:30	598.00	15.86	1.41	60.70	17.44	1.89	54.20	44.00	27.00
15:00	263.50	16.19	1.16	41.00	16.39	1.21	40.00	41.50	30.20
15:30	225.10	15.16	1.06	39.50	15.25	1.12	39.00	40.00	30.00
16:00	176.10	15.06	0.94	40.20	15.24	1.06	39.50	39.20	28.20
16:30	134.10	14.46	0.86	39.00	14.58	0.96	35.70	37.00	30.00
17:00	88.30	14.17	0.89	38.20	14.46	0.87	35.50	37.00	29.50
17:30	70.10	14.08	0.73	37.70	14.41	0.90	35.00	35.50	29.70

Tabel 7.2 Data hasil pengukuran PV menggunakan plat pendingin 5.0 dan 7.5 mm

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Panel Surya dengan Plat Pendingin Ukuran 5 mm				Panel Surya dengan Plat Pendingin Ukuran 7,5 mm			
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)	Temperatur Plat (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)	Temperatur Plat (°C)
06:30	121.20	16.12	1.13	29.00	28.00	16.49	1.13	26.00	28.50
07:00	150.70	16.49	1.17	31.00	27.50	17.2	1.22	27.20	28.50
07:30	124.00	16.15	1.23	30.70	28.20	17.78	1.27	27.20	29.00
08:00	198.10	16.16	1.27	31.20	28.00	20.51	1.29	27.50	28.70
08:30	330.30	17.68	1.62	30.70	29.00	19.76	1.90	26.50	28.70
09:00	355.90	18.26	1.82	31.70	30.20	21.16	2.33	27.50	27.50
09:30	414.00	17.76	1.44	32.00	30.70	20.51	1.80	28.00	31.00
10:00	789.00	17.32	1.71	32.20	35.20	20.06	2.35	28.20	33.20
10:30	763.00	16.89	1.25	32.70	30.70	18.78	1.29	29.00	28.50
11:00	757.00	17.17	1.94	34.00	29.00	19.24	3.04	30.00	26.00
11:30	780.00	18.38	1.29	36.50	29.50	18.22	1.52	33.20	25.70
12:00	843.00	17.98	1.97	35.20	31.50	19.22	3.31	31.20	27.00
12:30	806.00	17.17	1.44	38.00	31.50	19.4	1.97	33.20	26.70
13:00	781.00	17.58	1.86	36.70	33.20	20.28	2.50	34.20	28.50
13:30	715.00	16.65	1.44	38.00	32.20	17.93	1.75	34.50	29.00
14:00	666.00	16.54	1.53	37.00	36.00	19.59	1.98	34.20	39.70
14:30	598.00	17.85	1.92	37.70	45.50	20.11	2.85	35.50	37.70
15:00	263.50	16.76	1.46	38.50	41.00	19.94	2.08	36.70	38.00
15:30	225.10	16.18	1.17	38.20	38.50	16.54	1.24	35.50	36.50
16:00	176.10	16.15	1.12	39.00	38.70	16.51	1.18	35.70	36.50
16:30	134.10	14.94	1.06	34.50	36.70	15.25	1.08	33.70	34.70
17:00	88.30	14.76	0.89	32.70	37.50	15.06	0.94	33.20	34.50
17:30	70.10	14.68	0.96	31.50	36.00	14.98	0.99	31.00	34.00

Data hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya tanpa menggunakan plat pendingin berlubang

Tabel 7. 3 Perhitungan pada Panel Surya tanpa Plat Pendingin Berlubang.

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Panel Surya tanpa Plat Pendingin berlubang			Daya (W)	Efisiensi (%)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)		
06:30	121.20	14.53	0.95	30.00	13.80	16.75
07:00	150.70	14.54	1.03	31.50	14.98	14.62
07:30	124.00	14.52	1.08	36.20	15.68	18.60
08:00	198.10	14.6	1.08	34.00	15.77	11.71
08:30	330.30	14.69	1.33	39.70	19.54	8.70
09:00	355.90	14.79	1.35	40.20	19.97	8.25
09:30	414.00	14.88	1.34	46.70	19.94	7.08
10:00	789.00	14.95	1.48	52.20	22.13	4.12
10:30	763.00	15.20	1.02	54.50	15.50	2.98
11:00	757.00	15.74	1.45	57.20	22.82	4.43
11:30	780.00	16.06	1.03	52.00	16.54	3.12
12:00	843.00	16.13	1.48	52.00	23.87	4.16
12:30	806.00	16.78	1.23	51.50	20.64	3.76
13:00	781.00	15.79	1.46	45.70	23.05	4.34
13:30	715.00	15.79	1.28	44.00	20.21	4.15
14:00	666.00	15.77	1.32	37.50	20.82	4.59
14:30	598.00	15.86	1.41	60.70	22.36	5.50
15:00	263.50	16.19	1.16	41.00	18.78	10.48
15:30	225.10	15.16	1.06	39.50	16.07	10.50
16:00	176.10	15.06	0.94	40.20	14.16	11.82
16:30	134.10	14.46	0.86	39.00	12.44	13.64
17:00	88.30	14.17	0.89	38.20	12.61	21.01
17:30	70.10	14.08	0.73	37.70	10.28	21.57

Data hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya menggunakan plat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm

Tabel 7. 4 Perhitungan pada Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang berukuran 2,5 mm

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang ukuran 2,5 mm				Daya (W)	Efisiensi (%)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)	Temperatur Plat (°C)		
06:30	121.20	15.67	1.06	30.00	36.70	16.61	20.16
07:00	150.70	15.71	1.07	32.00	39.70	16.81	16.41
07:30	124.00	15.79	1.17	30.50	40.00	18.47	21.92
08:00	198.10	16.41	1.16	32.70	42.50	19.04	14.13
08:30	330.30	17.23	1.53	39.50	38.20	26.36	11.74
09:00	355.90	17.75	1.65	39.70	39.00	29.29	12.10
09:30	414.00	17.31	1.42	46.50	40.00	24.58	8.73
10:00	789.00	16.91	1.64	51.20	43.00	27.73	5.17
10:30	763.00	16.52	1.17	50.00	42.00	19.33	3.72
11:00	757.00	16.8	1.67	52.20	42.00	28.06	5.45
11:30	780.00	17.91	1.27	46.20	40.50	22.75	4.29
12:00	843.00	17.55	1.94	46.50	41.20	34.05	5.94
12:30	806.00	16.79	1.36	47.50	41.70	22.83	4.16
13:00	781.00	17.15	1.83	44.00	41.50	31.38	5.91
13:30	715.00	16.29	1.43	40.50	43.00	23.29	4.79
14:00	666.00	16.19	1.49	37.50	45.00	24.12	5.32
14:30	598.00	17.44	1.89	54.20	44.00	32.96	8.11
15:00	263.50	16.39	1.21	40.00	41.50	19.83	11.07
15:30	225.10	15.25	1.12	39.00	40.00	17.08	11.16
16:00	176.10	15.24	1.06	39.50	39.20	16.15	13.49
16:30	134.10	14.58	0.96	35.70	37.00	14.00	15.35
17:00	88.30	14.46	0.87	35.50	37.00	12.58	20.96
17:30	70.10	14.41	0.90	35.00	35.50	12.97	27.22

Data hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya menggunakan plat pendingin berlubang ukuran 5 mm

Tabel 7. 5 Perhitungan pada Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang berukuran 5 mm

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang ukuran 5.0 mm				Daya (W)	Efisiensi (%)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)	Temperatur Plat (°C)		
06:30	121.20	16.12	1.13	29.00	28.00	18.22	22.11
07:00	150.70	16.49	1.17	31.00	27.50	19.29	18.83
07:30	124.00	16.15	1.23	30.70	28.20	19.86	23.57
08:00	198.10	16.16	1.27	31.20	28.00	20.52	15.24
08:30	330.30	17.68	1.62	30.70	29.00	28.64	12.75
09:00	355.90	18.26	1.82	31.70	30.20	33.23	13.73
09:30	414.00	17.76	1.44	32.00	30.70	25.57	9.08
10:00	789.00	17.32	1.71	32.20	35.20	29.62	5.52
10:30	763.00	16.89	1.25	32.70	30.70	21.11	4.07
11:00	757.00	17.17	1.94	34.00	29.00	33.31	6.47
11:30	780.00	18.38	1.29	36.50	29.50	23.71	4.47
12:00	843.00	17.98	1.97	35.20	31.50	35.42	6.18
12:30	806.00	17.17	1.44	38.00	31.50	24.72	4.51
13:00	781.00	17.58	1.86	36.70	33.20	32.70	6.16
13:30	715.00	16.65	1.44	38.00	32.20	23.98	4.93
14:00	666.00	16.54	1.53	37.00	36.00	25.31	5.59
14:30	598.00	17.85	1.92	37.70	45.50	34.27	8.43
15:00	263.50	16.76	1.46	38.50	41.00	24.47	13.66
15:30	225.10	16.18	1.17	38.20	38.50	18.93	12.37
16:00	176.10	16.15	1.12	39.00	38.70	18.09	15.11
16:30	134.10	14.94	1.06	34.50	36.70	15.84	17.37
17:00	88.30	14.76	0.89	32.70	37.50	13.14	21.88
17:30	70.10	14.68	0.96	31.50	36.00	14.09	29.58

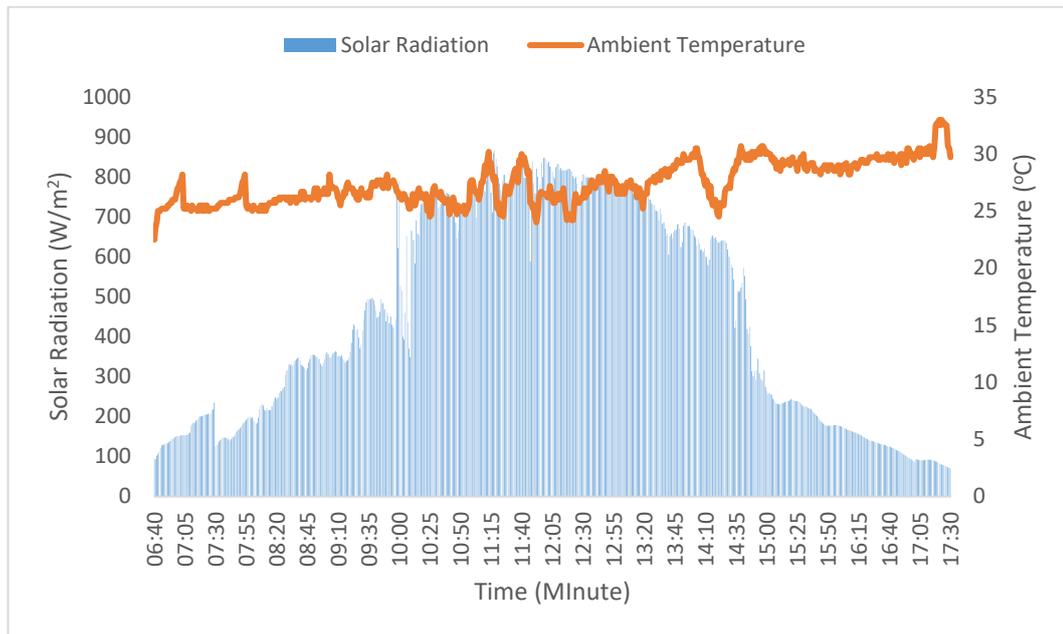
Data hasil perhitungan daya dan efisiensi panel surya menggunakan plat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm dapat dilihat pada tabel 7.6.

Tabel 7. 6. Perhitungan pada Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang berukuran 7,5 mm

Waktu (menit)	Radiasi Matahari (W/m ²)	Panel Surya dengan Plat Pendingin Berlubang ukuran 7,5 mm				Daya (W)	Efisiensi (%)
		Tegangan (V)	Arus (A)	Temperatur Panel (°C)	Temperatur Plat (°C)		
06:45	121.20	16.49	1.13	26	28.5	18.63	22.62163
07:00	150.70	17.2	1.22	27.2	28.5	20.98	20.48814
07:30	124.00	17.78	1.27	27.2	29	22.58	26.79423
08:00	198.10	20.51	1.29	27.5	28.7	26.46	19.65162
08:30	330.30	19.76	1.9	26.5	28.7	37.54	16.72474
09:00	355.90	21.16	2.33	27.5	27.5	49.30	20.38314
09:30	414.00	20.51	1.8	28	31	36.92	13.12095
10:00	789.00	20.06	2.35	28.2	33.2	47.14	8.791222
10:30	763.00	18.78	1.29	29	28.5	24.23	4.671843
11:00	757.00	19.24	3.04	30	26	58.49	11.36868
11:30	780.00	18.22	1.52	33.2	25.7	27.69	5.22426
12:00	843.00	19.22	3.31	31.2	27	63.62	11.10405
12:30	806.00	19.4	1.97	33.2	26.7	38.22	6.976866
13:00	781.00	20.28	2.5	34.2	28.5	50.70	9.551782
13:30	715.00	17.93	1.75	34.5	29	31.38	6.457133
14:00	666.00	19.59	1.98	34.2	39.7	38.79	8.569448
14:30	598.00	20.11	2.85	35.5	37.7	57.31	14.10208
15:00	263.50	19.94	2.08	36.7	38	41.48	23.15983
15:30	225.10	16.54	1.24	35.5	36.5	20.51	13.40631
16:00	176.10	16.51	1.18	35.7	36.5	19.48	16.27786
16:30	134.10	15.25	1.08	33.7	34.7	16.47	18.07142
17:00	88.30	15.06	0.94	33.2	34.5	14.16	23.58955
17:30	70.10	14.98	0.99	31	34	14.83	31.12837

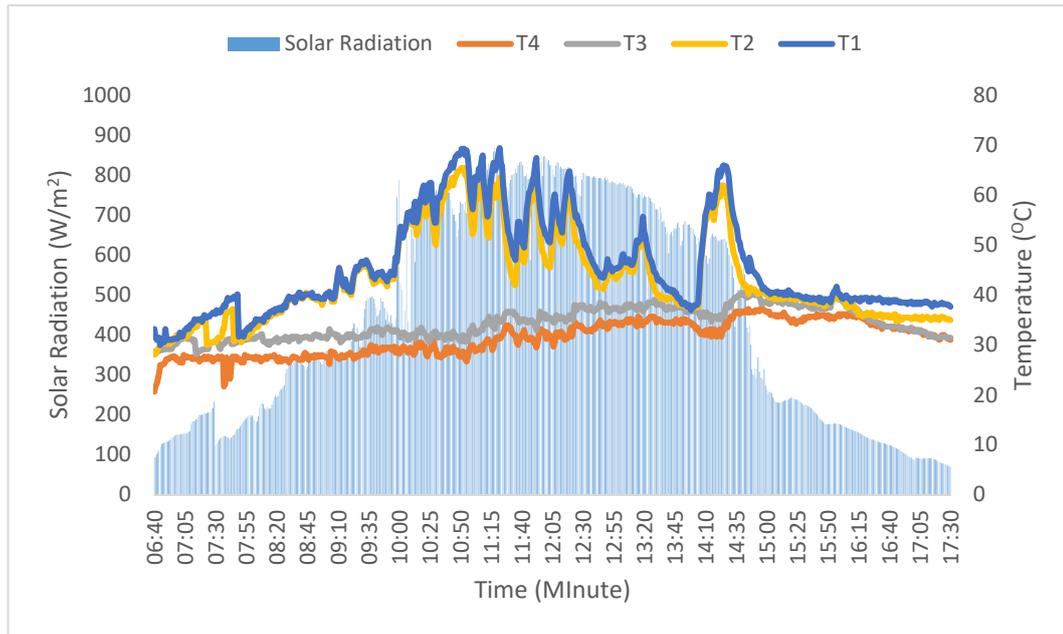
7.2. Grafik Hasil Penelitian

Terdapat dua macam jenis radiasi matahari yang datang ke permukaan panel yaitu radiasi matahari yang menyebar atau disebut *diffuse* dan radiasi matahari yang langsung menuju panel surya. Pada saat pengujian panel surya ini, iklim di Indralaya Sumatera Selatan termasuk dalam iklim panas dimana hal ini dapat dilihat dari temperatur sekitar (*Ambient Temperature*). Kedua hal tersebut terdapat dalam Gambar 7.1.



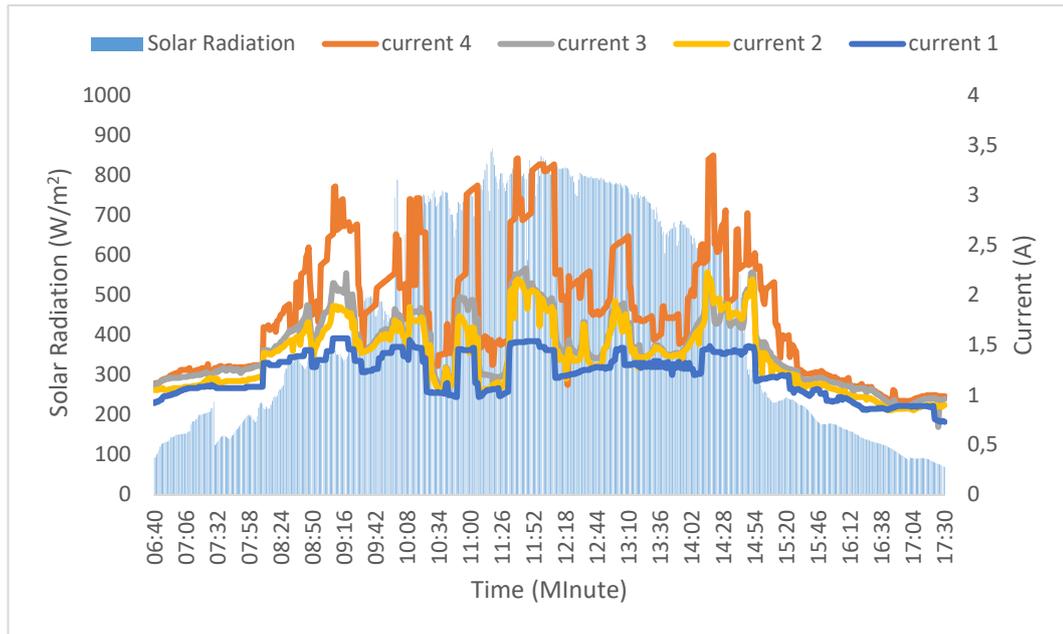
Gambar 7. 1 Perbandingan antara Temperatur Sekitar dan Radiasi Matahari

Setelah diperoleh data radiasi matahari di atas bisa dilihat radiasi matahari naik mulai dari sekitar pukul 10:00-14:00. Puncak tertinggi radiasi matahari terjadi pada pukul 12:00 sebesar 843 W/m², dan nilai radiasi matahari terendah terjadi pada pukul 17.30 sebesar 70,1 W/m². Dan juga terdapat temperatur sekitar (*Ambient temperature*) yang mencapai 27°C-30°C.



Gambar 7. 2 Perbandingan Radiasi Matahari dengan Temperatur Panel Surya terhadap Waktu

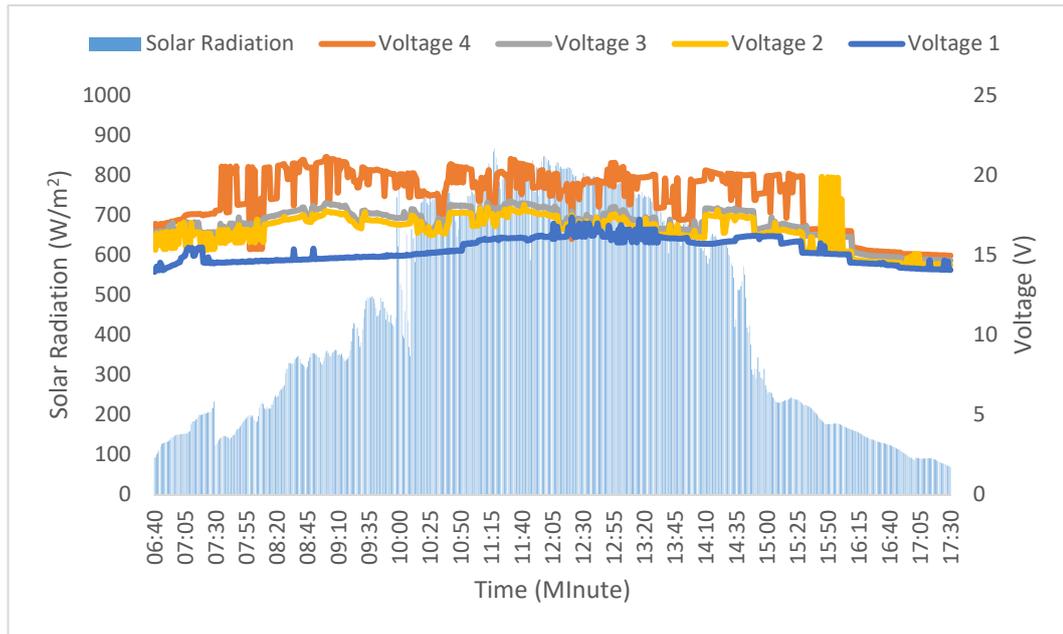
Dari Gambar 7.2 dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan temperatur panel surya tanpa pelat pendingin berlubang (T1), temperatur panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (T2), temperatur panel surya menggunakan plat pendingin berlubang ukuran 5 mm (T3), dan temperatur panel surya menggunakan plat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (T4). Dari Gambar 7.2 terlihat bahwa radiasi matahari berpengaruh terhadap temperatur panel surya. Dan pada panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang temperturnya lebih rendah daripada temperatur panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang. Hal ini menyatakan bahwa penggunaan pelat pendingin berlubang pada panel surya berpengaruh dalam menurunkan temperatur panel surya.



Gambar 7. 3. Perbandingan antara radiasi matahari dengan arus terhadap waktu

Dari Gambar 7.3 dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan arus keluaran pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (Current 4), arus keluaran pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm (Current 3), arus keluaran pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (Current 2), dan arus keluaran pada panel surya tanpa pelat pendingin berlubang (Current 1).

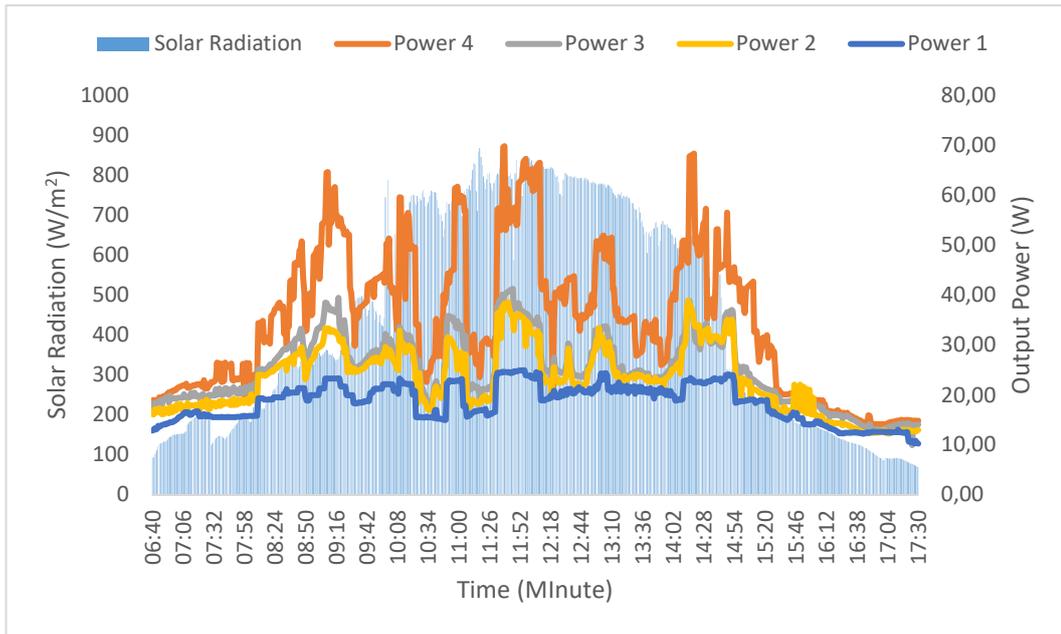
Dari ke empat panel surya, jika dibandingkan arus keluaran pada pukul 12:00 dengan radiasi yang sama yaitu 843 W/m² yang paling tinggi didapat oleh Current 4 sebesar 3,31 A. Dan arus keluaran terendah didapat oleh Current 1 sebesar 1,48 A. Jadi, dapat dikatakan bahwa panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang arus keluarannya lebih besar daripada panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang.



Gambar 7. 4 Perbandingan antara radiasi matahari dengan tegangan terhadap waktu

Dari Gambar 7.4 dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan tegangan pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (Voltage 4), tegangan pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5,0 mm (Voltage 3), tegangan pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (Voltage 2), dan tegangan pada panel surya tanpa pelat pendingin berlubang (Voltage 1).

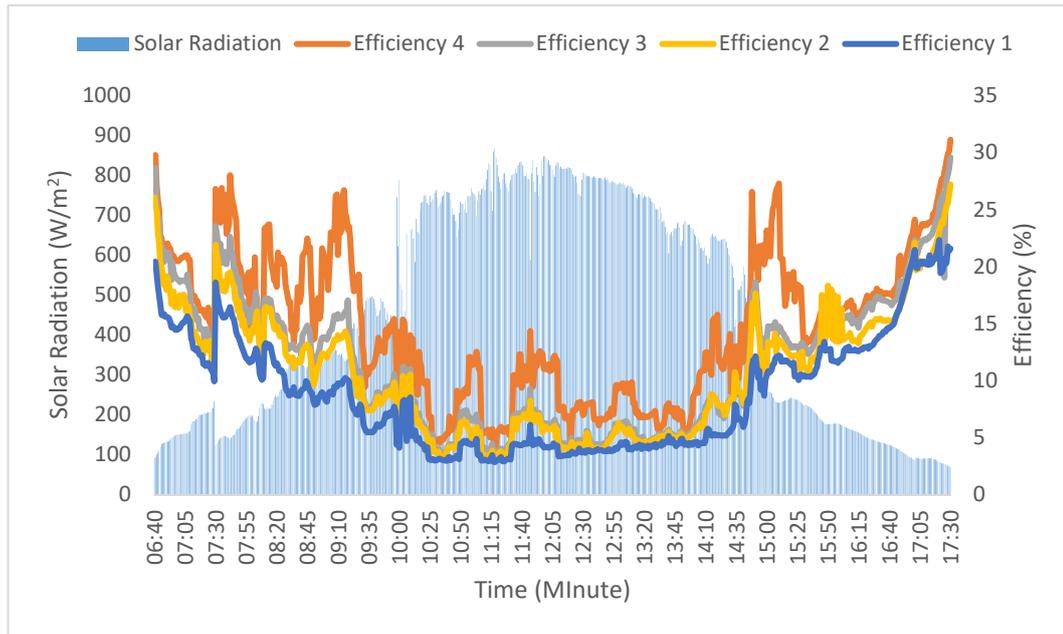
Dari ke empat panel surya, jika dibandingkan tegangan keluaran pada pukul 12:00 dengan radiasi yang sama yaitu 843 W/m² yang paling tinggi didapat oleh Voltage 4 sebesar 19,22 V. Dan tegangan keluaran terendah didapat oleh Voltage 1 sebesar 16,13 V. Jadi, dapat dikatakan bahwa panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang tegangan keluarannya lebih besar daripada panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang.



Gambar 7. 5 Perbandingan antara radiasi matahari dengan daya keluaran terhadap waktu

Dari Gambar 7.5 dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan daya keluaran pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (Power 4), tegangan pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm (Power 3), tegangan pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (Power 2), dan tegangan pada panel surya tanpa pelat pendingin berlubang (Power 1).

Dari ke empat panel surya, jika dibandingkan daya keluaran pada pukul 12:00 dengan radiasi yang sama yaitu 843 W/m² yang paling tinggi didapat oleh Power 4 sebesar 63,62 W. Dan tegangan keluaran terendah didapat oleh Voltage 1 sebesar 23,87 W. Jadi, dapat dikatakan bahwa panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang daya keluarannya lebih besar daripada panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang.



Gambar 7. 6 Perbandingan antara radiasi matahari dengan Efisiensi panel surya terhadap waktu

Dari Gambar 7.6 dapat dilihat perbandingan antara radiasi matahari dengan efisiensi pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (Efficiency 4), efisiensi pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm (Efficiency 3), efisiensi pada panel surya menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (Efficiency 2), dan efisiensi pada panel surya tanpa pelat pendingin berlubang (Efficiency 1).

Dari ke empat panel surya, jika dibandingkan efisiensi pada pukul 12:00 dengan radiasi yang sama yaitu 843 W/m² yang paling tinggi didapat oleh Efficiency 4 sebesar 11,10405%. Dan tegangan keluaran terendah didapat oleh Efficiency 1 sebesar 4,166736%. Jadi, dapat dikatakan bahwa panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang efisiensinya lebih besar daripada panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang.

4.5 Analisa Hasil Penelitian

Setelah dilakukan penelitian selama 14 hari, berdasarkan tabel 7.2 sampai tabel 7.6 dapat dilihat bahwa pelat pendingin berlubang yang dipasang dibelakang panel surya dapat mempengaruhi kinerja dari suatu panel surya. Hal ini terbukti

dari perubahan karakteristik panel surya yang semakin meningkat, dimana terjadi peningkatan pada arus, tegangan, daya keluaran dan juga efisiensi panel fotovoltaik.

Seperti yang terlihat pada Gambar 7.2, Temperatur permukaan panel surya yang didinginkan menggunakan pelat pendingin aluminium berlubang ukuran 2,5 mm (T2) sebesar 45,5oC, ukuran 5 mm (T3) sebesar 35,2oC, dan ukuran 7,5 mm (T4) sebesar 31,2oC lebih rendah daripada temperatur permukaan panel yang tidak didinginkan menggunakan pelat pendingin aluminium berlubang (T1) yang sebesar 52oC. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pelat pendingin berlubang di belakang panel surya dapat bekerja untuk mendinginkan suatu panel surya.

Kemudian dari Grafik 4.2 dapat dilihat juga pada temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm (T2) lebih tinggi daripada temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm (T3). Begitu pula temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm (T4) lebih tinggi daripada temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm (T4). Dari hal ini dapat diketahui bahwa semakin besar diameter lubang pada pelat aluminium berlubang maka semakin rendah temperatur pada permukaan panel surya dan begitu juga sebaliknya.

Kemudian dilihat dari Gambar 7.3, Gambar 7.4, dan Gambar 7.5 terlihat bahwa tegangan, arus, dan daya keluaran pada panel surya yang menggunakan pelat pendingin lebih tinggi dari pada panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin. Panel surya yang karakteristiknya paling besar setelah dipasang pelat pendingin berlubang adalah panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm dimana arus 3,31 A, tegangan 19,22 V, dan daya 63,62 W. Dibandingkan dengan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm dimana arus 1.97 A, tegangan 17,98 V, dan daya 35,42 W. Dan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 2,5 mm dimana arus 1.94 A, tegangan 17,55 V, dan daya 34,05 W. Sedangkan panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang menghasilkan arus 1,48 A, tegangan 16,13 A, dan daya 23,87 W dengan radiasi matahari yang sama sebesar 843 W/m². Dari data tersebut dapat diketahui bahwa semakin rendah temperatur panel

surya maka semakin besar tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya yang dihasilkan. Begitu pula sebaliknya semakin tinggi temperatur panel surya maka semakin rendah tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya yang dihasilkan. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan pelat pendingin aluminium berlubang dapat meningkatkan karakteristik panel surya yang dihasilkan.

Kemudian dari Gambar 7.6 panel surya yang memiliki efisiensi paling tinggi yaitu panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm sebesar 11,10405%. Dibandingkan panel surya yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 5 mm sebesar 6,182381% dan ukuran 2,5 mm sebesar 5,942631%. Sedangkan panel surya tanpa menggunakan pelat pendingin berlubang sebesar 4,166736% dengan radiasi matahari yang sama sebesar 843 W/m². Dari data tersebut diketahui bahwa semakin rendah temperatur panel surya dan semakin besar daya yang dihasilkan maka semakin tinggi efisiensi panel surya yang didapatkan. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan pelat pendingin aluminium berlubang dapat meningkatkan efisiensi panel surya.

Kemudian dari grafik 4.6 dapat diketahui bahwa radiasi matahari yang semakin tinggi mengakibatkan efisiensi panel surya rendah. Hal ini dapat dilihat pula pada efisiensi panel surya di tabel 7.1 sampai tabel 7.5. Sebagai contoh kita lihat data efisiensi panel surya yang menggunakan pelat pendingin ukuran 7,5 mm dimana pada pukul 07:00 dengan radiasi matahari sebesar 124 W/m² didapat efisiensi sebesar 20,48814%. Pada pukul 12:00 dengan radiasi sebesar 843 W/m² didapat efisiensi sebesar 11,10405%. Dan pukul 17:00 dengan radiasi sebesar 88,3 W/m² didapat efisiensi sebesar 23,58955%. Dari data tersebut maka dapat diketahui bahwa semakin besar radiasi matahari maka semakin kecil efisiensi panel surya yang didapat.

8. KESIMPULAN

1.3 buah pelat aluminium berlubang dengan variasi diameter lubang yaitu 2,5mm, 5mm, dan 7,5mm, sebagai media pendingin dari panel surya jenis polikristal 100 WP dimana dimensi dari pelat tersebut adalah (96 x 60 x 2) cm dan jarak antar lubang 2 cm dengan jumlah lubang 1.363 buah disusun secara In Line telah dibuat dan diaplikasikan pada panel photovoltaik dengan dipasang di belakang panel dan telah berfungsi dengan baik dalam menurunkan temperatur panel surya.

2. Temperatur panel surya tertinggi didapat pada panel surya tanpa pelat pendingin berlubang sebesar 52oC, dan pada panel surya menggunakan pelat pendingin aluminium berlubang ukuran 2,5 mm = 46,5oC, ukuran 5 mm = 35,2oC, ukuran 7,5 mm = 31,2oC pada jam 12:00 dengan radiasi yang sama sebesar 843 W/m². Dari hal ini juga diketahui bahwa semakin besar diameter lubang maka semakin kecil temperatur panel surya. Dan dari hasil perhitungan efisiensi dan daya keluaran ke-4 unit panel surya 100 WP yang menggunakan pelat pendingin berlubang ukuran 7,5 mm memiliki nilai efisiensi paling tinggi sebesar 11,10405% dan daya sebesar 63,62W. Sedangkan ukuran 5 mm efisiensi = 6,182381% dan daya = 35,42W, dan ukuran 2,5 efisiensi = 5,942631% dan daya = 34,05W. Dibandingkan dengan tanpa pelat pendingin efisiensi = 4,166736% dan daya 23,87W pada pukul 12:00 dengan radiasi yang sama sebesar 843 W/m².

3. Penggunaan pelat pendingin berlubang terbukti dapat menurunkan temperatur panel surya. Dan juga semakin rendah temperatur panel surya maka semakin besar arus dan tegangan panel surya yang dihasilkan. Sehingga semakin rendah temperatur panel surya dan semakin besar daya yang dihasilkan maka semakin tinggi efisiensi panel surya yang didapatkan. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan pelat pendingin aluminium berlubang dapat meningkatkan efisiensi panel surya. Semakin tinggi radiasi matahari yang diterima panel PV akan meningkatkan suhu permukaan panel PV tetapi menurunkan efisiensi panel PV. Untuk itu diperlukan media pendingin di bawah panel PV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. H. A. Al-waeli, K. Sopian, H. A. Kazem, and M. T. Chaichan, "IJOCAAS-02-02-004-April2017," vol. 2, no. 2, 2017.
- [2] J. A. Luceño-Sánchez, A. M. Díez-Pascual, and R. P. Capilla, "Materials for photovoltaics: State of art and recent developments," *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 20, no. 4, 2019, doi: 10.3390/ijms20040976.
- [3] A. Sofijan, Z. Nawawi, B. Y. Suprpto, I. Bizzy, and R. Sipahutar, "Passive cooling using perforated aluminum plate to improve efficiency on monocrystalline of 100 Wp photovoltaic," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012006.
- [4] A. Sofijan and F. Engineering, "1300 W UTILITIZING POLYCRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC control (SCC), battery , inverter , and load (Figure 2 .). 2 . METHODOLOGY / EXPERIMENTAL Solar Home System (SHS) consists of several components , solar panel , solar charge," vol. 6, no. 1, pp. 5–11, 2019.
- [5] P. Marro and N. Bertsch, "Making Renewable Energy a Success in Bangladesh: Getting the Business Model Right by Asian Development Bank," no. 41, 2015.
- [6] I. B. Karki, "Effect of Temperature on the I-V Characteristics of a Polycrystalline Solar Cell," *J. Nepal Phys. Soc.*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2016, doi: 10.3126/jnphysoc.v3i1.14440.
- [7] A. Taşcıoğlu, O. Taşkin, and A. Vardar, "A Power Case Study for Monocrystalline and Polycrystalline Solar Panels in Bursa City, Turkey," *Int. J. Photoenergy*, vol. 2016, 2016, doi: 10.1155/2016/7324138.
- [8] N. A. Handayani and D. Ariyanti, "Potency of solar energy applications in Indonesia," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 33–38, 2012, doi: 10.14710/ijred.1.2.33-38.
- [9] M. Cozzini, "Solar Cell Cooling and Heat Recovery in a Concentrated Photovoltaic System."



KEPUTUSAN
REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor: 1053/UN9.FT/TU.SK/2021

TENTANG
PERSETUJUAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI
TENAGA PELAKSANA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN MANDIRI
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA
TAHUN 2021

REKTOR UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Menimbang : a. Bahwa untuk kegiatan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dengan pendanaan Mandiri Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Tahun 2021 maka perlu persetujuan Judul Penelitian dan Pengabdian dan Serta Penunjukan Tenaga Pelaksana Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
- b. Bahwa mereka yang namanya tertera dalam lampiran Surat Keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Tenaga Pelaksana Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul kegiatan yang tercantum pada lampiran Surat Keputusan ini;
- c. Bahwa sehubungan dengan huruf a dan b diatas, maka perlu diterbitkan surat keputusan sebagai pedoman landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor. 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 190/KMK.05/2009, tentang Penetapan Universitas Sriwijaya pada Depdiknas sebagai Instansi Pemerintahan yang Menetapkan PK-BLU;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 04 Tahun 2014, tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
4. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 12 Tahun 2015, tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Sriwijaya;
5. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 17 Tahun 2018, tentang Statuta Universitas Sriwijaya;
6. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 20 Tahun 2018, tentang Penelitian;
7. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 32031/M/KP/2019, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Telp. (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741
Pos El ftunsri@unsri.ac.id

MEMUTUSKAN

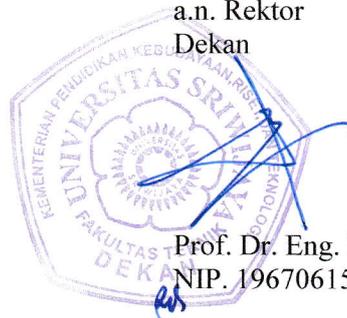
- Menetapkan : **PERSETUJUAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI TENAGA PELAKSANA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN MANDIRI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA TAHUN 2021**
- Pertama : Menyetujui nama, judul kegiatan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang tercantum pada lampiran Surat Keputusan ini;
- Kedua : Memberi wewenang kepada Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya untuk menandatangani Surat Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Pendanaan Mandiri;
- Ketiga : Memberi wewenang kepada Dekan Fakultas Teknik dan Ketua Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya untuk melaksanakan monitoring dan evaluasi terhadap pelaksanaan kegiatan serta menyetujui laporan hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Pendanaan Mandiri

Keputusan Rektor Universitas Sriwijaya ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, apabila terdapat kekeliruan dalam Surat Keputusan ini akan diadakan perbaikan.

Ditetapkan di Indralaya

Pada tanggal 07 Desember 2021

a.n. Rektor
Dekan



Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

TEMBUSAN :

1. Rektor UNSRI
2. Ketua LPPM UNSRI
3. Ketua UPPM FT UNSRI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang-Prabumulih, KM 32 Indralaya Kabupaten Ogan Ilir 30662
Telp. (0711) 580739, Faksimile (0711) 580741
Pos El ftunsri@unsri.ac.id

**PENGUMUMAN JUDUL DAN PENUNJUKAN DOSEN SEBAGAI TENAGA PELAKSANA
PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DENGAN PENDANAAN
MANDIRI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA TAHUN 2021**
Nomor : 1053/UN9.FT/TU.SK/2021

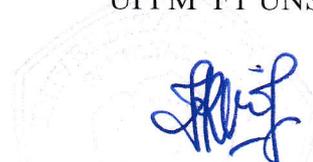
NO	Nama Ketua	Nama Anggota	Jurusan	Judul Penelitian dan Pengabdian Mandiri	Skema
1	Ir . Armin Sofijan, M.T.	1. Ir. Zainal Husin, MSc 2. Ir. Hairul Alwani HA, M.T, 3. Ir. Antonius Hamdadi, M.S 4. Wirawan Adipradana, S.T., M.T	Teknik Elektro	Sistem Portable Techno Hybrid Grid Connected With PV-PLN-Generator Teraplikasi di Desa Pemulutan	Pengabdian
2	Ir . Armin Sofijan, M.T.	1. Wirawan Adipradana, S.T., M.T 2. Ir. M. Suparlan, M.S	Teknik Elektro	Metode Free Convection pada Photovoltaic Polycrystalline 100 WP Menggunakan Perforated Aluminum Plate	Penelitian
3	Dr. Susila Arita R, DEA	1. Prof. Dr. Yuanita Windusari,S.Si., M.Si 2. Devi Kristianti NIM. 20012681822016	Teknik Kimia	Pengolahan limbah Cair Pulp dan Kertas Menggunakan Adsorben Fly Ash dengan Bioindikator Ikan Nila	Penelitian
4	Dr. Herlina, S.T., M.T	1. Dr. Ir. Syamsuri Zaini, MM 2. Wirawan Adipradana, ST, M.T	Teknik Elektro	Analisa Luaran Gsmputaran Rendah Dengan Aliran Fluks Radial	Penelitian

Mengetahui/ Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik Unsri



Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002

Indralaya, 07 Desember 2021
Ketua
UPPM FT UNSRI



Dr. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001

LAMPIRAN

CURRICULUM VITAE KETUA TIM PENELITIAN

Biodata KETUA PENELITI

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Wirawan Adipradana, S.T.,M.T.
2	Jenis kelamin	Laki-laki
3	Jabatan Fungsional	Tenaga Pengajar
4	NIP / NIK/ Identitas lainnya	198601122015041001
5	NIDN	0012018605
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 12 Januari 1986
7	E-mail	wirawan.adipradana@gmail.com
8	Nomor Telepon/HP	085959712186
9	Alamat Kantor	Jl. Palembang-Prabumulih KM 32 Ogan Ilir, Sumatera Selatan
10	Nomor Telepon/Fax	(0711) 580283
11	Alamat Rumah	The Address Town House No. A9, Jl. Enim, Demang Lebar Daun, Ilir Barat I, Palembang, Sumatera Selatan

B. Riwayat Pendidikan

2.1. Program:	S-1	S-2	S-3
2.2. Nama PT	Universitas Gadjah Mada	Universitas Indonesia	-
2.3. Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Tenaga Listrik	-
2.4. Tahun Masuk	2003	2010	
2.5. Tahun Lulus	2008	2013	-
2.6. JudulSkripsi/ Thesis/Disertasi	Analisis Cara Kerja Virus Lokal Menginfeksi Komputer, Kasus Komputer Pribadi	Optimasi Pembangkit Listrik Air Mikro di Desa Tunggul Bute, Lahat, Sumatera Selatan	-
2.7. Nama Pembimbing /Promotor	Ir. Lukito Edi Nugroho, M.Sc., Ph.D	<i>Prof. Dr. Ir. Rudy Setiabudy, DEA</i>	-

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rupiah)
1.	2019	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MEGGUNAKAN PANEL MONOKRISTAL 100 WP UNTUK PERUMAHAN PENDUDUK TRANSMIGRASI DI DESA BANGUN SARI	SATEK Fakultas	Rp.30.000.000,-
2.	2020	DESAIN DATALOGGER BERBASIS ARDUINO MEGA-2560 PADA PANEL SURYA MONOKRISTAL 100 WP MENGGUNAKAN PERFORATED PLATE	DIPA UNSRI	Rp.25.000.000,-

**Tuliskan sumber pendanaan: PDM, SKW, Pemula, Fundamental, Hibah Bersaing, Hibah Pekerti, Hibah Pascasarjana, Hikom, Stranas, Kerjasama Luar Negeri dan Publikasi Internasional, RAPID, Unggulan Stranas, Insentif Sinas Kemenristek atau sumber lainnya.*

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1.	2019	KONVERSI CAHAYA MATAHARI PADA TRANSISTOR 2N3055 MENJADI ENERGI LISTRIK SEBAGAI APLIKASI ILMU FISIKA DI SMAN 1 UNGGULAN INDRALAYA UTARA	DIPA Fakultas	Rp.10.000.000,-
2.	2020	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MEGGUNAKAN PANEL MONOKRISTAL 100 WP UNTUK PERUMAHAN PENDUDUK TRANSMIGRASI DI DESA BANGUN SARI	DIPA Fakultas	Rp.10.000.000,-

* Tuliskan sumber pendanaan: Penerapan IPTEKS-SOSBUD, Vucer, Vucer Multitahun, UJI, Sibermas, atau sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah pada Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	ISSN/Volume/ Nomor	Nama Jurnal	Link
1.	2019	KONVERSI CAHAYA MATAHARI PADA TRANSISTOR 2N3055 MENJADI ENERGI LISTRIK SEBAGAI APLIKASI ILMU FISIKA DI SMAN 1 UNGGULAN INDRALAYA UTARA	ISBN 978-979-190-72-4-8	AVOER XI	http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/view/244
2.	2019	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MEGGUNAKAN PANEL MONOKRISTAL 100 WP UNTUK PERUMAHAN PENDUDUK TRANSMIGRASI DI DESA BANGUN SARI	ISBN: 978-979-190-72-4-8	AVOER XI	http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/issue/view/21
3.	2019	KOMPUTASI NILAI JATUH TEGANGAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN METODE PENDEKATAN STATISTIK	ISBN: 978-979-190-72-4-8	AVOER XI	http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/view/443
4.	2020	PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MEGGUNAKAN PANEL MONOKRISTAL 100 WP UNTUK PERUMAHAN PENDUDUK TRANSMIGRASI DI DESA BANGUN SARI	2715-9450	Jurnal Pengabdian Community	http://community.ejournal.unsri.ac.id/index.php/community/ISSN
5.	2020	DATALOGGER EXPERIMENTAL ANALYSIS BASED ON ARDUINO MEGA 2560 ON A 100 WP MONOCRYSTALLINE SOLAR PANEL USING PERFORATED PLATE	2589-4943	4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)	https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.033

II. ANGGOTA

1. Ir. Suparlan, M.S.

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ir. M. Suparlan, M.S.
2	Jenis kelamin	Laki- laki
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP / NIK/ Identitas lainnya	195706061987031002
5	NIDN	00060657003
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang 06-06-1957
7	E-mail	muhammadsuparlan@ft.unsri.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	08127870357
9	Alamat Kantor	Jl. Palembang-Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir, Sumatera Selatan
10	Nomor Telepon/Fax	(0711) 580283
11	Alamat Rumah	Komp. Way Hitam Jl. Musi 9 Blok R 56 RT001/RW007 Kelurahan Siring Agung Kecamatan Ilir Barat I Palembang

Program:	S-1	S-2	S-3
Nama PT	Universitas Sriwijaya	ITB	
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro	
Tahun Masuk	1977	1987	
Tahun Lulus	1986	1990	
JudulSkripsi/ Thesis/Disertasi	Suatu Metode Perencanaan Optimal Sistem Jaringan Distribusi	Perencanaan dan Pembuatan Rele Statis Tegangan Phasa Tidak Seimbang serta Pengujiannya Pada	

	Sekunder	Motor Induksi Tiga Phasa.	
Nama Pembimbing / Promotor	Ir.Masril Moeis	Profesor TM. Soelaiman, M.Sc.EE	

2. Hermawati, S.T., M.T.

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Hermawati, S.T.,M.T.
2	Jenis kelamin	Perempuan
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP / NIK/ Identitas lainnya	197708102001122001
5	NIDN	0010087702
6	Tempat dan Tanggal Lahir	OKU/ 10 Agustus 1977
7	E-mail	hermawati@ft.unsri.ac.id
8	Nomor Telepon/HP	081373929223
9	Alamat Kantor	Jl.Palembang Prabumulih Km.32 Ogan Ilir Palembang
10	Nomor Telepon/Fax	
11	Alamat Rumah	Jl.Peltu Tulus Yahya Lr.Sentosa no.1604B Rt.17 Rw.05 Kel. 2 Ilir Kec. Ilir Timur II Palembang.

2.1. Program:	S-1	S-2	S-3
2.2. Nama PT	Universitas Sriwijaya	Universitas Sriwijaya	
2.3. Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknologi Energi	
2.4. Tahun Masuk	1995	2007	
2.5. Tahun Lulus	2001	2011	
2.6. JudulSkripsi/ Thesis/Disertasi	Studi Pelepasan Beban pada Rencana Sistem Interkoneksi PLN Sumsel-Lampung Dengan Pertamina	Studi Pengaruh Komposisi Penambahan Pasir Kuarsa, Natrium Hidroksida Dan Polypropylene ke Tembaga terhadap Nilai Kapasitansi Material	
2.7. Nama Pembimbing /Promotor	1. Ir. H. Syamsuri, MM 2. Ir. Rudyanto Thayib, MSc	1. Dr. Ir.Hj.Sri Haryati, DEA 2. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M. Eng	