

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL
SURYA TIPE MONOCRYSTALLINE 100 WP
MENGUNAKAN *CRUDE PALM OIL* (CPO)**



HANDOKO SALIM

03051182126003

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL
SURYA TIPE *MONOCRYSTALLINE* 100 WP
MENGUNAKAN *CRUDE PALM OIL* (CPO)**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH
HANDOKO SALIM
03051182126003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL SURYA
TIPE *MONOCRYSTALLINE* 100 WP MENGGUNAKAN
CRUDE PALM OIL (CPO)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

HANDOKO SALIM
03051182126003



Inderalaya, 12 April 2025

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi,

Prof. Dr. Ir. H Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No.

: 002/TM/AK/2025

FAKULTAS TEKNIK

Diterima Tanggal

: 22-5-2025

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Paraf

: 

SKRIPSI

NAMA : HANDOKO SALIM
NIM : 03051182126003
JURUSAN : TEKNIK MESIN
JUDUL SKRIPSI : STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN
PANEL SURYA TIPE
MONOCRYSTALLINE 100 WP
MENGUNAKAN CRUDE PALM OIL
(CPO)
DIBUAT TANGGAL : 22 AGUSTUS 2024
SELESAI TANGGAL : 12 APRIL 2025

Palembang, 20 Mei 2025

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

TEKNIK MESIN

Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197909272003121004



Prof. Dr. Ir. H Irwin Bizzy, M.T.

NIP. 196005281989031002

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Studi Eksperimental Pendinginan Panel Surya Tipe Monocrystalline 100 Wp Menggunakan *Crude Palm Oil (CPO)*” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 8 Mei 2025.

Palembang, 8 Mei 2025

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Skripsi :

Ketua :

1. Dr. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 197209021997021001



(.....)

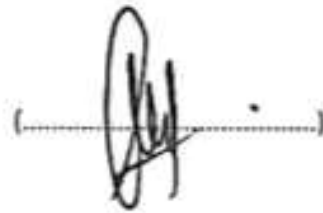
Anggota :

2. Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA.
NIP. 195701181985031004

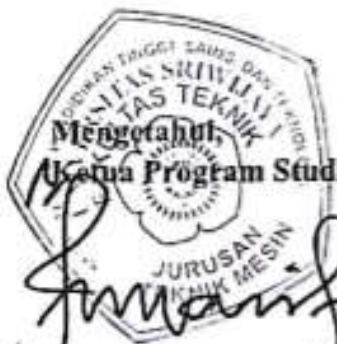


(.....)

3. Dr. Ir. Dendy Adanta, S.Pd., M.T.
NIP. 199306052019031016



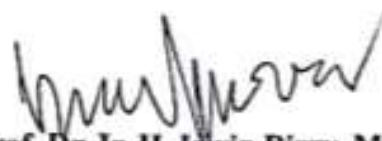
(.....)



Mengesah,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Prof. Ir. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197909272003121004

Pembimbing Skripsi



Prof. Dr. Ir. H. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005281989031002

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “Studi Eksperimental Pendinginan Panel Surya Tipe *Monocrystalline* 100 WP Menggunakan *Crude Palm Oil* (CPO)” tepat pada waktunya. Adapun penulisan laporan ini ditujukan sebagai syarat untuk memenuhi penyelesaian mata kuliah Proposal Skripsi Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Dalam penulisan laporan ini, Penulis tidak lepas dari pihak-pihak yang telah membantu dari awal hingga akhir hingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Alm. Lim Kian Hwa dan Ibu Ainawati, kedua orang tua Penulis yang senantiasa memberikan dukungan;
2. Bapak Prof. Dr. Ir.. H. Irwin Bizzy, M.T., selaku dosen pembimbing skripsi;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Kaprawi, DEA. selaku dosen pembimbing akademik di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
4. Bapak Prof. Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
5. Bapak Ir. Barlin, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
6. Seluruh dosen dan staf administrasi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
7. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T., Ibu Dr. Ir. Dewi Puspitasari, S.T., M.T., Bapak Dr. H. Ismail Thamrin, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Ir. Dendy Adanta, S.Pd, M.T., yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis;
8. Wijaya Kusuma Adha dan Permata Subing selaku rekan satu bimbingan skripsi;

9. Richie, David, Rayvin, Apek, dan Jun, selaku teman terdekat penulis, serta teman-teman seperjuangan selama 3-4 tahun, Badan Pengurus Harian Keluarga Mahasiswa Buddhis Palembang, Roger, Nathasya, Cimen, Ko Keven, Ce Prilly, Angelin, Louis, Ivan, Kendy, Nielsen, Soraya, Marco, Violent, Apeng, Jhowi, dan Van-Van.
10. Teman-teman seperjuangan penulis, Imam, Aldo, Dwi Surya, Fadli, Syahrul, Rado, dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
11. Segenap keluarga, teman-teman, beserta seluruh pihak yang memberikan dukungan.

Penulis, dengan rendah hati, terbuka untuk menerima kritik dan saran agar berkembang menjadi pribadi yang lebih baik lagi dengan harapan penelitian ini akan berguna bagi semua pihak.

Indralaya, 1 April 2025



Handoko Salim

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Handoko Salim

NIM : 03051182126003

Judul : Studi Eksperimental Pendinginan Panel Surya Tipe *Monocrystalline*
100 WP Menggunakan *Crude Palm Oil* (CPO)

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 saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Palembang, 20 Mei 2025



Handoko Salim
NIM. 03051182126003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Handoko Salim

NIM : 03051182126003

Judul : Studi Eksperimental Pendinginan Panel Surya Tipe *Monocrystalline*
100 WP Menggunakan *Crude Palm Oil* (CPO)

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya 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 dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.



Palembang, 20 Mei 2025



Handoko Salim
NIM. 03051182126003

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL PENDINGINAN PANEL SURYA TIPE *MONOCRYSTALLINE* 100 WP MENGGUNAKAN *CRUDE PALM OIL* (CPO)

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi

Handoko Salim, dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H Irwin Bizzy, M.T.

xvii + 80 halaman + 29 tabel + 42 gambar + 8 lampiran

Energi terbarukan merupakan alternatif energi yang menjadi solusi untuk keterbatasan energi dan juga upaya untuk meminimalisir polusi dan juga emisi dari beberapa sumber energi tak terbarukan, seperti energi dari bahan bakar minyak, batubara dan lainnya. Energi surya atau energi matahari merupakan salah satu pilihan energi terbarukan yang berpotensi, khususnya di daerah tropis, seperti Indonesia. *Photovoltaic* (PV) atau panel surya merupakan media yang dapat digunakan untuk mengubah pancaran energi surya tersebut menjadi listrik arus searah (*Direct Current*). Proses pengkonversian yang dilakukan oleh panel surya ini tidak luput dari adanya kelemahan, di mana energi surya yang tidak terkonversi menjadi energi listrik akan berubah menjadi kalor yang menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur PV sehingga menurunkan efisiensi dari panel surya tersebut. Salah satu material yang dapat digunakan untuk mendinginkan panel surya, yaitu *Crude Palm Oil* (CPO). CPO juga merupakan kategori *Phase Change Material* (PCM), yang mampu mendinginkan panel surya, menyerap dan menyimpan energi termal. CPO dapat menyerap sebagian kalor yang sebagian terbuang pada bagian belakang panel surya, sehingga memungkinkan adanya penurunan temperatur dari panel surya. Tidak hanya itu, penggunaan CPO, sebagai pendingin panel surya, juga dapat mempengaruhi hasil atau *output* dari panel surya, seperti tegangan dan arus listrik. Pada penelitian ini, penggunaan CPO, belum efektif untuk menurunkan temperatur permukaan panel surya, yang dapat diakibatkan oleh kurangnya ketebalan dari pelat PCM. Namun, diperoleh kenaikan

rata-rata efisiensi panel surya sebesar 8,11% untuk panel yang menggunakan CPO dan mampu menyerap kalor sebesar 77 W sampai dengan 116 W bergantung pada kondisi cuaca saat pengambilan data.

Kata Kunci : Crude Palm Oil (CPO), panel surya, phase change material

Kepustakaan : 40

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY ON COOLING OF 100 WP MONOCRYSTALLINE SOLAR PANELS USING CRUDE PALM OIL (CPO)

Scientific Writing in the Form of a Thesis

Handoko Salim, supervised by Prof. Dr. Ir. H Irwin Bizzy, M.T.

xvii + 80 pages + 29 tables + 42 figures + 8 attachments

Renewable energy is an alternative source that serves as a solution to energy limitations and an effort to minimize pollution and emissions from several non-renewable energy sources, such as oil-based fuels, coal, and others. Solar energy is one of the most promising renewable energy options, especially in tropical regions like Indonesia. Photovoltaic (PV) or solar panels are media that can be used to convert solar radiation into direct current (DC) electricity. However, the conversion process by solar panels is not without its drawbacks. Solar energy that is not converted into electricity turns into heat, causing an increase in the PV temperature, which in turn reduces the efficiency of the solar panel. One material that can be used to cool solar panels is Crude Palm Oil (CPO). CPO is also categorized as a Phase Change Material (PCM), which can cool the solar panel by absorbing and storing thermal energy. CPO can absorb a portion of the heat that is otherwise wasted on the back side of the solar panel, thereby potentially lowering its temperature. Moreover, the use of CPO as a cooling medium can also affect the output of the solar panel, such as voltage and current. In this study, the use of CPO has not yet been effective in significantly lowering the surface temperature of the solar panel, which may be due to the insufficient thickness of the PCM plate. However, an average efficiency increase of 8.11% was observed for the panel utilizing CPO, and it was capable of absorbing heat ranging from 77 W to 116 W depending on the weather conditions during data collection.

Keywords : Crude Palm Oil (CPO), solar panel, phase change material
Literature : 40

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	v
SKRIPSI.....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ix
KATA PENGANTAR	xi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xiii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xv
RINGKASAN	xvii
SUMMARY	xix
DAFTAR ISI.....	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL.....	xxvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Matahari dan Energi Surya.....	5
2.2 Perpindahan Kalor	7
2.2.1 Perpindahan Kalor Konduksi	7
2.2.2 Perpindahan Kalor Konveksi.....	9
2.2.3 Perpindahan Kalor Radiasi.....	11
2.3 Persamaan Balans Energi	12
2.4 <i>Thermal Energy Storage</i>	13
2.5 Panel Surya.....	14
2.5.1 Jenis Panel Surya.....	15
2.5.2 Prinsip Kerja Panel Surya.....	17
2.6 Pengaruh Peningkatan Temperatur terhadap Efisiensi Panel Surya	19

2.7 <i>Phase Change Material</i>	20
2.7.1 Klasifikasi <i>Phase Change Material</i>	21
2.7.2 <i>Crude Palm Oil</i>	22
2.8 Efisiensi Panel Surya	24
2.9 Penelitian Terdahulu	24
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Bagian Awal	27
3.2 Persiapan Penelitian	28
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.3.1 Desain Peralatan Pendingin Panel Surya	28
3.3.2 Persiapan Alat dan Bahan	29
3.3.3 Prosedur Pengujian	31
3.4. Perhitungan Kerugian Kalor	35
3.5 Pengolahan dan Analisa Data	37
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Hasil Pengukuran	39
4.1.1 Intensitas Daya Matahari	39
4.1.2 Pengukuran Temperatur	40
4.1.3 Perolehan Tegangan dan Arus	43
4.1.4 Perhitungan Daya Keluaran dan Efisiensi Panel Surya	48
4.2 Kecepatan Udara	59
4.3 Kerugian Energi yang Dialami Panel	61
4.3 Analisis Data	65
4.3.1 Temperatur	65
4.3.2 Daya Keluaran dan Efisiensi	69
4.3.3 Kerugian Energi yang Dialami Panel	69
4.4 Kenaikan Temperatur Panel Surya	65
4.5 Distribusi Temperatur Panel Surya dengan CPO	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Distribusi radiasi energi surya tahunan secara global	5
Gambar 2. 2. Konsumsi energi primer secara global	6
Gambar 2. 3. Peta persebaran potensi energi surya di Indonesia.....	7
Gambar 2. 4. Perpindahan kalor konduksi	8
Gambar 2. 5. (a) Perpindahan kalor konveksi paksa (b) Perpindahan kalor konveksi bebas.....	9
Gambar 2. 6. Perpindahan kalor radiasi	11
Gambar 2. 7. Pemanfaatan <i>Thermal Energy Storage (TES)</i> pada <i>Concentrated Solar Power (CSP) plant</i>	13
Gambar 2. 8. Perubahan sel surya menjadi panel surya.....	14
Gambar 2. 9. Panel surya Monocrystalline	15
Gambar 2. 10. Panel surya Polycrystalline	16
Gambar 2. 11. Struktur sel surya Monocrystalline dan Polycrystalline.....	16
Gambar 2. 12. Panel surya Thin Film	17
Gambar 2. 13. Prinsip kerja panel surya	18
Gambar 2. 14. Proses konversi energi matahari menjadi energi listrik panel surya	19
Gambar 2. 15. Kurva pengaruh temperatur terhadap tegangan dan arus listrik	20
Gambar 2. 16. Proses pelelehan dan solidifikasi.....	20
Gambar 2. 17. Kurva penambahan kalor terhadap temperatur	21
Gambar 2. 18. Klasifikasi <i>Phase Change Material</i> beserta sifat-sifatnya	22
Gambar 2. 19. Proses pengolahan <i>palm oil</i> menjadi CPO dan produk lainnya	23
Gambar 2. 20. Penelitian pendinginan panel surya menggunakan matriks foam alumunium	25
Gambar 3. 1. Diagram alir pengujian	27
Gambar 3. 2. Desain panel surya dan wadah PCM.....	29
Gambar 3. 3. Rancangan pengujian	29
Gambar 3. 4. Panel surya Monocrystalline 100 WP	30
Gambar 3. 5. (a) Wadah radiator PCM (b) Tampak samping wadah PCM	30

Gambar 3. 6. Skema <i>setup</i> untuk pengambilan data.....	31
Gambar 3. 7. Skema pengujian dengan PCM.....	36
Gambar 3. 8. Skema pengujian tanpa PCM	36
Gambar 4. 1. Grafik intensitas matahari.....	39
Gambar 4. 2. Grafik temperatur hari pertama	40
Gambar 4. 3. Grafik temperatur hari kedua.....	41
Gambar 4. 4. Grafik temperatur hari ketiga.....	42
Gambar 4. 5. Perbandingan daya keluaran hari pertama.....	47
Gambar 4. 6. Perbandingan daya keluaran hari kedua	48
Gambar 4. 7. Perbandingan daya keluaran hari ketiga.....	48
Gambar 4. 8. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari pertama	66
Gambar 4. 9. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari kedua.....	67
Gambar 4. 10. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari ketiga	67
Gambar 4. 11. Perbandingan temperatur panel surya dengan PCM OM29	68
Gambar 4. 1. Grafik intensitas matahari.....	39
Gambar 4. 2. Grafik temperatur hari pertama	40
Gambar 4. 3. Grafik temperatur hari kedua.....	41
Gambar 4. 4. Grafik temperatur hari ketiga.....	42
Gambar 4. 5. Perbandingan daya keluaran hari pertama.....	47
Gambar 4. 6. Perbandingan daya keluaran hari kedua	48
Gambar 4. 7. Perbandingan daya keluaran hari ketiga.....	48
Gambar 4. 8. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari pertama	66
Gambar 4. 9. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari kedua.....	67
Gambar 4. 10. Perbandingan temperatur permukaan atas kedua panel surya hari ketiga	67
Gambar 4. 11. Perbandingan temperatur panel surya dengan PCM OM29 (E	68
Gambar 4. 12. Distribusi temperatur panel dengan CPO hari pertama	71

Gambar 4. 13. Distribusi temperatur panel dengan CPO hari kedua.....	71
Gambar 4. 14. Distribusi temperatur panel dengan CPO hari ketiga	72

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi panel surya Monocrystalline 100 Wp.....	29
Tabel 3. 2. Variabel pengujian	32
Tabel 3. 3. Tabel Hasil Pengujian	34
Tabel 3. 4. Tabel Hasil Perhitungan.....	35
Tabel 4. 1. Arus dan tegangan hari pertama.....	44
Tabel 4. 2. Arus dan tegangan hari kedua.....	45
Tabel 4. 3. Arus dan tegangan hari ketiga.....	46
Tabel 4. 4. Data intensitas pertama hari pertama	48
Tabel 4. 5. Data intensitas kedua hari pertama	49
Tabel 4. 6. Data intensitas ketiga hari pertama	49
Tabel 4. 7. Data intensitas keempat hari pertama	50
Tabel 4. 8. Data intensitas kelima hari pertama	50
Tabel 4. 9. Data intensitas keenam hari pertama	51
Tabel 4. 10. Data intensitas ketujuh hari pertama.....	51
Tabel 4. 11. Data intensitas kedelapan hari pertama.....	52
Tabel 4. 12. Data intensitas pertama hari ketiga	53
Tabel 4. 13. Data intensitas kedua hari ketiga	53
Tabel 4. 14. Data intensitas ketiga hari ketiga	54
Tabel 4. 15. Data intensitas keempat hari ketiga	54
Tabel 4. 16. Data intensitas kelima hari ketiga	55
Tabel 4. 17. Data intensitas keenam hari ketiga.....	55
Tabel 4. 18. Tabel perbandingan daya keluaran panel surya hari pertama	56
Tabel 4. 19. Tabel perbandingan daya keluaran panel surya hari ketiga	57
Tabel 4. 20. Tabel perbandingan efisiensi kedua panel surya hari pertama	58
Tabel 4. 21. Tabel perbandingan efisiensi kedua panel surya hari ketiga.....	58
Tabel 4. 22. Kecepatan udara hari pertama.....	59
Tabel 4. 23. Kecepatan udara hari kedua	60
Tabel 4. 24. Kecepatan udara hari ketiga	60
Tabel 4. 25. Energi yang tersimpan dan kerugian kalor yang dialami panel	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Daya Keluaran Kedua Panel Surya	81
Lampiran 2. Perhitungan kerugian kalor.....	82
Lampiran 3. Proses Pengambilan Data	89
Lampiran 4. Lembar Konsultasi Tugas Akhir.....	91
Lampiran 5. Hasil Akhir Similaritas (Turnitin)	92
Lampiran 6. Surat Pernyataan Bebas Plagiarisme	93
Lampiran 7. Surat Keterangan Pengecekan Similaritas.....	94
Lampiran 8. Form Pengecekan Format Tugas Akhir.....	95
Lampiran 9. Respon akhir perbaikan sidang skripsi	96
Lampiran 10. Surat keterangan perbaikan skripsi.....	97

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik senantiasa akan terus bertambah seiring dengan berjalannya waktu. Hal ini berkaitan erat dengan kemajuan teknologi yang tentunya memerlukan energi listrik untuk menjalankan teknologi tersebut. Bahkan, konsumsi energi listrik ini sangat meningkat pesat dari era 1980an sampai dengan sekarang, baik secara domestik maupun global. Merujuk pada negara-negara dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, seperti di China, peningkatan konsumsi energi listrik ini terjadi sangat signifikan, di mana konsumsi energi listrik meningkat dari 261,49 miliar kWh pada tahun 1980 menjadi 4207,70 miliar kWh pada tahun 2011. Angka ini menunjukkan peningkatan yang melebihi 1500% dalam kurun waktu 41 tahun dan bahkan masih akan terus berkembang sampai ke depannya. (Lin dkk., 2016)

Di Indonesia sendiri, per tahun 2020, telah terpasang pembangkit listrik dengan kapasitas 72.750,72 MW. Angka ini menunjukkan peningkatan sebesar kurang lebih 104% bila dibandingkan pada tahun 2019 di angka 69.678,85 MW. (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, 2021)

Meskipun kebutuhan akan energi listrik ini kian meningkat pesat, pembangkit energi listrik sendiri masih terbatas, meskipun sumbernya yang sangat berlimpah. Nyatanya, tidak hanya Indonesia yang masih bergantung pada pembangkit listrik bertenaga batubara, namun 40% dari energi listrik yang dihasilkan secara global masih bersumber dari pembakaran batubara dan bahkan jumlah pembangkit listrik yang memanfaatkan batubara ini dapat diperkirakan untuk meningkat dalam kurun 2 dekade kedepan seiring dengan bertambahnya kebutuhan energi global. Meskipun demikian, pemanfaatan pembangkit listrik tenaga batubara ini tidak luput dari dampak negatif. Pembakaran batubara guna membangkitkan listrik ini sendiri

menghasilkan polutan-polutan, seperti Sulfur Dioksida (SO_2), Oksida Nitrogen, Karbon Dioksida (CO_2), merkuri (Hg), arsen (A), krom (Cr), nikel (Ni) dan logam-logam lainnya, yang dapat menjadi penyebab dari penyakit pernafasan yang dapat mengakibatkan kematian. Bahkan, menurut data yang dilakukan berdasarkan suatu analisis, diprediksi bahwa akan terjadi 1,37 juta kasus penyakit paru-paru yang berkorelasi dengan pembangkit listrik berbahan batubara. (Lin dkk., 2019)

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi energi baru terbarukan (EBT) atau energi bersih yang berlimpah, yang tentunya ramah bagi lingkungan dan juga makhluk hidup. Salah satunya potensi terbesar dari energi terbarukan yang dimiliki Indonesia adalah energi surya, di mana intensitas radiasi matahari yang memapari Indonesia sendiri berada pada kisaran 4,8 kWh/m² hariannya dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Meskipun pemanfaatannya masih terbatas, sumber energi surya merupakan alternatif yang dapat dipilih untuk mengurangi dampak buruk yang ada akibat sumber energi batubara dan juga menjadi pasokan cadangan energi yang dapat digunakan baik dalam skala kecil maupun skala besar.

Panel surya sebagai alternatif sumber pembangkit listrik sendiri tidak luput dari kekurangan. Saat temperatur yang diterima panel surya melakukan kerja melebihi temperatur optimal, yakni pada suhu 25 °C, efisiensi kerja dari panel akan mengalami penurunan. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi kerja panel surya, diperlukan pendinginan pada panel surya tersebut. Tipe pendinginan ada 2, yaitu pendinginan aktif dan pasif. Pendinginan aktif menggunakan energi tambahan untuk menggerakkan peralatan pendingin, seperti pompa, fan, atau lainnya. Sebaliknya, pendinginan pasif tidak membutuhkan energi tambahan, seperti pelat berlubang, heatsink, dan *Phase Change Material* (PCM).

Crude Palm Oil, dalam suatu penelitian untuk konstruksi dan material bangunan, pernah digunakan sebagai sarana untuk melakukan peningkatan performa dari PCM dengan menggunakan *diatomite* dari proses *bleaching* dari CPO tersebut. Hasilnya, performa termal dari PCM ikut meningkat diakibatkan adanya kenaikan kalor laten fusi sebesar 54,8%, serta degradasi termalnya. Hal ini memungkinkan CPO ataupun produk hasil turunannya untuk diterapkan sebagai salah satu sarana penyimpanan energi termal. (Acurio dkk., 2018)

Adapun tugas akhir ini mengkaji pendinginan pasif pada panel surya

menggunakan CPO. Judul Tugas Akhir adalah “Studi Eksperimental Pendinginan Panel Surya Tipe Monocrytalline 100 WP Menggunakan Crude Palm Oil” yang nantinya perolehan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengembangkan penelitian lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Adanya keterbatasan temperatur yang dapat diterima oleh kerja panel surya menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi apabila panel surya bekerja pada temperatur yang melebihi temperatur optimal, sehingga dibutuhkan *Phase Change Material* (PCM), berupa CPO, guna meningkatkan efisiensi kerja dari panel surya dan kalor yang diterima oleh CPO dapat disimpan sebagai energi termal.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berlangsung dengan baik, peneliti memberikan beberapa batasan masalah, yakni sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan merupakan panel surya tipe monocrystalline berkapasitas 100 WP dengan ukuran 102 cm × 67 cm × 3 cm sebanyak 2 unit, salah satunya didinginkan menggunakan material PCM, berupa minyak sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) dan panel surya yang lain tanpa menggunakan PCM.
2. Panel surya ditempatkan pada penyangga dengan ketinggian tertinggi 84 cm dan ketinggian terendah 52 cm dengan posisi panel memiliki kemiringan sebesar 15° terhadap arah utara mata angin.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian berikut adalah:

1. Meningkatkan efisiensi termal dari panel surya dengan bantuan PCM berupa *Crude Palm Oil* (CPO).

2. Menganalisis tahanan termal pada sistem panel surya dengan pendinginan PCM.
3. Menganalisis daya listrik yang dihasilkan panel surya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan perangkat panel surya yang dapat meningkatkan efisiensi termal.
2. Memberikan referensi untuk solusi peningkatan efisiensi kerja panel surya dengan bahan PCM berupa CPO.

DAFTAR PUSTAKA

- A, E.S., M, S., 2013. Environmental and Health Impact of Coal Use for Energy Production. *Egyptian Journal of Occupational Medicine*, 37 (2): 181–194. <https://doi.org/10.21608/ejom.2013.783>
- Abdulmunem, A.R., 2017. Passive Cooling By UtilizingP the Combined Pcm / Aluminum Foam Matrix To Improve Solar Panels Performance: Indoor Investigation. *The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering*, 17 (4): 2017–2022.
- Acurio, K., Chico-Proano, A., Martínez-Gómez, J., Ávila, C.F., Ávila, Á., Orozco, M., 2018. Thermal performance enhancement of organic phase change materials using spent diatomite from the palm oil bleaching process as support. *Construction and Building Materials*, 192 633–642. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.148>
- Adappa, S., Tiwari, R., Kamath, R., Guddattu, V., 2017. Health Effects and Environmental issues in residents around Coal Fired Thermal Power Plant, Padubidri: A cross sectional study. *Journal of Environmental and Occupational Science*, 6 (1): 8. <https://doi.org/10.5455/jeos.20170215104352>
- Alaaeddin, M.H., Sapuan, S.M., Zuhri, M.Y.M., Zainudin, E.S., AL-Oqla, F.M., 2019. Photovoltaic applications: Status and manufacturing prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102 (December 2018): 318–332. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.026>
- Alakali, J.S., Eze, S.O., Ngadi, M.O., 2012. Influence of Variety and Processing Methods on Specific Heat Capacity of Crude Palm Oil. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, 3 (5): 300–302. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2012.v3.204>
- Alva, G., Lin, Y., Fang, G., 2018. An overview of thermal energy storage systems. *Energy*, 144 341–378. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.037>
- Atkin, P., Farid, M.M., 2015. Improving the efficiency of photovoltaic cells using PCM infused graphite and aluminium fins. *Solar Energy*, 114 217–228. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.01.037>
- Azeman, N.H., Yusof, N.A., Othman, A.I., 2015. Detection of Free Fatty Acid in Crude Palm Oil. *Asian Journal of Chemistry*, 27 (5): 1569–1573. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2015.17810>

- Dincer, I., Rosen, M.A., 2011. THERMAL ENERGY STORAGE.
- Dubey, S., Sarvaiya, J.N., Seshadri, B., 2013. Temperature dependent photovoltaic (PV) efficiency and its effect on PV production in the world - A review. *Energy Procedia*, 33 311–321. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.072>
- Elavarasan, R.M., Velmurugan, K., Subramaniam, U., Kumar, A.R., Almakhlles, D., 2020. Experimental investigations conducted for the characteristic study of OM29 phase change material and its incorporation in photovoltaic panel. *Energies*, 13 (4): 1–18. <https://doi.org/10.3390/en13040897>
- Fleischer, A.S., 2015. Thermal energy storage using phase change materials: Fundamentals and applications, SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20922-7>
- Hossain, R., Ahmed, A.J., Islam, S.M.K.N., Saha, N., Debnath, P., Kouzani, A.Z., Mahmud, M.A.P., 2020. New Design of Solar Photovoltaic and Thermal Hybrid System for Performance Improvement of Solar Photovoltaic. *International Journal of Photoenergy*, 2020 (1). <https://doi.org/10.1155/2020/8825489>
- Incropera, F.P., DeWitt, D.P., Bergman, T.L. and Lavine, A.S. (2007) Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 6th edn. Hoboken, NJ: Wiley.
- Indartono, Y.S., Prakoso, S.D., Suwono, A., Zaini, I.N., Fernaldi, B., 2015. Simulation and experimental study on effect of phase change material thickness to reduce temperature of photovoltaic panel. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 88 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/88/1/012049>
- Jardan, R.K., Stumpf, P., Varga, Z., Veres, A., Zsamboski, R., Nemeth, Z., Korondi, P., Nagy, I., 2013. DEVELOPMENT OF E-LEARNING MODULES FOR TEACHING ENERGY FOR SUSTAINABLE WORLD.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A.A., Kim, K.H., 2018. Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82 (August 2017): 894–900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Kamran, M., 2023. Fundamentals of Smart Grid Systems.
- Kannan, N., Vakeesan, D., 2016. Solar energy for future world: - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62 1092–1105. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.022>
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Keteragalistrikan, 2021. Statistik Ketenagalistrikan 2020. *Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Direktorat Jenderal Keteragalistrikan*, 34 (April): 122.

- Khodphan, M., 2014. The tilt angle of the solar panels has the highest power. *Applied Mechanics and Materials*, 548–549 612–616. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.548-549.612>
- Kober, T., Schiffer, H.W., Densing, M., Panos, E., 2020. Global energy perspectives to 2060 – WEC’s World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews*, 31 (June): 100523. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100523>
- Kumar, C.M.S., Singh, S., Gupta, M.K., Nimdeo, Y.M., Raushan, R., Deorankar, A. V., Kumar, T.M.A., Rout, P.K., Chanotiya, C.S., Pakhale, V.D., Nannaware, A.D., 2023. Solar energy: A promising renewable source for meeting energy demand in Indian agriculture applications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 55 (August 2022): 102905. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102905>
- Laila, L., Darma, A.Y., 2020. The application of Crude Palm Oil (CPO) within lightweight concrete in passive air conditioning system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1456 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1456/1/012034>
- Lin, B., Omoju, O.E., Okonkwo, J.U., 2016. Factors influencing renewable electricity consumption in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55 687–696. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.003>
- Lin, C.K., Lin, R.T., Chen, T., Zigler, C., Wei, Y., Christiani, D.C., 2019. A global perspective on coal-fired power plants and burden of lung cancer. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 18 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0448-8>
- Liu, Z., Teng, R., Sun, H., 2022. APPLICATION OF PHASE CHANGE ENERGY STORAGE IN BUILDINGS Classification of Phase Change Materials and Packaging Methods. *Thermal Science*, 26 (5): 4315–4332. <https://doi.org/10.2298/TSCI211122045L>
- M., R., S., L., S., R., H., A., A., D., 2019. Experimental investigation on the abasement of operating temperature in solar photovoltaic panel using PCM and aluminium. *Solar Energy*, 188 (February): 327–338. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.05.067>
- Pingel, S., Zemen, Y., Frank, O., Geipel, T., Berghold, J., n.d. Mechanical Stability of Solar Cells within Solar Panels (1): 1.
- Ranabhat, K., Patrikeev, L., Revina, A.A. evna, Andrianov, K., Lapshinsky, V., Sofronova, E., 2016. An introduction to solar cell technology. *Journal of Applied Engineering Science*, 14 (4): 481–491. <https://doi.org/10.5937/jaes14->

10879

- Rumbayan, M. (2020). Energi Surya Sebagai Energi Alternatif yang Terbarukan (Dr. Eng. Meita Rumbayan, S.T., M.Eng.) (z-lib.org). Ahlimedia Press
- Safitri, N., Lhokseumawe, P.N., Rihayat, T., Lhokseumawe, P.N., 2020. Buku teknologi photovoltaic.
- Shastri, D.M.C., Arunachala, U.C., 2020. Thermal management of photovoltaic module with metal matrix embedded PCM. *Journal of Energy Storage*, 28 (January). <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101312>
- Stalin, P.M.J., Prasad, K.S., Kumar, Kuntumuri Pavan, Hemadri, G., Rajesh, M., Kumar, Konduru Praveen, 2021. Performance improvement of solar PV through the thermal management using a nano-PCM. *Materials Today: Proceedings*, 50 1553–1558. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.111>
- Stropnik, R., Stritih, U., 2016. Increasing the efficiency of PV panel with the use of PCM. *Renewable Energy*, 97 671–679. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.011>
- Tiyas, P.K., Widyartono, M., 2020. S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. *Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya* 274–282.
- Wei, C., Löschel, A., Managi, S., 2020. Recent advances in energy demand research in China. *China Economic Review*, 63 (July). <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2020.101517>
- Widayana, G., 2012. PEMANFAATAN ENERGI SURYA. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9 (1). <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v9i1.2876>
- Yunus Cengel A, 2008. Heat Transfer a Practical Approach Second Edition. *MacGraw-Hill*, 4 (9): 874.