

**Rancang bangun pendingin panel surya kapasitas 120 W
menggunakan *heat pipe* untuk meningkatkan efisiensinya**

***Design and construction of 120 W solar panel cooling system
using heat pipe to increase efficiency***

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Oriza Sativa Bastaman

NPM: 193030063



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

N a m a : Oriza Sativa Bastman

Nomor Pokok Mahasiswa : 193030063

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi.
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi.
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil *plagiarism*.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 20 September 2025

Penulis,



Oriza Sativa Bastaman

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

N a m a : Oriza Sativa Bastaman

NPM : 193030063

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Jenis Karya : Skripsi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancang bangun pendingin panel surya kapasitas 120 W menggunakan *heat pipe* untuk meningkatkan efisiensinya

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pakalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 20 September 2025

Yang menyatakan,



Oriza Sativa Bastaman

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**Rancang bangun pendingin panel surya kapasitas 120 W
menggunakan *heat pipe* untuk meningkatkan efisiensinya**



Nama : Oriza Sativa Bastaman
NPM : 193030063

Pembimbing Utama

Ir. Toto Supriyono, M.T., Ph.D.

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**Rancang bangun pendingin panel surya kapasitas 120 W
menggunakan *heat pipe* untuk meningkatkan efisiensinya**



Nama : Oriza Sativa Bastaman
NPM : 193030063

Tanggal sidang skripsi: 30 Juni 2025

Ketua : Ir. Toto Supriyono, M.T., Ph.D.

Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Hery Sonawan, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Rachmad Hartono, M.T.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunia, rahmat serta hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Adapun tujuan dari penulisan laporan skripsi ini, yaitu memenuhi skripsi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Dalam penyusunan laporan skripsi ini penulis menyampaikan rasa terima kasih atas bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga dapat menyelesaikan penulisan laporan ini. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih pada:

1. Allah SWT, yang senantiasa memberikan karunia, kekuatan dan kesabaran dalam menyusun laporan skripsi.
2. Bapak Ir. Toto Supriyono, M.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan nasehat dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Herry Sonawan, M.T, yang senantiasa menjadi Dosen Pendamping dalam penulisan skripsi ini.
4. Kepada kedua Orang tua penulis, yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat juang untuk menyelesaikan studi ini.
5. Kepada Sania Zetiara, A.Md.Keb, yang telah menemani selama menyusun dalam penulisan laporan ini.
6. Kepada teman seperjuangan yang tidak bisa saya ucapkan satu persatu, yang telah mendukung dan mensupport penulis hingga bisa sampai saat ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan selama kegiatan pembuatan skripsi maupun dalam penulisan laporan. Karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk laporan ini agar dapat dijadikan evaluasi dan pembelajaran dikemudian hari.

Akhir kata tidak lupa saya ucapkan *Alhamdulillah*, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulisan pada khususnya dan umumnya bagi semua pihak yang membaca. Terima Kasih

Wassalamu 'alaikum Wr.Wb

Bandung 20 September 2025

Penulis,



Oriza Sativa Bastaman

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. Latar Belakang.	1
2. Rumusan Masalah.....	1
3. Tujuan	1
4. Manfaat	2
5. Lingkup Masalah.....	2
6. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR	4
1. Panel Surya	4
2. Metode Panel Surya	4
3. Pengaruh temperatur terhadap panel surya	6
4. Metode pendingin panel surya	6
a. Pendingin aktif	6
b. Pendingin pasif.....	7
5. <i>Heat pipe</i>	7
a. Prinsip kerja <i>heat pipe</i>	8
b. Proses perpindahan kalor pada <i>heat pipe</i>	9
c. Komponen	10
d. Wick	11
6. Jenis-jenis <i>heat pipe</i>	11

a. <i>Heat pipe</i> konvensional.....	11
b. <i>Heat pipe</i> jenis melingkar	12
c. <i>Heat pipe</i> datar	13
7. Pendingin panel surya dari penelitian terdahulu	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
1. Tahapan penelitian	15
a. Identifikasi masalah	15
b. Studi literatur.....	15
c. Analisis energi.....	16
d. Menentukan spesifikasi <i>heat pipe</i>	16
e. Perancangan <i>heat pipe</i> menggunakan pendingin	16
f. Pembuatan <i>heat pipe</i>	16
2. Pemilihan spesifikasi.....	16
a. Pemilihan diameter <i>heat pipe</i>	18
b. Pemilihan fluida kerja pada <i>heat pipe</i>	19
c. Pemilihan material <i>heat pipe</i>	19
d. Pemilihan <i>filling ratio</i> fluida kerja.....	20
e. Energi yang dapat diambil oleh fluida kerja	20
f. Perancangan <i>heat pipe</i> menggunakan pendingin	22
g. Perancangan bentuk <i>heat pipe</i>	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
1. Bagian-bagian <i>heat pipe</i>	24
2. Detail desain.....	24
3. Perhitungan fin alumunium.....	25
4. Alat dan bahan yang digunakan	28
a. Pipa tembaga	28
b. Serat karbon	28
c. Dop tembaga	28
d. Reducer	29
e. Chech valve.....	29
f. Fil alumunium	30
g. Pad alumunium	30
h. Testing manifold AC.....	30
i. Kompresor.....	31

j. Lem araldite	31
k. Aseton	32
l. Timbangan digital	32
m. Termometer termokopel.....	32
n. Alat ukur suhu air.....	33
o. Timer stopwatch.....	33
5. Proses mendesain heat pipe.....	34
a. Mulai	34
b. Pengukuran <i>heat pipe</i>	34
c. Membuka aplikasi SolidWorks.....	34
d. Memasukan data.....	34
e. Mendesain <i>heat pipe</i>	34
f. Mencetak gambar	34
g. Selesai	35
6. Proses pembuatan <i>heat pipe</i>	35
a. Mempersiapkan alat dan bahan.....	35
b. Pemotongan pipa tembaga	35
c. Memasukan sumbu wick.....	36
d. Penyanmbungan komponen <i>heat pipe</i>	36
e. Contoh penyambungan pipa tembaga dengan lem araldite.....	37
f. Contoh penyambungan pipa tembaga dengan brazing.....	37
g. Menyambungkan <i>heat pipe</i> dengan testing manifold AC.....	38
h. Memberi tekanan dan memvakum <i>heat pipie</i>	38
7. Uji kebocoran <i>heat pipe</i>	39
a. Memasukan tekanan angin 1 bar.....	39
b. Uji bocor di dalam air	39
c. Pemvakuman <i>heat pipe</i>	40
8. Pengujian <i>heat pipe</i>	40
a. Memanaskan air	41
b. Pengujian <i>heat pipe</i>	42
c. Pengujian <i>heat pipe</i>	42
d. Data hasil pengujian.....	43
9. Pemasangan pada panel surya.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46

1. Kesimpulan	46
2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN A.....	51
LAMPIRAN B.....	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Panel Surya [12].	4
Gambar 2. Prinsip kerja panel surya [17].	5
Gambar 3. Prinsip Kerja <i>Heat pipe</i> [25].	9
Gambar 4. Logam <i>tube</i> [27].	10
Gambar 5. <i>Wick</i> pada <i>Heat pipe</i> [30].	11
Gambar 6. <i>Heat pipe</i> konvensional.	12
Gambar 7. <i>Heat pipe</i> melingkar.	12
Gambar 8. <i>Heat pipe</i> datar	13
Gambar 9. Alur tahapan penelitian	15
Gambar 10. <i>Thermal resistances</i>	20
Gambar 11. <i>Thermal resistances</i> [33].	20
Gambar 12. Perancangan pemasangan <i>Heat pipe</i>	22
Gambar 13. Bagian - bagian <i>Heat pipe</i>	24
Gambar 14. <i>Heat pipe</i>	24
Gambar 15. <i>Heat pipe</i> dengan pendingin.	25
Gambar 16. Grafik Efisien Fin vs Panjang sirip	27
Gambar 17. Pipa Tembaga.	28
Gambar 18. Serat karbon.	28
Gambar 19. Dop Tembaga	29
Gambar 20. Reducer Tembaga.	29
Gambar 21. <i>Check valve</i>	29
Gambar 22. Fin Alumunium	30
Gambar 23. Pad Alumunium	30
Gambar 24. <i>Testing manifold AC</i> .	31
Gambar 25. Kompresor.	31
Gambar 26. Lem Araldite	31
Gambar 27. Aseton	32
Gambar 28. Timbangan digital	32
Gambar 29. Termometer termokopel.	33
Gambar 30. Termometer air.	33
Gambar 31. Timer stopwatch.	33
Gambar 32. Tahapan mendesain.	34
Gambar 33. Langkah-langkah pembuatan <i>heat pipe</i> .	35

Gambar 34. Pipa tembaga dan sumbu wick.....	36
Gambar 35. Sumbu wick di dalam pipa tembaga	36
Gambar 36. Penyambungan <i>Heat sink</i> dan komponen lain	36
Gambar 37. Penyambungan pipa menggunakan lem araldite	37
Gambar 38. Penyambungan pipa dengan brazing.....	37
Gambar 39. Proses pemvakuman.....	38
Gambar 40. Tahapan uji kebocoran	39
Gambar 41. <i>Heat pipe</i> diberi tekanan 1 bar	39
Gambar 42. <i>Heat pipe</i> di masukan ke dalam air	40
Gambar 43. Pemvakuman <i>heat pipe</i>	40
Gambar 44. Tahapan pengujian	41
Gambar 45. Pengujian <i>heat pipe</i>	41
Gambar 46. Pengujian <i>heat pipe</i>	42
Gambar 47. Pengujian <i>heat pipe</i>	42
Gambar 48. Grafik perbedaan temperatur.....	44
Gambar 49. <i>Assembly</i> panel surya dan <i>heat pipe</i> menggunakan pad alumunium.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan metode pendinginan 7

Tabel 2. Spesifikasi panel surya..... 16

Tabel 3. Perbandingan Literatur Pemilihan *Heat pipe*. 18

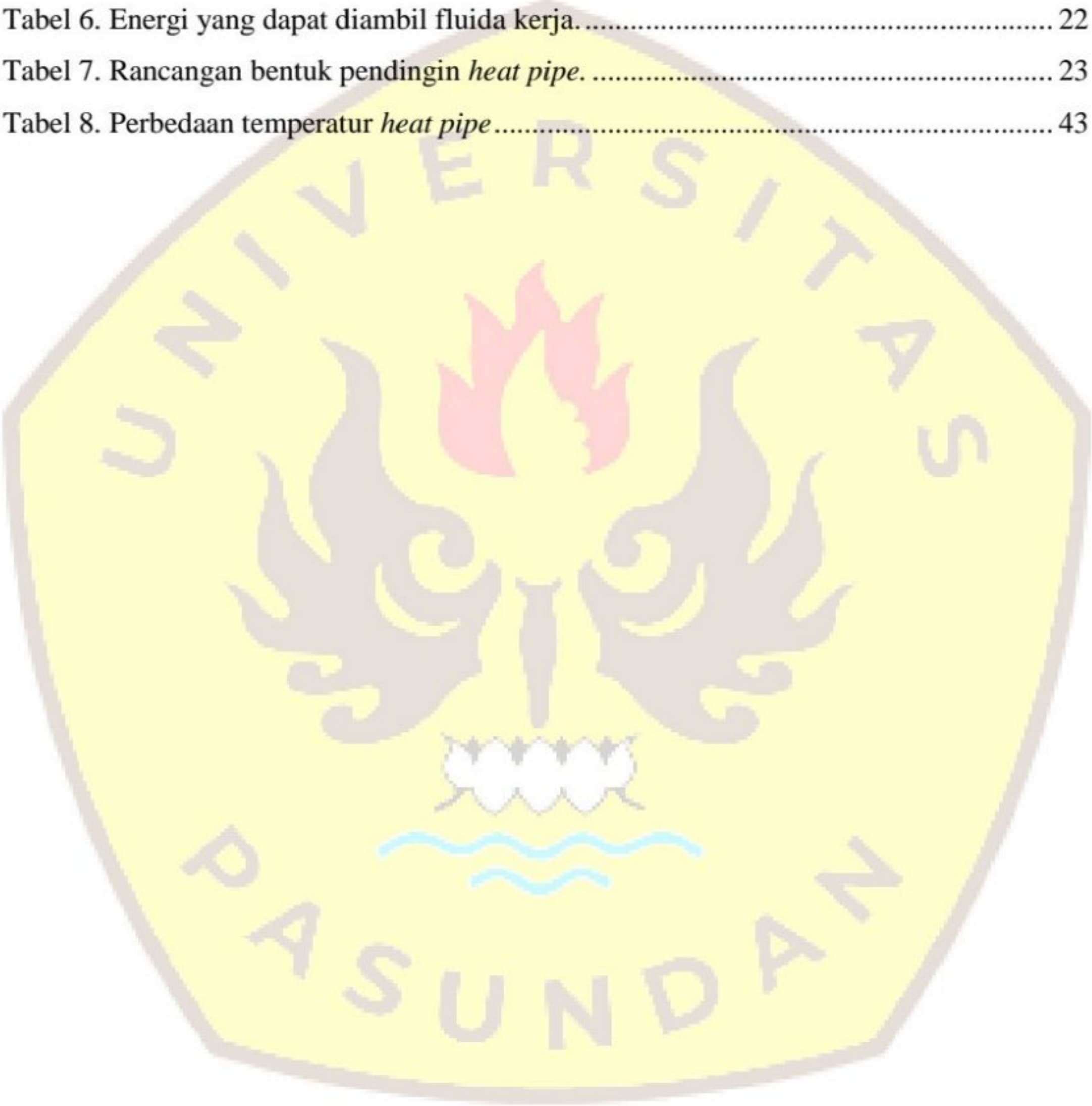
Tabel 4. Tabel titik didih fluida kerja 19

Tabel 5. Tabel konduktivitas termal. 19

Tabel 6. Energi yang dapat diambil fluida kerja..... 22

Tabel 7. Rancangan bentuk pendingin *heat pipe*. 23

Tabel 8. Perbedaan temperatur *heat pipe* 43



ABSTRAK

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tidak menghasilkan polutan dan tersedia melimpah, menjadikannya alternatif yang menjanjikan untuk menggantikan energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara yang bersifat terbatas dan merusak lingkungan. Akan tetapi, salah satu kendala utama dalam pemanfaatan panel surya adalah penurunan efisiensi akibat peningkatan temperatur kerja, skripsi ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pendingin menggunakan *Heat pipe* pada panel surya 120 W guna menurunkan temperatur kerja dan meningkatkan efisiensi energi. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem *Heat pipe* berdasarkan perhitungan kalor yang harus diserap, serta perbandingan desain dari penelitian sebelumnya sebagai acuan. Proses pembuatan *Heat pipe* mencakup pemotongan material, perakitan komponen, pemvakuman, pengujian kebocoran, dan pemasangan pada panel surya. Hasil perancangan menghasilkan sembilan buah *Heat pipe* berdiameter 19 mm dengan tiga variasi panjang, yaitu 400 mm, 660 mm, dan 760 mm, masing-masing dilengkapi dengan tiga buah *heat sink* atau *fin* alumunium sebagai pelepas kalor dari *Heat pipe* ke udara. Diperoleh juga hasil perhitungan efisiensi sirip pendingin $\eta_{fin} = 0,9963$ dengan panjang 2 cm hampir 100% . Kalor yang dapat dikeluarkan fin adalah 6 W, sehingga kalor yang harus dikeluarkan *heat pipe* adalah 30 W, dengan demikian dibutuhkan fin alumunium sebanyak ± 5 buah disetiap *heat pipe*. Dengan komponen tambahan seperti pad sebagai alat pengambil kalor dari panel surya ke *heat pipe*.

Kata kunci: energi terbarukan, panel surya, *heat pipe*, pendingin

ABSTRACT

Solar energy is one of the renewable energy sources that does not produce pollutants and is abundantly available, making it a promising alternative to replace fossil fuels such as oil and coal, which are limited and environmentally damaging. However, one of the main challenges in utilizing solar panels is the decrease in efficiency due to the increase in operating temperature. This thesis aims to design and build a cooling system using Heat pipes for a 120 W solar panel to reduce the operating temperature and increase energy efficiency. The method used includes the design of the Heat pipe system based on the calculation of the heat that needs to be absorbed, as well as a comparison of designs from previous studies as a reference. The Heat pipe manufacturing process includes material cutting, component assembly, vacuuming, leak testing, and installation on the solar panel. The design results in nine Heat pipes with a diameter of 19 mm, with three variations in length, namely 400 mm, 660 mm, and 760 mm, each equipped with three aluminum heat sinks or fins to dissipate heat from the Heat pipe to the air. Based on the calculations, the cooling fin efficiency was found $\eta_{fin} = 0,9963$ for a fin length of 2 cm.. Each fin is capable of dissipating approximately 6 W of heat. Consequently, the total heat that must be removed by the heat pipe is 30 W. therefore, an estimated ± 5 aluminium fins are required per heat pipe to ensure effective heat dissipation. Additionally, a thermal interface component, such as a thermal pad, is utilized to facilitate the transfer of heat from the solar panel to the heat pipe

Key word: renewable energy, solar panel, Heat pipe, cooling system

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Matahari merupakan sumber energi yang tidak ada habisnya, dan kebutuhan energi di Indonesia sebagian besar masih bergantung pada energi berbasis minyak bumi dan batu bara [1]. Energi tersebut berbahaya bagi lingkungan serta tidak terbarukan. Energi matahari adalah energi yang tidak menghasilkan polutan. Dengan peningkatan penduduk, perkembangan wilayah, dan pembangunan dari tahun ke tahun. Kebutuhan akan pasokan energi listrik semakin meningkat secara nasional [2].

Energi surya dapat digunakan di seluruh dunia karena menghasilkan listrik dan tidak memerlukan banyak perawatan, tidak menyebabkan kebisingan [3]. Besar daya listrik yang diperoleh panel surya, bergantung pada tegangan dan arus listrik yang dihasilkannya [4]. Peningkatan temperatur panel surya dapat menurunkan efisiensinya, perubahan temperatur pada panel surya selain faktor lingkungan sekitar, juga disebabkan sel-sel yang mampu menyerap energi foton sekaligus kalor dari radiasi matahari.

Perkembangan teknologi panel surya mampu meningkatkan efisiensi daya secara signifikan. Dalam studi laboratoria, efisiensi beberapa panel surya telah mencapai lebih dari 40%, namun efisiensi ekonomi masih sangat minim [5]. Uji efisiensi skala laboratoria untuk panel surya monokristalin berkisar 24%, tetapi efisiensi sebenarnya hanya 11-17% [6].

2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

- a. Bagaimana merancang pendingin panel surya menggunakan *Heat pipe*.
- b. Material apa yang baik digunakan sebagai komponen *Heat pipe*.
- c. Fluida kerja apa yang paling sesuai digunakan dalam *Heat pipe*.
- d. Bagaimana konstruksi *Heat pipe* yang optimal untuk dipasang pada panel surya.

3. Tujuan

Tujuan penelitian ini yaitu:

- a. Merancang sistem pendingin panel surya menggunakan *heat pipe* untuk panel 120W.
- b. Menentukan material *heat pipe* yang memiliki konduktivitas termal tinggi dan tahan korosi.
- c. Memilih fluida kerja yang memiliki karakteristik perpindahan panas optimal pada suhu kerja panel surya.
- d. Membangun konstruksi *heat pipe* yang kompatibel secara struktural dan termal dengan panel surya 120 W.

4. Manfaat

Dengan manfaat penelitian ini dapat memahami bagaimana tahap pembuatan *heat pipe*, adanya hal positif yang diambil. Contoh manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Meningkatkan efisiensi energi, membantu menjaga panel surya untuk mencapai temperatur optimal.
- Sebagai acuan penelitian selanjutnya, yang dapat dijadikan dasar bagi peneliti di masa mendatang untuk lebih inovatif.

5. Lingkup Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang dipaparkan di atas maka peneliti menentukan batasan masalah dengan memfokuskan pembuatan *heat pipe*.

Penyederhanaan berupa batasan masalah yang dihadapi dalam peneliti ini adalah sebagai berikut:

- *Heat pipe* yang digunakan adalah untuk mendinginkan panel surya 120 W.
- Temperatur lingkungan 25 – 35 °C.
- Penggunaan lem araldite sebagai penyambungan komponen *heat pipe*.

6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini dilakukan menurut urutan bab-bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi latar belakang yang melandasi penulisan rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan

BAB II STUDI LITERATUR

Bagian ini berisi tentang dasar teori tentang panel surya, *heat pipe* dan pendingin panel surya. Bab ini menjelaskan prinsip kerja, komponen, jenis-jenis *heat pipe* dan panel surya.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi tentang diagram alir penelitian dimulai penjelasan tentang diagram alir pemilihan spesifikasi *heat pipe*, perancangan penempatan *heat pipe*, dan bentuk *heat pipe*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang perhitungan *heat sink*, penjelasan bagian *heat pipe*, alat dan bahan serta proses pembuatan *heat pipe*.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian dan saran adalah masukan dari penulis, bagi peneliti selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan pendingin panel surya menggunakan *heat pipe* didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pendingin yang dirancang untuk mendinginkan panel surya menggunakan *Heat pipe* berdiameter $\frac{3}{4}$ " dengan 3 (tiga) panjang yang berbeda yaitu 400 mm, 660 mm, dan 760 mm.
- b. Material *heat pipe* yang digunakan adalah tembaga dimana memiliki konduktivitas termal yang tinggi.
- c. Fluida kerja yang digunakan *heat pipe* adalah Aseton karena temperatur kerja berada di 0-56,5 °C, cocok dengan Panel surya yaitu 30 °C – 60 °C.
- d. Pembuatan *heat pipe* untuk pendingin Panel surya dimulai dari menentukan spesifikasi material, perancangan desain, pemotongan pipa tembaga, penyambungan dengan komponen lain, pemvakuman dan mengetes kebocoron.
- e. Spesifikasi *heat pipe* sebagai berikut
 - Panjang total : 400 mm, 660 mm, 760 mm
 - Diameter luar : 18 mm
 - Material pipa : Tembaga
 - Cairan kerja : Aseton, titik didih $\pm 56,1^{\circ}\text{C}$
 - Tekanan kerja : Vakum
 - Jenis sumbu : *wick* serat karbon
 - Kapasitas : ± 30 W per pipa
 - Material fin : Alumunium
- f. Perhitungan efisiensi *heatsink* menunjukkan kinerja yang baik. Efisiensi sirip pendingin $\eta_{\text{fin}} = 0,9963$ menunjukkan bahwa sirip dapat melepaskan nyaris seluruh panas yang di transfer. Setiap sirip (fin) alumunium mampu melepas panas sebesar 6 W, dengan total satu *heat pipe* sebesar 30 W, maka diperlukan sebanyak ± 5 buah sirip pendingin per *heat pipe*.

2. Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan penulis memberikan saran bagi penelitian selanjutnya, berikut beberapa saran tersebut:

- a. Pada saat memasukan fluida kerja ke dalam pipa, disarankan untuk menambah cairan 10 ml dari hasil perhitungan yang sudah ditentukan.
- b. Pada saat pemvakuman dilakukan beberapa kali agar lebih maksimal.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Andre, "Matahari Untuk PLTS di Indonesia," *Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*, 2012. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- [2] E. Liun, "Potensi Energi Alternatif Dalam Sistem Kelistrikan Indonesia," *Pros. Semin. Nas. Pengemb. Energi Nukl. IV*, pp. 311–322, 2011.
- [3] S. Darmawan, "Penerapan Sistem Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Penerangan Perahu Nelayan," vol. 9, no. 2, pp. 269–272, 2016, [Online]. Available: https://etd.unsyiah.ac.id/index.php?p=show_detail&id=21212
- [4] S. Yuliananda, G. Surya, and R. Retno Hastijanti, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya," *J. Pengabd. LPPM Untag Surabaya Nop.*, vol. 01, no. 02, pp. 193–202, 2015.
- [5] Z. Iqimal, I. D. Sara, and D. Syahrizal, "Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Air," *Kitektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [6] T. Bukti, "perancangan pembangkit listrik tenaga surya dengan sistem organic rankine cycle (orc)," *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016, [Online]. Available: <http://repository.unpas.ac.id/11529/>
- [7] T. Supriyono, M. I. Ammarullah, R. Hartono, G. Santoso, S. Sugiharto, and M. S. Permana, "Polycrystalline Diamond as a Potential Material for the Hard-on-Hard Bearing of Total Hip Prosthesis: Von Mises Stress Analysis," *Biomedicines*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.3390/biomedicines11030951.
- [8] E. Sonu, "Cara kerja, Manfaat & Pemasangan Panel Surya," *sun energy*, 2024. <https://sunenergy.id/panel-surya>
- [9] T. Supriyono *et al.*, "Performance comparison of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules before testing with a cooling system," *Cogent Eng.*, vol. 11, no. 1, p., 2024, doi: 10.1080/23311916.2024.2430426.
- [10] D. Sibuea, "Potensi Indonesia untuk Menggunakan Tenaga Surya sebagai Sumber Energi," *solar kita*, 2024. <https://www.solarkita.com/blog/potensi-indonesia-untuk-menggunakan-tenaga-surya-sebagai-sumber-energi>
- [11] M. Sya'fiatul, "Peran energi dalam memenuhi kebutuhan dasar kehidupan manusia khususnya dalam pembangunan ekonomi nasional berkelanjutan," *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005>

0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_sistem_pembetungan_terpusat_strategi_melestari

- [12] R. Adistiariani, H. Sasana, and G. Jalunggono, "Penduduk Dan Harga Listrik Terhadap Konsumsi Energi Sektor Rumah Tangga Di Indonesia Tahun 1990-2018," *Din. Dir. J. Econ.*, vol. 2, no. 2, pp. 415–430, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31002/dinamic.v2i2.1373%0A>
- [13] S. Dana, "panel surya," *sinarmonas industries*, 2022. <https://sinarmonas.co.id/product/subcat/module-monocrystalline>
- [14] N. Safitri, *teknologi photovoltaic*, no. July. 2019. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/341909134buku_teknologi_photovoltaic
- [15] F. Abdillah, "Sistem Monitoring Dan Controlling Pada," 2021, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/30501/16524110> Faqihan Abdillah.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [16] H. Asy'ari, Jatmiko, and Angga, "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya," *Simp. Nas. RAPI XI FT UMS*, pp. 52–57, 2012.
- [17] H. L. Hubungan, "Hubungan antara Tegangan , Arus dan Hubungan Antara".
- [18] E. Zurich, "Why solar lights could offer a solution to the world's poor," *world economic forum*, 2017. <https://www.weforum.org/stories/2017/07/why-solar-lights-could-offer-a-solution-to-the-worlds-poor/>
- [19] R. Rismawan, T. Supriyono, and H. Sonawan, "Pengukuran kinerja Heat Pipe untuk Pendingin Photovoltaic Module 100 WP." p. 5, 2022. [Online]. Available: [http://repository.unpas.ac.id/57218/1/Riki_Rismawan_163030063_Teknik Mesin %281%29.pdf](http://repository.unpas.ac.id/57218/1/Riki_Rismawan_163030063_Teknik_Mesin_%281%29.pdf)
- [20] T. Supriyono, U. J. I. Performansi, S. Panel, and K. Wp, "J u r n a l," vol. 2, no. 2, pp. 35–48, 2022.
- [21] N. Putra, A. Winarta, and B. Aji, "Kinerja Termal dan Pola Aliran Oscillating Heat Pipe dengan Fluida Kerja Ethanol," no. Snttm Xv, pp. 5–6, 2016.
- [22] A. Yudha, "Studi Eksperimen Pengaruh Beban Kalor Terhadap Unjuk Kerja Termal Model Loop Heat Pipe," *SIGMA Epsil. - Bul. Ilm. Teknol. Keselam. Reakt. Nukl.*, vol. 25, no. 2, p. 84, 2021, doi: 10.17146/sigma.2021.25.2.6368.
- [23] I. Setyawan, R. M. Putra, Ridwan, and T. Mulyanto, "Analisis Kinerja Termal Dari Straight Heat Pipe Dengan Sumbu Screen Mesh Pada Sudut Kemiringan Yang Berbeda," *J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 27, no. 3, pp. 213–225, 2022, doi: 10.35760/tr.2022.v27i3.7561.
- [24] T. Supriyono, "Mekanika Fluida Lanjut," p. 20, 2021.
- [25] W. Suyitno, "karakteristik perpindahan panas pada loop thermosyphon dengan fluida kerja r – 134a

bertekanan 0,8 mpa Keywords : Abstract :,” *Mekanika*, vol. 9, no. September, pp. 226–230, 2010.

- [26] S. Julius, “aplikasi heat pipe pada pengkondisian udara dengan variasi mass flow rate udara dan orientasi heat pipe dengan variasi mass flow rate udara dan orientasi heat pipe,” 2012.
- [27] H.Thomas, “HEAT PIPE,” *Heat pipe*, 2020. <https://www.heatpipe.com.sg/benefits-engineers/>
- [28] T. Supriyono, M. Ramandani, H. Soemantri, and Murtalim, “Buku Ajar Mekanika Fluida Dasar,” *Tek. Mesin Univ. Pas. Bandung*, no. April, 2019.
- [29] Z. Abdurrachim, “Kaji Eksperimental Pipa Kalor dengan Berbagai Jenis Fluida Kerja,” pp. 277–282, 2007.
- [30] M. Shefin, “study of conventional and modern heat pipe,” *slideshare*, 2015. <https://www.slideshare.net/slideshow/study-of-heat-pipe/54998427>
- [31] D. Panji, “Studi Eksperimen Pengaruh Wick Pipa Kapiler Pada Model Loop Heat Pipe,” *SIGMA Epsil. - Bul. Ilm. Teknol. Keselam. Reakt. Nukl.*, vol. 25, no. 2, p. 74, 2021, doi: 10.17146/sigma.2021.25.2.6365.
- [32] F. Frida Astuti, “Pengaruh Ketebalan Dinding Wick Terhadap Kinerja Termal Heat Pipe,” *Enthalpy J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 3, p. 110, 2023, doi: 10.55679/enthalpy.v8i3.42984.
- [33] A.Fauzian, “cara kerja heat pipe,” *blogspot*, 2012. <https://anggafauzian.blogspot.com/2012/06/heat-pipe.html>
- [34] T. Supriyono, G. Omar, N. Tamaldin, H. Sonawan, M. R. Sumartono, and M. S. Kasim, “Fabrication of a Working Fluid Filler for Cooling Photovoltaic Module,” *Pros. SNTTM XXI 2023*, pp. 611–618, 2023, [Online]. Available: <https://zenodo.org/records/12608217>
- [35] T. Supriyono, “Pemilihan Sumber Panas Sistem Pemanas Air untuk penghematan Biaya dan Energi,” *Pros. Semin. Nas. Perkemb. Ris. dan Teknol. di Bid. Ind. ke 16*, no. 193, pp. 978–979, 2021.
- [36] R. Eqwan, “Solar PV system with pulsating heat pipe cooling,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 14, no. 1, pp. 311–318, 2019, doi: 10.11591/ijeecs.v14.i1.pp311-318.
- [37] C. Mozumder, “Performance of Heat Pipe for Different Working Fluids and Fill Ratios,” *J. Mech. Eng.*, vol. 41, no. 2, pp. 96–102, 2011, doi: 10.3329/jme.v41i2.7473.