

**Rancang bangun sistem pemanas di dalam kolektor surya  
pada alat pemurni air**

*(Design of heating system on water purifier equipment)*

**SKRIPSI**

**Nama: Nicko Saputro**

**NPM: 223030105**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PASUNDAN**

**BANDUNG**

**2024**

# LEMBAR PENGESAHAN

## Rancang Bangun Sistem Pemanas di dalam Kolektor Surya pada Alat Pemurni Air

*(Design of heating system on water purifier equipment)*



**Nama: Nicko Saputro**

**NPM: 223030105**

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Pendamping

Mohammad Reza Hermawan, S.T., M.T.

# DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1. Latar Belakang.....	1
2. Rumusan Masalah.....	2
3. Tujuan Penelitian .....	2
4. Manfaat Penelitian .....	2
5. Batasan Masalah .....	3
6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI LITERATUR .....	5
1. Evaporasi .....	5
2. Evaporator .....	6
3. Energi Surya .....	6
4. Kolektor Surya.....	6
5. Elemen Pemanas Elektrik.....	9
6. Material Aluminium (Al) .....	11
7. Penelitian Terdahulu .....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
1. Tahapan Penelitian.....	16
2. Tempat Penelitian .....	19
3. Peralatan dan Bahan yang Digunakan.....	19
4. Proses Pembuatan Alat.....	24

5. Setup Pengujian .....	28
6. Metode Pengujian .....	28
1. Pengujian Fungsional Alat .....	28
2. Pengujian Performansi Alat.....	29
7. Rancangan Pengujian .....	30
8. Metode Pengolahan Data Hasil Pengujian .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
1. Pengolahan Data Hasil Pengukuran .....	32
1. Data Hasil Pengukuran Temperatur dengan Tegangan 100 Volt. ....	32
2. Data Hasil Pengukuran Temperatur dengan Tegangan 150 Volt .....	37
3. Data Hasil Pengukuran Temperatur dengan Tegangan 200 Volt .....	43
4. Data Hasil Pengukuran Temperatur dengan Tegangan 220 Volt .....	48
2. Pembahasan .....	53
1. Data Hasil Pengukuran Pada Tegangan 100V.....	53
2. Data Hasil Pengukuran Pada Tegangan 150V.....	55
3. Data Hasil Pengukuran Pada Tegangan 200V.....	56
4. Data Hasil Pengukuran Pada Tegangan 220V.....	57
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>59</b>
1. Kesimpulan.....	59
2. Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>64</b>
1. Peralatan dan Bahan yang Digunakan.....	64
2. Proses Pembuatan Alat.....	69
3. Setup Pengujian .....	72
4. Metode Pengujian .....	72
5. Data Hasil Pengukuran.....	73
1. Data Hasil Pengukuran Ke-1 dengan Tegangan 100 Volt.....	73
2. Data Hasil Pengukuran Ke-2 dengan Tegangan 100 Volt.....	73
3. Data Hasil Pengukuran Ke-3 dengan Tegangan 100 Volt.....	73

4.	Data Hasil Pengukuran Ke-4 dengan Tegangan 100 Volt.....	74
5.	Data Hasil Pengukuran Ke-5 Temperatur dengan Tegangan 100 Volt.....	74
6.	Data Hasil Pengukuran Ke-1 Temperatur dengan Tegangan 150 Volt.....	74
7.	Data Hasil Pengukuran Ke-2 Temperatur dengan Tegangan 150 Volt.....	75
8.	Data Hasil Pengukuran Ke-3 Temperatur dengan Tegangan 150 Volt.....	75
9.	Data Hasil Pengukuran Ke-4 Temperatur dengan Tegangan 150 Volt.....	75
10.	Data Hasil Pengukuran Ke-5 Temperatur dengan Tegangan 150 Volt.....	76
11.	Data Hasil Pengukuran Ke-1 Temperatur dengan Tegangan 200 Volt.....	76
12.	Data Hasil Pengukuran Ke-2 Temperatur dengan Tegangan 200 Volt.....	76
13.	Data Hasil Pengukuran Ke-3 Temperatur dengan Tegangan 200 Volt.....	77
14.	Data Hasil Pengukuran Ke-4 Temperatur dengan Tegangan 200 Volt.....	77
15.	Data Hasil Pengukuran Ke-5 Temperatur dengan Tegangan 200 Volt.....	77
16.	Data Hasil Pengukuran Ke-1 Temperatur dengan Tegangan 220 Volt.....	78
17.	Data Hasil Pengukuran Ke-2 Temperatur dengan Tegangan 220 Volt.....	78
18.	Data Hasil Pengukuran Ke-3 Temperatur dengan Tegangan 220 Volt.....	78
19.	Data Hasil Pengukuran Ke-4 Temperatur dengan Tegangan 220 Volt.....	79
20.	Data Hasil Pengukuran Ke-5 Temperatur dengan Tegangan 220 Volt.....	79
6.	<i>Plotting</i> Data Hasil Pengukuran.....	80
1.	<i>Plotting</i> Data Pengukuran Temperatur Pelat pada Tegangan 100V.....	80
2.	<i>Plotting</i> Data Pengukuran Temperatur Pelat pada Tegangan 150V.....	82
3.	<i>Plotting</i> Data Pengukuran Temperatur Pelat pada Tegangan 200V.....	84
4.	<i>Plotting</i> Data Pengukuran Temperatur Pelat pada Tegangan 220V.....	86
7.	Data Temperatur Rata-Rata Pelat.....	88
1.	Data Temperatur Rata-Rata Pelat pada Tegangan 100 Volt.....	88
2.	Data Temperatur Rata-Rata Pelat pada Tegangan 150 Volt.....	88
3.	Data Temperatur Rata-Rata Pelat pada Tegangan 200 Volt.....	89
4.	Data Temperatur Rata-Rata Pelat pada Tegangan 220 Volt.....	89
8.	<i>Plotting</i> Data Temperatur Rata-Rata Pemanas Pelat.....	90
1.	<i>Plotting</i> Data Temperatur Rata-Rata pada Tegangan 100 Volt.....	90

2.	<i>Plotting</i> Data Temperatur Rata-Rata pada Tegangan 150 Volt. ....	90
3.	<i>Plotting</i> Data Temperatur Rata-Rata pada Tegangan 200 Volt. ....	91
4.	<i>Plotting</i> Data Temperatur Rata-Rata pada Tegangan 220 Volt. ....	91

## ABSTRAK

Air bersih yang aman dan tersedia merupakan kebutuhan dasar manusia. Namun, akses terhadap air bersih seringkali terbatas, terutama di daerah-daerah yang terpencil atau terdampak bencana alam. Penelitian ini dilakukan guna mengembangkan sistem pemanas pada alat pemurni air. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemanas dalam kolektor surya yang diintegrasikan dengan alat pemurni air dengan fokus pengembangan pada bagian komponen pemanas untuk meningkatkan temperatur yang dihasilkan dengan memberikan sumber panas tambahan sehingga dapat meningkatkan output temperatur dalam proses penguapan air. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis sistem, pemilihan komponen pemanas, implementasi praktis, serta pengujian dan evaluasi kinerja sistem. Diawali dengan studi literatur untuk memahami prinsip kerja pemanas dalam kolektor surya. Material komponen pelat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Aluminium (Al) yang memiliki sifat penghantar panas yang baik dan memiliki sifat tahan korosi. Komponen pemanas yang digunakan dalam proses pengembangan alat pemurni air ini yaitu berupa *heater plate* tipe *stripe* yang dipasang di beberapa titik permukaan pelat yang digunakan. Selanjutnya, penulis melakukan perhitungan untuk menentukan jumlah komponen pemanas yang diperlukan dengan membagi luas permukaan pelat yang digunakan untuk menentukan titik letak komponen pemanas yang digunakan. Kemudian, dilakukan proses perakitan komponen sampai komponen dapat bekerja dengan baik. Setelah itu, dilakukan pengujian pelat pemanas untuk memverifikasi kinerja sistem pemanas. Evaluasi kinerja sistem dilakukan dengan pengujian fungsional alat berupa uji tetes air untuk mengetahui kemampuan pelat pemanas dalam melakukan proses evaporasi dan melakukan pengujian performansi alat dengan variabel tegangan yang berbeda-beda yaitu pengukuran dengan variabel tegangan 100V, 150V, 200V, dan 220V untuk mengetahui besar temperatur rata-rata yang dihasilkan pada setiap pengujian juga untuk mengetahui besar konsumsi daya pemanas pelat selama proses pemanasan berlangsung. Lalu dilakukan proses pengolahan data berupa *plotting* data hasil pengukuran menggunakan aplikasi pengolah data *Microsoft Excel* untuk mengetahui keseragaman penyebaran temperatur permukaan pelat pemanas. Temperatur rata-rata permukaan pelat pemanas harus melebihi temperatur didih air 100°C. Berdasarkan hasil pengamatan visual pada pengujian fungsional alat, pengukuran pada tegangan 150V mampu menguapkan tetesan air. Hasil dari pengujian performansi alat, pengukuran dengan tegangan input 150V mampu menghasilkan temperatur permukaan pelat di atas temperatur didih air 100°C. Dari hasil pengolahan data, pengukuran dengan tegangan input 150V dapat menghasilkan temperatur rata-rata melebihi temperatur didih air yang berkisar antara 105,2°C di bagian tepi penampang pelat pemanas sampai 117,2°C di bagian tengah penampang pelat pemanas. Dari hasil *plotting* data yang dilakukan, ditemukan bahwa pada pengukuran dengan tegangan input 150V penyebaran temperatur lebih seragam dibandingkan dengan hasil *plotting* data pengukuran yang lainnya. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan bahwa pada tegangan kerja 150V alat mampu mencapai temperatur didih air dan melakukan proses evaporasi air dengan keseragaman penyebaran temperatur yang baik.

Kata kunci : Pelat Pemanas, Distribusi Temperatur pelat, Penguapan Air.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Air merupakan elemen yang menjadi kebutuhan dasar kehidupan manusia [1]. Dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat dapat dilakukan melalui memperbanyak ketersediaan air bersih yang layak dikonsumsi. Sebagian besar masyarakat di daerah terpencil, seperti daerah pesisir laut dan tepi sungai muara, mengalami kesulitan mendapatkan air bersih. Air tawar dibutuhkan untuk berbagai keperluan, seperti mandi, cuci, kakus, dan minum. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sebagian masyarakat membuat sumur dan menggunakan pompa untuk mengalirkan air. Selain itu, sebagian masyarakat juga menggunakan air sungai untuk mandi dan cuci, meski air sungai tersebut tidak selalu bersih. Masyarakat terpaksa menggunakan air yang tidak bersih karena tidak memiliki pilihan lain [2].

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pengembangan teknologi yang dapat mempermudah manusia untuk mendapatkan ketersediaan air bersih dan layak untuk dikonsumsi. Berdasarkan permasalahan tersebut teknologi pemurnian air dapat menjadi sebuah solusi yang tepat untuk meningkatkan kualitas hidup dan ketersediaan air bersih bagi masyarakat.

Salah satu metode dalam proses pemurnian air adalah melalui proses pemanasan air. Pemanasan air ini dapat membunuh mikroorganisme patogen yang tidak bisa dihilangkan dalam proses penyaringan air. Selain itu, proses pemanasan ini dinilai efektif karena dapat memisahkan zat terlarut dalam air sehingga air hasil pemanasan terjamin kebersihannya. Oleh karena itu, peran dari sebuah sistem pemanas air pada alat pemurni air sangatlah penting untuk meningkatkan kualitas air yang dihasilkan selama proses pemurnian air berjalan.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan dari sebuah sistem pemanas air yang dapat diintegrasikan dengan alat pemurni air. Sistem yang akan dibuat dalam penelitian ini merupakan modifikasi sistem pelat kolektor dengan penambahan elemen pemanas berupa *stripe heater* yang diharapkan mampu meningkatkan output temperatur pelat kolektor dalam proses



pemanasan air yang akan dimurnikan. Selain itu, penelitian dan perancangan sistem pemanas ini juga mempertimbangkan aspek kemudahan pengguna, keamanan, dan aspek efisiensi energi, sehingga nantinya hasil dari perancangan sistem pemanas ini dapat diterapkan secara luas dalam berbagai kondisi lingkungan.

Berdasarkan latar belakang di atas, proses penelitian ini diharapkan dapat menjadi bentuk kontribusi nyata dalam bidang pemurnian air, serta memberikan peluang lebih untuk dilakukannya pengembangan lebih lanjut dalam pengaplikasian sistem pemanas air untuk berbagai kebutuhan di masa depan.

## **2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis perlu membuat perumusan masalah sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Rumusan masalah yang dibuat diantaranya:

1. Berapa temperatur rata-rata permukaan pelat pemanas yang dihasilkan oleh sistem pemanas pemanas yang dibuat?.
2. Berapa nilai tegangan input yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur rata-rata di atas temperatur didih air?.
3. Bagaimana penyebaran temperatur yang terjadi pada permukaan pelat pemanas yang dibuat?.

## **3. Tujuan Penelitian**

Membuat dan merancang sistem pemanas pelat dan menentukan tegangan listrik yang dibutuhkan pelat pemanas untuk mencapai temperatur rata-rata di atas temperatur titik didih air dengan penyebaran panas yang relatif merata pada permukaan pelat yang dibuat.

## **4. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti, diharapkan dapat memberi manfaat baik bagi pembaca nantinya. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan

mengenai rancang bangun sistem pemanas pelat dalam kolektor surya pada alat pemurni air, dengan demikian laporan penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana pengembangan ilmu pengetahuan dan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

Selanjutnya, produk hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kinerja alat pemurni air yang dapat bermanfaat bagi seluruh kalangan masyarakat guna menjadi alat bantu dalam memperoleh air bersih sebagai kebutuhan sehari-hari.

## **5. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, agar bahasan pada laporan tugas akhir ini terarah, maka dibuatlah batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis pelat yang digunakan adalah pelat Aluminium (Al) berukuran 40cm × 40cm dengan ketebalan pelat 3 mm;
2. Jenis pemanas pelat yang digunakan yaitu *Heater Plate tipe Stripe* dengan spesifikasi 300W/220V.

## **6. Sistematika Penulisan**

Laporan tugas akhir ini disusun bab demi bab yang terdiri dari lima bab dengan urutan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini memaparkan tentang latar belakang penelitian, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan laporan usulan penelitian.

### **BAB II STUDI LITERATUR**

Pada bab ini dibahas tentang informasi yang berkaitan dengan judul penelitian seperti penjelasan tentang jenis material yang digunakan sebagai pelat datar, jenis media pemanas, dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti dalam melaksanakan proses rancang bangun sistem pemanas yang akan dibuat.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini berisikan tentang metodologi yang digunakan serta langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian ini berlangsung.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini berisi tentang kegiatan yang dilakukan penulis sedari awal sampai akhir penelitiannya dan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang dilakukan penulis dan saran untuk penelitian selanjutnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Pada bagian ini berisi tentang referensi yang dipakai penulis untuk mengumpulkan data-data serta teori yang berkaitan dengan penelitian penulis.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan oleh penulis, dapat disimpulkan bahwa sistem pemanas pelat berhasil dibuat dan dapat berfungsi dengan baik dengan penggunaan pelat berupa Aluminium berukuran 40 cm × 40 cm yang dilengkapi dengan komponen pemanas tambahan berupa sembilan buah *heater plate* tipe *stripe* berspesifikasi 300W/220V. Data hasil pengamatan visual proses pengujian fungsional alat dan proses pengukuran pada pengujian performansi alat yang telah dilakukan menggunakan empat variabel tegangan input menunjukkan hasil sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran pada proses pengujian performansi alat diketahui bahwa temperatur yang dihasilkan oleh pelat pemanas pada setiap variabel tegangan yang digunakan yaitu; (1) Temperatur hasil pengukuran dengan tegangan 100V berkisar antara 85,8°C sampai 102,6°C dengan konsumsi daya sebesar 373,9 W; (2) Temperatur hasil pengukuran dengan tegangan 150V berkisar antara 105,2°C sampai 117,2°C dengan konsumsi daya sebesar 388,0 W; (3) Temperatur hasil pengukuran dengan tegangan 200V berkisar antara 116,6°C sampai 136,2°C dengan konsumsi daya 557,1 W; (4) Temperatur hasil pengukuran dengan tegangan 220V berkisar antara 155,4°C sampai 169,8°C dengan konsumsi daya sebesar 655,8 W.
2. Hasil pengamatan visual pada proses pengujian fungsional alat berupa uji tetes air menunjukkan bahwa pada; (1) Pengujian dengan tegangan 100V, pelat pemanas belum mampu menguapkan air melainkan hanya membuat tetesan air menjadi butiran dan genangan air yang mendidih saja; (2) Sedangkan pada ketiga pengujian lainnya yakni pengujian dengan tegangan 150V, 200V, dan 220V, pelat pemanas sudah mampu mencapai titik didih air 100°C dan menguapkannya secara instan saat tetesan air menyentuh pelat pemanas.

3. Berdasarkan hasil *plotting* data hasil pengukuran diketahui bahwa; (1) Penyebaran temperatur dengan tegangan 100V tidak seragam dengan arah penyebaran temperatur ke bagian kanan bawah permukaan pelat pemanas; (2) Penyebaran temperatur dengan tegangan 150V terlihat seragam dengan temperatur tertinggi berada pada bagian tengah permukaan pelat pemanas dengan penyebaran yang cenderung merata sesuai plot warna yang dibuat; (3) Penyebaran temperatur dengan tegangan 200V terlihat tidak seragam dengan gerak penyebaran temperatur yang cenderung terpusat di bagian tengah dan kanan bawah permukaan pelat; (4) Penyebaran temperatur dengan tegangan 220V tidak seragam dengan gerak penyebaran temperatur yang cenderung terpusat di bagian tengah permukaan pelat.

Dari ketiga data hasil pengujian yang dilakukan selama penelitian berlangsung, ditentukan bahwa pelat pemanas dengan tegangan input 150V sudah dapat menghasilkan temperatur di atas temperatur didih air dan dapat melakukan proses evaporasi air. Penyebaran temperatur pada kondisi operasional dengan tegangan 150V bersifat seragam ditinjau dari hasil *plotting* data yang dilakukan.

Merujuk pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Matilda M. Gati, Thomas Ari Negara, Ferdinan M. Sinaga, Yohannes Ridwan. S yang berjudul “*Desain Kolektor Plat Datar (Flat Plate) untuk pemanas air*”, penambahan komponen pemanas dapat menghasilkan temperatur rata-rata pelat pemanas yang lebih tinggi daripada temperatur rata-rata yang dihasilkan oleh peneliti terdahulu, dimana pada penelitian terdahulu temperatur pelat pemanas hanya mencapai 38,5°C untuk pelat dengan luas 7,5m<sup>2</sup> dan 58°C pada pelat dengan luas 3m<sup>2</sup> dengan hanya mengandalkan sistem isolasi reflektor tanpa bantuan komponen pemanas tambahan. Sedangkan pada penelitian yang penulis lakukan, temperatur rata-rata yang dihasilkan pelat pemanas menjadi lebih tinggi yaitu 105,2°C sampai 117,2°C dengan tegangan input 150V.

## 2. Saran

Berdasarkan pada hasil pengukuran temperatur permukaan pelat, diperoleh temperatur yang beragam pada setiap titik ukurnya, hal ini disebabkan proses pengukuran temperatur hanya mengandalkan alat berupa *thermal gun*. Begitu juga adanya pengaruh dari lingkungan seperti adanya udara yang memengaruhi temperatur yang diukur.

Data yang diperoleh dari proses pengukuran pun belum dapat dipastikan sempurna tingkat akurasinya sehingga ada baiknya dilakukan pengukuran yang lebih tepat dan teliti kedepannya. Pengumpulan data pengukuran harus diulang dengan menggunakan alat yang lebih tinggi tingkat akurasinya seperti kamera pendeteksi temperatur atau dibuatkan model ilustrasi dengan menggunakan software yang lebih canggih sehingga data yang diperoleh akan lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. L. Aris and Munawar, “Desalinasi air payau dengan teknik evaporasi surya dan biomassa,” vol. 3, no. 1, pp. 117–120, 2019.
- [2] S. Hery, S. Toto, and G. Ahmad, “Water mist system application in solar collector system to increase clean water production,” vol. 17, no. 10, pp. 2048–2058, 2022, doi: 10.2166/wpt.2022.125.
- [3] S. A. Ismayati, L. Esta, M. F. A. Andi, P. Sabdha, and R. L. Rifaldy, “Sistem pemanas air pemanfaatan tenaga matahari menggunakan metode CFD,” vol. 13, no. 01, pp. 1–5, 2024.
- [4] H. T. Hangga and T. S. Alexander, “Rancang bangun dan uji kinerja alat desalinasi sistem penyulingan menggunakan panas matahari dengan pengaturan tekanan udara,” vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2014.
- [5] F. Ahmad, S. Budi Indra, A. Chusnul, and K. S. Satyanto, “Analisa model evaporasi dan evapotranspirasi menggunakan pemodelan matematika pada visual basic di Kabupaten Maros,” *J. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 5, no. 3, pp. 179–196, 2021, doi: 10.29244/jsil.5.3.179-196.
- [6] I. K. D. Wiranugraha, H. Wijaksana, and K. Astawa, “Analisa performansi kolektor surya pelat bergelombang dengan variasi kecepatan udara,” *J. Ilm. Tek. DESAIN Mek.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2021, [Online]. Available: [simdos.unud.ac.id](http://simdos.unud.ac.id)
- [7] F. Achmad Faisal, “Kondisi operasi optimal pada desain peralatan,” *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 7, no. 2, pp. 17–23, 2016.
- [8] S. Muhammad, “Optimasi jumlah pipa pemanas terhadap kinerja,” *J. Ilm. Teknol. Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 46–55, 2012.
- [9] Zelviana, G. Maksi, and Sugianto, “Penentuan Efisiensi kolektor pelat datar dengan penutup kaca pada sistem pemanas air surya,” *JOM FMIPA*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2014.
- [10] E. C. Cheng, V. Sanjayan, and N. D. Amer, “Solar thermal organic rankine cycle as a

- renewable energy option,” *J. Mek.*, no. 20, pp. 68–77, 2005, [Online]. Available: <https://jurnalmekanikal.utm.my/index.php/jurnalmekanikal/article/view/193>
- [11] S. Enrico, “Beyond thermoeconomics? The concept of extended exergy accounting and its application to the analysis and design of thermal systems,” *Exergy, An Int. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 68–84, 2001, doi: 10.1016/s1164-0235(01)00012-7.
- [12] B. Auliya, “Karakteristik kolektor surya plat datar dengan variasi jarak kaca penutup dan sudut kemiringan kolektor,” 2006.
- [13] J. A. D. Deceased and W. A. Beckman, *Solar engineering of thermal processes*, vol. 3, no. 3. 1982. doi: 10.1016/0142-694x(82)90016-3.
- [14] T. D. Putri, F. Smantha, D. Ifadah, A. Syarif, and ..., “Analisis eksergi pada kolektor surya pelat datar,” *Pros. Semin. ...*, vol. 01, no. 01, pp. 1–5, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/psmtk/article/view/2678/1139>
- [15] D. Zhou, C. Y. Zhao, and Y. Tian, “Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications,” *Appl. Energy*, vol. 92, pp. 593–605, 2012, doi: 10.1016/j.apenergy.2011.08.025.
- [16] P. Kristanto and Y. Kiem San, “Pengaruh tebal plat dan jarak antar pipa terhadap performansi kolektor surya plat datar,” vol. 4, no. April, pp. 47–51, 2002.
- [17] H. Susanto and D. Irawan, “Pengaruh jarak antar pipa pada kolektor terhadap panas yang dihasilkan solar water heater,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 84–91, 2017, doi: 10.24127/trb.v6i1.470.
- [18] Iswadi and Aisyah, “Sistem pengolahan air laut menjadi air minum menggunakan tenaga matahari,” *Alkimia*, pp. 66–77, 2020, [Online]. Available: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/al-kimia/article/download/1632/1587>
- [19] S. D. Ariffudin, “Perancangan sistem pemanas pada rancang bangun mesin pengaduk bahan baku sabun mandi cair,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 52–57, 2017, [Online]. Available: <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/13/article/view/6583>
- [20] Meriadi, S. Meliala, and Muhammad, “Perencanaan dan pembuatan alat pengering biji coklat dengan wadah putar menggunakan pemanas listrik,” *J. Energi Elektr.*, vol. 7, pp.



47–53, 2018.

- [21] A. A. Afif, Kiryanto, and W. B. S. Ari, “Analisa kekuatan tarik, kekuatan tekuk, komposisi dan cacat pengecoran paduan aluminium flat bar dan limbah kampas rem dengan menggunakan cetakan pasir dan cetakan hidrolis sebagai bahan komponen jendela kapal,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 05, no. 1, pp. 97–103, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/nava>
- [22] A. Bayu, “Solar water heater using flat collector with selective surface,” Universitas Sanata Dharma, 2009.
- [23] M. G. Gati, T. A. Negara, F. M. Sinaga, and Y. Ridwan, “Desain kolektor plat datar ( flat plate ) untuk pemanas air,” *J. Ilm. Fistik UGM 03*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2006.
- [24] F. A. R. Sambada, “Unjuk kerja pemanas air energi matahari sederhana,” vol. 3, no. November, pp. 59–70, 2019.
- [25] M. Mulyanef, B. Burmawi, and K. Muslimin, “Pengolahan air laut menjadi air dan garam dengan destilasi tenaga surya,” *J. Tek. Mesin ISSN ...*, vol. 4, no. 1, pp. 29, 2015, [Online]. Available: <https://jtm.itp.ac.id/index.php/jtm/article/view/56>