

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PEMANAS AIR TENAGA
SURYA AKTIF *DIRECT SYSTEM* MENGGUNAKAN
KOLEKTOR PELAT DATAR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I KADEK ADE FANAN FIFTRADIA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PEMANAS AIR TENAGA
SURYA AKTIF *DIRECT SYSTEM* MENGGUNAKAN
KOLEKTOR PELAT DATAR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

**I KADEK ADE FANAN FIFTRADIA
NIM. 2115234028**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2025

ABSTRAK

Penggunaan energi fosil sebagai sumber utama untuk pemanas air berdampak negatif terhadap lingkungan, seperti perubahan iklim dan pencemaran udara. Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar, sehingga pengembangan pemanas air tenaga surya menjadi solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemanas air tenaga surya aktif dengan *direct system* menggunakan kolektor pelat datar, serta menganalisis pengaruh laju aliran air terhadap efisiensi kinerja kolektor dan temperatur air dalam tangki.

Metode yang digunakan adalah rancang bangun dan pengujian eksperimental. Kolektor berukuran 160 cm × 100 cm × 10 cm dipadukan dengan tangki penyimpanan 50 liter. Pengujian dilakukan dengan variasi debit aliran air 1,5 L/menit, 2,5 L/menit, 3,5 L/menit dan 4,5 L/menit. Data suhu dicatat setiap 30 menit selama 4 jam pada kondisi cuaca cerah, dengan kolektor menghadap utara dan kemiringan 20°. Sistem dikendalikan oleh mikrokontroler untuk mengatur sirkulasi air berdasarkan perbedaan suhu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi sistem paling optimal pada debit rendah, dengan temperatur air tertinggi dicapai pada debit 1,5 L/menit (hingga 63,3 °C). Efisiensi menurun seiring meningkatnya debit aliran karena berkurangnya waktu kontak air dengan permukaan penyerap panas. Efisiensi juga bergantung terhadap tingkat intensitas radiasi matahari. Rancangan ini dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan emisi gas rumah kaca, serta dapat diterapkan secara ekonomis di tingkat rumah tangga.

Kata kunci : Pemanas air tenaga surya, kolektor pelat datar, efisiensi, temperatur air, energi terbarukan.

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN ACTIVE DIRECT SOLAR WATER HEATER SYSTEM USING A FLAT PLATE COLLECTOR

ABSTRACT

The use of fossil energy as the primary source for water heating has negative impacts on the environment, such as climate change and air pollution. Indonesia has significant solar energy potential, making the development of solar water heaters an environmentally friendly and sustainable solution. This study aims to design and construct an active solar water heating system using a direct system with a flat plate collector, as well as to analyze the effect of water flow rate on the collector's performance efficiency and the water temperature in the storage tank.

The method used involves design, construction, and experimental testing. The collector measures 160 cm × 100 cm × 10 cm and is paired with a 50-liter storage tank. Testing was conducted with varying water flow rates of 1.5 L/min, 2.5 L/min, 3.5 L/min, and 4.5 L/min. Temperature data was recorded every 30 minutes for 4 hours under clear weather conditions, with the collector facing north and tilted at 20°. The system is controlled by a microcontroller that regulates water circulation based on temperature differences.

The results of the study show that the system's efficiency is most optimal at low flow rates, with the highest water temperature achieved at a flow rate of 1.5 L/min (up to 63.3 °C). Efficiency decreases as the flow rate increases due to reduced contact time between the water and the heat-absorbing surface. Efficiency also depends on the level of solar radiation intensity. This design can reduce dependence on fossil fuels and greenhouse gas emissions, and can be economically implemented at the household level.

Keywords : *solar water heater, flat-plate collector, efficiency, water temperature, renewable energy.*

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.5.1 Manfaat bagi Penulis.....	4
1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali.....	4
1.5.3 Manfaat bagi masyarakat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Energi Matahari	5
2.2 Pemanas Air Tenaga Surya.....	6

2.3	Jenis Jenis Pemanas Air Tenaga Surya.....	7
2.3.1	Pemanas air tenaga surya dengan sirkulasi pasif	7
2.3.2	Pemanas air tenaga surya dengan sirkulasi aktif.....	9
2.4	Kolektor Surya (<i>Solar Collector</i>)	11
2.4.1	Kolektor pelat datar	11
2.5	Proses Pemanasan air.....	13
2.6	Perpindahan Panas	14
2.6.1	Perpindahan panas konduksi	14
2.6.2	Perpindahan panas konveksi	14
2.6.3	Perpindahan Panas Radiasi.....	15
2.7	Komponen Pemanas Air Tenaga Surya.....	16
2.7.1	Kolektor surya (<i>solar collector</i>)	16
2.7.2	Tangki penyimpanan	16
2.7.3	Pompa.....	16
2.7.4	Kontrol sistem	16
2.8	Menghitung Energi Pada Kolektor	17
2.9	Menghitung Efisiensi Kolektor	18
BAB III METODE PENELITIAN.....		19
3.1	Jenis Penelitian	19
3.2	Alur Penelitian.....	25
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.3.1	Lokasi penelitian	26
3.3.2	Waktu penelitian	26
3.4	Penentuan Sumber Data.....	27
3.5	Sumber Daya Penelitian	28
3.6	Instrument Penelitian.....	29
3.7	Prosedur Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Hasil.....	33
4.1.1	Proses pembuatan alat	34
4.1.2	Spesifikasi pemanas air tenaga surya	41

4.1.3 Pengujian Sistem	42
4.1.4 Menghitung energi pada kolektor	45
4.1.5 Menghitung efisiensi kolektor surya	46
4.1.6 Grafik temperatur air yang dicapai pada tangki	54
4.1.7 Grafik pengaruh debit air dan intensitas radiasi terhadap efisiensi....	55
4.2 Pembahasan	56
4.2.1 Temperatur air yang dicapai pada tangki penyimpanan.....	56
4.2.2 Pengaruh debit air dan intensitas radiasi terhadap efisiensi	57
BAB V PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar temperatur air untuk beberapa jenis pemakaian	6
Tabel 2.2 Konduktivitas termal material.....	12
Tabel 3.1 Jadwal penyelesaian skripsi	27
Tabel 3.2 Bahan kolektor surya	28
Tabel 3.3 Bahan tangki penyimpanan.....	28
Tabel 3.4 Bahan sistem kontrol.....	29
Tabel 3.5 Data hasil pengujian.....	32
Tabel 4.1 Bahan yang digunakan dalam membuat pemanas air tenaga surya	34
Tabel 4.2 Bahan untuk sistem kontrol.....	40
Tabel 4.3 Spesifikasi komponen pemanas air tenaga surya	41
Tabel 4.4 Data hasil pengujian pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	42
Tabel 4.5 Data hasil pengujian pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan kedua	42
Tabel 4.6 Data hasil pengujian pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	42
Tabel 4.7 Data hasil pengujian pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan kedua	43
Tabel 4.8 Data hasil pengujian pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	43
Tabel 4.9 Data hasil pengujian pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan kedua	43
Tabel 4.10 Data hasil pengujian pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	44
Tabel 4.11 Data hasil pengujian pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan kedua	44
Tabel 4.12 Data hasil pengujian pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	45

Tabel 4.13 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan pertama	46
Tabel 4.14 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan kedua.....	46
Tabel 4.15 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan pertama	47
Tabel 4.16 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan kedua.....	47
Tabel 4.17 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan pertama	48
Tabel 4.18 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan kedua.....	48
Tabel 4.19 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan pertama	48
Tabel 4.20 Data hasil pengolahan data pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan kedua.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta potensi energi matahari wilayah Bali	5
Gambar 2.2 Prinsip termosifon	8
Gambar 2.3 <i>Integrated collector storage system</i>	9
Gambar 2.4 <i>Direct circulation system</i>	10
Gambar 2.5 <i>Indirect circulation system</i>	11
Gambar 2.6 Kolektor pelat datar	12
Gambar 2.7 Perpindahan panas konduksi	14
Gambar 2.8 Perpindahan panas konveksi pada suatu pelat.....	15
Gambar 3.1 Desain rancangan pemanas air tenaga surya	19
Gambar 3.2 Ukuran kolektor surya	20
Gambar 3.3 Ukuran pipa pada kolektor	20
Gambar 3.4 Ukuran dudukan kolektor	21
Gambar 3.5 Ukuran tangki penyimpanan	21
Gambar 3.6 Komponen pada kolektor surya.....	22
Gambar 3.7 Tangki penyimpanan	22
Gambar 3.8 Wiring sistem kontrol mikrokontroler.....	23
Gambar 3.9 Skema rancangan pemanas air tenaga surya	24
Gambar 3. 10 Alur pelaksanaan	25
Gambar 3.11 Tempat dan lokasi penelitian.....	26
Gambar 3.12 Penempatan alat ukur	27
Gambar 3.13 <i>Thermocouple</i>	30
Gambar 3.14 <i>Lux meter</i>	30
Gambar 3.15 <i>Water meter</i>	30
Gambar 3.16 <i>Stopwatch</i>	31
Gambar 3.17 Thermometer digital	31
Gambar 4.1 Pemanas air tenaga surya	33
Gambar 4.2 Pembuatan <i>frame</i> kolektor surya.....	35
Gambar 4.3 Pemasangan glasswool	35

Gambar 4.4 Pemasangan pelat aluminium dan triplek.....	36
Gambar 4.5 Pembuatan aliran sirkulasi air pada kolektor suryaa	36
Gambar 4.6 Pembuatan pelat penyerap panas.....	37
Gambar 4.7 Pengecatan pelat aluminium.....	37
Gambar 4.8 Pemasangan nepel pada ujung pipa tembaga	37
Gambar 4.9 Pemasangan sensor temperatur	38
Gambar 4.10 Pemasangan kaca penutup.....	38
Gambar 4.11 Pembuatanudukan kolektor surya	39
Gambar 4.12 Kolektor surya	39
Gambar 4.13 Pemasangan glasswool pada tangki	40
Gambar 4.14 Pemasangan pipa pvc	40
Gambar 4.15 Sistem kontrol	41
Gambar 4.16 Pemanas air tenaga surya	41
Gambar 4.17 Grafik hubungan intensitas radiasi yang diterima terhadap temperatur air pada debit aliran 1,5 L/mnt	50
Gambar 4.18 Grafik hubungan intensitas radiasi yang diterima terhadap temperatur air pada debit aliran 2,5 L/mnt	51
Gambar 4.19 Grafik hubungan intensitas radiasi yang diterima terhadap temperatur air pada debit aliran 3,5 L/mnt	52
Gambar 4.20 Grafik hubungan intensitas radiasi yang diterima terhadap temperatur air pada debit aliran 4,5 L/mnt	53
Gambar 4.21 Grafik temperatur air pada tangki	54
Gambar 4.22 Grafik hubungan efisiensi dan intensitas radiasi matahari pada setiap variasi debit aliran	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses pembuatan alat	62
Lampiran 2. Hasil desain dan hasil rancang bangun.....	64
Lampiran 3. Data hasil pengujian pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	64
Lampiran 4. Data hasil pengujian pada laju aliran 1,5 liter/menit pada percobaan kedua	64
Lampiran 5. Data hasil pengujian pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	65
Lampiran 6. Data hasil pengujian pada laju aliran 2,5 liter/menit pada percobaan kedua	65
Lampiran 7. Data hasil pengujian pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	65
Lampiran 8. Data hasil pengujian pada laju aliran 3,5 liter/menit pada percobaan kedua	66
Lampiran 9. Data hasil pengujian pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan pertama.....	66
Lampiran 10. Data hasil pengujian pada laju aliran 4,5 liter/menit pada percobaan kedua	66
Lampiran 11. Tabel sifat sifat air	67
Lampiran 12. Hasil koding arduino	68
Lampiran 13. Lembar bimbingan pembimbing 1	70
Lampiran 14. Lembar bimbingan pembimbing 2	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara yang berada di daerah tropis dan dilalui garis khatulistiwa, Indonesia memperoleh sinar matahari hampir setiap hari sepanjang tahun, menjadikannya wilayah dengan potensi energi surya yang besar. Kondisi ini dapat dimanfaatkan dengan cara menjadikan matahari sumber energi alternatif di masa depan. Sumber energi ini merupakan sumber yang tidak akan habis jika digunakan secara terus menerus. Pemanfaatan energi surya merupakan langkah yang dapat digunakan untuk menggantikan energi fosil dengan sumber energi terbarukan, sehingga mengurangi dampak dari gas emisi karbon yang dihasilkan energi fosil (Dwisari *et al.*, 2023)

Saat ini energi fosil masih menjadi sumber utama untuk elemen pemanas pada pemanas air. Dimana penggunaan energi fosil seperti batubara dan minyak bumi menghasilkan emisi CO₂, NO_x, dan PM_{2.5} yang dapat memperburuk kualitas udara dan berdampak buruk pada kesehatan masyarakat serta berkontribusi dalam perubahan iklim (Maqdis *et al.*, 2025). Pemanas air tenaga surya merupakan salah satu solusi dalam pemanfaatan energi terbarukan yang efektif untuk memenuhi kebutuhan air panas, terutama di daerah dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi sehingga teknologi ini dapat mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional dan mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan energi fosil (Al-Mamun *et al.*, 2023). Oleh karena itu, Teknologi pemanas air yang ramah lingkungan dan berkelanjutan sangat penting untuk dikembangkan. Prospek dari pemanas air tenaga surya ini sangat cerah, dikarenakan penggunaan air panas dapat digunakan pada sektor rumah tangga, keperluan pertanian, kesehatan, pendidikan, dan perkantoran. Pada sektor rumah tangga, energi panas dari pemanas air tenaga surya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan ruangan, mandi, membersihkan, atau memasak, baik secara terpisah atau dikombinasikan dengan sistem pemanas

konvensional misalnya pemanas air yang menggunakan energi listrik atau berbahan bakar fosil.

Dalam pemanas air tenaga surya terdapat 2 jenis sistem sirkulasi yang digunakan. Pemanas air tenaga surya dengan sistem aktif umumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi, nilainya berkisar 35%–80% lebih tinggi daripada sistem pasif (Ogueke *et al.*, 2009). Sistem pemanas air surya aktif menggunakan pompa listrik, katup, dan pengontrol untuk mengalirkan air atau fluida transfer panas lainnya melalui kolektor sedangkan sistem pemanas air pasif hanya mengandalkan perpindahan panas melalui sirkulasi alami sebagai sebab dari daya apung akibat adanya perbedaan suhu oleh karena itu sistem pasif ini tidak memerlukan pompa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Raja *et al.*, 2022).menunjukkan bahwa pemanas air tenaga surya aktif tipe pelat datar memiliki efisiensi tertinggi pada debit aliran 1,5 L/menit dengan sudut kemiringan kolektor 30°, yaitu sebesar 31,44%. Namun, hasil penelitian tersebut juga menyimpulkan bahwa variasi sudut kemiringan kolektor tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi sistem. Penelitian ini dilakukan dengan kolektor tipe pelat datar dengan komponen dari kolektor tersebut tersebut terdiri dari pipa tembaga berdiameter 3/8 inci sepanjang 13 meter yang dipasang spiral, pelat *absorber* berbahan seng dicat hitam berukuran 97 × 97 cm dengan ketebalan 0,8 mm, kaca penutup berukuran 97 × 97 cm dengan ketebalan 3 mm, isolator panas berupa *styrofoam* berukuran 97 × 97 cm dengan ketebalan 2,5 cm dan tangki berkapasitas 40 liter.

Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan kolektor surya bertipe pelat datar. Aplikasi konveksi paksa dilakukan dengan menggunakan pompa untuk membantu mengalirkan air secara konstan yang disirkulasikan didalam pipa kolektor yang dikonduksikan dengan pelat kolektor. Pelat kolektor yang digunakan ditutupi dengan kaca yang difungsikan untuk mengumpulkan panas dan mengurangi kerugian panas. Penelitian ini difokuskan pada perancangan pemanas air tenaga surya dengan menguji efisiensi kolektor surya tipe pelat datar dengan cara memvariasikan laju aliran air dan mengetahui temperatur air yang akan dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang tersebut, maka penulis menemukan suatu permasalahan yang akan dibahas dalam Pengujian ini adalah :

1. Berapa temperatur air pada tangki yang dapat dicapai selama pengoperasian?
2. Bagaimana pengaruh debit air terhadap efisiensi kinerja kolektor surya tipe pelat datar?

1.3 Batasan Masalah

Dalam Pembahasan Skripsi ini, penulis membatasi beberapa masalah. Adapun batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kolektor pemanas air tenaga surya dibuat sesuai dengan desain dengan ukuran 160 cm x 100 cm x 10 cm
2. Air yang akan dipanaskan sebanyak 50 liter
3. Variasi debit aliran air yang digunakan pada pengujian adalah 1,5 L/menit, 2,5 L/menit, 3,5 L/menit, serta 4,5 L/menit.
4. Waktu pengoperasian alat selama 4 jam dari jam 10.00 hingga 14.00 dan pengambilan data dilakukan saat cuaca cukup stabil
5. Pengujian dilakukan dengan posisi kolektor surya menghadap ke utara dan sudut kemiringan sebesar 20°.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari perancangan pemanas air tenaga surya ini sebagai berikut

1.4.1 Tujuan umum

Adapun tujuan umum dari perencanaan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.
2. Sebagai pengkajian dan pengaplikasian ilmu pengetahuan dan praktikum yang diperoleh selama masa perkuliahan

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari perencanaan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu mengetahui temperatur air yang dapat dicapai pada tangki selama pengoperasian pada variasi debit aliran tertentu
2. Mampu mengetahui pengaruh debit aliran air terhadap efisiensi kinerja dari kolektor surya

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian pada proses pembuatan proposal skripsi sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat bagi Penulis

Manfaat bagi penulis yaitu:

1. Sebagai sarana dalam pengembangan konsep-konsep baru dalam desain dan optimasi sistem pemanas air tenaga surya.
2. Dapat mengkaji dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan keterampilan yang dimiliki penulis.

1.5.2 Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali

Manfaat bagi Politeknik Negeri Bali yaitu:

1. Sebagai sarana pendidikan dan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan yang nantinya dapat dikembangkan kembali di kemudian hari.

1.5.3 Manfaat bagi masyarakat

Manfaat bagi masyarakat yaitu:

1. Mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca.
2. Desain alat ini memungkinkan penggunaannya pada tingkat rumah tangga dengan biaya produksi yang terjangkau.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang “Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Aktif *Direct System* Menggunakan Kolektor Pelat Datar” yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan beberapa hal terkait sebagai berikut:

1. Debit aliran yang lebih rendah menghasilkan temperatur air yang lebih tinggi, baik pada keluaran kolektor maupun di dalam tangki penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh lamanya waktu kontak air dengan permukaan penyerap panas dalam kolektor. Debit 1,5 L/menit menghasilkan temperatur tertinggi hingga mencapai 63,3 °C pada kondisi cuaca terbaik.
2. Efisiensi paling besar dihasilkan pada debit 1,5 L/menit. Efisiensi sistem juga menunjukkan tren menurun dari debit 1,5 L/menit hingga 4,5 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada laju aliran rendah, air memiliki waktu yang lebih lama untuk menyerap panas dari kolektor, sehingga efisiensi energi yang dimanfaatkan lebih tinggi. Selain debit aliran, intensitas radiasi matahari juga berperan penting pada efisiensi, dimana semakin tinggi intensitas radiasi yang diterima, semakin besar energi panas yang dapat diserap oleh sistem, sehingga efisiensi meningkat. Dengan demikian efisiensi kolektor surya yang dibuat lebih optimal bekerja pada debit 1,5 L/menit

Secara keseluruhan, sistem pemanas air tenaga surya menunjukkan performa paling optimal pada debit aliran 1,5 L/menit, baik dari segi temperatur air, energi berguna, maupun efisiensinya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk memaksimalkan efisiensi pemanasan air tenaga surya, debit aliran perlu disesuaikan agar tetap berada pada kisaran rendah, yaitu sekitar 1,5 L/menit.
2. Penggunaan sistem ini sebaiknya disertai dengan pemantauan kondisi cuaca, terutama pada daerah dengan tingkat radiasi matahari yang tinggi, agar pemanfaatan energi matahari lebih efektif.
3. Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan material kolektor yang berbeda, variasi desain, serta integrasi dengan sistem penyimpanan panas agar performa sistem lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Mamun, M.R. *Et Al.* (2023) '*State-Of-The-Art In Solar Water Heating (Swh) Systems For Sustainable Solar Energy Utilization: A Comprehensive Review*', *Solar Energy*. Elsevier Ltd. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.111998>.
- Astawa, K., Suarnadwipa, I.N. And Dwijana (2014) '*Analisis Performansi Kolektor Surya Pelat Datar Untuk Pemanas Air Dengan Sumber Energi Matahari*'.
- Badan Standarisasi Nasional (2005) *Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*. Sni 03-7065-2005.
- BMKG (2021) *Informasi Potensi Energi Matahari Indonesia*.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A. And Blair, N. (2020) *Solar Engineering Of Thermal Processes, Photovoltaics And Wind*.
- Dwisari, V., Sudarti And Yushardi (2023) '*Pemanfaatan Energi Matahari: Masa Depan Energi Terbarukan*', 7(2).
- Efendi, R., Nelwan, L.O. And Wulandani, D. (2019) '*Analisis Teknis Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Glazed Dan Unglazed Pada Berbagai Laju Aliran Debit Dan Suhu Inlet*', *Jurnal Keteknikaan Pertanian* [Preprint].
- Ahmed, F.S. *Et Al.* (2021) '*Recent Progress In Solar Water Heaters And Solar Collectors: A Comprehensive Review*', *Thermal Science And Engineering Progress*. Elsevier Ltd. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.100981>.
- Gorjian, S. *Et Al.* (2020) '*A Review On Recent Advancements In Performance Enhancement Techniques For Low-Temperature Solar Collectors*', *Energy Conversion And Management*. Elsevier Ltd. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113246>.
- Holman J.P (2010) *Heat Transfer*. 10th Edn. New York: Mcgraw-Hill.
- Maqdis, B., Suhada, F. And Pranata, A. (2025) '*Analisis Dampak Penggunaan Energi Fosil Terhadap Kualitas Udara Dan Peluang Implementasi Energi Terbarukan Di Indonesia*', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 5(2), Pp. 252–258. Available At: <https://doi.org/10.51903/juritek.V5i2.4791>.

- Nakoa, I.K.M.A. *Et Al.* (2011) '*Effect Of Colored Absorbers On The Performance Of A Built-In-Storage Type Solar Water Heater*', *International Journal Of Renewable Energy Research*, 1(4), Pp. 232–239.
- Ogueke, N. V., Anyanwu, E.E. And Ekechukwu, O. V. (2009) '*A Review Of Solar Water Heating Systems*', *Journal Of Renewable And Sustainable Energy*, 1(4). Available At: <https://doi.org/10.1063/1.3167285>.
- Putrialita, N. *Et Al.* (2019) '*Analisis Efisiensi Solar Water Heater Pada Sistem Sirkulasi Langsung Dan Tidak Langsung*'.
- Raja, F.G.L., Hiendro, A. And Prima, F. (2022) '*Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Dan Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Surya Terhadap Efisiensi Termal Kolektor Surya*', *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 3, Pp. 81–86.
- Varghese, J., Awari, G.K. And Singh, M.P. (2007) '*Experimental Analysis Of Distinct Design Of A Batch Solar Water Heater With Integrated Collector Storage System*', *Thermal Science*, 11(4), Pp. 135–142. Available At: <https://doi.org/10.2298/Tsci0704135v>.