

**KAJIAN SISTEM PENGONTROL TEMPERATUR PARAFIN PADA
PEMANAS AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN REX-C100**

(SKRIPSI)

OLEH:

BAGUS KHOIRUL YUDA

NPM 1815021038



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2023

**KAJIAN SISTEM PENGONTROL TEMPERATUR PARAFIN PADA
PEMANAS AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN REX-C100**

OLEH:

BAGUS KHOIRUL YUDA

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung



JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

2023

ABSTRAK

KAJIAN SISTEM PENGONTROL TEMPERATUR PARAFIN PADA PEMANAS AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN REX-C100

OLEH

BAGUS KHOIRUL YUDA

Energi surya dapat digunakan langsung untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan panel surya atau *solar cell* bentuk dari pemanfaatan lainnya adalah *solar energy* untuk menghasilkan air panas yang sering disebut dengan *solar water heater* (SWH). Energi panas digunakan sebagai pemanas fluida yang merupakan hasil penyerapan energi matahari dari radiasi matahari ketika mengenai permukaan kolektor. Untuk mengoptimalkan temperatur dalam tangki penyimpanan air panas adalah dengan menggunakan material berubah fasa PCM (*phase change material*). Parafin merupakan PCM yang memiliki sifat baik antara lain stabilitas, tidak korosif, dan tidak mudah terbakar. *Solar water heater* ini ditambahkan kontroler REX-C100 untuk mengoptimalkan dan menstabilkan temperatur air. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui waktu dan temperatur yang dibutuhkan dalam proses pemanasan air dengan 3 variasi laju aliran. Metode penelitian yang dilakukan sebagai pengkajian penyerapan kolektor surya ke *phase change material* (PCM). Kegiatan pengujian didapatkan hasil waktu temperatur parafin untuk mencapai optimal 47°C dilakukan selama 2 jam 24 menit pada laju aliran 2 l/min, 2 jam 40 menit laju aliran 4 l/min, dan 2 jam 54 menit laju aliran 6 l/min.

Kata kunci: energi matahari, *solar water heater*, parafin (PCM).

ABSTRACT

STUDY OF TEMPERATURE PARAFFIN CONTROLLER SYSTEM IN SOLAR WATER HEATER USING REX-C100

by

BAGUS KHOIRUL YUDA

Solar energy can be used directly to generate electricity using solar panels or solar cells. Another form of utilization is solar energy to produce hot water which is often referred to as a solar water heater (SWH). Heat energy is used as a fluid heater which is the result of absorption of solar energy from solar radiation when it hits the collector surface. To optimize the temperature in the hot water storage tank is to use a phase change material PCM (phase change material). Paraffin is a PCM which has good properties including stability, non-corrosive, and non-flammable. This solar water heater is added with a REX-C100 controller to optimize and stabilize water temperature. The purpose of this study was to determine the time and temperature needed in the process of heating water with 3 variations of flow rates. The research method used is to study the absorption of solar collectors into phase change materials (PCM). Test activities showed that when the paraffin temperature reached an optimal temperature of 47°C, it was carried out for 2 hours 24 minutes at a flow rate of 2 l/min, 2 hours 40 minutes at a flow rate of 4 l/min, and 2 hours 54 minutes at a flow rate of 6 l/min.

Keywords: solar energy, solar water heater, paraffin (PCM).

Judul Skripsi : **KAJIAN SISTEM PENGONTROL
TEMPERATUR PARAFIN PADA PEMANAS
AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN REX-
C100**

Nama Mahasiswa : **BAGUS KHOIRUL YUDA**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1815021038**

Program Studi : **TEKNIK MESIN**

Fakultas : **TEKNIK**

MENYETUJUI

Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2

Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.

NIP. 197112142000121001

Hadi Pravitno, S.T., M.T.

NIP. 198805142019031012

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1
Teknik Mesin

Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP. 197103311999031003

Novri Tanti, S.T., M.T.

NIP. 197011041997032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : **Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T.**

Anggota Penguji : **Hadi Prayitno, S.T., M.T.**

Penguji Utama : **Amrizal, S.T., M.T., Ph.D.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Oktober 2023

PERNYATAAN PENULIS

Skripsi yang berjudul “KAJIAN SISTEM PENGONTROL TEMPERATUR PARAFIN PADA PEMANAS AIR TENAGA SURYA MENGGUNAKAN REX-C100” merupakan hasil karya penulis sendiri dan bukan merupakan hasil plagiat siapa pun sebagaimana yang diatur dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor Nomor 3187/H26/DT/2010

Bandar Lampung, 20 November 2023

Yang membuat pernyataan



BAGUS KHOIRUL YUDA
NPM. 1815021038



Penulis dilahirkan di Lampung Utara pada tanggal 05 Mei 2000. Penulis merupakan putra pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Agus Waluyo dan Ibu Sri Wati. Penulis mengawali pendidikan formal di SDN 02 Negara Tulang Bawang dan selesai pada tahun 2012. Dan dilanjutkan dengan mengampu pendidikan di SMPN 02 Pesisir Selatan dan selesai pada tahun 2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 01 Pesisir Selatan dan diselesaikan pada tahun 2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Penerima Mahasiswa Perluasan Akses pendidikan (PMPAP). Selama mengampu pendidikan di Universitas Lampung, penulis melakukan beberapa kegiatan antara lain.

1. Menjadi Anggota Divisi Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung periode 2019/2020.
2. Tergabung sebagai Anggota dalam Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Komunitas Kreatif Unila (KUKIS) Universitas Lampung pada tahun 2018.
3. Menjadi Kepala Divisi Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) Universitas Lampung periode 2020/2021.
4. Melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Negara Tulang Bawang, Kecamatan Bunga Mayang, Kabupaten Lampung Utara pada periode 1 tahun 2021.
5. Melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Bukit Asam Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan, Bandar Lampung.

MOTTO

*“Mengubah siang menjadi malam saja Allah mampu apalagi mengubah nasib
mu”*

(Q.S Ali ‘imran: 27)

“Jika dunia punya banyak alasan untuk kita menangis, kita harus punya satu
alasan untuk tersenyum”

(Huang Renjun)

“Teruslah tumbuh meski ditanah yang tandus sekalipun dan teruslah merekah
meski harus beberapa kali merasakan patah”

(Dr. Fahrudin Faiz)

“Orang lain tidak akan paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin
tahu hanya bagian *succes storiesnya* aja. Jadi berjuanglah untuk diri sendiri
meskipun tidak akan ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan
sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”

PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahnya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya ini kepada:

Perempuan Hebat

Seorang perempuan cantik yang senantiasa mendoakan serta selalu hadir untuk mendukung dan memberikan semangat bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Kuucapkan pula terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang dan banyak pengorbanan yang tidak bisa terbalaskan.

Pemimpin Hebat

Seorang yang saya sebut ayah dan berhasil membuat saya bangkit dari kata menyerah. Alhamdulillah kini saya bisa berada di tahap ini. Kuucapkan terima kasih sudah membimbing saya, selalu berjuang untuk kehidupan saya, dan menjadi tulang punggung keluarga hingga berada di posisi saat ini.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung dan Jurusan Teknik Mesin

Sebagai tempat bagi penulis untuk mengampu pendidikan serta mendapatkan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.

SANWACANA

Terima kasih kepada Allah SWT atas berkah dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Kajian Sistem Pengontrol Temperatur Parafin Pada Pemanas Air Tenaga Surya Menggunakan Rex-C100”**, dengan baik dan lancar. Berkenaan dengan penyelesaian skripsi ini, maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dan telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, antara lain.

1. Ibu dan bapak tercinta yang selalu memotivasi serta mendoakan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Mudah-mudahan setelah ini penulis dapat memberikan sedikit kebahagiaan untukmu. Dan semoga Allah SWT juga selalu memberikan kesehatan serta kebahagiaan untukmu baik itu di dunia maupun kelak nanti di akhirat.
2. Bapak Dr. Muhammad Irsyad, S.T., M.T. selaku pembimbing utama yang telah banyak sekali memberikan arahan serta pandangan terhadap penulis sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
3. Bapak Hadi Prayitno, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah banyak meluangkan waktunya untuk penulis agar dapat membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini, terima kasih pak atas segala masukan serta kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Amrizal, S.T.,M.T.,Ph.D. selaku pembahas yang telah banyak memberikan masukan dan kritik sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
5. Ibu Dr. Eng. Shirley Savet Lana, S.T., M.Met. selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan solusi dalam penyelesaian masalah-masalah penulis dalam proses perkuliahan.

6. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
8. Ibu Novri Tanti, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, terima kasih atas ilmu yang telah kalian berikan. Semoga kelak ilmu yang telah saya dapatkan dapat bermanfaat.
10. Teruntuk gadis bernama Regita Anggraini yang selalu memberikan semangat dan support dengan kebahagiaan sederhana, terimakasih selalu menemani, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan kebahagiaan.
11. Yuri Novrica dan Eko Pentara Pratama yang selalu memberikan dukungan dalam segala hal sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih yang amat sangat dari penulis, semoga ilmu yang didapat penulis dapat bermanfaat dikemudian hari
12. Calvin Andyansa, Nurazizah, Ahmad Jarkasih Mada, dan Difyani Hamid, selaku teman yang banyak membantu penulis dalam proses pengambilan data, terima kasih teman sudah mau direpotkan. semoga kita dapat bertemu kembali dalam titik yang tertinggi dalam keberhasilan.
13. Teman-teman Bang Hassan, Bang Arief, Bang Rifqi, Bang Renaldi, Bang Feri, Bang Adam, Bang Yogi, Bang Komang Bagus, Bang Antoni, Bang Mudrik, Bang Yosua, Bang Ferdilah, Inzagi, Abdilah, Pino Amarulah, Zikausar, Haiqal Kom, Yeremia Alberto Wakom, Diyon, Jonathan Aditama, Ahmad Hadikal Edo, Rizky Prastia, Risky Black, Reza Fahlevi, Ardy Yusuf, Ragil Mustika, Siti, Ito, Farid, Maul, Reji, Kempot, Alpa, Deni, Iqbal, Billy, Dafa, dan keluarga besar sekret selaku teman penulis yang selalu memberikan semangat untuk penulis dalam proses perkuliahan serta menjadi tempat bagi penulis untuk berkeluh kesah soal kehidupan, terima kasih teman-temanku tercinta semoga kita dapat bersama-sama sampai titik teratas dalam kehidupan kita masing-masing.

14. Keluarga besar Teknik Mesin Universitas Lampung 2018 yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya, kalian semua luar biasa.
15. Keluarga besar HIMATEM FT UNILA atas dukungan, rasa kekeluargaan dan ilmunya yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, itu dikarenakan kemampuan penulis yang terbatas. Terakhir penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Energi Matahari.....	5
2.2. Kolektor Surya	7
2.2.1 Kolektor Surya Prismatik.....	8
2.2.2 Kolektor Surya Plat Datar.....	9
2.3. Perpindahan Panas.....	9
2.3.1 Perpindahan panas konveksi.....	10
2.3.2 Perpindahan panas konduksi.....	11
2.3.3 Perpindahan panas radiasi.....	12
2.4. <i>Phase Change Material</i> (PCM).....	14
2.5. Parafin	15
2.6. Mikrokontroler	18
III. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan waktu pelaksanaan.....	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Skema Pengujian	28
3.4 Prosedur Pengambilan Data	30
3.5 Diagram Alir Penelitian	31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Kinerja Kolektor Surya	32
4.1.1 Temperatur kolektor surya dengan laju aliran 2 l/min.....	32
4.1.2 Temperatur kolektor surya dengan laju aliran 4 l/min.....	33
4.1.3 Temperatur kolektor surya dengan laju aliran 6 l/min.....	34
4.1.4 Efisiensi kolektor surya	35
4.2 Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur optimal parafin	38
4.2.1 Pemanasan parafin menggunakan laju aliran 2 l/min.....	38
4.2.2 Pemanasan parafin menggunakan laju aliran 4 l/min.....	39
4.2.3 Pemanasan parafin menggunakan laju aliran 6 l/min.....	40
4.3 Discharging	41
4.3.1 Proses discharging tabung air laju aliran 2 l/min.....	41
4.3.2 Proses discharging tabung air laju aliran 4 l/min.....	42
4.3.3 Proses discharging tabung air laju aliran 6 l/min.....	43
V. PENUTUP	45
5.1 KESIMPULAN	45
5.2 SARAN	45
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2. 1 Potensi Solar Energi	7
Gambar 2. 2 Kolektor Surya Prismatik	8
Gambar 2. 3 Kontruksi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Media Penyimpan Panas	9
Gambar 2. 4 Perpindahan Panas Konveksi Plat Datar	10
Gambar 2. 5 Perpindahan panas konduksi	11
Gambar 2. 6 Perpindahan panas radiasi	12
Gambar 2. 7 Klasifikasi Material Berubah Fasa	15
Gambar 2. 8 Blok Diagram Mikrokontroler	19
Gambar 3. 1 Kolektor Surya	21
Gambar 3. 2 Water Flow Meter	22
Gambar 3. 3 Data Logger dan Termokopel	22
Gambar 3. 4 Pompa Air	23
Gambar 3. 5 Alat Penukar Kalor	24
Gambar 3. 6 Tabung Penyimpan Air	25
Gambar 3. 7 Pipa Air PVC (Polyvinyl Chloride)	26
Gambar 3. 8 Digital Temperature Controller	27
Gambar 3. 9 Keran Air	27
Gambar 3. 10 Parafin	28
Gambar 3. 11 Skema Pengujian	29
Gambar 3. 12 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1 Grafik Temperatur Kolektor Laju Aliran 2 l/min	33
Gambar 4.2 Grafik Temperatur Kolektor Laju Aliran 4 l/min	34
Gambar 4.3 Grafik Temperatur Kolektor Laju Aliran 6 l/min	35

Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Laju Aliran 2 l/min	36
Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Laju Aliran 4 l/min	36
Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Laju Aliran 6 l/min	37
Gambar 4.7 Grafik Temperatur Parafin Laju Aliran 2 l/min	39
Gambar 4.8 Grafik Temperatur Parafin Laju Aliran 4 l/min	40
Gambar 4.9 Grafik Temperatur Parafin Laju Aliran 6 l/min	41
Gambar 4.10 Grafik Temperatur Tabung Air Laju Aliran 2 l/min	42
Gambar 4.11 Grafik Temperatur Tabung Air Laju Aliran 4 l/min	43
Gambar 4.12 Grafik Temperatur Tabung Air Laju Aliran 6 l/min	44

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat thermophysical material berubah phasa yang digunakan dalam penelitian (Suwandi A., 2021).....	16
Table 3. 1 data logger dan termokopel.....	23
Table 3. 2 Spesifikasi Pompa Air.....	24
Table 3. 3 Spesifikasi digital temperature controller	26

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matahari bagi makhluk hidup di bumi terutama manusia mempunyai peran yang sangat penting, karena energi yang diberikan berupa panas dan cahaya banyak memberikan manfaat bagi suatu kelangsungan hidup. Energi panas matahari merupakan energi yang berpotensi untuk dikelola sebagai sumber energi alternatif cadangan, terutama bagi negara Indonesia yang dimana matahari dapat bersinar sepanjang masa atau merupakan daerah khatulistiwa. Oleh karena itu, energi matahari merupakan solusi yang tepat untuk menggunakan energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi saat ini (Anrokhi dkk., 2019).

Energi matahari tersedia secara luas di belahan dunia dan jika digunakan dengan benar dapat memenuhi kebutuhan saat ini dalam jangka panjang. Energi surya dapat digunakan langsung untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan panel surya. Selain panel surya atau *solar cell* bentuk dari pemanfaatan lainnya adalah berupa *solar energy* untuk menghasilkan air panas yang sering disebut dengan *solar water heater* (SWH) (Utami dkk., 2019). SWH adalah teknologi pemanas air energi terbarukan yang menggunakan energi matahari untuk menghasilkan *steam* untuk keperluan rumah tangga maupun industri. Perangkat ini sering disebut kolektor surya. Pemanfaatan energi panas matahari dapat diterapkan pada perangkat seperti kolektor surya ini, agar menjadi salah satu cara untuk meminimalisir pengeluaran biaya listrik yang berlebihan.

Energi panas yang kemudian digunakan sebagai pemanas fluida merupakan hasil penyerapan energi matahari berasal dari radiasi matahari ketika mengenai permukaannya. Teknologi pemanas air tenaga surya menggunakan media air sebagai media penyimpan energi termal. Selain penggunaan air, keunggulan bahan penyimpan yang lebih murah adalah konduktivitas termalnya. Namun, kolektor surya memiliki kelemahan yaitu sulit menyimpan panas pada malam hari dan densitas energinya rendah (Atmodigdo dkk., 2016). Untuk mengatasi hal tersebut pada sistem pemanas air tenaga surya, perlu menambahkan media yang dapat menyimpan energi termal.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan temperatur dalam tangki penyimpanan air panas adalah dengan menggunakan material berubah fasa PCM (*phase change material*). Selain itu, PCM yang digunakan dalam sistem penyimpan kalor sebaiknya memiliki sifat *thermal* yang baik, diantaranya mempunyai temperatur perubahan fase yang sesuai, memiliki kalor laten tinggi, serta perpindahan kalor yang baik. Pada siang hari, PCM menyerap panas yang diterima air dari radiasi matahari sehingga menyebabkan PCM berubah wujud dari padat menjadi cair. Saat radiasi matahari menurun dan suhu air turun, PCM mengembalikan panas ke air dan menjaga suhu air tetap konstan (Zaini, dkk. 2014). Parafin merupakan PCM yang memiliki sifat baik antara lain stabilitas, tidak korosif, dan tidak mudah terbakar (Korawan, 2019).

SWH selain memiliki kelemahan pada proses penyimpanan panas. SWH juga memiliki masalah pada saat kondisi cuaca yang tidak stabil karena kinerjanya sangat tergantung pada paparan sinar matahari, sehingga dapat menyebabkan kurang maksimalnya kinerja yang dihasilkan SWH itu sendiri. Adapun guna untuk mengantisipasi adanya perubahan pola cuaca yang tidak menentu serta menyebabkan tidak optimalnya kinerja dari *solar water heater*. Upaya yang dilakukan untuk mengoptimalkan dan menstabilkan temperatur air yaitu dengan menambahkan teknologi sistem kontrol temperatur pada kolektor surya, maka hal ini dilakukan penelitian lanjut mengenai “Kajian sistem

pengontrol temperatur parafin pada pemanas air tenaga surya menggunakan REX-C100”.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pemanasan parafin untuk mencapai temperatur optimal pada kolektor surya.
2. Mengetahui temperatur tertinggi yang dihasilkan pada tabung air selama proses *discharging* terhadap parafin dari 3 variasi laju aliran.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diberikan dalam proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. PCM yang digunakan berupa parafin padat (*paraffin wax*).
2. Perpindahan panas yang terjadi adalah dari kolektor ke parafin.
3. Kolektor yang digunakan merupakan kolektor jenis plat datar.
4. Variasi laju aliran sebesar 2, 4, dan 6 liter/menit.
5. Akurasi pengukur kontroler adalah sebesar 0,5% FS dengan siklus akuisisi data sebesar 0,5 detik.
6. Mikrokontroler pendeteksi suhu pada kolektor surya menggunakan *type* REX-C100.

1.4 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang penelitian, tujuan dari penelitian, Batasan masalah yang diberikan dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisikan landasan teori yang menunjang pada penelitian dan merupakan teori-teori dasar.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tempat dan waktu penelitian yang akan dilakukan serta alur tahapan pelaksanaan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan pembahasan dari data-data yang diperoleh pada saat pengujian.

V. PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan dan saran yang dapat diambil atau disampaikan atas hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Memuat referensi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.

LAMPIRAN

Pada bagian ini berikan berisi perlengkapan laporan penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Energi Matahari

Matahari bagi seluruh makhluk hidup di bumi khususnya manusia memiliki peran sangat penting, karena energi yang diberikan berupa cahaya dan panas banyak memberikan manfaat yang dapat mendukung bagi kelangsungan hidup. Tanpa kehadiran matahari yang energinya sampai ke bumi, mungkin akan tidak terjadinya proses kehidupan flora dan fauna di planet ini. Matahari adalah sumber energi yang berjumlah besar dan bersifat terus-menerus (tidak habis), khususnya energi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari. Energi panas matahari merupakan energi yang sangat berpotensi dapat dikelola dan dikembangkan lebih lanjut sebagai sumber cadangan terutama bagi negara yang terletak di daerah khatulistiwa terutama Indonesia, dimana panas matahari dapat bersinar sepanjang tahun (Atmodigdo dkk., 2016).

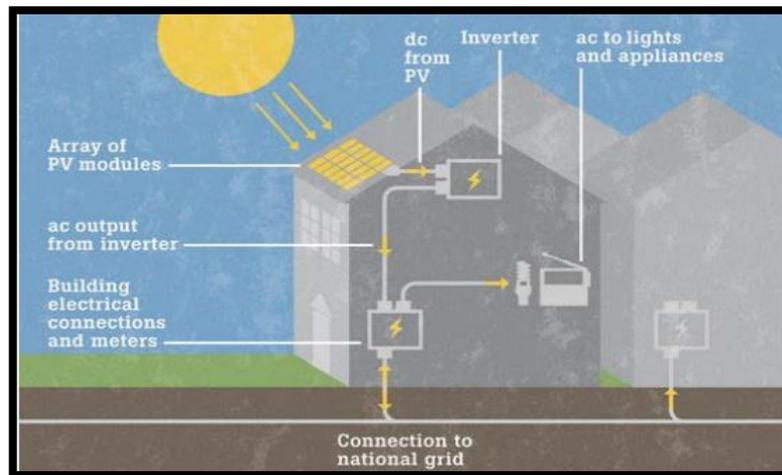
Bumi hanya menerima 69% cahaya matahari dari total energi radiasi matahari. Sementara itu, suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule per tahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi saat ini setara dengan 10.000 kali 10 konsumsi energi di seluruh dunia. Dengan kata lain, hanya menutupi 0.1% permukaan bumi dengan 10% sel surya yang efisien, mampu memenuhi kebutuhan energi global saat ini (Agoes, 2015). Radiasi matahari di atmosfer yang sampai ke permukaan bumi ada beberapa jenis, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. *Diffuse Solar Radiation* adalah radiasi matahari yang telah mengalami hamburan atau pemantulan difus dalam perjalanannya ke atmosfer.

2. *Direct Solar Radiation* adalah radiasi matahari yang langsung berasal dari matahari.
3. *Surface Reflectivity* adalah radiasi yang berasal dari pantulan permukaan bumi.

Energi panas matahari dapat dimanfaatkan beberapa pengaplikasian seperti pada sistem pemanas air dan modul surya. Pemanas air dengan tenaga surya dapat digunakan dalam kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci dan lainnya. Penggunaan energi panas matahari sebagai sumber energi ini sangat bergantung pada kondisi cuaca dalam mempengaruhi radiasi panas matahari yang sampai ke bumi (Noor dkk., 2020). Dalam sistem pemanas air ini energi panas matahari merupakan sumber utama yang dibutuhkan, serta sebuah kolektor pengumpul panas berfungsi sebagai mengumpulkan panas matahari serta memperbesar temperatur dari panas matahari dalam suatu ruangan tertutup yang terdapat didalamnya.

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang ketersediaannya sangat melimpah. Energi surya adalah energi yang dihasilkan oleh matahari yaitu berupa sinar dan panas (radiasi energi yang dipancarkan oleh matahari berbentuk panas dan cahaya). Untuk memperoleh sumberdaya dalam bentuk lain dari energi surya adalah dengan cara mengubah energi panas surya melalui peralatan tertentu. Pemanfaatan energi surya banyak digunakan dalam kebutuhan kehidupan manusia, tumbuhan bahkan sebagai sumber penggerak pada industri. Terutama pemanfaatan pada sistem *solar water heater* yaitu untuk memanaskan air yang terdiri dari *plate absorber* dan rangkaian pipa penghubung untuk mengalirkan air panas dari panel kolektor ke *storage*. Kolektor surya adalah komponen kunci dari sistem pemanas air matahari. Proses yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan energi matahari, mengubah radiasi menjadi panas, dan kemudian mentransfer panas yang dihasilkan ke cairan. Ada banyak jenis kolektor surya yang dapat digunakan yaitu kolektor plat datar dan jenis kolektor *parabolic concentrator*.



Gambar 2. 1 Potensi Solar Energi

Sumber : (Kristiawan dkk., 2019)

2.2. Kolektor Surya

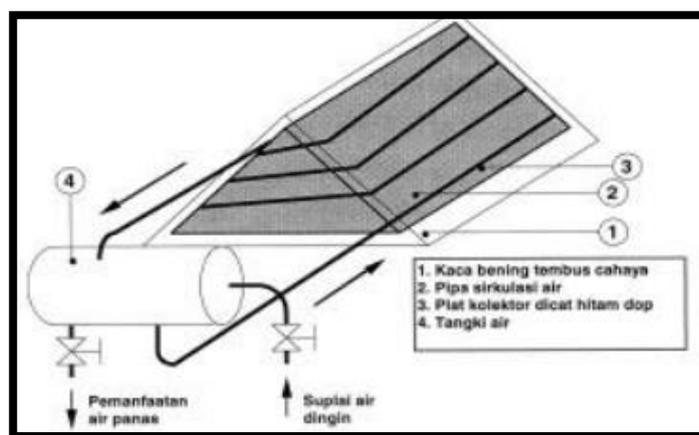
Kolektor surya adalah bagian dari peralatan yang dibutuhkan mengubah energi radiasi matahari menjadi energi panas untuk berbagai keperluan misalnya sebagai pemanas air. Kolektor surya berfungsi sebagai komponen yang digunakan untuk menangkap energi radiasi matahari yang kemudian akan ditransfer ke air yang mengalir pada pipa sirkulasi yang terdapat di dalam kolektor menggunakan pelat 14 absorber. Kolektor ini pada umumnya menggunakan pelat absorber yang berbentuk pelat rata. Pada bagian atas kolektor akan ditutup dengan lapisan transparan, baik kaca, maupun jenis plastik lainnya. Kolektor surya akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengubahnya menjadi panas ini berguna untuk memanaskan air pada *header*, sehingga temperatur berdasarkan efek *thermosiphon* pada air akan meningkat dan konveksi alami karena terjadinya densitas fluida berbeda (Khavivi, 2019).

Kolektor memiliki beberapa komponen, yang disusun atau dirakit menjadi sebuah satu kesatuan. Komponen kolektor surya panel datar meliputi permukaan hitam yang berfungsi sebagai penyerap energi radiasi matahari,

yang kemudian ditransfer ke dalam fluida. Penutup tembus cahaya (kaca) digunakan untuk mengurangi efek radiasi dan kehilangan konveksi ke atmosfer. Tabung aliran fluida digunakan untuk mengeluarkan fluida yang akan dipanaskan dan diisolasi untuk mengurangi kerugian konduksi ke lingkungan. Performansi kolektor dinyatakan dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi, energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang (Sudrajat dkk., 2014). Ada berbagai jenis-jenis kolektor surya yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Kolektor Surya Prismatik

Panel surya tipe prisma adalah panel surya yang dapat menerima energi radiasi dari semua posisi matahari. Kolektor jenis ini juga dapat digolongkan sebagai kolektor pelat datar yang permukaan kumpulan prismatiknya terdiri dari empat bidang prismatik, dua bidang segitiga sama kaki dan dua bidang persegi siku-siku sehingga lebih optimal untuk penyerapan radiasi. Keunggulan panel surya prismatik ini adalah kemampuannya menerima energi matahari dari segala posisi matahari (Burlian dkk., 2018).

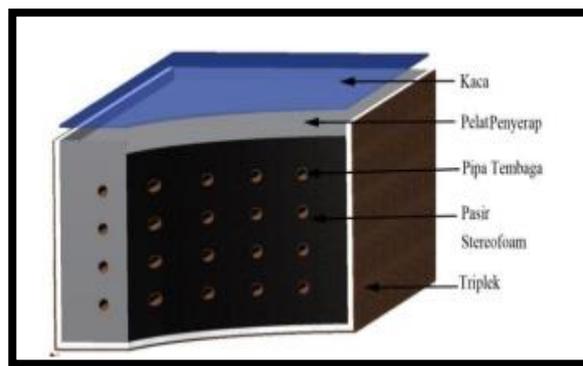


Gambar 2. 2 Kolektor Surya Prismatik

Sumber : (Burlian dkk., 2018)

2.2.2 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya pelat datar adalah jenis kolektor surya yang menggunakan pelat datar dalam pengoperasiannya. Kolektor pelat datar dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu, yang memudahkan proses operasional. Pengumpul pelat sering digunakan untuk memanaskan udara dan air. Keuntungan utama kolektor pelat datar adalah bahwa kolektor dapat menerima radiasi matahari melalui sinar langsung, strukturnya yang sederhana memerlukan sedikit perawatan dan biaya produksi yang rendah (Burlian dkk., 2018). Skema kolektor surya plat datar ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Kontruksi Kolektor Surya Plat Datar Dengan Media Penyimpan Panas

Sumber : (Burlian dkk., 2018)

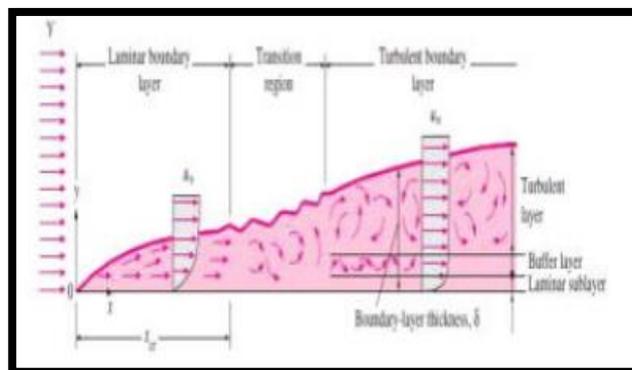
2.3. Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas di antara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perpindahan kalor juga dapat memprediksi perpindahan energi panas yang disebabkan oleh perbedaan suhu antara suatu benda atau zat dan cara perpindahan energi dari satu benda ke benda lain

dengan mengukur besaran laju perpindahan energi panas di bawah ini diprediksikan pada kondisi tertentu (Walikrom dkk., 2018). Panas atau kalor tersebut akan bergerak dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ketika panas atau kalor bergerak maka akan terjadi pertukaran panas dan kemudian akan berhenti ketika kedua tempat tersebut sudah memiliki temperatur yang sama (Cengel, 2015). Perpindahan panas bila dilihat dari cara perpindahannya terbagi menjadi tiga cara, yaitu konveksi (aliran), konduksi (hantaran), radiasi (pancaran).

2.3.1 Perpindahan panas konveksi

Konveksi didefinisikan sebagai perpindahan panas yang melibatkan perpindahan massa atau molekul zat yang akan dipanaskan. Terjadi karena gradien suhu dan membutuhkan media yang bergerak atau mengalir seperti fluida. Perpindahan panas konveksi juga merupakan perpindahan panas antara permukaan padat dan cairan (Jamaluddin, 2018). Konveksi paksa adalah panas konvektif yang diciptakan oleh perangkat mekanis, seperti udara yang dihembuskan melintasi pelat. Konveksi alami adalah perpindahan panas secara konveksi yang terjadi karena kerapatan cairan berubah dengan pemanasan. Perpindahan panas konveksi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Perpindahan Panas Konveksi Plat Datar

Sumber : (Kaban dkk., 2020)

Laju perpindahan panas konveksi dengan suatu fluida dapat dirumuskan dengan persamaan berikut (Jamaluddin, 2018):

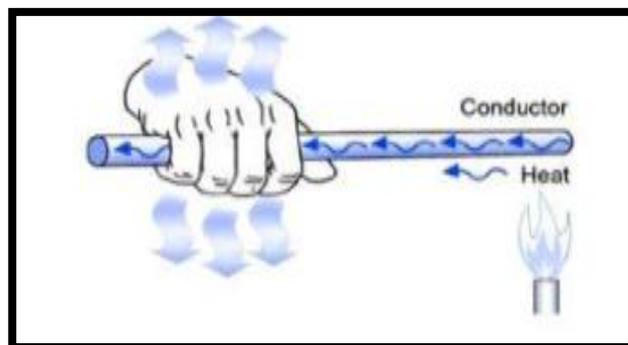
$$q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty) \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

- q : Laju aliran panas dengan cara konveksi (Watt)
- h : koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²°C)
- $T_w - T_\infty$: perbedaan suhu antara suhu permukaan yang dipanasi dengan suhu fluida di lokasi yang ditentukan (°C).
- A : luas penampang perpindahan panas (m²)

2.3.2 Perpindahan panas konduksi

Perpindahan panas konduksi merupakan proses perpindahan energi panas antara dua benda yang bersentuhan, dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah rendah di dalam satu media (cair, padat atau gas) (Jamaluddin, 2018). Dalam aliran panas konduktif, transfer energi terjadi melalui kontak molekul langsung tanpa perpindahan molekul yang signifikan. Adapun perpindahan panas konduksi pada dinding dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Perpindahan panas konduksi

Sumber : (Kaban dkk., 2020)

Dapat dilihat rumus perpindahan panas secara konduksi adalah sebagai berikut (Jamaluddin, 2018):

$$q = k A \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

q : Laju aliran panas dengan cara konduksi (Watt)

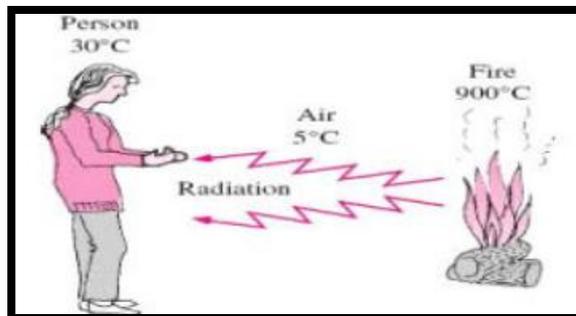
k : konduktivitas panas bahan (W/m°C)

A : Luas area (m²)

$\partial T/\partial x$: Gradien suhu ke arah perpindahan panas (°C)

2.3.3 Perpindahan panas radiasi

Radiasi merupakan proses yang dimana panas mengalir dari benda bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, dan dapat terjadi dalam ruang hampa di antara benda-benda tersebut. Semua benda memancarkan panas radiasi secara terus-menerus (Supu, 2017). Dalam perpindahan panas radiasi yakni merambat tanpa melalui perantara. Adapun perpindahan panas konduksi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Perpindahan panas radiasi

Sumber : (Kaban dkk., 2020)

Persamaan dasar perpindahan panas radiasi dapat dirumuskan sebagai persamaan berikut (Cengel, 2015):

$$\bar{Q}_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{sur}}^4) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

\bar{Q}_{rad} : Laju perpindahan panas radiasi (W)

ε : Emisivitas dari permukaan (0 sampai 1)

Σ : Konstanta Stefan Boltzman (Watt/m²K⁴)

A_s : Area permukaan terjadinya perpindahan panas konveksi (m²)

T_s : Suhu absolut (K)

T_{sur} : Suhu absolut permukaan (K)

Menurut Dean A Barlet bahwa alat penukar kalor mempunyai tujuan untuk mengontrol pada suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energi termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Meskipun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor yang menggunakan elemen-elemen konduksi termal pada umumnya berupa tabung “*tube*” atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut, memindahkan energi kalor pada elemen yang lainnya (Bizzy, 2013). Alat penukar kalor terdapat beberapa klasifikasikan dalam beberapa kelompok adalah sebagai berikut :

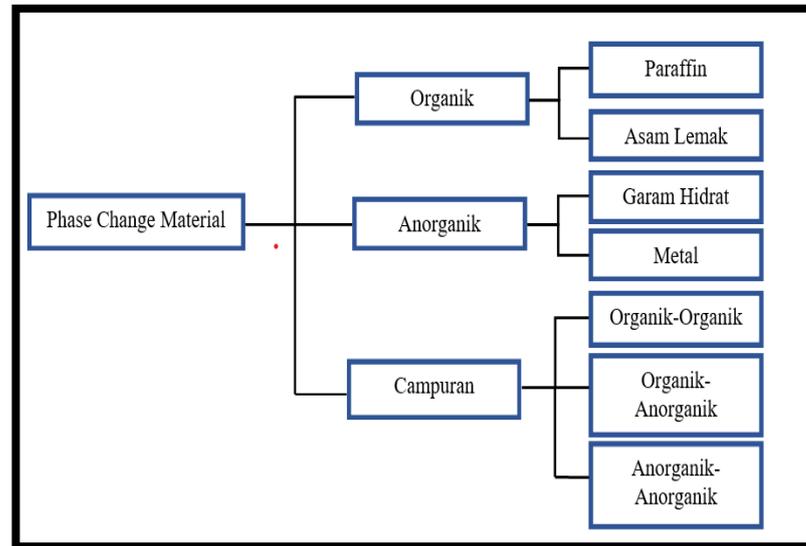
1. Berdasarkan proses perpindahan kalor.
 - Perpindahan kalor secara langsung.
 - Perpindahan kalor secara tak langsung .
2. Berdasarkan kontruksi.
 - Konstruksi tabung (tubular).
 - Konstruksi tipe pelat.
 - Konstruksi dengan luas permukaan diperluas.

- Konstruksi regeneratif.
3. Berdasarkan jenis aliran.
 - Alat penukar kalor aliran sejajar (*Parallel Flow*).
 - Alat penukar kalor aliran berlawanan (*Counter Flow*).
 - Alat penukar kalor aliran silang (*Cross Flow*).
 4. Berdasarkan pengaturan aliran.
 - Aliran dengan satu pass.
 - Aliran dengan multi pass .
 5. Berdasarkan banyaknya fluida yang digunakan .
 - Dua jenis fluida .
 - Tiga jenis fluida atau lebih.
 6. Berdasarkan mekanisme perpindahan kalor.
 - Konveksi satu fasa.
 - Konveksi dua fasa.
 - Kombinasi perpindahan kalor secara konveksi dan radiasi.

2.4. *Phase Change Material (PCM)*

Phase change material (PCM) atau yang seringkali dikenal sebagai bahan-bahan penyimpan panas laten adalah bahan yang mempunyai kemampuan untuk melepaskan energi panas yang sangat tinggi dalam jangka waktu cukup lama tanpa perubahan suhu. Hal tersebut terjadi ketika bahan berubah bentuk baik dari cair ke padat maupun sebaliknya. Proses inilah yang dinamakan dengan perubahan fasa (Hikma, 2020). PCM merupakan suatu zat yang memiliki sifat penyimpan panas dengan laten tinggi, melebur dan dapat padat kembali dalam kondisi suhu tertentu. PCM mempunyai kemampuan untuk menyerap atau melepaskan sejumlah energi pada transisi yang dimanfaatkan untuk menyimpan energi. Berdasarkan kondisi perubahan fasanya, PCM terbagi menjadi 3 bagian yaitu *solid-liquid*, *liquid-gas* dan *solid-gas*. Diantara jenis-jenis tersebut PCM *solid liquid* merupakan PCM yang paling banyak digunakan sebagai *thermal energy storage*. Secara umum PCM *solid-liquid*

diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu PCM senyawa organik, senyawa inorganik dan senyawa campuran (Suwardi, 2021). Berikut klasifikasi PCM organik, senyawa inorganik dan campuran dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Klasifikasi Material Berubah Fasa

Sumber : (Hikma, 2020)

2.5. Parafin

Parafin adalah suatu karbon yang bentuknya dapat berupa gas tidak berwarna, cairan putih, atau padatan yang memiliki titik cair rendah. Parafin merupakan lilin mineral hasil sampingan dari industri minyak bumi yang dimana minyak mentah diberi perlakuan untuk memisahkan fraksi volatil. Lilin parafin memiliki suhu leleh yaitu antara 53-59 °C, dan panas latennya relatif tinggi, antara 160 kJ/kg, sehingga sering digunakan sebagai bahan penyimpan panas. Karena parafin mudah menyerap, menyimpan, dan melepaskan energi panas, yang ditandai dengan transisi fase dari padat ke cair dan sebaliknya (Suwardi, 2021). Hidrokarbon parafin dapat diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi (reaksi sampingan yang berubah menjadi produk utama dari proses kilang minyak). Parafin memiliki sifat lebam (*inert*) dan stabil dibawah suhu

500°C, serta tidak mengalami perubahan pada volume yang signifikan ketika mencair dan memiliki tekanan uap rendah ketika dalam bentuk cair (Irsyad dkk., 2020).

Tabel 2. 1 Sifat-Sifat thermophysical material berubah fasa yang digunakan dalam penelitian (Suwandi A., 2021).

Sifat-Sifat	<i>Paraffin Wax</i>	<i>Stearic Acid</i>
<i>Melting Temperatur (°C)</i>	59,8	55,1
<i>Latent Heat of Fusion (Kj/Kg)</i>	190	160
<i>Density (Kg/m³)</i>		
<i>Liquid</i>	910	965
<i>Specific Heat (Kj/Kg.°C)</i>	790	848
<i>Solid</i>		
<i>Liquid</i>	2,0 2,15	1,6 2,2
<i>Thermal Conductivity (W/m.K)</i>		
<i>Solid</i>	0,24	0,36
<i>Liquid</i>	0,22	0,172

Tabel 2.1 menunjukkan sifat-sifat *thermophysical* material berubah fasa dengan kelebihan dan kekurangan parafin sebagai penyimpan energi termal. Kelebihan parafin sebagai penyimpan energi termal yaitu tidak menunjukkan adanya perubahan *thermal properties* setelah digunakan terus menerus, memiliki panas laten yang tinggi, non-reaktif, tidak berbau, secara ekologi tidak berbahaya, tidak beracun, serta cocok diaplikasikan sebagai penyimpan energi termal dengan berbagai. Sementara itu, kekurangan parafin sebagai penyimpan energi termal karena konduktivitas termalnya yang rendah pada

fasa padat, sehingga menjadi masalah ketika digunakan sebagai penyimpan energi termal, akan tetapi masalah ini dapat diatasi dengan penambahan fin pada permukaan perpindahan kalor atau dengan menambahkan material logam pada parafin untuk meningkatkan konduktivitas termal. Beberapa sifat-sifat parafin yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Masa Jenis

Massa jenis parafin adalah 880 kg/m^3 pada 20°C . Kecepatan parafin dapat meningkat pada suhu rendah. Kecepatan parafin juga dapat menurun pada suhu tinggi. Hal ini disebabkan karena parafin memuai pada temperatur tinggi sehingga volume parafin menjadi meningkat.

2. Panas Spesifik

Parafin memiliki panas jenis yang relatif tinggi dan cocok untuk menyimpan energi panas. Pada fasa padat parafin, kalor jenisnya $3,78 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$, sedangkan pada fasa cair parafin, kalor jenisnya lebih tinggi yaitu $2,95 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Hal ini disebabkan karena panas spesifik pada saat fasa cair lebih besar dari pada saat fasa padat.

3. Konduktivitas Termal

Parafin memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah. Konduktivitas termal parafin adalah $0,232 \text{ W/m.K}$. Konduktivitas termal yang rendah dari parafin menghasilkan perpindahan panas yang rendah saat menyerap dan membuang panas.

4. Panas Laten

Parafin adalah PCM dengan panas laten yang relatif tinggi. Nilai panas laten parafin bervariasi tergantung pada jumlah ikatan karbon. Panas laten parafin yang tinggi menguntungkan sebagai penyimpan energi panas karena pada prinsipnya bahan dengan panas laten yang tinggi dapat menyerap dan menyimpan lebih banyak panas tanpa perubahan suhu.

5. Temperatur Leleh

Parafin memiliki temperatur leleh yang berbeda-beda bergantung pada jumlah ikatan atom karbonnya. Parafin dengan atom karbon $\text{C}_5\text{-C}_{15}$ adalah parafin cair sedangkan $>\text{C}_{15}$ adalah parafin fase padat. Semakin banyak ikatan karbon dalam parafin, semakin tinggi suhu lelehnya.

2.6. Mikrokontroler

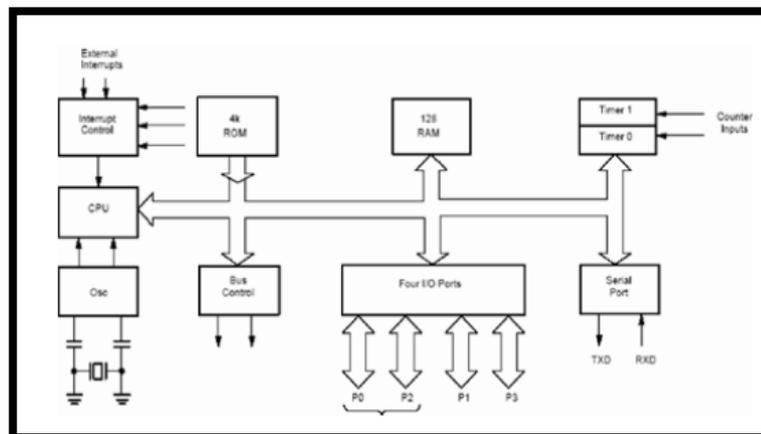
Mikrokontroler atau disebut sistem kontrol adalah sekumpulan komponen fisik berupa IC (*Integrated Circuit*) yang dirakit untuk mengendalikan dirinya sendiri atau sistem eksternal yang terhubung dengannya. Mikrokontroler bekerja sesuai dengan program (*software*) yang tertanam di dalamnya, dan program dibuat sesuai dengan aplikasi yang dibutuhkan (Dharmawan, 2017). Aplikasi mikrokontroler sering kali berkaitan dengan membaca data dari perangkat internal maupun yang dikontrol secara eksternal. Mikrokontroler memiliki jalur masukan (*input port*) dan jalur keluaran (*output port*) yang memungkinkan mikrokontroler digunakan dalam aplikasi untuk membaca data, mengontrol dan menyajikan informasi.

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terpasang pada sebuah chip, dengan *input* dan *output*, dan dikendalikan oleh program yang ditulis dan dihapus dengan cara khusus. Berbeda dengan sistem komputer yang dapat menjalankan berbagai aplikasi (pengolah kata, matematika, dll), mikrokontroler hanya dapat digunakan untuk aplikasi tertentu (hanya satu program yang dapat disimpan). Perangkat kendali adalah proses mengatur atau mengendalikan satu atau lebih besaran (variabel, parameter) dalam kisaran harga tertentu. Sebutan lain untuk sistem pengontrol atau teknologi kendali adalah teknologi kendali, sistem kendali, atau sistem pengendalian (Megido, 2016). Terdapat prinsip cara kerja mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai register pencacah program, mikrokontroler mengambil data dari ROM pada alamat yang ditentukan dalam register pencacah program, setelah itu isi register pencacah program secara otomatis bertambah satu (*increment*) dan data diambil dari program ROM adalah urutan instruksi pemrograman yang ditulis oleh Pengguna yang dapat dibuat dan dimuat sebelumnya. Berdasarkan nilai register pencacah program, mikrokontroler mengambil data dari memori ROM dengan alamat yang disebutkan dalam register pencacah program,

kemudian register isi, pencacah program secara otomatis bertambah satu (*increment*), informasi yang diambil dari ROM adalah instruksi program yang dibuat pengguna dan diselesaikan sebelumnya (Haris dkk., 2017).

2. Mikrokontroler memproses dan menjalankan perintah yang diterima, pemrosesan tergantung pada jenis perintah, dapat membaca, mengubah nilai dalam register, RAM, konten port, atau membaca dan melanjutkan perubahan data (Haris dkk., 2017).
3. Penghitung program telah mengubah nilainya (baik dengan penambahan otomatis pada langkah 1 atau dengan perubahan pada langkah 2). Selanjutnya, mikrokontroler mengulangi siklus ini lagi pada langkah 1 dan seterusnya hingga daya dimatikan (Haris dkk., 2017).



Gambar 2. 8 Blok Diagram Mikrokontroler

Sumber : (Haris dkk., 2017)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian pada pemanasan air tenaga surya dengan judul “kajian sistem pengontrol temperatur pada pemanas air tenaga surya menggunakan REX-C100” berfungsi sebagai pengontrol temperatur agar menjaga konsistensi suhu parafin. Sehingga sistem pengontrol temperatur ini akan memastikan bahwa temperatur pada parafin yang dihasilkan tenaga surya ini tetap konstan selama digunakan. Penelitian ini merupakan penelitian yang dilakukan sebagai pengkajian penyerapan kolektor surya ke *phase change material* (PCM) berupa parafin pada pemanas air sehingga membutuhkan waktu dan tempat pengujian. Adapun tempat dan waktu serta hal-hal yang berkaitan dengan penelitian adalah sebagai berikut :

3.1 Tempat dan waktu pelaksanaan

Seluruh kegiatan penelitian pengambilan data dilakukan di halaman Belakang Lapangan Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun pelaksanaan waktu penelitian ini dilakukan dari bulan November 2022 sampai dengan bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

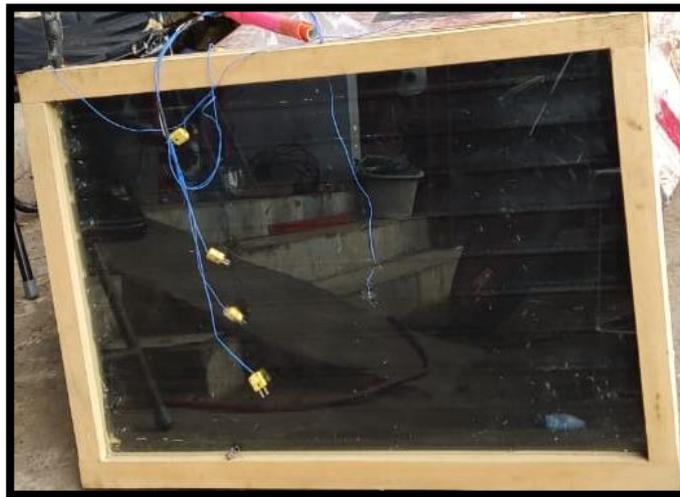
1. Alat

Adapun alat-alat yang merupakan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Kolektor Surya

Kolektor surya yang digunakan adalah plat datar berukuran panjang 80cm dan lebar 50cm. Kolektor surya terdiri dari lapisan kaca, pipa tembaga, dan triplek, yang dipasang pada rangka kayu. Kolektor surya

berfungsi untuk menyerap energi radiasi matahari dan mengubahnya menjadi panas. Panas ini kemudian digunakan untuk memanaskan air di dalam pipa tembaga pada kolektor. Hal ini menjadikan kenaikan suhu air dan konveksi alami karena efek termosiphon karena perbedaan densitas cairan. Kolektor surya dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Kolektor Surya

b. *Water Flow Meter*

Water Flow Meter atau sensor aliran air merupakan alat yang digunakan untuk mengukur aliran fluida yang mengalir di dalam pipa. Prinsip kerjanya adalah fluida yang mengalir akan melewati sensor yang terhubung ke perangkat pembaca dan hasilnya akan ditampilkan di layar. Pada penelitian ini digunakan sensor aliran air untuk mengukur aliran fluida dari kolektor ke penukar panas. *Water flow meter* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3. 2 *Water Flow Meter*

c. *Data Logger* dan Termokopel

Data logger dan termokopel digunakan untuk mengukur suhu parafin, suhu fluida masuk dan keluar dari *heat exchanger*, suhu fluida masuk dan keluar dari pipa penyimpanan air. Perubahan suhu dicatat di pencatat data dan dapat disimpan di kartu SD. *Data logger* dan termokopel ditunjukkan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3. 3 *Data Logger* dan Termokopel

Adapun spesifikasi dari *data logger* dan termokopel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Table 3. 1 data logger dan termokopel

Suhu perekaman	-50 s/d 1300°C
Ketelitian	0.1°C
Input	12 saluran
Panjang kabel	1 meter
Temperatur ukur	-200 s/d 600°C

d. Pompa Air

Pompa air merupakan suatu alat yang menggunakan listrik untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat lain melalui suatu saluran (pipa). Pada penelitian ini peran pompa air adalah untuk mensirkulasikan fluida berupa air dari kolektor surya ke *heat exchanger* hingga terjadi perpindahan panas yang maksimal. Pompa air dapat dilihat pada Gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3. 4 Pompa Air

Adapun spesifikasi dari pompa air yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Table 3. 2 Spesifikasi Pompa Air

Merek	Shimge Pompa Air Booster ZPS 15-9-140
Daya Listrik	60-120 Watt
Kapasitas	Max 1.6 m/H
Daya Dorong	Max 9 meter
Ukuran Pipa	3/4"

e. Alat Penukar Panas

Alat penukar kalor yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat penukar kalor *shell and tube* untuk pemanasan parafin. *Shell* berbentuk kotak terbuat dari aluminium dan diisolasi dengan peredam panas untuk menjaga panas yang tersimpan di penukar panas. Sedangkan tabung disusun secara seri menggunakan bahan tabung tembaga berdiameter 1 *inchi*. Panjang rangkaian penuh tabung tembaga dalam penukar panas adalah 1800 cm, dan panjang rinci tabung adalah 50 cm, dengan jumlah 36 buah. Desain alat penukar panas ditunjukkan pada Gambar 3.5 di bawah ini:



Gambar 3. 5 Alat Penukar Kalor

f. Tabung Penyimpan Air

Tabung digunakan untuk menyimpan air pada temperatur ruangan yang kemudian akan *discharging* dengan parafin yang telah menyimpan panas laten. Dapat dilihat tangki penyimpanan air yang terbuat dari bahan plat alumunium dengan berbentuk silinder pada Gambar 3.6 adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 6 Tabung Penyimpan Air

g. Pipa Air PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Pipa air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pipa PVC berdiameter 1 *inchi*. Pipa digunakan untuk mengalirkan air dari kolektor surya ke penukar panas. Rangkaian pipa PVC ini dilapisi dengan *heat sink* untuk mencegah agar panas tidak terbuang melalui permukaan pipa. Dapat dilihat Pipa Air PVC (*Polyvinyl Chloride*) pada Gambar 3.7 adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 7 Pipa Air PVC (*Polyvinyl Chloride*)

h. *Digital Temperature Controller*

Digital temperature controller merupakan alat yang digunakan sebagai pengontrol suhu pada elemen pemanas untuk menjaga suhu tetap stabil dan sesuai dengan pengaturan yang diperintahkan. *Digital temperature controller* berfungsi sebagai pengontrol mati hidupnya pompa air, apabila suhu kolektor surya telah mencapai suhu optimal maka kontroler akan berkerja. Adapun spesifikasi dari *digital temperature controller* adalah sebagai berikut:

Table 3. 3 Spesifikasi digital temperature controller

<i>Type</i>	Kit REX-C100
<i>Power</i>	AC 240V, 50/60HZ
<i>Output</i>	SSR 40 DA
<i>Temperature rang</i>	0-400 °C
Konsumsi Daya	10 VA
Proses <i>Value</i> (PV)	<i>Setting Value</i> (SV)

Adapun *digital temperature controller* yang dapat dilihat seperti gambar 3.8 adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 8 *Digital Temperature Controller*

i. Keran Air

Fungsi keran merupakan digunakan untuk mengontrol laju aliran fluida, misalnya dengan memutar pegangan untuk menambah dan mengurangi aliran fluida. Penelitian ini menggunakan keran sistem putar dengan penutup bola, seperti terlihat pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3. 9 Keran Air

2. Bahan

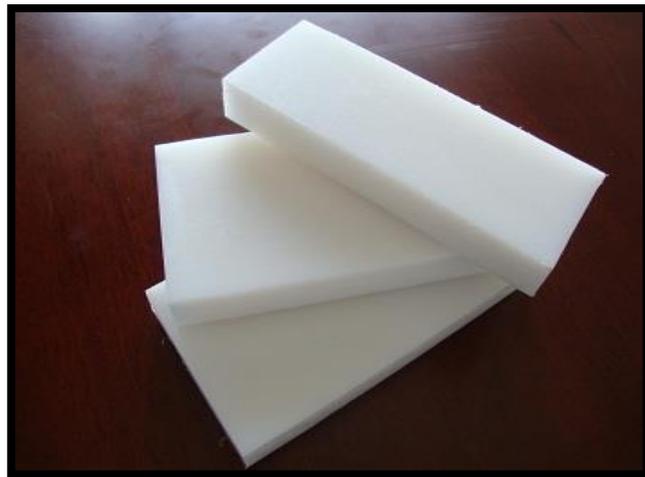
Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Air

Pada penelitian ini fluida yang digunakan yakni berupa air. Air berfungsi sebagai media untuk menyerap panas dari sinar matahari yang diterima oleh kolektor surya. Air akan ditransfer dari kolektor surya ke penyimpanan energi termal.

b. Parafin

Parafin dalam penelitian ini merupakan digunakan sebagai penyimpanan energi termal. Parafin yang dipanaskan akan berubah fase menjadi leleh dan menyerap panas laten. Parafin yang digunakan berjenis padat atau lilin. Dapat dilihat parafin pada Gambar 3.10 adalah sebagai berikut:

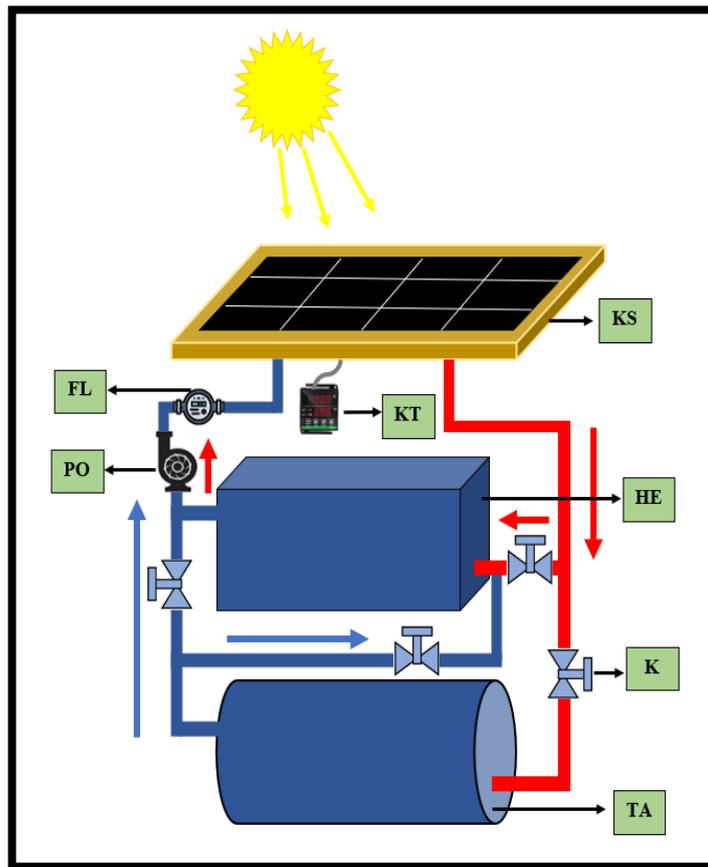


Gambar 3. 10 Parafin

3.3 Skema Pengujian

Skema pengujian penelitian ini dimulai dengan kolektor yang dipanaskan menggunakan energi matahari dan menunggu temperatur pada kolektor optimal. Temperatur pada kolektor yang sudah optimal akan dialirkan ke parafin melalui fluida menggunakan pompa air dan temperatur fluida akan dikontrol dengan mikrokontroler REX-C100. Setelah parafin sudah mencapai

titik leleh yaitu 47°C, katup saluran fluida pada siklus kedua yaitu tabung air dibuka dan parafin yang sudah dipanaskan akan *discharging* ke tabung air. Mikrokontroler berfungsi sebagai pengontrol suhu minimal dan optimal pada kolektor surya untuk menjalankan pompa air. Mikrokontroler dan pompa air akan berkerja (ON) jika temperatur pada kolektor sudah mencapai temperatur yang optimal yaitu sebesar 70° C, dan mikrokontroler akan berhenti (OFF) jika temperatur pada kolektor kurang dari 55° C.



Gambar 3. 11 Skema Pengujian

Keterangan:

1. KS : Kolektor Surya
2. K : Katup Air
3. PO : Pompa Air
4. HE : Alat Penukar Panas/*Heat Exchangers*

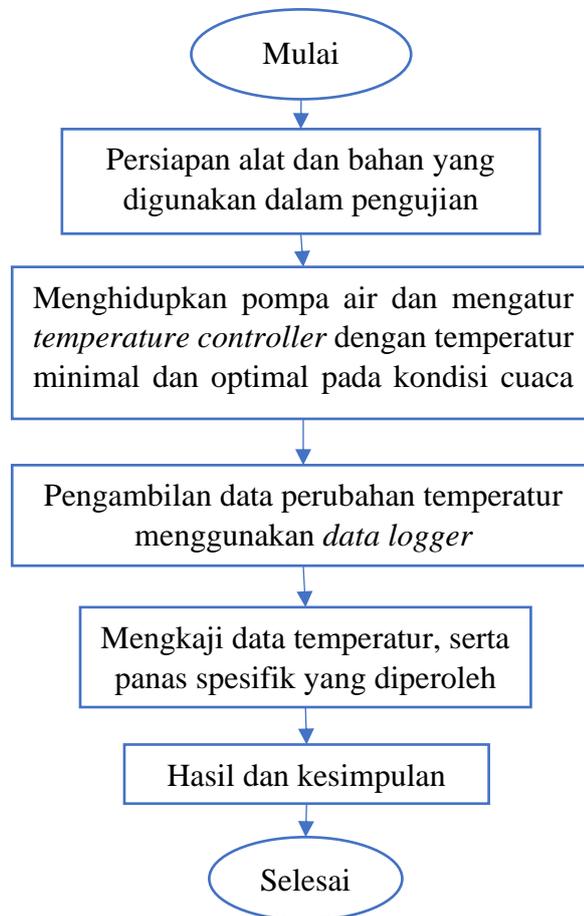
5. TA : Tabung Air
6. KT : Kontroler Temperatur
7. FL : *Water flow meter*

3.4 Prosedur Pengambilan Data

Berikut adalah proses tahapan persiapan, pengujian dan penulisan laporan dari kegiatan penelitian ini:

1. Menyiapkan alat-alat dan bahan yang digunakan seperti *thermocouple*, pompa air, *data logger*, *water flow meter*, *temperature controller*, tabung penyimpanan air, alat penukar panas, parafin, pipa air PVC, dan keran air.
2. Merangkai alat dan bahan sesuai skema pengujian.
3. Mengisi air dari lubang pengisian air dan buka aliran pembuangan untuk membuang udara yang terperangkap saat alat dipasang.
4. Menghidupkan dan mengatur temperatur pada kontroler dengan rentang temperatur yaitu minimal 55°C dan optimal 70°C.
5. Menghubungkan *thermocouple* ke *data logger* dan menyalakan.
6. Menghidupkan pompa air dan memastikan bahwa air bergerak dengan melihat laju aliran pada indikator *flow meter* dengan variasi kecepatan 2, 4, dan 6 liter/menit.
7. Merekam data perubahan temperatur dan memasukkan data hasil rekaman *data logger* ke dalam *MS. Excell*.
8. Mengulangi pengambilan data selama 3 kali pada variasi laju aliran yang berbeda.
9. Melakukan kajian penelitian terhadap data yang diperoleh.
10. Menarik kesimpulan hasil dari kegiatan penelitian ini.
11. Selesai.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 12 Diagram Alir Penelitian

V. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan data dan hasil perhitungan serta hasil kajian yang telah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan kontroler pada pemanas air tenaga surya memungkinkan untuk mengoptimalkan pengumpulan, penyimpanan, dan distribusi energi matahari ke tabung parafin. Hal ini menghasilkan peningkatan temperatur yang signifikan dalam kinerja dan efisiensi, sehingga disaat kondisi cuaca tidak stabil tetap bisa digunakan dengan optimal. Waktu yang dibutuhkan dalam proses pemanasan parafin untuk mencapai temperatur optimal 47°C dilakukan selama 2 jam 24 menit pada laju aliran 2 l/min, 2 jam 40 menit laju aliran 4 l/min, dan 2 jam 54 menit laju aliran 6 l/min.
2. Temperatur tertinggi pada tabung air yang dihasilkan selama proses discharging yaitu 44.9°C laju aliran 2 l/min, 44.4°C, laju aliran 4 l/min dan, 46.4°C laju aliran 6 l/min.

5.2 SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dibutuhkan penambahan mirror untuk mengurangi pemanasan yang terjadi pada tabung air agar tidak terjadi kenaikan temperatur pada tabung air sebelum dilakukan proses discharging.
2. Jarak pipa antara kolektor surya dengan tabung parafin dan tabung air sebaiknya berdekatan sehingga proses perpindahan yang terjadi lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, S., Mardian, D., Latupapua, H., & Susila, T. (2015). Rancangan Model Sistem Komunikasi Pembersih Debu Sel Surya. *Jurnal Elektro Unika Atma Jaya*, 8(2).
- Anrokhi, M. S., Darmawan, M. Y., Komarudin, A., Kananda, K., & Puspitarum, D. L. (2019). Analisis potensi energi matahari di Institut Teknologi Sumatera: Pertimbangan Faktor Kelembaban dan Suhu. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(2), 89-92.
- Atmodigdo, R., Nadjib, M., & Santoso, T. A. (2016). Perancangan Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Kapasitas 60 Liter dan Insulasi Termalnya. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Bizzy, I., & Setiadi, R. (2013). Studi perhitungan alat penukar kalor tipe shell and tube dengan program heat transfer research inc.(HTRI). *Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Sriwijaya*, 13(1), 67-76.
- Burlian, F., Thamrin, I., & Chairman, H. (2018). Kajian Eksperimental Komparasi Efisiensi Kolektor Surya dengan Variasi Sudut Kemiringan.
- Cengel, Y, A. Ghajar, Afshin J. 2015. *Heat Ang Mass Transfer Fundamentals & Applications Fifth Edition*. McGraw-Hill Companies, Inc. All. New York.
- Dharmawan, Hari Arief . 2016 . *Mikrokontroler: Konsep Dasar dan Praktis* . Malang : Universitas Brawijaya.
- Haris, M. Y., & PUTRA, A. A. (2017). Perancangan Sistem Kontrol Lampu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dengan Sensor Suara. *J. Chem. Inf. Model*, 53(9), 1689-1699.
- Hikma, N., Fitri, A., Izzah, R. F., Syahputra, R. F., & Zulkarnain, Z. (2022). *Utilization of Phase Changing Materials as Air Conditioning Alternatives in Eco-Green Systems. Science, Technology & Communication Journal*, 2(3), 81-84.

- Irsyad, Muhammad., Natal A. H. L. Tobing., M. Dyan Susila. 2020. Pemanfaatan material fasa berubah untuk mempertahankan kesegaran sayuran. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
- Jamaluddin, J. (2018). Perpindahan Panas dan Massa pada Penyangraian dan Penggorengan Bahan Pangan.
- Kaban, S. A., Jafri, M., & Gusnawati, G. (2020). Optimalisasi Penerimaan Intensitas Cahaya Matahari Pada Permukaan Panel Surya (Solar Cell) Menggunakan Cermin. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 5(2), 108-117.
- Khavivi, K. (2019). Analisis performa kolektor tabung pemanas air menggunakan phase change material (PCM) dengan dan tanpa reflektor (Doctoral dissertation, FAKULTAS TEKNIK).
- Korawan, A. D. (2019). Paraffin Sebagai Material Penyimpan Kalor Laten. *SIMETRIS*, 13(1), 15-17.
- Kristiawan, H., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2019). Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar. *Jurnal Spektrum*, Vol.06, No.04.
- Megido, Adiel. Ariyanto, Eko. (2016). Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan Pengendali Pid. Dan Volume Air Pada Tangki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Noor, A.I., M.Hamdani, S.Ramadhan, Y.Tiandho. (2020). *Dye-Sensitized Solar Cell-Based Photovoltaic Thermal for Ethanol Distillation: A Narrative Review* : *Jurnal Geliga Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(2), 123-131.
- Sudrajat, S. E., & Santosa, I. (2014). Perancangan Solar Water Heater Jenis Plat Datar Temperatur Medium Untuk Aplikasi Penghangat Air Mandi. *Jurnal Teknologi*, 7(2), 118-127.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi, S. (2017). Pengaruh suhu terhadap perpindahan panas pada material yang berbeda. *Dinamika*, 7(1), 62-73.
- Suwandi, A. (2021). Analisis Numerik Peleburan Material Berubah Fasa Pada Pipa Sebagai *Thermal Storage* (Doctoral dissertation, UMSU).

- Utami, S., & Kurnia, R. (2019). *Optimalisasi Pemanfaatan Solar Water Heater Menggunakan Sistem Kontrol Discrete Hybrid. In Proceedings Of National Colloquium Research And Community Service* (Vol. 3, pp. 216-220).
- Walikrom, Ridho., Muin, Abdul., Hermanto. (2018). Studi Kinerja Plate Heat Exchanger Pada Sistem Pendingin PLTGU. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti, Palembang
- Zaini, Dailamidan, Ahmad Syuhada. (2014). “ Eksperimental Kolektor Surya Dengan Parafin Sebagai Penyimpan Energi Panas” dalam Jurnal Ilmiah Jurutera VOL.01 No.01 (hlm. 056–065). Nangroe Aceh Darussalam. Fakultas Teknik Universitas Samudra.