

TUGAS AKHIR

ANALISA KINERJA SOLAR WATER HEATER (SWH) DOUBLE SLOPE

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ARI GUNAWAN
1607230090



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

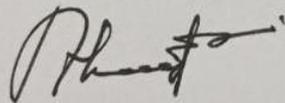
Nama : Ari Gunawan
NPM : 1607230090
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisa Kinerja *Solar Water Heater (SWH)*
Double Slope.
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

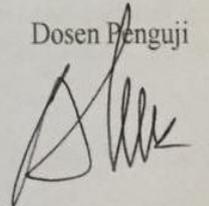
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



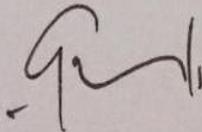
Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji



Sudirman Lubis, S.T., M.T

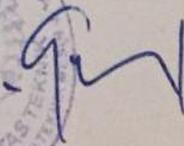
Dosen Penguji



Chandra A Siregar, S.T., M.T



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Chandra A Siregar, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ari Gunawan
Tempat / Tanggal Lahir : Saentis / 7 April 1997
NPM : 1607230090
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

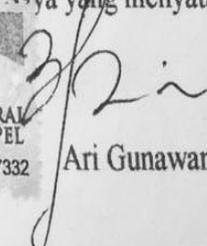
“Analisa Kinerja Solar Water Heater (SWH) Double Slope”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Oktober 2021

Saya yang menyatakan,

Ari Gunawan

10000
METERAL TEMPEL
85DDAJX427507332

ABSTRAK

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai penyedia energi melalui dua macam teknologi, yaitu energi matahari termal dan fotovoltaic. Pada umumnya energi yang digunakan didalam adalah energi yang bersumber dari fosil, kegiatan manusia tersebut menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran pada sumber energi fosil yang berdampak pada perusakan lingkungan hidup. Alat penukarkalor adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin, biasanya medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). *Solar water heater double slope*, alat yang digunakan untuk mengubah air dingin menjadi air panas, dimana komponen utamanya terdiri atas dua kolektor surya yang dibuat menggunakan pipa kalor aluminium berbentuk *honeycomb* berdiameter 30 mm dengan panjang 1000 mm yang disusun *hexagonal* (sarang lebah) sebagai pemanas air. *Solar water heater double slope* yang diteliti mampu memanaskan air hingga 47°C, potensi radiasi energi surya yang paling besar pada pukul 14:00 wib. Penggunaan kaca sangat mempengaruhi pemanasan yang terjadi pada kolektor *honeycomb* berdiameter 30 mm.

Kata kunci: Energi matahari, Alat penukar kalor, *Solar water heater double slope*, *Honeycomb*

ABSTRACT

Solar energy can be used as an energy provider through two kinds of technologies, namely solar thermal energy and photovoltaic. In general, the energy used inside is energy sourced from fossils, these human activities cause massive exploitation of fossil energy sources which have an impact on environmental destruction. A heat exchanger is a device that allows heat transfer and can function as a heater or as a cooler, usually the heating medium is used steam through heat (super heated steam) and plain water as cooling water (cooling water). Double slope solar water heater, a device used to convert cold water into hot water, where the main component consists of two solar collectors made using an aluminum honeycomb heat pipe with a diameter of 30 mm and a length of 1000 mm arranged hexagonally (honeycomb) as a water heater. . The double slope solar water heater studied is able to heat water up to 47°C, the greatest potential for solar energy radiation is at 14:00 WIB. The use of glass greatly affects the heating that occurs in the 30 mm diameter honeycomb collector.

Keywords: Solar energy, Heat exchanger, Solar water heater double slope

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Kinerja *Solar Water Heater (SWH) Double Slope*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dan selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis dan selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing Iiyang telah banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Rumiadi dan Suparni, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Irvan, Abdi Kurniawan, Toto Tumanggor, Zulkarnain, Wahyu Pratama Harahap, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
9. Dea Ayu Anggreani yang selalu memberikan support serta semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, Oktober 2021

Ari Gunawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Energi Matahari	4
2.2. Perpindahan Panas	6
2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi	6
2.2.2 Konduktivitas termal	7
2.2.3 Perpindahan Panas Konveksi	8
2.2.4 Perpindahan Panas Radiasi	9
2.2.5 Efisiensi kolektor	9
2.3 Alat Penukar Kalor	10
2.4 Cara Kerja Pemanas Air Tenaga Surya	12
2.5 Jenis-Jenis Kolektor Surya	12
2.5.1 Kolektor Plat Datar	12
2.5.2 Kolektor Terkonsentrasi	12
2.5.3 Kolektor Tabung Terevakuasi	13
2.5.4 Kolektor Pasif	13
2.6 Kaca	14
2.6.1 Karakteristik Dasar fasa Kaca	14
2.7 Aluminium	16
2.7.1 Sifat-Sifat Aluminium	17
2.7.2 Karakteristik Aluminium	19
2.7.3 Kelebihan Aluminium	19
2.7.4 Kekurangan Aluminium	19
2.8 Karakteristik <i>Solar Water Heater Double Slope</i>	19
2.8.1 Kelebihan <i>Solar Water Heater Double Slope</i>	20
2.8.2 Kekurangan <i>Solar Water Heater Double Slope</i>	20

BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1. Tempat Penelitian	21
3.1.2. Waktu Penelitian	21
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	22
3.2.1 Bahan yang digunakan	22
3.2.2 Alat-alat penelitian	22
3.3 Bagan Alir Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.5 Prosedur Pengujian	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Prosedur Pengujian	29
4.2 Hasil Pengambilan data	33
4.2.1 Hasil Pengambilan Data Temperatur Hari Pertama	33
4.2.2 Hasil Pengambilan Data Temperatur Hari Kedua	36
4.2.3 Hasil Pengambilan Data Temperatur Hari Ketiga	39
4.3 Data Intensitas Matahari	42
4.4 Data Kecepatan Angin	33
4.5 Data Perhitungan Kolektor I	45
4.6 Data perhitungan Kolektor II	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
SK PEMBIMBING	
BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 konduktivitas termal	7
Tabel 2.2 sifat fisik aluminium	18
Tabel 3.1 jadwal kegiatan penelitian	22
Tabel 4.1 data hasil pengujian hari pertama pada kolektor I	34
Tabel 4.2 data hasil pengujian hari pertama pada kolektor II	35
Tabel 4.3 data hasil pengujian hari kedua pada kolektor I	36
Tabel 4.4 data hasil pengujian hari kedua pada kolektor II	38
Tabel 4.5 data hasil pengujian hari ketiga pada kolektor I	39
Tabel 4.6 data hasil pengujian hari ketiga pada kolektor II	41
Tabel 4.7 data intensitas matahari tiga hari pengujian	42
Tabel 4.8 data kecepatan angin tiga hari pengujian	43
Tabel 4.9 data perhitungan kolektor I tiga hari pengujian	45
Tabel 4.10 data perhitungan kolektor II tiga hari pengujian	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 laju perpindahan panas konduksi	7
Gambar 2.2 laju perpindahan panas konveksi	8
Gambar 2.3 laju perpindahan panas radiasi	9
Gambar 2.4 skema kolektor surya plat datar	12
Gambar 2.5 skema kolektor terkonsentrasi	13
Gambar 2.6 skema kolektor tabung terevakuasi	13
Gambar 2.7 kaca rayben	15
Gambar 2.8 kaca es	15
Gambar 2.9 kaca bening	16
Gambar 2.10 siklus <i>solar water heater double slope</i>	20
Gambar 3.1 tempat pelaksanaan penelitian	21
Gambar 3.2 atap pelaksanaan penelitian	21
Gambar 3.3 air	23
Gambar 3.4 laptop lenovo ideapad 100-14IBD	23
Gambar 3.5 <i>arduino UNO R3</i>	24
Gambar 3.6 Lcd 20x4	24
Gambar 3.7 <i>solenoid water valve</i>	25
Gambar 3.8 sensor DS18B20	25
Gambar 3.9 bagan alir penelitian	26
Gambar 3.10 <i>solar water heater double slope</i>	28
Gambar 4.1 merancang sensor DS18B20	29
Gambar 4.2 memeriksa kembali sensor DS18B20 yang telah dipasang	29
Gambar 4.3 menghidupkan pompa	30
Gambar 4.4 menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3	30
Gambar 4.5 menghidupkan laptop	30
Gambar 4.6 menghubungkan arduino UNO R3	31
Gambar 4.7 menunggu hasil temperatur pada kolektor selama 8 jam	31
Gambar 4.8 merapikan kembali tempat pengujian	31
Gambar 4.9 memeriksa kembali alat alat sesudah melakukan pengujian	32
Gambar 4.10 mengembalikan alat alat pengujian pada tempatnya	32
Gambar 4.11 pengambilan data selama 8 jam hari pertama	33
Gambar 4.12 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I	34
Gambar 4.13 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor II	35
Gambar 4.14 pengambilan data selama 8 jam hari kedua	36
Gambar 4.15 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I	37
Gambar 4.16 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor II	38
Gambar 4.17 pengambilan data selama 8 jam hari ketiga	39
Gambar 4.18 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I	40
Gambar 4.19 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor II	41
Gambar 4.20 grafik intensitas matahari terhadap waktu	43
Gambar 4.21 grafik kecepatan angin terhadap waktu	44

DAFTAR NOTASI

Simbol Keterangan Satuan

Q = Jumlah kalor yang dipindahkan	(W)
k = Konduktivitas termal bahan	(W / m.°C)
A = Luas bidang pemanasan	(m ²)
$\frac{\Delta t}{\Delta x}$ = Gradien temperatur	(°C / m)
L = Tebal bahan	(m)
h = Koefisien perpindahan kalor konveksi	(W / m.°C)
A = Luas penampang perpindahan kalor secara konveksi	(m ²)
T_s = Temperatur permukaan	(°C)
T_∞ = Temperatur fluida yang terletak jauh dari permukaan	(°C)
ε = Emisivitas permukaan	
σ = Konstanta Stefan-Boltzmann	(5,67.10 ⁻³ W / m ² .K ⁴)
T_s = Temperatur daerah sekeliling permukaan	(°C)
η_a = Efisiensi kolektor	(%)
$Qu.a$ = Energi berguna pada kolektor	(Watt)
A_c = Luas kolektor	(A)
IT = Intensitas cahaya matahari	

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap menit matahari meradiasikan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Indonesia menerima energi matahari dengan radiasi energi harian rata-rata sebesar $4,8 \text{ Kwh/m}^2$. Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai penyedia energi melalui dua macam teknologi, yaitu energi matahari termal dan fotovoltaik. Energi termal diperoleh dengan cara mengkonversikan energi radiasi cahaya matahari menjadi panas sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegunaan dengan menggunakan kolektor surya.

Pada umumnya energi yang digunakan didalam adalah energi yang bersumber dari fosil. Kegiatan manusia tersebut menyebabkan terjadinya eksploitasi besar-besaran pada sumber energi fosil yang berdampak pada perusakan lingkungan hidup. Disamping itu pemakaian energi fosil juga menghasilkan gas-gas sisa yang berbahaya seperti karbondioksia (CO_2), karbonmonoksida (CO), Nitrogenmonoksida (NO_x) dan sebagainya yang berdampak buruk bagi kehidupan manusia dan juga menimbulkan pemanasan global.

Untuk itu maka diperlukan adanya suatu energi alternatif yang bisa dimanfaatkan sebagai pengganti energi yang bersumber dari fosil tersebut, salah satu energi alternatif yang dapat kita gunakan adalah energi matahari. Salah satu pemanfaatan sinar matahari adalah sebagai sumber dalam pemanasan air, baik air panas dalam rumah tangga maupun air panas dalam perhotelan sangatlah penting. Selama ini kebutuhan tersebut terpenuhi dengan air panas yang dipanaskan dengan tungku maupun pemanasan menggunakan listrik. Salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan air panas adalah dengan menggunakan media surya sebagai *supply* energinya untuk meningkatkan efektifitas pemanfaatan energi surya secara langsung, saat ini telah dikembangkan kolektor pemanas air (Nurhalim, 2011).

Pemanas air tenaga surya adalah sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai

sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa alat pemanas air tenaga surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan., sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi energi panas,lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi didalam pipa pemanas air (Purnama dkk, 2015).

Adapun pemanas air yang menggunakan energi surya di sebut *solar water heater double slope*. Berdasarkan keputusan Menteri kesehatan Republik Indonesia Nomor1405/menkes/xi/2002 standar temperatur air panas untuk keperluan mandi dan mencuci tangan adalah 40-45°C, maka *solar water heater double slope* yang akan dirancang harus mencapai suhu tersebut.

Alat pemanas air yang dirancang dalam penelitian ini merupakan alat pemanas air tenaga surya dengan memanfaatkan panas dari sistem kolektor termal, pada proses konversi energi dikolektor termal, radiasi matahari jatuh keatas permukaan kaca dan di pantulkan kembali, sehingga pada rongga kolektor termal akan terkumpul panas. Kemudian panas akan mengenai *honeycomb* sebagai pemindah panas secara konduksi dan konveksi, sehingga air pada *honeycomb* akan mengalami kenaikan suhu. Faktor penting dalam pemanfaatan energi surya dalam pemanas air ialah intensitas radiasi matahari.

Dengan adanya kolektor surya, maka penggunaan energi panas pada sumber fosil akan berkurang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah Bagaimana cara menganalisa kinerja *solar water heater double slope*.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam pembuatan laporan tugas akhir ini untuk lebih memfokuskan pada tugas yang diteliti, maka dibatasi pada bagian-bagian sebagai berikut:

1. Menggunakan mikrokontroler Arduino UNO R3
2. Metode pengambilan data dilakukan selama 8 jam

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah

1. Untuk menganalisa penyerapan panas energi matahari pada *solar water heater double slope*.
2. Untuk merencanakan penggunaan *double slope* terhadap *solar water heater*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah

1. Memberikan informasi terkait meningkatnya radiasi *thermal* yang digunakan sebagai penyerap energi panas.
2. Memberikan wawasan tentang pengembangan iptek khususnya dalam bidang konversi energi.
3. Mendapatkan gambaran teknologi *solar water heater double slope* yang memenuhi kriteria sumber energi masa depan yaitu terbarukan.
4. Membantu pemerintah dalam menanggulangi isu lingkungan hidup.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Matahari

Energi matahari adalah sumber energi utama yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30% energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonvrsikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25% ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025% disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan (Zulfi Farida A, 2016).

Matahari yang setiap hari memancarkan sinarnya ke bumi dan juga ke planet-planet lain yang ada pada tatasurya adalah sumber kehidupan bagi semua makhluk hidup yang ada di bumi ini. Pemancaran energi matahari yang sampai ke bumi telah berlangsung terus menerus sejak kurang lebih 5.000.000.000 tahun yang lalu (Anonim, 2006).

Menggunakan energi pada dasarnya memanfaatkan efek perpindahan energi. Ada dua jenis perpindahan energi, yakni kerja (*work*) dan perpindahan panas (*heat transfer*), kerja dipicu oleh perbedaan potensi mekanik atau elektrik, dan perpindahan panas dipicu oleh perbedaan temperatur. Bila dicermati, maka sumber-sumber energi yang umum digunakan manusia bisa digolongkan berdasarkan bentuk energinya, misalnya bentuk energi angin adalah kinetik, bentuk energi air adalah potensial, dan bentuk energi matahari adalah internal. Energi angin dan air berpindah melalui kerja (*work*), sedangkan energi matahari berpindah melalui perpindahan panas. Bahan bakar fosil (minyak, gas, dan batu bara) yang saat ini merupakan energi dominan di dunia juga tergolong dalam bentuk energi *internal* (Anonim, 2006).

Sudrajat, S. E., & Santosa, I (2014) melakukan penelitian panjang pipa pemanas keseluruhan yang dibutuhkan untuk membuat *solar water heater* dengan temperatur air keluar (T_{out}) $45^{\circ}C$ adalah 1,63m dan terbuat dari bahan jenis tembaga berdiameter 0,5 inch.

Sumarsono, M. (2012) melakukan penelitian untuk keperluan produksi air panas PATS (Pemanas Air Tenaga Surya), besarnya energi berguna sangat menentukan. Energi berguna optimum dapat dihasilkan oleh kolektor dengan jumlah pipa pemanas sebanyak 6 pipa dan 8 pipa.

Mustofa dan Rustan Hatib, (2014) melakukan penelitian efisiensi kolektor meningkat dengan adanya modifikasi jenis material, serial konfigurasi dan dimensi pipa panas. Hal ini disebabkan oleh konduktivitas panas material yang berbeda, sehingga daya isolasi air panas dalam tandon stainless steel lebih baik dibandingkan dengan dari bahan fiberglass, selanjutnya peningkatan suhu air sirkulasi dari paralel ke serpentine menjadi lebih tinggi karena kecepatan fluida menjadi lambat pada model serpentine sebelum masuk kedalam tandon.

Ramadhan, Soeparman, & Widodo, (2017) menganalisa proses perpindahan panas kolektor surya plat datar pada proses pemanas air yang menggunakan *turbulence enhancer* yang menyimpulkan bahwa panas berguna dapat ditingkatkan dengan modifikasi kolektor (menggunakan *turbulence enhancer*) yang dapat memperlambat aliran fluida sehingga fluida dapat menyerap panas yang lebih efektif.

Cozzini, et al., (2015) menganalisa performansi kolektor plat datar dalam proses pemanasan (penukar kalor) yang berkesimpulan bahwa performa penukar kalor sangat berpengaruh oleh intensitas radiasi matahari yang tidak konstan.

Rianda, Nurrohman, & Al-kind, (2017) menganalisa kinerja kolektor surya plat datar dengan fluida kerja etanol 96% pada sistem *solar water heater* yang menyimpulkan bahwa temperatur maksimum kolektor dicapai pada kondisi debit aliran 2 lpm dan kemiringan bidang kolektor 0° .

2.2 Perpindahan panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan (*gradien*) suhu. Di dalam termodinamika, perpindahan energi ini didefinisikan sebagai panas (*heat*). Ilmu perpindahan panas tidak hanya menerangkan bagaimana panas itu dihantarkan, tetapi juga untuk menaksir laju penghantaran panas pada suatu kondisi tertentu. Dalam perpindahan panas, laju penghantar panas menjadi tujuan analisis. Inilah yang membedakan perpindahan panas dengan termodinamika. Termodinamika bisa digunakan untuk menaksir besarnya energi yang diperlukan untuk mengubah suatu sistem dari keadaan keseimbangan satu ke keadaan keseimbangan lain, tetapi tidak dapat dipakai untuk menaksir seberapa cepat (laju) perubahan itu terjadi karena selama proses sistem tidak berada dalam keseimbangan. Ada tiga mode perpindahan panas, yaitu: konduksi, konveksi, radiasi (Lienhard, 2002).

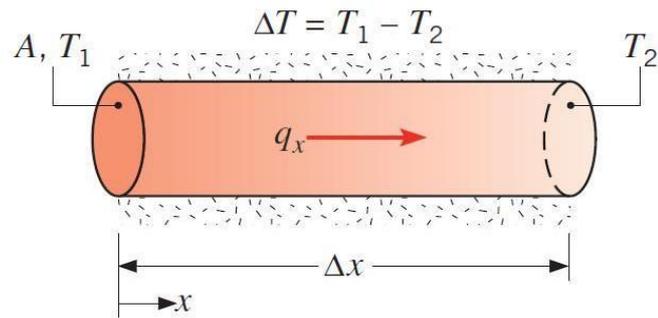
2.2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dalam aliran panas konduksi, perpindahan energi terjadi karena hubungan rut teori kinetik, suhu elemen suatu zat sebanding dengan energi kinetik rata-rata molekul-molekul yang membentuk elemen itu. Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh ilmuwan perancis, J.B.J. Fourier (1882).

Konduksi adalah satu-satunya mekanisme dengan mana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak dapat tembus cahaya.

Perpindahan panas konduksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = -k \times A \frac{\Delta t}{\Delta x} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Laju Perpindahan Panas Konduksi (Kosim Abdurohman, 2014)

2.2.2 Konduktivitas termal

Konduktivitas termal dapat didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perancangan perubahannya cukup kecil untuk diabaikan. Nilai angka konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Jadi konduktivitas termal bergantung pada suhu. Pada pengukuran konduktivitas termal mekanisme perpindahannya dengan cara konduksi (JP. Holman, 2010).

Konduktivitas termal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = kA \frac{\Delta t}{L} \quad (2.2)$$

Tabel 2.1 konduktivitas termal (JP. Holman, 2010)

Material	Thermal Conductivity k (W/°C)
Aluminium	204
Timah (<i>Lead</i>)	35
Besi (<i>Iron</i>)	73
Carbon Steel 0.5% C	54
Nickel Steel 20% Ni	19
Chrom Steel 1% Cr	61
Copper	386

Magnesium	171
Molybdenum	123
Nickel	90
Perak	419
Timah	64
Tungsten	163
Seng (Zinc)	112.2

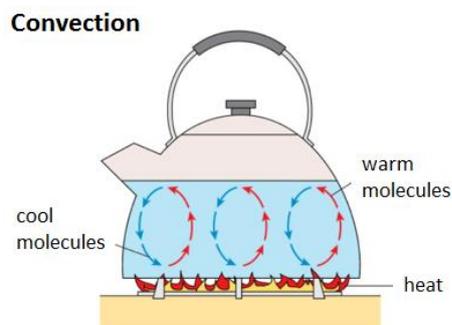
2.2.3 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi maka suhu benda akan lebih rendah. Salah satu hukum dalam penghantaran panas yang tertua adalah hukum pendinginan *newton*. Hukum ini menyatakan bahwa *fluks* panas (*heat flux*). Yang didefinisikan sebagai laju perpindahan panas per luas satuan.

Perpindahan energi dengan cara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya diatas suhu fluida sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, panas akan mnegalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang batasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi-energi dalam partikel-partikel fluida ini kemudian partikel-partikel fluida tersebut akan bergerak ke daerah yang bersuhu lebih rendah didalam fluida dimana mereka akan bercampur dan memindahkan energinya kepada partikel-partikel fluida lainnya.(Cengel, 2002).

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = h \times A(T_s - T_f) \quad (2.3)$$



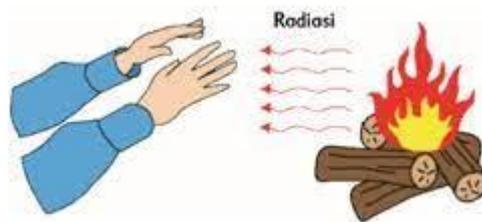
Gambar 2.2 Perpindahan panas konveksi (JP. Holman, 2010)

2.2.4 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut istilah “radiasi” pada umumnya dipergunakan untuk segala jenis hal ikhwal gelombang elektromagnetik. Panas radiasi dipancarkan oleh suatu benda dalam bentuk *pac(batch)* (kumpulan) energi yang terbatas atau *quanta*. Gerakan panas radiasi didalam ruang mirip perambatan cahaya dan dapat diuraikan dengan teori gelombang. Bila mana gelombang radiasi menjumpai benda yang lain, maka energinya diserap didekat permukaan benda tersebut. Perpindahan dengan cara radiasi menjadi semakin penting dengan meningkatnya suhu suatu benda (Adib johan dkk,2016).

Persamaan lajunya ditentukan oleh hukum Stefan Boltzmann yang mana merupakan istilah dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan berikut:

$$Q_{rad} = \sigma AT^4 \quad (2.4)$$



Gambar 2.3 Perpindahan Panas Radiasi (JP. Holman, 2010)

2.2.5 Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor adalah perbandingan panas yang diserap oleh fluida atau energi berguna dengan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensi *thermal* akan tetapi, intensitas matahari berubah terhadap waktu.

Efisiensi kolektor surya dihitung menggunakan persamaan :

$$\eta_a = \frac{Qu.a}{Ac \times IT} 100\% \quad (2.5)$$

2.3 Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). (mahyunis dkk.2014). Perpindahan panas pada alat penukar kalor biasanya melibatkan konveksi masing-masing fluida dan konduksi sepanjang dinding yang memisahkan kedua fluida. Laju perpindahan panas antara kedua fluida pada alat penukar kalor bergantung pada besarnya perbedaan temperatur pada lokasi tersebut, dimana bervariasi sepanjang alat penukar kalor (Rofi Moch,A (2013)).

M irsyad dkk (2018) melakukan penelitian karakteristik perpindahan panas alat penukar kalor berisi material berubah fasa pada proses pembekuan. Proses pembekuan PCM minyak kelapa pada alat penukar kalor dimulai dari bagian terdekat dengan permukaan dinding koil. PCM dengan temperatur lebih rendah bergerak kebawah karena densitasnya lebih tinggi. Waktu perubahan fasa lebih lama dibandingkan dengan penurunan temperatur pada fasa cair. Pada temperatur perubahan fasa yakni 240°C - 22°C diperoleh persentase minyak kelapa yang beku adalah 20,7%. Peningkatan kecepatan aliran udara dingin dapat mempercepat waktu perubahan fasa PCM. Kecepatan 1 m/s dan 2 m/s tidak direkomendasikan dalam aplikasi alat penukar kalor berisi PCM minyak kelapa ini dengan menggunakan udara lingkungan sebagai media pendingin karena sampai 12 jam belum penurunan temperatur belum melewati temperatur perubahan fasa.

Menurut Dean A Barlet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol untuk suatu sistem (temperatur) dengan menambahkan atau menghilangkan energy termal dari suatu fluida ke fluida lainnya. Walaupun ada banyak perbedaan ukuran, tingkat kesempurnaan, dan perbedaan jenis alat penukar kalor, semua alat penukar kalor menggunakan elemen-elemen konduksi termal yang umumnya berupa tabung "*tube*" atau plat untuk memisahkan dua fluida. Salah satu dari elemen tersebut memindahkan energy kalor ke elemen lainnya.

Pramod S, dkk (2012) melakukan penelitian untuk menganalisa aliran sekunder dari penukar kalor helical coil dari berbaagai parameter untuk kondisi

tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa helical coil lebih efisien pada nilai Reynold Number (Re) yang rendah. Analisis juga menunjukkan bahwa bertambah besarnya diameter tube (d) dengan diameter coil sekunder didalam aliran fluida. Peningkatan intensitas sekunder dikembangkan dalam aliran fluida untuk meningkatkan Nu. Oleh karena itu untuk mendapatkan intensitas aliran sekunder yang besar maka helical coil exchanger harus memiliki diameter coil (D) yang kecil dan diameter tube yang besar (d).

Nasser Ghorbani, dkk (2010) melakukan penelitian untuk menyelidiki perpindahan kalor konveksi campuran dalam alat penukar kalor tipe coilin shell dengan variasi Reynold Number (Re) and Rayleigh Numbe, variasi rasio diameter tube to coil dan dimensi coil pitch. Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai pengaruh tube diameter, coil pitch, shellside dan laju aliran massa tabung sisi atas koefisien kinerja dan efektivitas modifikasi dari vertikal *helical coil tube heat exchanger*. Percobaan dilakukan untuk percobaan laminar dan aliran turbulen didalam temperatur aksial *heat exchanger*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa hubungan $-NTU$ dari campuran konveksi *heat exchanger* adalah sama dengan *counter-flowheat exchanger*.

2.4 Cara Kerja Pemanas Air Tenaga Surya

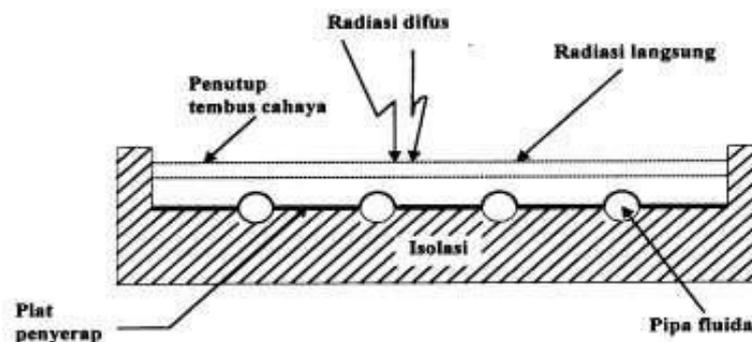
Adapun prinsip kerja pada *solar water heater double slope* dengan menggunakan plat alumunium, yaitu bahwa air yang masuk kedalam kolektor melalui pipa distribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung matahari maupun konveksi. Hal ini disebabkan energi radiasi matahari didalam kolektor yang dibatasi kaca bening tembus cahaya terjadinya perpindahan panas terhadap pipa-pipa distribusi maka suhu air didalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan masa jenis. Air yang bersuhu tinggi memiliki massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir ke arah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis lebih besar dan cenderung akan bergerak kebawah, sehingga terjadi konveksi secara alami (Marbun, 2009).

2.5 Jenis-Jenis Kolektor Surya

Jenis pemanas air tenaga surya ditentukan oleh jenis kolektor yang dipakainya. Jenisnya antara lain: kolektor plat datar, kolektor tabung vakum, kolektor tanpa glasi, maupun kolektor berbentuk konsentrator.

2.5.1 Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya plat datar merupakan jenis kolektor yang banyak dipakai dan banyak digunakan untuk pemanas air surya dan pemanas udara surya. kolektor surya plat datar terdiri dari plat penyerap yang mempunyai konduktivitas termal baik yang berhubungan dengan pipa-pipa (saluran) yang mengalirkan cairan pada sistem pemanas air, penutup transparan dan insulasi. Energi radiasi yang datang ditransmisikan melalui penutup transparan dan diubah menjadi panas oleh plat penyerap dimana di bagian dasar plat penyerap diberi insulasi. Skema kolektor surya plat datar dapat ditunjukkan pada gambar 2.4:



Gambar 2.4 Skema kolektor surya plat datar (Philip Kristianto, 2001)

2.5.2 Kolektor terkonsentrasi

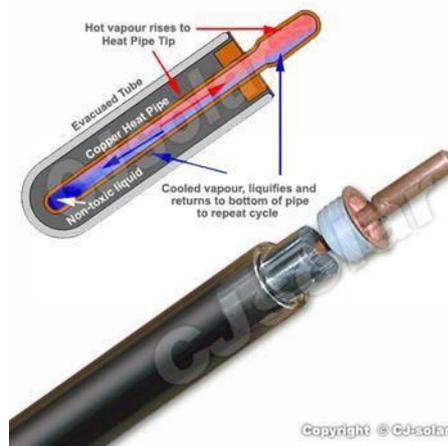
Kolektor ini mempunyai sistem pencerminan yang lebih besar untuk memfokuskan berkas radiasi sinar matahari pada pipa-pipa yang mengalirkan fluida. Cermin-cermin berfungsi sebagai reflektor dan dihubungkan dengan sistem mekanik, sehingga dapat mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Kolektor ini mampu menghasilkan panas yang lebih besar dari pada kolektor plat datar, tetapi kolektor ini sangat mahal dan sangat rumit untuk digunakan. Skema kolektor terkonsentrasi dapat ditunjukkan pada gambar 2.5:



Gambar 2.5 Skema kolektor terkonsentrasi

2.5.3 Kolektor tabung terevakuasi

Kolektor ini tersusun dari tabung kaca yang terevakuasi. Setiap tabung terdiri dari plat penyerap tipis yang melekat pada pipa di dalam tabung kaca. Keadaan vakum di dalam tabung kaca mencegah kehilangan panas dan temperatur air yang dapat dihasilkan oleh kolektor ini di atas 100°C . Air panas yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses industri. Skema kolektor tabung terevakuasi dapat ditunjukkan pada gambar 2.6:



Gambar 2.6 Skema kolektor tabung terevakuasi

2.5.4 Kolektor pasif

Kolektor pasif menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas secara alamiah. Energi yang dipindahkan secara konduksi, konveksi, radiasi dan perpindahan panas secara transport alami tanpa menggunakan kipas. Kolektor pasif ini digunakan untuk pemanas ruangan. Contohnya adalah penyimpan panas

berupa dinding kaca atau bahan lain yang dapat menyerap dan menyimpan panas. Permukaan luar dinding ini dipanaskan oleh matahari, kemudian panas tersebut secara perlahan dipindahkan melaluidinding kepermukaan dalam, dan dikonveksikan juga diradiasikan ke ruangan dalam yang akan dipanaskan (Arismunandar,1985).

2.6 Kaca

Kaca adalah amorf (non kritical) material padat yang bening, transparan (tembus pandang), dan biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari campuran 75% silikon dioksida (SiO_2), Na_2O , CaO , dan beberapa zat tambahan. Suhu lelehnya adalah 2000 derajat celsius.

2.6.1 Karakteristik Dasar fasa Kaca

Sifat kaca yang penting dipahami adalah sifat pada saat kaca berbentuk fasa cair dan fasa padat. Sifat fasa cair dari kaca digunakan dalam proses pengembangan (floating) dan pembentukan kaca, sedangkan untuk sifat fasa padat dari kaca digunakan didalam penggunaannya. Beberapa sifat fisik dan kimia yang penting dari kaca antara lain.

a. Sifat Mekanik

Tension strength (daya tarik) adalah sifat mekanik utama dari kaca. *Tensile strength* merupakan tegangan maksimum yang dialami oleh kaca sebelumnya terpisahnya kaca akibat adanya tarikan (*fracture*). Sumber *fracture* ini dapat muncul jika kaca mempunyai cacat di permukaan, sehingga tegangan akan terkonsentrasi pada cacat tersebut.

b. Densitas dan Viskositas

Densitas adalah perbandingan antara massa suatu bahan dibagi dengan volumenya. Nilai densitas dari kaca adalah sekitar $2,49\text{g}/\text{cm}^3$. Densitas dari kaca akan menurun seiring dengan kenaikan temperatur.

c. Sifat Termal

Konduktivitas panas dan pemuaian merupakan sifat termal penting dari kaca. Kedua sifat ini digunakan untuk menghitung besarnya perpindahan panas yang diterima oleh kaca tersebut

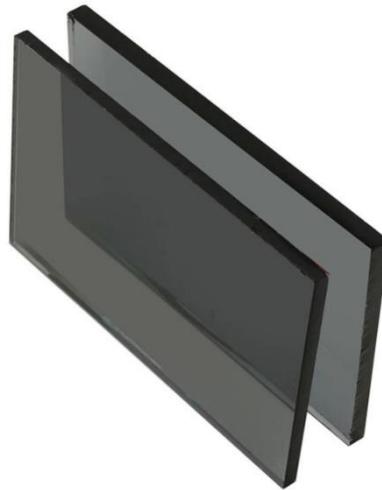
d. Optical Properties

Kaca memiliki sifat memantulkan cahaya yang jatuh pada permukaan kaca tersebut. Sebagian sinar dari kaca yang jatuh itu akan diserap dan sisanya akan diteruskan. Apabila cahaya dari udara melewati medium padat seperti kaca, maka kecepatan cahaya saat melewati kaca akan menurun.

e. Jenis Jenis Kaca

1. Kaca Rayben

- Sulit dilihat dari luar.
- Bisa menahan cahaya.



Gambar 2.7 Kaca Rayben

2. Kaca Es

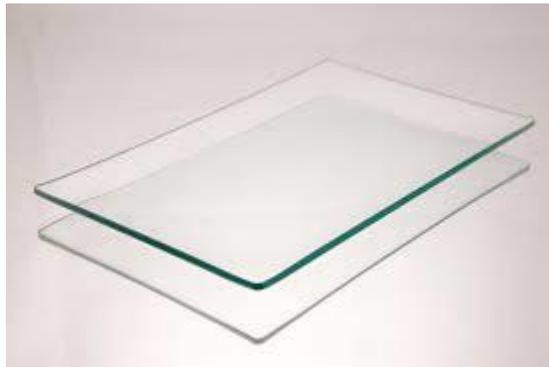
- Umumnya berwarna netral dan putih.
- Memiliki kemampuan mereduksi silau secara maksimum.
- Berwarna buram dan semi tembus pandang.



Gambar 2.8 Kaca Es

3. Kaca bening

- Tidak memiliki warna.
- Cepat menyerap panas.
- Memberikan bayangan yang sempurna.



Gambar 2.9 Kaca Bening

2.7 Aluminium

Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon. Aluminium terdapat di kerak bumi sebanyak kira-kira 8,07% hingga 8,23% dari seluruh massa padat dari kerak bumi, dengan produksi tahunan dunia sekitar 30 juta ton pertahun dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (*corundum, gibbsite, diaspor, dan lain-lain*). Sulit menemukan aluminium murni di alam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktif.

Aluminium ditemukan pada tahun 1825 oleh *Hans Christian Oersted*. Baru diakui secara pasti oleh *F.Wohler* pada tahun 1827. Sumber unsur ini tidak

terdapat bebas, biji utamanya adalah bauksit. Penggunaan aluminium antara lain untuk pembuatan kabel, kerangka kapal terbang, mobil dan berbagai produk peralatan rumah tangga. Senyawanya dapat digunakan sebagai obat, penjernih air, fotografi serta sebagai ramuan cat, bahan pewarna, ampelas dan pemata sintesis (E.G. Lokaides, K.A. Seffen 2015)

Aluminium merupakan salah satu golongan III A yang merupakan unsur logam yang berwarna putih perak mengkilap. Aluminium juga merupakan 10 gram elektropositif dan diudara aluminium merupakan logam yang tahan terhadap karat. Aplikasi teknologi modern umumnya membutuhkan material dengan kombinasi properties yang tidak biasa, yang tidak dapat ditemukan pada logam konvensional, keramik maupun polimer. Oleh karena itulah muncul jenis material baru yang dipadukan dengan aluminium, karena memiliki sifat yang diperlukan dan memenuhi kegunaannya, dengan kombinasi properties skala makro dan berkembang pesat pada saat sekarang ini yang disebut dengan material komposit (A.abadi,dkk 2010)

2.7.1 Sifat-Sifat Aluminium

Sifat-sifat penting yang dimiliki aluminium sehingga banyak digunakan sebagai material teknik adalah sebagai berikut:

1. Berat jenisnya ringan (hanya 2,7 gr/cm³, sedangkan besi 8,1 gr/cm³)
2. Tahan korosi

Sifat bahan korosi dari aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan aluminium oksida (Al₂O₃) pada permukaan aluminium (fenomena pasivasi). Pasivasi adalah pembentukan lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Lapisan ini membuat Al tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, karena perbedaan *Melting Point* (titik lebur).

3. Penghantar listrik dan panas yang baik

Aluminium juga merupakan konduktor panas dan elektrik yang baik. Jika dibandingkan dengan massanya, aluminium memiliki keunggulan dibandingkan dengan tembaga, yang saat ini logam konduktor panas dan listrik yang cukup baik, namun cukup berat.

4. Mudah dipabrikasikan/ditempa

Sifat lain yang menguntungkan dari aluminium adalah sangat mudah difabrikasikan, dapat dituang (dicor) dengan cara penuangan apapun. Dapat *deforming* dengan cara: *rolling drawing*, *forging*, *extrusi*, dan lain-lain. Dan menjadi bentuk yang rumit sekalipun.

5. Kekuatan rendah tetapi pemaduan (*alloying*) kekuatannya bisa ditingkatkan

Kekuatan dan kekurangan aluminium tidak begitu tinggi dengan pemaduan dan *heat treatment* dapat ditingkatkan kekuatan dan kekerasannya. Kekuatan mekanik meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn dan Ni. Sifat elastisnya yang sangat rendah, hampir tidak dapat diperbaiki baik dengan pemaduan maupun dengan *heat treatment*.

Selain sifat yang diatas, aluminium juga memiliki sifat fisika, mekanik yaitu:

a. Sifat Fisika Aluminium, seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Sifat Fisik Aluminium (Surdia,1999)

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	>99,0
Massa jenis (20 ⁰ C)	2,6968	2,71
Titik cair	660,2	653,657
Panas Jenis (cal/g ⁰ C)(100 ⁰ C)	0,2226	02297
Hantaran Listrik (%)	64,94	59
KoefisienPemuai(20-100 ⁰ C)	23,86 x 10 ⁻⁶	23,5 x 10 ⁻⁶
Jenis Kristal, konstanta kisi	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,013	<i>fcc</i> , <i>a</i> = 4,04 Kx

Tabel 2.2 menunjukkan sifat fisik aluminium ketahanan korosi berubah menurut kemurnian, pada umumnya untuk kemurnian 99,0 % atau diatasnya dapat dipergunakan di udara tahan dalam bertahun-tahun. Hantaran listrik Al, kira-kira 65 % dari hantaran listrik tembaga, tetapi masa jenisnya kira-kira sepertiganya sehingga memungkinkan untuk memperluas penampangnya. Oleh karena itu dapat dipergunakan untuk kabel tenaga dan dalam berbagai bentuk umpamanya sebagai lembaran tipis (*foil*). Dalam hal ini dipergunakan Al dengan kemurnian 99,0% untuk reflektor yang memerlukan reflektifitas yang tinggi juga untuk

kondensor elektronik dipergunakan aluminium dengan kemurnian 99,99% (Serda, 1999).

2.7.2 Karakteristik Aluminium

Aluminium merupakan logam berwarna putih keperakan dengan sifat ringan, kuat, namun mudah dibentuk. Nomor atom aluminium adalah 13 dan diwakili dengan simbol Al. Dalam kerak bumi, aluminium merupakan unsur paling berlimpah ketiga setelah oksigen dan silikon.

Aluminium merupakan konduktor panas dan listrik yang sangat baik, bahkan lebih baik dari tembaga. Logam ini merupakan elemen yang sangat reaktif dan membentuk ikatan kimia yang kuat dengan oksigen. Aluminium akan membentuk lapisan sangat tipis oksida aluminium ketika bereaksi dengan udara yang akan melindungi dari karat.

2.7.3. Kelebihan Aluminium

- a. Tahan keropos dan tidak akan dimakan rayap. Bahan aluminium yang lebih tahan lama dari pada kayu. Tidak menyusut seperti kayu, dan bentuk tidak akan pernah berubah atau jadi melengkung jika dilanda cuaca ekstrim seperti panas, kemarau, atau dingin dimusim penghujan.
- b. Desainnya dapat dibuat sesuai pesanan. Kekunggulan aluminium adalah karena materialnya kuat namun bobotnya tetap ringan sehingga mudah dipindahkan bahan aluminium juga mudah di rawat.
- c. Ekonomis, dalam pengertian biaya proses pembuatan, pemasangan, dan perawatan aluminium lebih murah dan tahan lama.

2.7.4 Kekurangan Aluminium

- a. Mudah tergores
- b. Lemah terhadap benturan
- c. Kurang fleksibel dalam desain

2.8 Karakteristik *Solar Water Heater Double Slope*

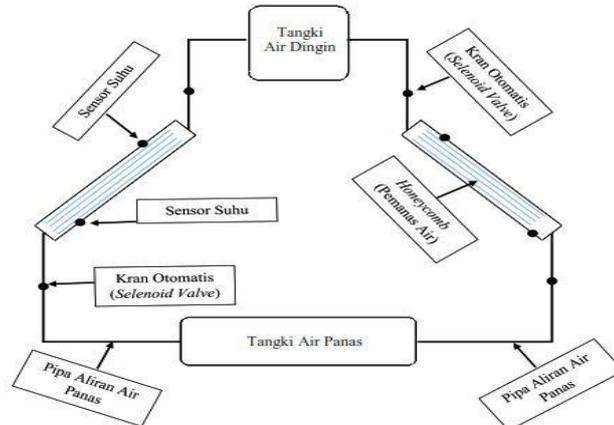
Solar water heater double slope, alat yang digunakan untuk mengubah air dingin menjadi air panas, dimana komponen utamanya terdiri atas dua kolektor surya yang dibuat menggunakan pipa kalor aluminium berbentuk *Honeycomb* berdiameter 30 mm dengan panjang 1000 mm yang disusun hexagonal (sarang lebah) sebagai pemanas air.

2.8.1 Kelebihan *Solar Water Heater Double Slope*

1. Hemat energi
2. Ramah terhadap lingkungan

2.8.2 Kekurangan *Solar Water Heater Double Slope*

Kelemahan alat ini yaitu penempatan harus sesuai, tidak sembarang tempat, penempatan harus terkena sinar matahari secara langsung, agar kolektor dapat menyerap panas matahari secara maksimal.



Gambar 2.10 Siklus *solar water heater double slope*

Siklus pemanas air pada *solar water heater double slope* dapat dilihat pada gambar 2.7 air dingin di dalam tangki mengalir ke dalam pipa kalor aluminium yang berbentuk *honeycomb*), kemudian air dipanaskan selama kurang lebih 8 jam (480 menit) secara langsung oleh pancaran sinar matahari, air didalam *honeycomb* suhunya akan meningkat sesuai dengan yang telah ditentukan, maka *Solenoid valve* (katup otomatis) akan terbuka, sehingga air yang telah mencapai suhu yang telah ditentukan akan mengalir ke bak penampungan air panas.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Tembung, Pasar 10, Jalan Pendidikan, Bandar Khalipah.



Gambar 3.1 tempat pelaksanaan penelitian



Gambar 3.2 atap pelaksanaan penelitian

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari tanggal disahkannya usulan judul penelitian oleh Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan dikerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Literatur	■	■	■			
3	Pembuatan alat				■		
4	Pengujian dan pengolahan data					■	
5	Penyelesaian tulisan						■
6	Seminar hasil						■
7	Sidang						■

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan yang digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Air

Air berfungsi sebagai bahan uji yang akan di panaskan, gambar air ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3 Air

3.2.2 Alat-alat Penelitian

2. Laptop lenovo ideapad 100-14IBD

Laptop lenovo ideapad 100-14IBD berfungsi sebagai pengambilan data, Gambar Laptop ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Laptop lenovo ideapad 100-14IBD

3. *Arduino Uno*

Arduino Uno pada penelitian ini digunakan sebagai mikrokontroler yang akan menerima dan membaca seluruh sensor yang tersedia seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.5 *Arduino Uno*

4. *Lcd 20x4*

Lcd 20x4 Berfungsi sebagai penampil huruf, angka pada Arduino UNO, gambar Lcd 20x4 ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.6 *Lcd 20x4*

5. *Solenoid Water Valve*

Solenoid Water Valve Berfungsi sebagai masuk dan keluarnya air secara otomatis, Gambar *Solenoid Water Valve* ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.7 *Solenoid Water Valve*

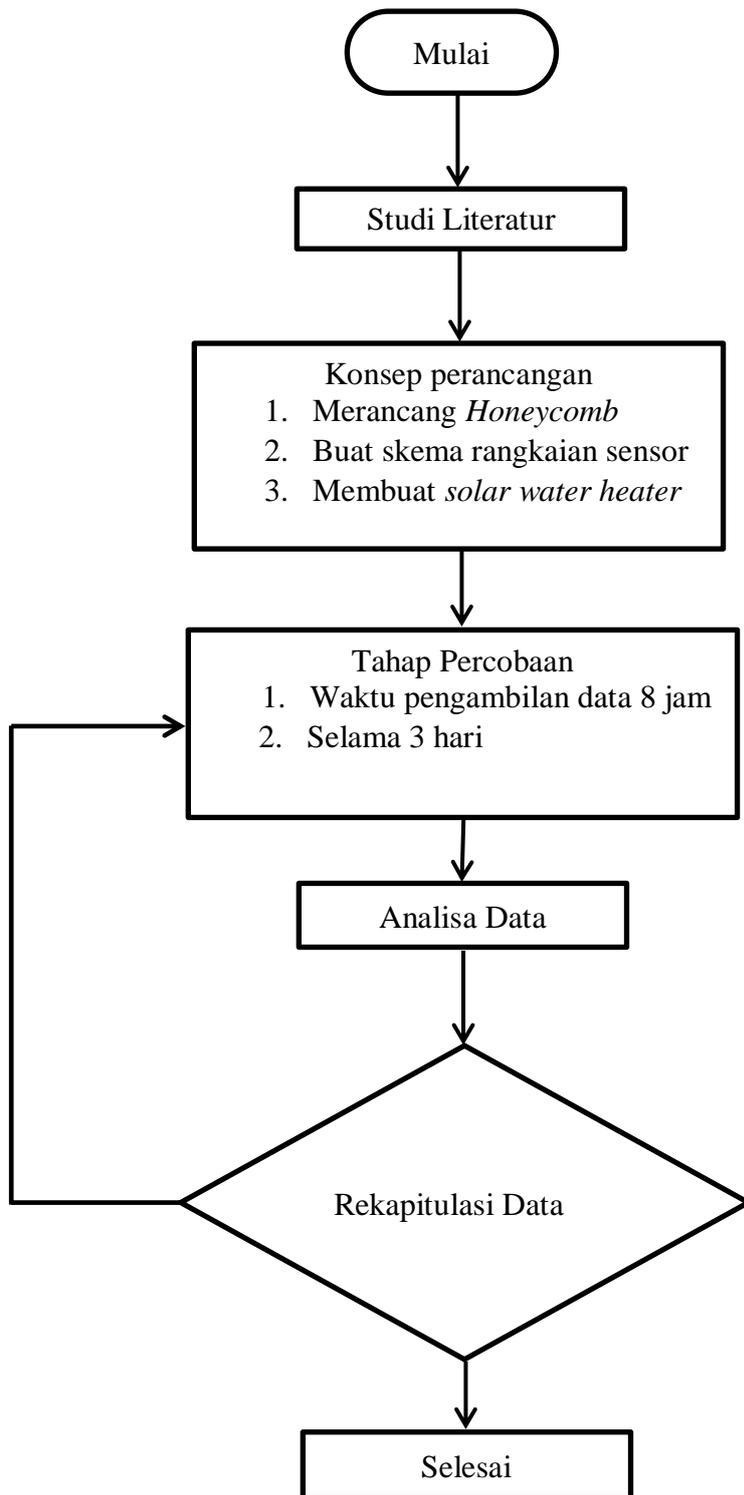
6. Sensor DS18B20

Sensor ini digunakan sebagai alat yang berfungsi untuk mendeteksi temperatur air, dengan cara mengirimkan sinyal ke arduino sebanyak 8 sensor seperti yang terlihat pada gambar 3.6



Gambar 3.8 sensor DS18B20

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Adapun alur penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mulai

Penulis mulai menetapkan judul penelitian.

2. Studi Literatur

Pada studi literatur penulis mencari referensi berupa jurnal ataupun buku untuk menjadi acuan penulis dalam menyelesaikan penelitian.

3. Konsep Perancangan

Penulis mulai merancang konsep penelitian yang akan dibuat. Setelah penulis selesai merancang konsep maka akan didapat mekanisme perpindahan panas. Pada mekanisme ini penulis akan mengetahui perubahan suhu dari suhu dingin menjadi suhu panas. Untuk sistem pemantauan yang dipakai juga menggunakan arduino yang telah terhubung ke laptop dan ada beberapa sensor yang akan dipakai.

4. Analisa data

Setelah dilakukan konsep perancangan dan sudah diketahui mekanisme perubahan suhu air, sistem pemantauan dan sensor. Maka penulis melakukan analisa konsep apakah konsep yang sudah dibuat telah layak untuk dioperasikan.

5. Rekapitulasi data

Setelah dilakukannya uji konsep dan hasilnya dinyatakan baik, maka akan dilakukan uji kinerja. Pada uji kinerja ini dilakukan pengujian seberapa lama waktu suhu air dingin menjadi panas, fungsi dari sistem pemantauannya berjalan dengan baik, dan sensor juga berjalan dengan baik.

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun langkah-langkah prosedur pengujian *solar water heater double slope* alat uji yang dilengkapi dengan arduino UNO adalah sebagai berikut:

1. Merancang sensor DS18B20 ke *solar water heater double slope*.
2. Memeriksa kembali sensor yg telah dipasang ke *solar water heater double slope*, agar sensor dapat membaca temperatur air dengan baik.
3. Menghidupkan pompa guna mengalirkan air ke dalam *honeycomb*
4. Menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3 yang telah di program agar dapat menampilkan temperatur pada kolektor.
5. Menghidupkan laptop.
6. Menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop.
7. Menunggu hasil temperatur selama 8 jam.
8. Merapikan kembali tempat pengujian.
9. Memeriksa kembali alat alat sesudah melakukan pengujian
10. Mengembalikan alat alat pengujian pada tempatnya
11. Selesai.



Gambar 3.10 *Solar Water Heater Double Slope*

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

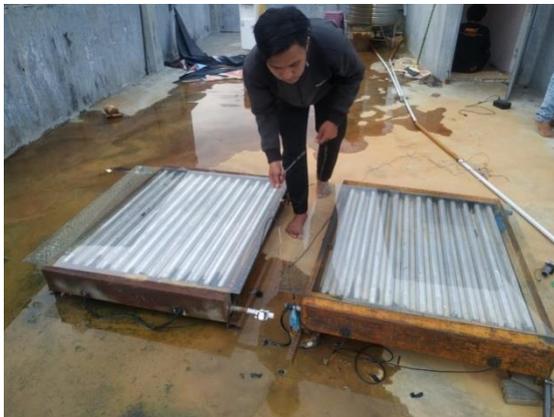
4.1 Prosedur Pengujian

1. Merancang sensor DS18B20 ke *solar water heater double slope*



Gambar 4.1 merancang sensor DS18B20

2. Memeriksa kembali sensor DS18B20 yang telah di pasang ke *solar water heater double slope*



Gambar 4.2 memeriksa kembali sensor DS18B20 yang telah dipasang

3. Menghidupkan pompa, guna mengalirkan air ke dalam *honeycomb*



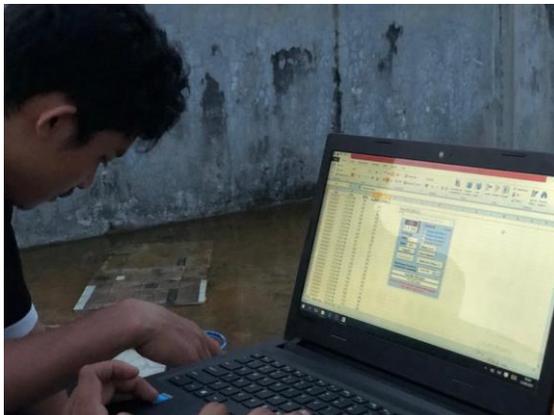
Gambar 4.3 menghidupkan pompa

4. Menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3 yang telah di program agar dapat menampilkan temperatur pada kolektor



Gambar 4.4 menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3

5. Menghidupkan laptop



gambar 4.5 menghidupkan laptop

6. Menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop



Gambar 4.6 menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop

7. Menunggu hasil temperatur pada kolektor selama 8 jam



Gambar 4.7 menunggu hasil temperatur pada kolektor selama 8 jam

8. Merapikan kembali tempat pengujian



Gambar 4.8 merapikan kembali tempat pengujian

9. Memeriksa kembali alat alat sesudah melakukan pengujian



Gambar 4.9 memeriksa kembali alat alat sesudah melakukan pengujian

10. Mengembalikan alat alat pengujian pada tempatnya



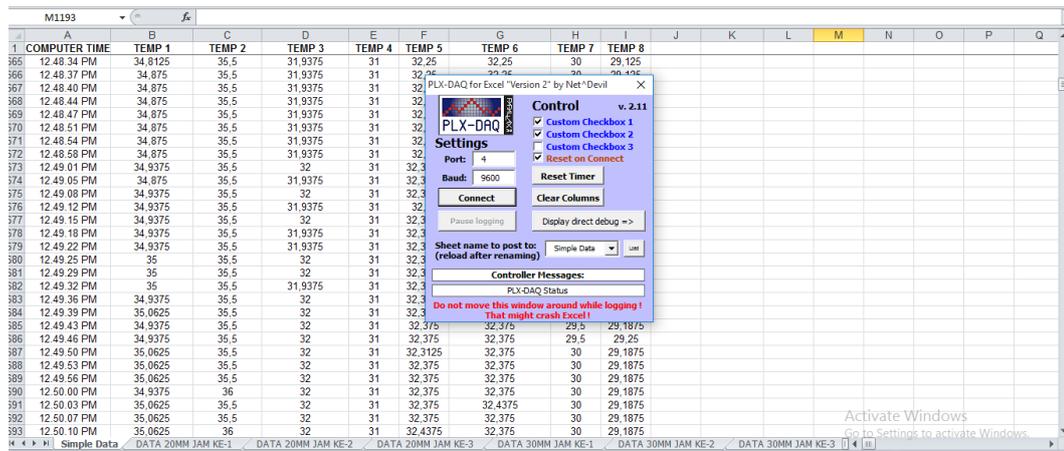
Gambar 4.10 mengembalikan alat-alat pengujian pada tempatnya

11. Selesai

4.2 Hasil Pengambilan Data

Penelitian yang dilakukan terhadap alat uji *solar water heater double slope* berbentuk *hexagonal* (segienam) berdiameter 30 mm menggunakan media kaca sebagai penghantar panas. Penelitian ini menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang akan membaca data temperatur yang diberikan oleh sensor. Adapun data yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.11

4.2.1 Hasil Pengambilan Data Temperatur hari Pertama



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8								
365	12.48.34 PM	34.8125	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
366	12.48.37 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.0625	32.0625	30	29.1875								
367	12.48.40 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
368	12.48.44 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
369	12.48.47 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
370	12.48.51 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
371	12.48.54 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
372	12.48.58 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
373	12.49.01 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
374	12.49.05 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
375	12.49.08 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
376	12.49.12 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.1875								
377	12.49.15 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
378	12.49.18 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
379	12.49.22 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
380	12.49.25 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
381	12.49.29 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
382	12.49.32 PM	35	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
383	12.49.36 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
384	12.49.39 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
385	12.49.43 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.1875								
386	12.49.46 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.25								
387	12.49.50 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3125	32.375	30	29.1875								
388	12.49.53 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
389	12.49.56 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
390	12.50.00 PM	34.9375	36	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
391	12.50.03 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.4375	30	29.1875								
392	12.50.07 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
393	12.50.10 PM	35.0625	36	32	31	32.4375	32.375	30	29.1875								

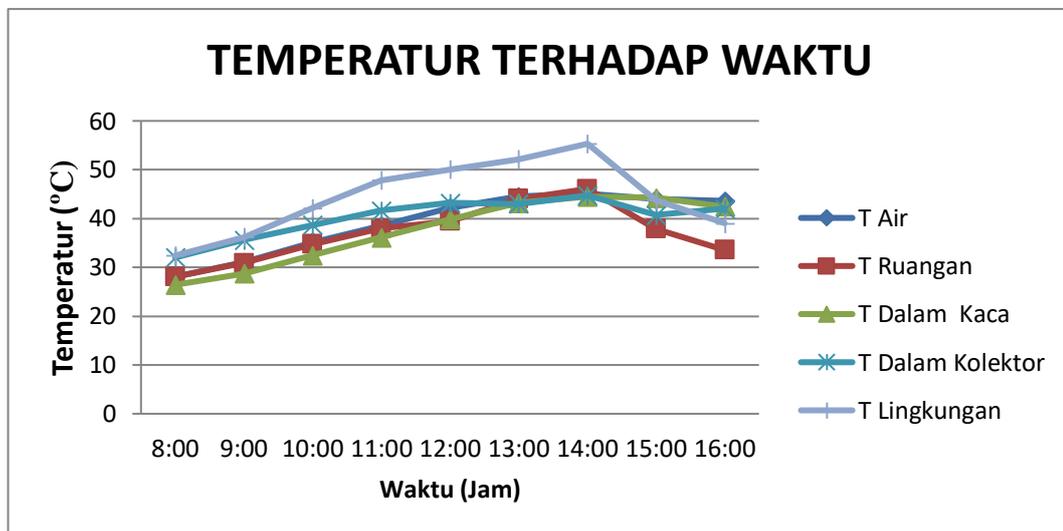
Gambar 4.11 pengambilan data selama 8 jam

Gambar 4.11 merupakan penelitian yang dilakukan pada tanggal 30 September 2021. Badan Meteorologi, Klimatologi, dan geofisika menyatakan bahwa tanggal 30 september 2021 cuaca berawan. Adanya perubahan temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari data yang di dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan temperatur 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel data seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 data hasil pengujian hari pertama pada kolektor I

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
08.00	28,08	28,08	26,43	32,02	32,41	
09.00	31,05	30,89	28,71	35,61	36,18	
10.00	35,17	34,78	32,5	38,69	42,12	
11.00	38,49	37,98	36,16	41,61	47,86	
12.00	42,19	39,5	39,86	43,18	50,08	Cerah
13.00	44,52	44,07	43,2	43,01	52,14	
14.00	45,09	46,07	44,49	44,74	55,32	
15.00	43,99	37,89	44,27	40,72	43,76	
16.00	43,56	33,61	42,49	42,05	39,03	

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Pengaruh waktu terhadap temperatur yang terjadi selama pengujian menunjukkan adanya perubahan temperatur yang cukup signifikan setiap jamnya, hal ini dikarenakan intensitas matahari, sehingga mempengaruhi temperatur yang ada pada kolektor, berikut ditampilkan grafik di bawah ini



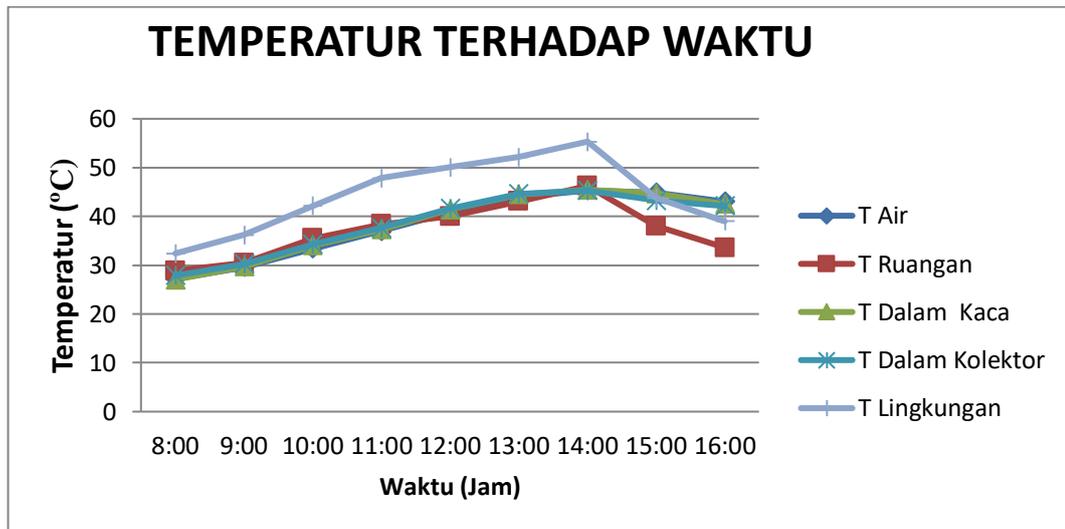
Gambar 4.12 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I

Gambar 4.12 pada grafik hari pertama pengujian pada kolektor I dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 08:00 WIB, dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 15:00 WIB.

Tabel 4.2 data hasil pengujian hari pertama pada kolektor II

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
08.00	27,17	28,86	27,06	27,87	32,41	
09.00	29,56	30,42	29,69	30,23	36,18	
10.00	33,41	35,5	34,06	34,33	42,12	
11.00	37,01	38,34	37,33	37,65	47,86	
12.00	40,79	39,98	41,42	41,61	50,08	Cerah
13.00	43,98	43,07	44,52	44,64	52,14	
14.00	45,32	46,23	45,44	45,28	55,32	
15.00	44,93	38,03	44,724	43,24	43,76	
16.00	43,07	33,58	42,53	42,17	39,03	

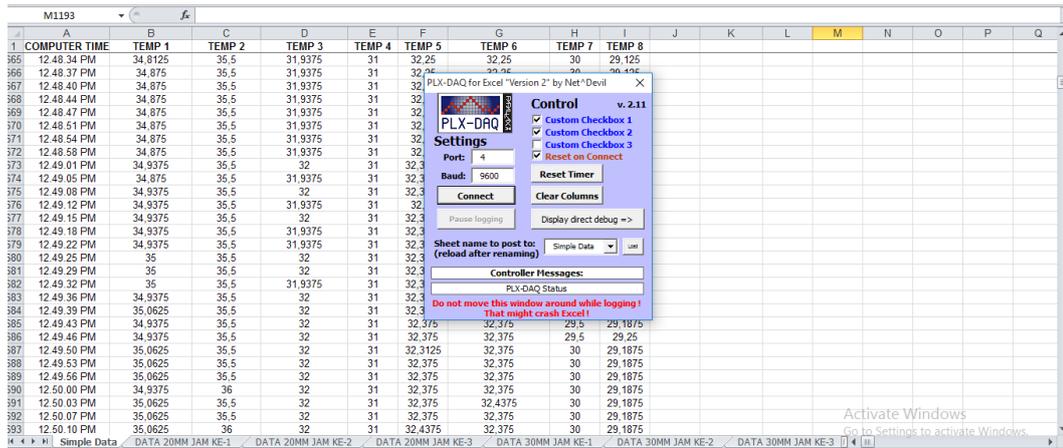
Tabel 4.2 data pengujian hari pertama menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Dapat dilihat temperatur tertinggi berada pada pukul 14:00 WIB, dan temperatur terendah berada pada pukul 08:00 WIB.



Gambar 4.13 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor II

Gambar 4.13 pada grafik hari pertama pengujian pada kolektor II dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 08:00 WIB dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 15:00 WIB.

4.2.2 Hasil Pengambilan Data Temperatur Hari kedua



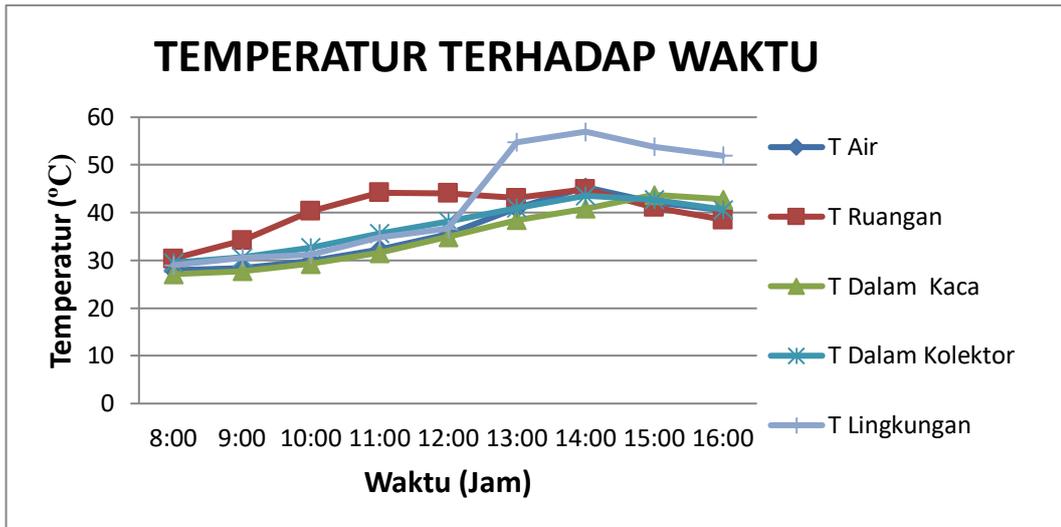
Gambar 4.14 pengambilan data 8 jam

Gambar 4.14 merupakan penelitian yang dilakukan pada tanggal 1 Oktober 2021, badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika menyatakan bahwa tanggal 1 Oktober 2021 cuaca cerah. Adanya perubahan temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari data yang di dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan temperatur 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel data seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 data hasil pengujian hari kedua pada kolektor I

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
08.00	27,93	30,38	27,12	29,52	28,99	Cerah
09.00	28,44	34,18	27,74	30,61	30,58	
10.00	29,91	40,35	29,27	32,69	31,21	
11.00	32,27	44,19	31,57	35,61	34,83	
12.00	35,54	44,08	34,91	38,18	36,65	
13.00	40,94	43,09	38,45	41,01	54,78	
14.00	45,35	44,92	40,84	43,56	56,97	
15.00	42,19	41,14	43,74	42,72	53,87	
16.00	40,52	38,49	42,77	40,67	51,95	

pada hari kedua penelitian pada kolektor I dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm dilihat pada tabel 4.3 data temperatur pada hari kedua penelitian, dimana temperatur tertinggi pada pukul 14:00 WIB, dan temperatur terendah pada pukul 08:00 WIB. Berikut dijelaskan pada grafik berikut ini.



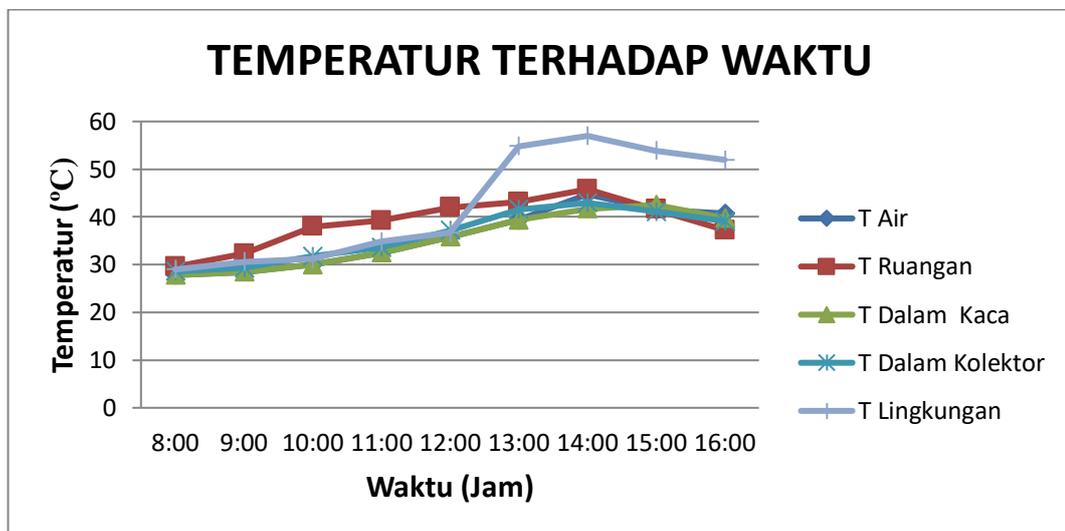
Gambar 4.15 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I

Gambar 4.15 pada grafik hari pertama pengujian pada kolektor I dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 08:00 WIB, dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 15:00 WIB.

Tabel 4.4 data hasil pengujian hari kedua pada kolektor II

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
08.00	27,82	29,57	27,82	28,55	28,99	Cerah
09.00	28,43	32,28	28,43	29,34	30,58	
10.00	30,01	37,94	30,01	31,73	31,21	
11.00	32,43	39,19	32,43	33,59	34,83	
12.00	35,84	41,98	35,84	37,16	36,65	
13.00	39,32	43,09	39,32	41,56	54,78	
14.00	44,72	45,78	41,72	42,93	56,97	
15.00	41,48	41,59	42,48	41,11	53,87	
16.00	40,68	37,24	39,78	39,08	51,95	

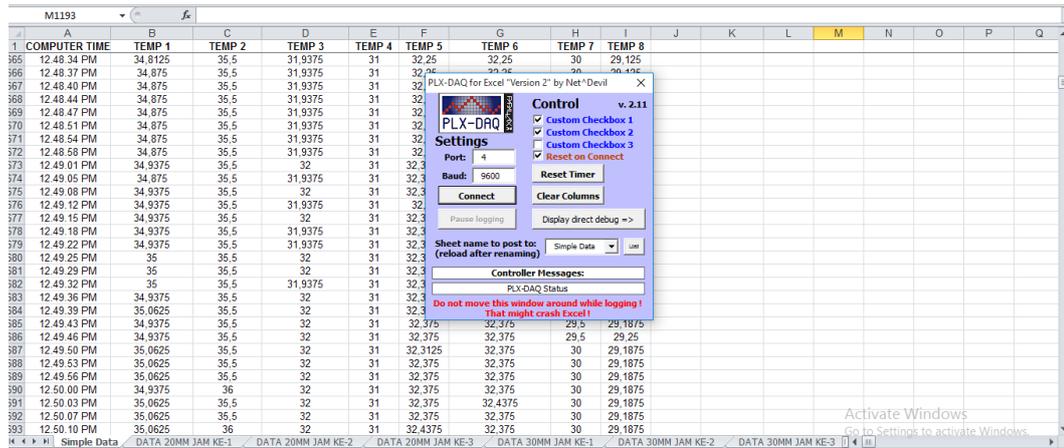
Tabel 4.4 data pengujian diatas dapat dilihat pada kolektor II dengan *Honeycomb* beridiameter 30 mm, menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Dapat dilihat temperatur tertinggi berada pada pukul 14:00 WIB, dan temperatur terendah berada pada pukul 08:00 WIB.



Gambar 4.16 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor II

Gambar 4.16 pada grafik hari pertama pengujian pada kolektor II dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 08:00 WIB, dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 15:00 WIB.

4.2.3 Hasil Pengambilan Data Temperatur Hari Ketiga



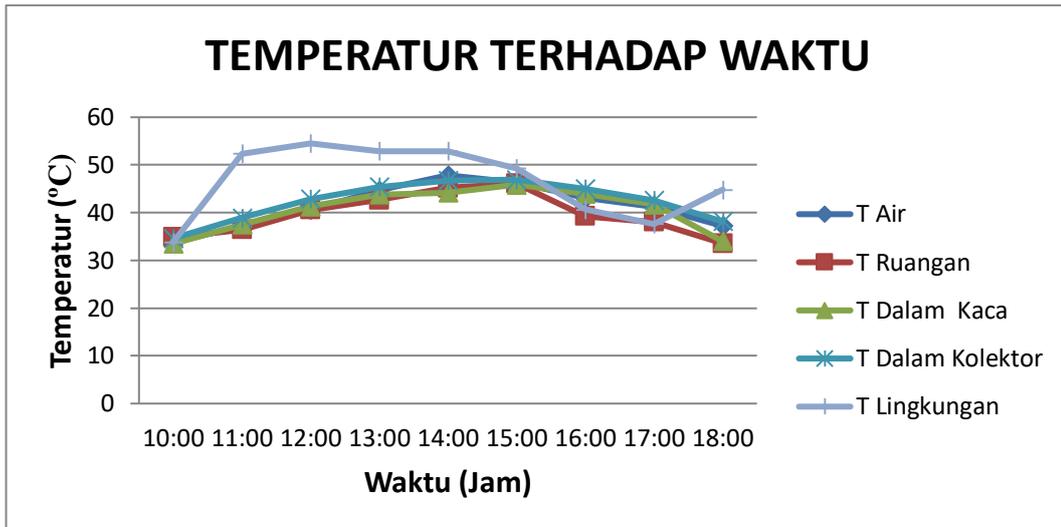
Gambar 4.17 pengambilan data 8 jam

Gambar 4.17 merupakan penelitian yang dilakukan pada tanggal 3 Oktober 2021, badan meteorologi, klimatologi, dan geofisika menyatakan bahwa tanggal 3 Oktober 2021 cuaca cerah. Adanya perubahan temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari data yang di dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan temperatur 60 menit selama pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel data seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 data hasil pengujian hari kedua pada kolektor I

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
10.00	33,79	34,86	33,5	34,62	33,84	Cerah
11.00	37,27	36,42	37,52	38,89	52,37	
12.00	40,59	40,58	41,31	42,88	54,51	
13.00	44,64	42,67	43,78	45,4	52,88	
14.00	47,84	45,23	44,18	46,76	52,89	
15.00	46,28	46,07	45,89	46,93	49,26	
16.00	43,05	39,23	43,93	44,99	40,65	
17.00	41,27	38,03	41,72	42,57	37,67	
18.00	37,28	33,58	34,02	38,19	44,82	

pada hari kedua penelitian pada kolektor I dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm dilihat pada tabel 4.3 data temperatur pada hari ketiga penelitian, dimana temperatur tertinggi pada pukul 14:00 WIB, dan temperatur terendah pada pukul 10:00 WIB. Berikut dijelaskan pada grafik berikut ini.



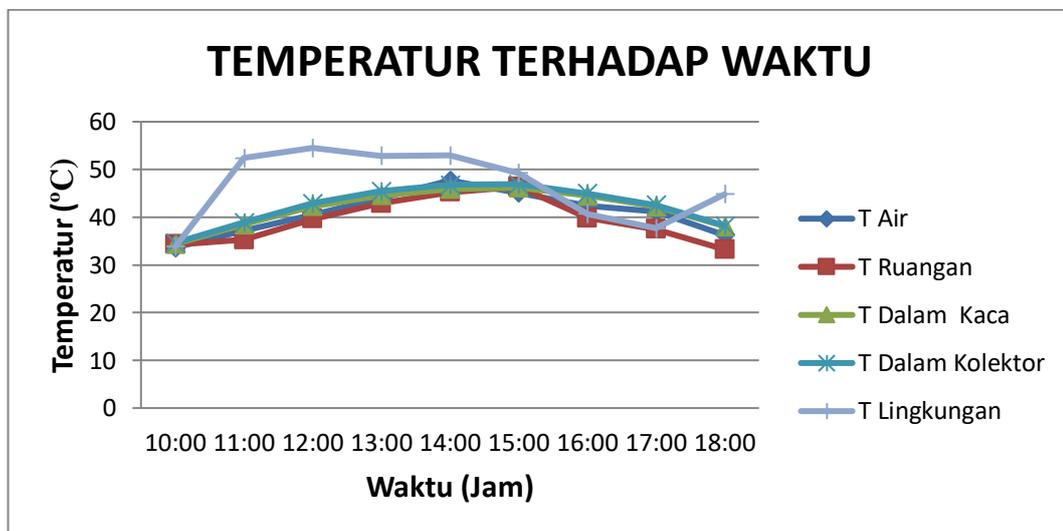
Gambar 4.18 grafik temperatur terhadap waktu pada kolektor I

Gambar 4.18 pada grafik hari ketiga pengujian pada kolektor I dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 10:00 WIB dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 16:00 WIB.

Tabel 4.6 data hasil pengujian 8 jam hari ketiga pada kolektor II

Waktu	T	T	T	T	T	Keterangan
	Air	Ruangan	Dalam Kaca	Dalam Kolektor	Lingkungan	
Jam (WIB)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
10.00	33,68	34,28	34,36	34,62	33,84	Cerah
11.00	37,22	35,29	38,48	38,89	52,37	
12.00	40,55	39,58	42,28	42,88	54,51	
13.00	43,96	42,86	44,56	45,4	52,88	
14.00	47,69	45,23	45,92	46,76	52,89	
15.00	45,07	46,38	46,18	46,93	49,26	
16.00	42,44	39,83	44,5	44,99	40,65	
17.00	41,12	37,48	42,25	42,57	37,67	
18.00	36,24	33,24	38,08	38,19	44,82	

Tabel 4.6 data pengujian diatas dapat dilihat pada kolektor II dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, menunjukkan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Dapat dilihat temperatur tertinggi berada pada pukul 14:00 WIB, dan temperatur terendah berada pada pukul 10:00 WIB.



Gambar 4.19 grafik temperatur terhadap waktu kolektor II

Gambar 4.19 pada grafik hari ketiga pengujian pada kolektor II dengan *Honeycomb* berdiameter 30 mm, mulai mengalami kenaikan temperatur pada pukul 10:00 WIB, dan temperatur mengalami penurunan pada pukul 16:00 WIB.

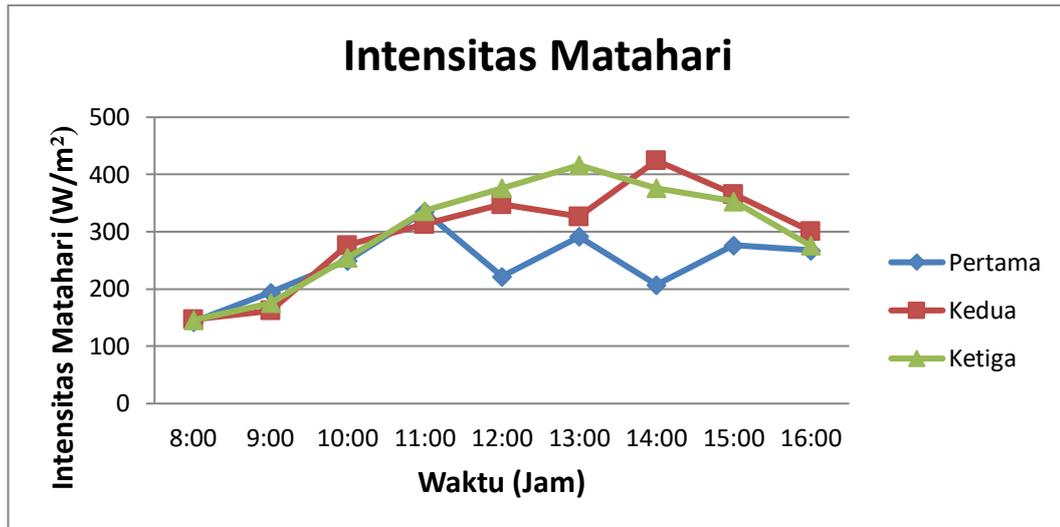
4.3 Data Intensitas Matahari

Pada penelitian ini peneliti meletakkan alat *solar water heater double slope* ke arah selatan, yang bertujuan agar pada saat sore hari sinar matahari tidak akan membelakangi alat *solar water heater double slope*. Yang dapat menyebabkan berkurangnya kinerja alat. Intensitas matahari sangat mempengaruhi itemperatur permukaan kaca. Berikut dituangkan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 4.7 data intensitas tiga hari pengujian tiga hari pengujian

Intensitas Matahari (W/m²)			
Waktu	Pertama	Kedua	Ketiga
08.00	142,65	146,76	145,65
09.00	194,09	162,23	175,34
10.00	249,48	276,13	254,65
11.00	335,09	313,44	336,56
12.00	221,56	347,62	376,32
13.00	291,67	326,45	416,21
14.00	207,14	424,21	376,42
15.00	276,14	365,76	353,1
16.00	267,21	301,17	276,02

Tabel 4.7 menunjukkan tinggi rendahnya intensitas matahari pada 3 hari pengujian selama 8 jam, hal ini sangat mempengaruhi panas pada kolektor dari alat *solar water heater double slope* pada saat pengujian. Pada tabel di atas terlihat intensitas matahari tertinggi pada pengujian hari ketiga, hal tersebut dikarenakan cuaca cerah, dan intensitas matahari terendah pada pengujian hari pertama, dikarenakan cuaca berawan. Grafik intensitas matahari dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4.20 grafik intensitas matahari terhadap waktu selama tiga hari pengujian

Grafik diatas menunjukkan naik dan turunnya intensitas matahari pada saat pengujian. Hal tersebut terjadi karena awan yang melintas menutupi sinar matahari, sehingga mengurangi panas dari kolektor.

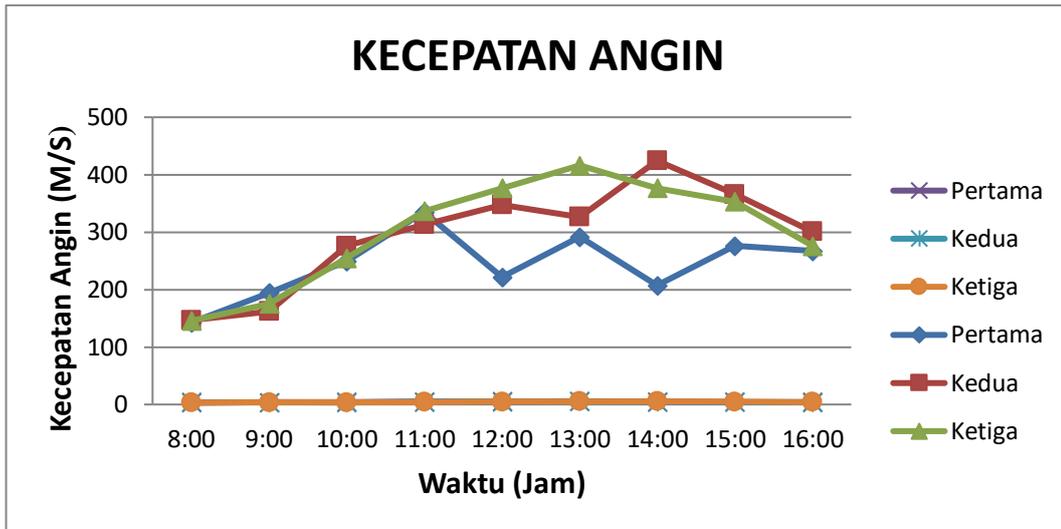
4.4 Data Kecepatan Angin

Pada saat melakukan penelitian kecepatan angin yang terhembus dapat mempengaruhi laju perpindahan panas pada kolektor. Data kecepatan angin dapat dilihat dalam bentuk tabel di bawah ini.

Tabel 4.8 data kecepatan angin

Kecepatan Angin (M/S)			
Waktu	Pertama	Kedua	Ketiga
08.00	3,07	3,98	3,22
09.00	3,91	3,65	3,56
10.00	4,15	3,41	3,89
11.00	4,76	4,56	4,18
12.00	5,42	4,87	4,78
13.00	5,76	5,13	5,13
14.00	4,67	4,98	5,34
15.00	4,32	4,21	4,67
16.00	4,12	3,56	4,34

Tabel 4.8 dapat dilihat data kecepatan angin selama 3 hari pengujian, dan dapat dilihat dalam grafik dibawah ini.



Gambar 4.21 grafik kecepatan angin terhadap waktu selama pengujian

Gambar 4.21 menunjukkan kecepatan angin selama pengujian, dan terlihat naik turunnya kecepatan angin selama pengujian, kecepatan angin tertinggi pada data pengujian pertama, dan kecepatan angin terendah pada pengujian ketiga.

Tabel 4.9 data Perhitungan pada kolektor I

Hari	Ac	\dot{m}	Cp	T ₁	T ₂	IT
	m ²	(m/s)	(J/kg.K)	(°C)	(°C)	
	Luas	Laju	Panas	Temperatur	Temperatur	Intensitas
	Penampang	Kecepatan	jenis	Air	Air	Matahari
	Kolektor	Fluida	fluida	Awal	Akhir	
Pertama	0,8	4,464	4,1793	28,08	45,09	242,78
Kedua	0,8	4,261	4,1793	27,93	44,19	295,95
Ketiga	0,8	4,345	4,1793	33,79	47,84	301,14

4.5 Data perhitungan kolektor I

1. Hari Pertama

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned}
 Q_{ua} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 &= 4,464 \times 4,1793 \times 17,01 \\
 &= 317,3 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 317,3 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\
 &= \frac{317,3}{0,8 \times 242,78} \times 100 \% \\
 &= \frac{317,3}{194,224} \times 100 \% \\
 &= 1,633 \%
 \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,633 %

2. Hari kedua

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 4,261 \times 4,1793 \times 16,28 \\ &= 289,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 289,9 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\ &= \frac{289,9}{0,8 \times 242,78} \times 100 \% \\ &= \frac{289,9}{194,224} \times 100 \% \\ &= 1,492 \% \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,492 %

3. Hari ketiga

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 4,345 \times 4,1793 \times 14,05 \\ &= 244,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 255,13 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\ &= \frac{255,1}{0,8 \times 242,78} \times 100 \% \\ &= \frac{255,1}{194,224} \times 100 \% \\ &= 1,313 \% \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,313 %

Tabel 4.10 data Perhitungan pada kolektor II

Hari	Ac	\dot{m}	Cp	T_1	T_2	IT
	m ²	(m/s)	(J/kg.K)	(°C)	(°C)	
	Luas	Laju	Panas	Temperatur	Temperatur	Intensitas
	Penampang	Kecepatan	jenis	Air	Air	Matahari
	Kolektor	Fluida	fluida	Awal	Akhir	
Pertama	0,8	4,464	4,1793	27,17	45,32	242,78
Kedua	0,8	4,261	4,1793	27,82	44,72	295,95
Ketiga	0,8	4,345	4,1793	33,68	47,69	301,14

4.6 Data perhitungan kolektor II

1. Hari Pertama

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned}
 Q_{ua} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 &= 4,464 \times 4,1793 \times 18,15 \\
 &= 338,6 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 338,6 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\
 &= \frac{338,6}{0,8 \times 242,78} \times 100 \% \\
 &= \frac{338,6}{194,224} \times 100 \% \\
 &= 1,743 \%
 \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,743 %

2. Hari kedua

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 4,261 \times 4,1793 \times 16,9 \\ &= 300,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 300,9 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\ &= \frac{300,9}{0,8 \times 242,78} \times 100 \% \\ &= \frac{300,9}{194,224} \times 100 \% \\ &= 1,549 \% \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,549 %

3. Hari ketiga

a. Perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 4,345 \times 4,1793 \times 14,01 \\ &= 243,1 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 254,4 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{ua}}{Ac \times IT} \times 100 \% \\ &= \frac{254,4}{0,8 \times 242,78} \times 100 \\ &= \frac{254,4}{194,224} \times 100 \% \\ &= 1,309 \% \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 1,309 %

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. *Solar Water Heater Double Slope* yang di teliti mampu memanaskan air hingga 47°C pada saat cuaca panas
2. Potensi radiasi energi surya yang paling besar pada pukul 14:00 WIB.
3. Penggunaan kaca sangat mempengaruhi pemanasan yang terjadi pada kolektor *honeycomb* berdiameter 30 mm pada penelitian ini.

5.2 Saran

Peneliti berharap pengujian *solar water heater double slope* dengan menggunakan *honeycomb* untuk kedepannya menggunakan susunan yang berbeda, guna perbandingan temperatur terhadap waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Abadi a, b,* , z. Azari a, S. Belloucttar b, J. Gilgert a, P. Freres c, (2010). *Modeling The Fatigue Behavior of Composite Honeycomb Materials (Aluminium/Aramide Fibre Core). Using Four-point Bending Tests. Ile du Saulcy, F. 57045, Metz, France.*
- Awaluddin, Muhammad, (2007). *Analisa Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda Dengan Sirip Berbentuk Delta Wing.* Laporan Tugas Akhir, Semarang : Program Studi Teknik Mesin UNS
- Bakar Abu, (2016). Analisis ekonomi *solar water heater* (SWH) pada bangunan gedung studi kasus : Hotel dangau kecamatan sungai raya kabupaten kubu. Politeknik negeri, Pontianak. Ekha Vol.8.
- Bara, D. A., Mesin, J. T., & Cendana, U. N, (2016). Pengaruh tebal kaca penutup terhadap efisiensi kolektor surya plat gelombang tipe V pada proses destilasi air laut. 3(2), 1-10.
- C. A. Siregar, (2018). “ Pengaruh jarak kaca terhadap efisiensi alat destilasi air laut yang memanfaatkan energi matahari di kota medan, “ J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY. Vol.2, PP. SI-SS.
- C. A. Siregar and A. M. Siregar, (2019). “ Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari, “ J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi. Vol.2, no.2, PP. 165-170.
- C.A Siregar, Munawar A Siregar and Sudirman Lubis, (2018). Pengaruh Jarak Kaca Terhadap Efisiensi Alat Destilasi Air Laut Yang Memanfaatkan Energi Matahari di Kota Medan. *Journal Of Mechanical Engineering,*

Manufactures, Materials And Energy, Vol 2. p-ISSN : 2549-6220 e-ISSN : 2549-6239

E. G. Loukaides, K. A. Seffen, (2015) *Multiscale Grid and Honeycomb Shell*.
University Of Cambridge.

Frank Kreith., Arko Prijono M.Sc, (2012). Prinsip-prinsip Perpindahan panas.
Erlangga:Edisi ketiga.36-02-012-1

Handoyo, Ekadewi, dan Anggraini, (2011). Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Di Terima Suatu Kolektor Surya Plat Datar. *Jurnal Teknik Mesin Vol.3 No.2*

Holman. J.P, (1995). *Perpindahan Kalor*, jakarta: Erlangga

Holman, Jack P, Terj.Jasjfi, E (1993) "*Perpindahan Panas*", Cetakan 3" Jakarta, Erlangga.

Prof.Dr.Ir.H.Supranto,S.U, (2004). *Teknologi Tenaga Surya*. Global Pustaka Utama.

Rianda., Nurrahman., Hablinur A. (2017). Analisis thermal kolektor surya tipe plat datar dengan fluida kerja etanol 96% pada sistem *solar water heater*. Universitas ibn khaldun bogor.

Sutrisno., Mustafa, (2014). Analisis kolektor sederhana bergelombang dengan penambahan reflektor terhadap kinerja *solar water heater*. Universitas Merdeka Madiun.

Siregar C.A, dan Irfansyah, (2008) *Numerical Study Of Performance Using Winglets In The Compact Type Heat Exchanger*, Vol.1 No.1, 20-29

Sudjito. Rizki dan Mega, (2017) Studi Kinerja *Solar Water Heater Double Flat Dengan Aliran Zig-zag Beralur Balok*. Jurnal Rekayasa Mesin. Vol.8 No.1

Tangkemanda Abraham., Susanto Triagus, (2017). Optimalisasi kinerja *solar water heater* dengan pemilihan material kolektor surya pelat datar. Politeknik negeri ujung pandang, makasar. 978-602-60766-3-2.

LAMPIRAN



Solar water heater double slope



Honeycomb sarang lebah 30 mm



Menghubungkan arduino UNO ke laptop

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kinerja Solar Water Heater (SWH) Doble Slope

Nama : Ari Gunawan
NPM : 1607230090

Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
		Perbaiki bab 1	↑
		Perbaiki bab 2.	↑
		Perbaiki skema alat penelitian	↑
Senin	30/11-2020	Ace sempit	↑
	11/1-2021	Tambahkan literatur (bab ii)	↑
	28/3-2021	Urutkan pengujian	↑
	30/4-2021	perbaiki kesimpulan . daftar pustaka	↑
	9/10-2021	Ace sumber	↑



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Sila menjawab surat ini agar diabukan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 1095/111.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 24 September 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : ARI GUNAWAN
Npm : 1607230090
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : X (SEPULUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISA KINERJA SOLAR WATER HEATER (SWH) DOUBLE SLOPE
Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

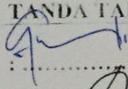
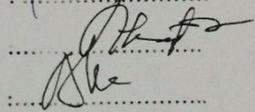
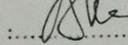
Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 17 Shafar 1443 H
24 September 2021 M



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar
 Nama : Ari Gunawan
 NPM : 1607230090
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kinerja Solar Water Heater Double Slope .

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar.S.T.M.T	
Pembanding – I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T	
Pembanding – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1607230138	Abdi Kurniawan	
2	1607230014	ARIMUDDIN	
3	1607230168	ZULKARNAIN	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 04 Rab. Awal 1443 H
 02 Oktober 2021 M

di. I. Mesin

 Chandra A Siregar.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATEKA UTARA**

NAMA : Ari Gunawan
NPM : 1607230090
Judul T.Akhir : Analisa Kinerja Solar Water Heater Double Silope.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - *lengkapi prosedur*
 - *lengkapi hasil dengan dokumentasi*
 - *lengkapi hasil tabel sebelum grafik.*
 - *+ penjelasan tabel*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 04 Rab. Awal 1443H
17 Oktober 2021M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembimbing- I

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Ari Gunawan
NPM : 1607230090
Judul T.Akhir : Analisa Kinerja Solar Water Heater Double Silo.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Perbaikan grafiti

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

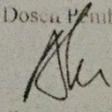
Medan 04 Rab Awal 1443H
12 Oktober 2021M

Diketahui :
Ketika Prodi. T.Mesin



Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II



Sudirman Lubis.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : Ari Gunawan
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Saentis / 7-April-1997
3. Jenis Kelamin : Laki-Laki
4. Agama : Islam
5. Status Pernikahan : Belum Menikah
6. Warga Negara : Indonesia
7. Alamat KTP : DUSUN VIII/PERMADI-SAENTIS
8. Nomor Telepon / HP : 0858-33995711
9. E-mail : arig6799@gmail.com
10. Kode Pos : 20371

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD NEGERI 104209 : Tahun 2003 - 2009
2. SMP PAB 3 SAENTIS : Tahun 2009 - 2012
3. SMK SWASTA PAB 12 SAENTIS : Tahun 2012 - 2015
4. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH : Tahun 2016 - 2021
SUMATERA UTARA

C. PENGALAMAN KERJA

1. Bekerja di PT. Seltech Utama Mandiri : Oktober 2015 – sampai ‘
sekarang