SKRIPSI

ANALISA KINERJA SOLAR WATER HEATER DENGAN VARIASI UKURAN HEXAGONAL HONEYCOMB SEBAGAI PENGHANTAR PANAS

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

Disusun Oleh:

WAHYU PRATAMA HARAHAP
1607230116

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Wahyu Pratama Harahap
NPM	:	1607230116
Program Studi	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Analisa Kinerja *Solar Water Heater* Dengan Variasi Ukuran Hexagonal *Honeycomb* Sebagai Penghantar panas
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, 16 Oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji

Riadini Wanty Lubis S.T ,. M.T

Dosen Penguji

Ahmad Marabdi Siregar, 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	: Wahyu Pratama Harahap
Tempat /Tanggal Lahir	: Pujimulio / 27 November 1996
NPM	: 1607230116
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

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

"Analiasa Kinerja Solar Water Heater (SWH) Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Honeycomb Sebagai Penghantar Panas",

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 orisinil 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, 05 September 2021

Saya yang menyatakan,

Wahyu Pratama Harahap

ABSTRAK

Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi. Peralatan pemanas air skala industri dan rumah tangga masih memiliki kelemahankelemahan. Pemanas air skala industri memerlukan biaya investasi maupun biaya operasional yang relatif besar. Pemanas komersial skala rumah tangga memiliki harga jual relatif tinggi dan masih memerlukan energi listrik untuk operasionalnya. Perpindahan panas transfer kalor adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya, dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah dan baru akan berhenti ketika temperatur antara dua medium yang mengalami transfer kalor tersebut sama. Adapun mekanisme perpindahan panas yang kita diketahui saat ini adalah konduksi , konveksi , dan radiasi. Radiasi merupakan satu mekanisme perpindahan perpindahan panas yang tidak memerlukan medium perantara karena merupakan suatu gelombang elektromagnetik.ada dua bagian penting dalam sistem pemanas air tenaga surya yaitu kolektor dan tangki penyimpana air panas kolektor terdiri atas plat yang tersusun berbentuk sarang lebah *(honeycomb)* dengan ketebaln plat 0.2 mm dengan diameter hexagonal 20 mm dan 30 mm.efektifitas penyerepan panas yang baik menggunakan *honeycomb* 20 mm.

Kata Kuci : *Solar Water Heater,Honeycomb*

ABSTRACT

Water heater is one of the equipment that is widely used by humans to warm the water used for bathing. Industrial and household scale water heating equipment still has weaknesses. Industrial-scale water heaters require relatively large investment and operational costs. Household-scale commercial heaters have a relatively high selling price and still require electrical energy to operate. Heat transfer heat transfer is an event that occurs when there is a temperature difference between one system and another, from a high temperature to a low temperature and will only stop when the temperature between the two mediums undergoes the heat transfer is the same. The mechanisms of heat transfer that we know today are conduction, convection, and radiation. Radiation is a heat transfer mechanism that does not require an intermediary medium because it is an electromagnetic wave. There are two important parts in a solar water heating system, namely the collector and hot water storage tank. The collector consists of plates arranged in the form of a honeycomb with plate thickness. 0.2 mm with a hexagonal diameter of 20 mm and 30 mm. Good heat absorption effectiveness using a 20 mm honeycomb

Keywords: *Solar Water Heater, Honeycomb*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 "Upaya Peningkatan Penyerapan Energi Panas *Solar Water Heater* (SWH) Dengan Memanfaatkan *Honeycomb* Sebagai Aliran Air" 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 Pembanding I sekaligus Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembanding II.
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: Alm.Sawit Suharyono dan Martinah Ningsih, 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: Panji Kusuma, Ari Gunawan, Toto Tumanggor, Zulkarnain, Pandu Pratama Yuda, Riki Handoko,Wahyu Pratama,Oji

Indrawan, Edly Sulistiawan, Sony Gustafani dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

9. Sri Ramadaningsih dan Sri Intan 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, September 2021

Abdi Kurniawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN **ii**
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR **iii**
ABSTRAK **iv**
ABSTRACT **v**
KATA PENGANTAR **vi**
DAFTAR ISI **viii**
DAFTAR TABEL **x**
DAFTAR GAMBAR **xi**
DAFTAR NOTASI **xiii**

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 2
1.2. Rumusan masalah 2
1.3. Ruang lingkup 2
1.4. Tujuan 2
1.5. Manfaat 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Prinsip Pemanas Air Tenaga Surya (*Solar Water Heater*) 4
2.2. Klasifikasi Pemanas Air Tenaga Surya (*Solar Water Heater*) 5
2.2.1. *Solar water heater* pasif 5
2.2.2. *Solar Water Heater Aktif* 6
2.3. Komponen Utama *Solar Water Heater* (SWH) 7
2.3.1. *Kolektor* Penyerap Panas (Pengumpul Surya) 7
2.3.2. Tangki Penyimpanan 9
2.4. Perpindahan panas 9
2.4.1 Konduksi 10
2.4.2 Konduktivitas termal 10
2.4.3 Konveksi 11
2.4.4 Radiasi 12
2.4.5 Energi yang berguna 13
2.4.6 Efisiensi kolektor 13
2.5. Cara Kerja Pemanas Air Tenaga Surya 13
2.6. Aluminium 14
2.6.1. Sifat-Sifat Aluminium 14
2.6.2. Karakteristik Aluminium 16
2.6.3. Kelebihan Aluminium 16
2.6.4. Kekurangan Aluminium 16
2.7. Kaca Penutup 17
2.7.1.Karakteristik Dasar Fasa Kaca 17

BAB 3 METODE PENELITIAN 20
3.1 Tempat dan Waktu 20
3.1.1. Tempat Penelitian 20

3.1.2. Waktu Penelitian 21
3.2 Bahan dan Alat Penelitian 21
3.2.1 Bahan penelitian 21
3.2.2 Alat-alat penelitian 22
3.3 Bagan Alir Penelitian 24
3.4 Rancangan Penelitian 25
3.5 Prosedur Penelitian. 26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Hasil Perancangan Alat *Solar Water Heater* 27
4.2 Proses Pengujian Alat *Solar Water Heater* 27
4.3 Hasil Pengambilan Data SWH 31
4.3.1 Hasil Pengambilan Data SWH Menggunakan Kaca dan Tidak Menggunakan Kaca Hari Pertama 31
4.3.2 Hasil Pengambilan Data SWH Menggunakan Kaca Dan Tanpa Menggunakan Kaca Hari Kedua 32
4.3.3 Hasil Pengambilan Data SWH Menggunakan Kaca Dan Tanpa Menggunakan Kaca Hari Ketiga 32
4.4 Hasil Pengujian Temperatur Terhadap Waktu 33
4.5 Efektivitas SWH Menggunakan Kaca Dan Tanpa Menggunakan Kaca 39
4.6 Perhitungan penyerapan energi panas Dan Efisiensi Kolektor 40
4.6.1 Perhitungan Kolektor Dengan Menggunakan Kaca Penutup 40
4.6.2 Perhitungan Kolektor Tanpa Menggunakan Kaca Penutup 42

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 45
5.1. Kesimpulan 45
5.2. Saran 45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN
LEMBAR ASISTENSI
SK PEMBIMBING
BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konduktivitas Termal	6
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	16
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 20 mm Hari Pertama	29
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 30 mm Hari Pertama	31
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 20 mm Hari Kedua	33
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 30 mm Hari Kedua	35
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 20 mm Hari Ketiga	37
Tebel 4.6 Data Hasil Pengujian *Honeycomb* Berdiameter 30 mm Hari Ketiga	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 laju perpindahan panas konduksi	6
Gambar 2.2 laju perpindahan panas konveksi	7
Gambar 2.3 laju perpindahan panas radiasi	8
Gambar 2.4 kaca rayben	13
Gambar 2.5 kaca es	13
Gambar 2.6 kaca bening	14
Gambar 3.1 Tempat pelaksanaan penelitian	15
Gambar 3.2 Loteng tempat penelitian	15
Gambar 3.3 Air	17
Gambar 3.4 laptop lenovo ideapad 100-14IBD	17
Gambar 3.5 arduino UNO R3	18
Gambar 3.6 kaca transparan	18
Gambar 3.7 LCD 20x4	19
Gambar 3.8 *Selenoid Water Valve*	19
Gambar 3.9 Sensor DS18	19
Gambar 3.10 *Solar Water Heater* variasi ukuran kolektor *Honeycomb* 20mmdan 30mm	21
Gambar 4.1 rancangan alat *solar water heater*	23
Gambar 4.2 merancang sensor ds18b20	23
Gambar 4.3 memeriksa sensor yang telah di pasang	24
Gambar 4.4 menghidupkan pompa	24
Gambar 4.5 menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3	25
Gambar 4.6 menghidupkan laptop	25
Gambar 4.7 menghubungkan sensor arduino UNO R3 ke laptop	26
Gambar 4.8 memastikan sensor dapat membaca	26
Gambar 4.9 menunggu hasil pengujian	27
Gambar 4.10 merapikan kembali tempat kerja	27
Gambar 4.11 mengembalikan alat-alat ke tempat kerja	28
Gambar 4.12 Pengambilan data *honeycomb* 20 mm hari pertama	29

Gambar 4.13 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur 30
Gambar 4.14 Pengambilan data *honeycomb* 30 mm 31
Gambar 4.15 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur 32
Gambar 4.16 pengambilan data *honeycomb* 20 mm hari ke dua 33
Gambar 4.17 Grafik terhadap waktu hari kedua ukuran 20 mm 34
Gambar 4.18 pengambilan data *honeycomb* 30mm 35
Gambar 4.19 grafik pengaruh waktu terhadap temperatur 36
Gambar 4.20Pengambilan data *honeycomb* 20 mm hari ketiga 37
Gambar 4.21 grafik pengaruh waktu terhadap temperatur 38
Gambar 4.22 pengambilan data *honeycomb* 30mm hari ketiga 39
Gambar 4.23 grafik pengaruh waktu terhadap temperatur 40
Gambar 4.24 grafik temperatur 20 mm 41
Gambar 4.25 grafik temperatur 30mm 41

DAFTAR NOTASI

Halaman

1. $Q =$ Jumlah kalor yang dipindahkan (W) 5
2. $k =$ Konduktivitas termal bahan $(W / m.°C)$ 5
3. $A =$ Luas bidang pemanasan (m^2) 5
4. $\frac{\Delta t}{\Delta x} =$ Gradien temperatur $(°C / m)$ 5
5. $L =$ Tebal bahan (m) 6
6. $h =$ Koefisien perpindahan kalor konveksi $(W / m.°C)$ 7
7. $A =$ Luas penampang perpindahan kalor secara konveksi (m^2) 7
8. $T_S =$ Temperatur permukaan $(°C)$ 7
9. $T\infty =$ Temperatur fluida yang terletak jauh dari permukaan $(°C)$ 9
10. $\varepsilon =$ Emisivitas permukaan 9
11. $\sigma =$ Konstanta Stefan-Boltzmann $(5{,}67.10^{-3} W / m^2.K^4)$ 9
12. $T_S =$ Temperatur daerah sekeliling permukaan $(°C)$ 9

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanas air merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi. Trutama untuk yang tinggal di daerah dataran tinngi memerlukan alat pemanas air. Peralatan pemanas air skala industri dan rumah tangga masih memiliki kelemahan kelemahan seperti masih memakai alat pemanas tambahan (*Heater*). Dengan pemanfaatan *honeycomb*,solar water heater yang hanya berukuran 100 cm x 80 cm dan variasi ukuran honeycomb 20 mm dan 30 mm mampu menampung air lebih banyak yakni 63 liter.Pemanas air skala industri memerlukan biaya investasi maupun biaya operasional yang relatif besar. Pemanas komersial skala rumah tangga memiliki harga jual relatif tinggi dan masih memerlukan energi listrik untuk operasionalnya.(Akhmad Farid A, Nova R. Ismail)

Pemanas air tenaga surya terbilang sangat kompetitif bila dibanding dengan peralatan pemanas air yang menggunakan listrik maupun bahan bakar fosil yang dimanfaatkan untuk pengadaan air hangat bagi keperluan sehari-hari, bila dilihat dari segi kepraktisan dan nilai ekonomis (Rizki Ikhsan, dkk)

Salah satu teknologi yang dikembangkan yaitu alat pemanas air tenaga surya. Prinsip utama yang diterapkan adalah perpindahan panas radiasi matahari.

Alat ini dirancang menggunakan penutup ganda agar dapat meningkatkan kinerja solar water heater sederhana dan dapat diterapkan disemua lapisan masyarakat Indonesia. Dari perpindahan panas radiasi langsung dan pantul, maka air yang dialirkan secara kontinyu didalam pipa memperoleh panas sehingga suhu air meningkat. Dengan alat ini, konsumsi listrik untuk memanaskan air mandi dapat dikurangi (Ni'matur Rochmah).

Alat pemanas air yang dirancang dalam penelitian ini merupakan alat pemanas air tenaga surya dengan memanfaatkan panas dari sistem kolektor 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.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penulisan laporantugas akhir ini adalah

menganalisa kinerja *solar water heater* (SWH) dengan variasi ukuran *hexagonal honeycomb*sebagai penghantar panas.

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 microkontroler Arduino UNO R3
2. Kolektor panas menggunakan plat alumunium berbentuk *honeycomb* sebagai metode penyusunan kolektor.
3. Ukuran *honeycomb* yang di gunakan berdiameter 20mm dan 30 mm dengan mehadap ke arah utara

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah

1. Untuk menganalisa kinerja *solar water heater* (SWH) terhadap temperatur dengan ukuran *honeycomb*20mm dan 30mm.
2. Untuk menentukan ukuran kolektor yang efektif dalam penggunaan *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 (SWH) 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

2.1.1 Pengertian Energi Matahari dan Pemanfaatannya

Radiasi matahari yang terpancar dari matahari dapat menembus ruang antar planet sehingga menyebabkan fluktuasi dan komposisi kimia planet-planet dalam matahari. Energi yang datang ke Bumi sebagian besar merupakan pancaran radiasi matahari. Menggunakan energi pada dasarnya memanfaatkan efek perpindahan energi. Ada dua jenis perpindahan energi, yakni kerja (work) dan perpindahan panas (heat transfer). Sistem kerja dipicu oleh perbedaan potensi mekanik atau elektrik, dan perpindahan panas dipicu oleh perbedaan temperatur. energi (sinar) matahari paling unggul di sisi jumlah/cadangan energi dan faktor lingkungan, namun masih bermasalah dalam hal kerapatan energi. Diperlukan riset yang lebih dalam untuk menghasilkan alat konversi energi sinar matahari dengan efisiensi tinggi.(Rianda Nurahman.2017)

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)

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang jumlahnya tidak terbatas Salah satu bentuk pemanfaatan energi matahari yaitu pemanas air tenaga surya atau solar water heater (SWH). SWH menggunakan panel surya (kolektor) untuk mengumpulkan dan menyerap radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi panas. Sistem sirkulasi SWH dibagi menjadi dua jenis, yaitu sirkulasi langsung (direct) dan sirkulasi tidak langsung (indirect). Perbedaan dari kedua jenis sirkulasi tersebut terletak pada keberadaan heat exchanger atau penukar panas. (Nur Putrialita 2019)

2.2 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 ari 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).

Arah kolektor *solar water heater* juga mempengauhi proses penyerapan energy matahari.Hasil perhitungan efisiensi termal kolektor surya juga menunjukkan bahwa sudut *azimut* 180° (Utara) menunjukkan efisiensi rata-rata paling relative stabil sepanjang hari dibandingkan dengan arah hadap yang lain.Nilai efisiensi pada arah hadap utara dengan sudut kemiringan 30° mencapai nilai maksimal 64,96% dengan nilai rata-rata 63,93%.(Agam Sulistyo dkk..,2017)

2.3 Perpindahan panas

Perpindahan panas / transfer kalor adalah suatu peristiwa yang terjadi apabila terdapat perbedaan temperatur antara suatu sistem dengan sistem yang lainnya, dari temperatur yang tinggi ke temperatur yang rendah dan baru akan berhenti ketika temperatur antara dua medium yang mengalami transfer kalor tersebut sama. Adapun mekanisme perpindahan panas yang kita diketahui saat ini adalah konduksi , konveksi , dan radiasi. Radiasi merupakan satu mekanisme perpindahan perpindahan panas yang tidak memerlukan medium perantara karena merupakan suatu gelombang elektromagnetik(Nur Putrialita 2019)

Dalam perpindahan panas, laju penghantar panas menjadi tujuan analisis. Inilah yang membedakan perpindahan panas dengan thermodinamika. Thermodinamika bisa digunakan untuk menaksir besarnya energi yang diperlukan untuk mengubah suatu sistem dari keadaan keseimbangan satu ke keadaan

keseimbangan lai, tetapi tidak dapat di pakai 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).

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 stainlees 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.

2.3.1 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 perpindaham 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:

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

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

2.3.2 Konduktivitas thermal

Konduktivitas thermal dapat didefenisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk menghantarkan panas. Konduktifitas termal adalah sifat bahan dan menunjukan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktifitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perekayasaan perubahannya cukup kecil untukdiabaikan. Nilai angka konduktivitas termal menunjukan 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.

Konduktivitas termal dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Tabel 2.1 konduktivitas termal (JP. Holman, 2010)

Material	Thermal Conductivity *k* (W/°C)
Aluminium	204
Timah (*Lead*)	35
Besi (*Iron*)	73
Carbon Steel 0.5% C	54
Nickel Steel 20% Ni	19
Chrom Steel 1% Cr	61
Copper	386
Magnesium	171
Molybdenum	123

2.3.3 Perpindahan Panas Konveksi

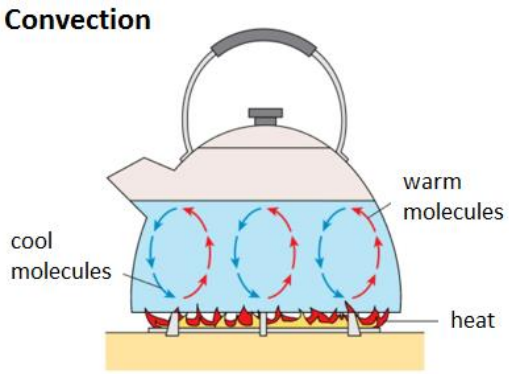
Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dari benda bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi maka suhu benda akan lebih rendah. Salah satu hukum dalam penghantaran panas yang tertua adalah hukum pendinginan newton. Hukum ini menyatakan bahwa *fluks*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

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskaan sebagai berikut:

$$Q_{kond} = h \times A(T_S - T_f)$$

(2.3



)

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

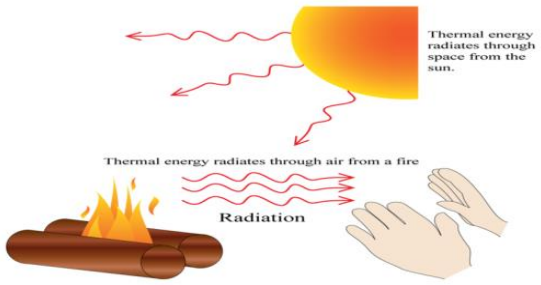
2.3.4 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendahbila 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 dipanacarkan oeleh suatu benda dalam bentuk *bac(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.

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 anatara



Gambar 2.3 laju perpindahan panas radiasi

permukan yang diberikan pada persamaan berikut:

$$Q_{rad} = \sigma A_1 (T_1^4 - T_1^4) \quad (2.4)$$

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

2.3.5 Energi Yang Berguna

Energi yang berguna dugunakan untuk menghitung seberapa besar panas yang berguna yang dihasilkan oleh kolektor surya.sedangkan efisiensi digunakan untuk menghitung performansi atau unjuk kerja dari kolektor tersebut.

Untuk menghitung energi yang di serap atau energi berguna pada kolektor dapat di gunakan persamaan:

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T \quad (2.5)$$

2.3.6 Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor adalah perbandingan panas yang di serap 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 dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\,\%$$

2.4 Aluminium

Aluminum adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silicon. Aluminium terdapat dikerak 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 dalam bentuk bauksit dan bebatuan lain (*corrundum, gibbsite, diaspore, dan lain-lain*). Sulit menemukan aluminium murni dialam karena aluminium merupakan logam yang cukup reaktiif.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dengan penampilan luar bervariasi antara keperakan higga abu-abu, tergantung kekasaaran permukaan.

Aluminum murni 100% tidak memiliki kandungan unsur apapun selain aluminium itu sendiri, namun aluminium yang dijual di pasaran tidak pernah mengandung 100% aluminium, melainkan selalu ada pengotor yang terkandung di dalamny. Pengotor yang mungkin berada didalam aluminium murni biasanya adalah gelembung gas di dalam yang masuk akibat proses peleburan dan pendinginan/pengecoran yang tidak sempurna.

Material cetakan akibat kualitas cetakan yang tidak baik, atau pengotor lainnya akibat kualitas bahan baku yang tidak baik (misalnya pada proses daur ulang aluminium). Umumnya, aluminium murini yang dijual dipasaran adalah aluminium murni 99%, misalnya aluminium *foil*.

2.4.1 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/cm^3, sedangkan besi 8,1 gr/cm^3)

2. Tahan korosi

Sifat bahan korosi dari aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan aluminium oksida ($A1_2O_3$) pada permukaan aluminium (fenomena pesivasi). Pasivasi adalah pembentukan lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Lapisan ini membuat A1 tahan korosi tetapi sekaligus sukar dilas, karena perbedaan *Melting Point* (titik lebur).

3. Penghantar listrik dan panas yang baik

Aliminium 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 menguntungakan dari aluminium adalah sangat mudah difabrikasikan, dapat dituang (dicor) dengan cara penuangan apapun. Dapat *deforning* dengan cara: *rolling drawing, forging, extrusi,* dan lain-lain. Dan menjadi benttuk 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.*

2.4.2 Karakteristik Aluminium

Aluminium merupakan logam berwarna putih keperakan dengan sifat ringan, kuat, namun mudah dibentuk. Nomor atom aluminium adalah 13 dan diwakili dengan simbol A1. Dalam kerak bumi, aluminium merupakan unsur paling belimpah 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.

2.4.3. 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.

2.4.4 Kekurangan Aluminium

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

2.5Karakteristik *Solar Water Heater*

Solar water heater, alat yang digunakan untuk mengubah air dingin menjadi air panas, dimana komponen utamanya terdiri atas dua kolektor surya yang dibuat menggunakan pipa kalor aluminium berdiameter 20 mm dan 30 mm dengan panjang 1000 mm yang dibentuk hexagonal menyerupai sarang lebah sebagai pemanas air.

2.5.1 Kelebihan*Solar Water Heater*

1. Hemat energi
2. Ramah terhadap lingkungan

2.5.2 Kekurangan *Solar Water Heater*

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.

2.6 Kaca

Kaca adalah amorf (non kritalin) material padat yang bening, transparan (tembus pandang), dan biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabat abat adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari campuran 75% silicon dioksida (SiO2), Na2O, CaO, dan beberapa zat tambahan. Suhu lelehnya adalah 2000 derajat celcius.

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 pengambangan (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. *Tensil 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 teganagan 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 $2{,}49 g/cm^3$. Densitas dari kaca akan menurun seirinh dengan kenaikan temperatur.

c. Sifat Termal

Konduktifitas panas dan panas ekspansi 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 darri kaca yang jath 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 diliat dari luar.
- Bisa menahan cahaya.

Gambar 2.4 Kaca Rayben

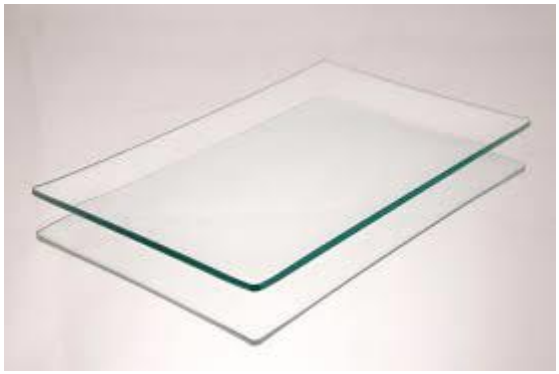
2. Kaca Es

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

Gambar 2.5 Kaca Es

3. Kaca bening

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



Gambar 2.6 Kaca Bening

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Tempat pelaksanaan pembuatan penelitian ini di laksanakan di tembung pasar 10,jalan bandar khalipah

Gambar 3.1 tempat pelaksanaan penelitian

Gambar 3.2 Loteng tempat penelitian

3.1.2 Waktu Penelitian

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, dimulai dari November 2019 sampai April 2020

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 pengolaha data						
5	Penyelesaian tulisan						
6	Seminar hasil						
7	Sidang						

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

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

1. *Air*

   Di gunakan untuk bahan uji yang akan di panaskan

Gambar 3.3*Air*

3.2.2 Alat-alat yang digunakan

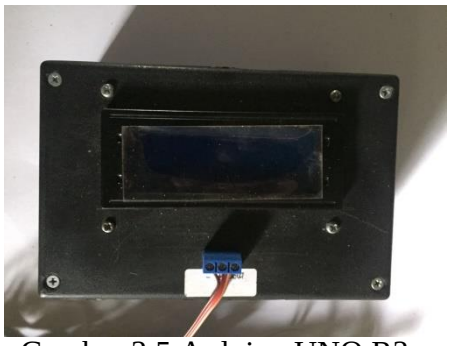
1. Laptop lenovo ideapad 100-14IBD

Laptop lenopo ideapad 100-14IBD Berfungsi sebagai pengambilan data,Gambar dimano ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 3.4Laptop lenovo ideapad 100-14IBD

2. Arduino Uno

Arduino UNO Berfungsi sebagai pembaca temperatur air,Gambar dimano ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Arduino UNO R3

3. Kaca transparan

Kaca yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca bening,yaitu jenis kaca transparan yang tidak berwarna dan tembus akan cahaya.kaca bening

Gambar 3.6 Kaca Transpara

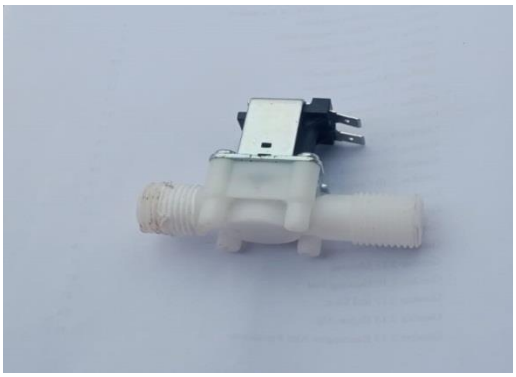
4. Lcd 20x4

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

Gambar 3.7 Lcd 20x4

5. *Selenoid Water valve*

Selenoid Water Valve berfungsi sebagai katub otomatis air, gambar *Selenoid Water Valve* ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



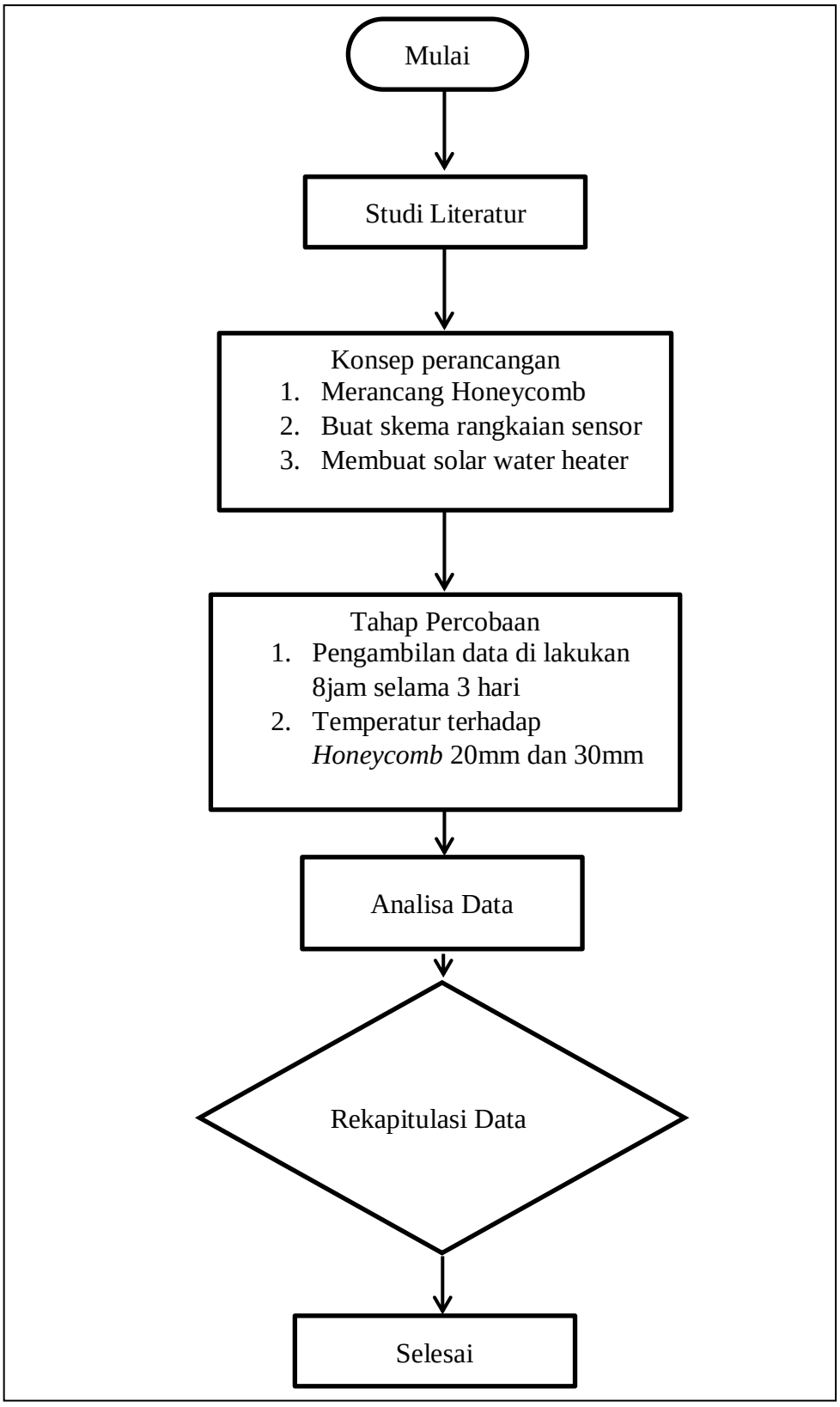
Gambar 3.8*Selenoid Water Valve*

6. Sensor DS18B20

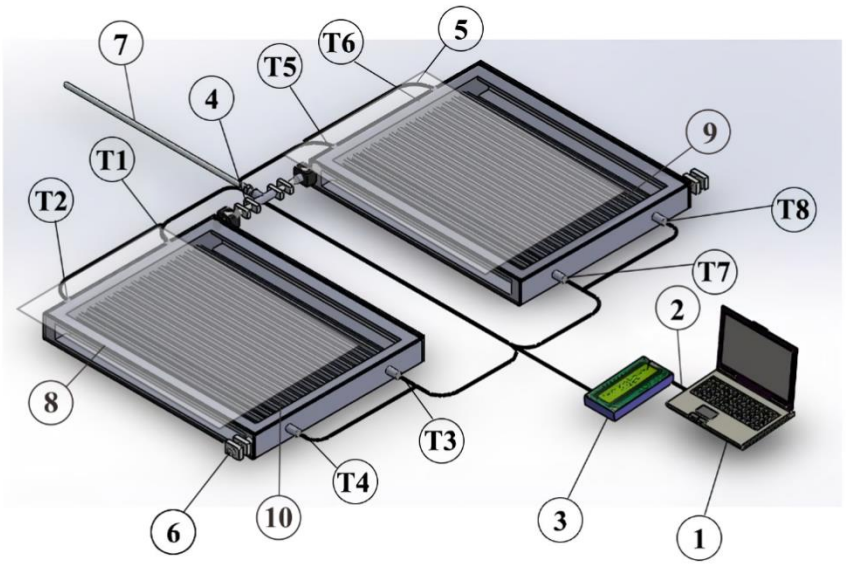
Sensor ini digunakan sebagai alat yang berfungsi untuk mendeteksi temperatur air, dengan cara mengirimkan sinyal ke arduino sebanyak 8 sensor

Gambar 3.9 sensor DS18

3.3 Bagan Alir Penelitian



3.4 Rancangan Alat Penelitian.



Gambar 3.10 Rancangan Alat Penelitian

Keterangan gambar :

1.Laptop

2.Kabel USB

3.Arduino

4.*Selenoid Water Valve*

5.Flow Meter Sensor

6.Air keluar

7.Air masuk

8.Kaca

9.Saluran pipa *honeycomb* 20 mm

10.Saluran pipa *honeycomb* 30 mm

11. sensor suhu DS18B20 (T1,T2,T3,T4)

3.5 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. Mempersiapkan *Solar Water Heater*

   Penulis mulai mempersiapkan *solar water heater* yang akan dibuat. Setelah penulis selesai mempersiapkan alat *solar water heater* 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. Pengambilan Data

   Setelah melakukan persiapan alat *solar water heater* maka penulis melakukan pengambilan data dengan menggunakan alat *solar water heater* selama 8 jam

5. 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.

6. 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.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian yang dilakukan terhadap alat uji solar waterheater berdiameter honeycomb 20 mm dan 30 mm. Pengujian yang dilakukan selama 3 hari dalam rentang waktu 8 jam pengujian dengan posisi kolektor *honeycomb* menghadap ke arah utara. Penelitian ini menggunakan Arduino UNO sebagai mikrokontroler yang akan membaca data temperatur air yang diberikan oleh sensor suhu. Adapun data yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.1

Gambar 4.1Rancangan alat *solar water heater* dengan varias ukuran honeyconb 20mm dn 30mm

Pada hasil pengambilan data alat uji *solar water heater* dapat dilihat untuk data pengujian menggunakan variasi ukuran *honeycomb* 20 mm dan 30mm.Pengujian yang dilakukan pada hari yang berbeda dengan keadaan cuaca yang berbeda pula.

Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data di antaranya yaitu:

- Merancang sensor DS18B20 ke *solar water heater*.

Gambar 4.2 Merancang sensor DS18B20

- Memeriksa kembali sensor yg telah dipasang ke *solar water heater* agar sensor dapat membaca temperatur dengan baik.

Gambar 4.3 Memeriksa sensor yang telah di pasang

- Memasukan air kedalam *solar water heater* hingga penuh dengam menghidupkan pompa air.

Gambar 4.4 menghidupkan pompa air

- Menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3 yang telah di program agar dapat menampilkan temperatur air saat dilakukannya pengujian.

Gambar 4.5 Menghubungkan sensor DS18B20 ke arduino UNO R3

- Menghidupkan laptop.

Gambar 4.6 Menghidupkan Laptop

- Menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop dan memastikan semua sensor dapat membaca temperatur.

Gambar 4.7 Menghubungkan arduino UNO R3 ke laptop

Gambar 4.8 Memastikan sensor dapat membaca data

- Menunggu hasil temperatur air yang telah di tentukan selama waktu pengujian.

Gambar 4.9 Menunggu hasil pengujian

- Merapikan kembali tempat pengujian.

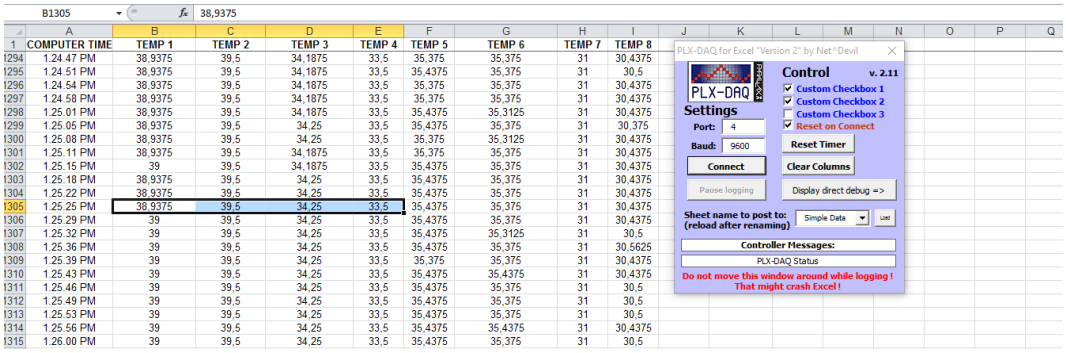
Gambar 4.10 Merapikan kembali tempat pengujian

- Mengembalikan alat alat pengujian pada tempatnya

Gambar 4.11 Mengembalikan alat alat pengujian pada tempatnya

- Selesai.

4.1.1Hasil Pengambilan Data SWH Menggunakan ukuran *honeycomb* 20mm hari pertama



B1305 38,9375

	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8
1294	1.24.47 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,375	35,375	31	30,4375
1295	1.24.51 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,4375	35,375	31	30,5
1296	1.24.54 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,375	35,375	31	30,4375
1297	1.24.58 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,375	35,375	31	30,4375
1298	1.25.01 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,4375	35,3125	31	30,4375
1299	1.25.05 PM	38,9375	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,375
1300	1.25.08 PM	38,9375	39,5	34,25	33,5	35,375	35,3125	31	30,4375
1301	1.25.11 PM	38,9375	39,5	34,1875	33,5	35,375	35,375	31	30,4375
1302	1.25.15 PM	39	39,5	34,1875	33,5	35,4375	35,375	31	30,4375
1303	1.25.18 PM	38,9375	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,4375
1304	1.25.22 PM	38,9375	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,4375
1305	1.25.25 PM	38,9375	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,4375
1306	1.25.29 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,4375
1307	1.25.32 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,3125	31	30,5
1308	1.25.36 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,5625
1309	1.25.39 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,375	35,375	31	30,4375
1310	1.25.43 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,4375	31	30,4375
1311	1.25.46 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,5
1312	1.25.49 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,5
1313	1.25.53 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,5
1314	1.25.56 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,4375	31	30,4375
1315	1.26.00 PM	39	39,5	34,25	33,5	35,4375	35,375	31	30,5

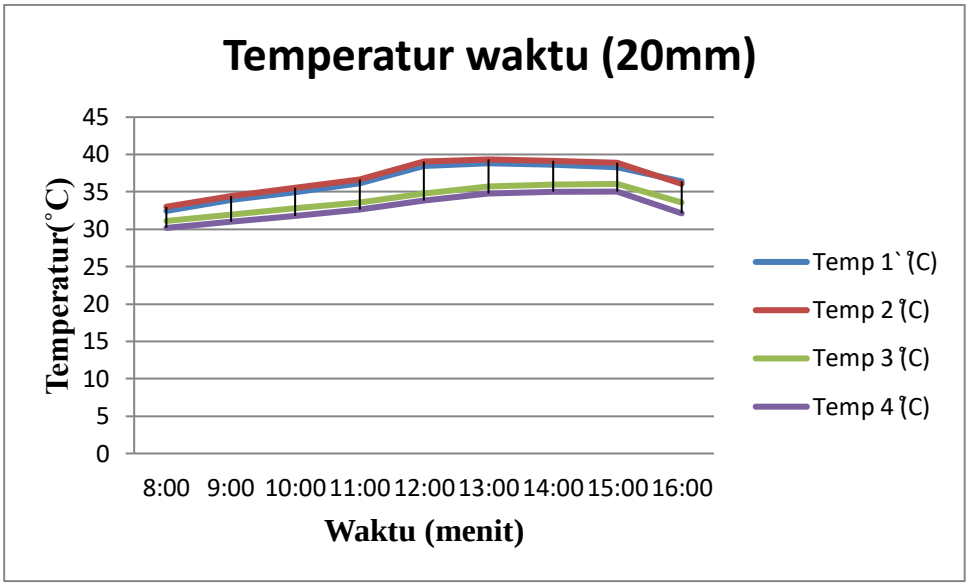
Gambar 4.12 Pengambilan data honeycomb 20 mm

Gambar 4.2 Adalah penelitian pada tanggal 16 September 2021 , Menunjukan adanya perubahan suhu/temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari gambar tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel, data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 20 mm hari pertama

Waktu (jam)	Temp 1` ℃)	Temp 2 ℃)	Temp 3 ℃)	Temp 4 ℃)	Keterangan
8:00	30.4467651	33.0113	31.1123	30.1796	
9:00	32.8940013	34.4548	31.9295	30.9749	
10:00	34.9494347	35.5251	32.7797	31.8216	
11:00	36.1482412	36.6608	33.5861	32.6432	Cerah
12:00	38.4888505	39.049	34.7693	33.8342	
13:00	38.8261621	39.3392	35.6961	34.8191	
14:00	38.6483982	39.1734	36.0055	35.0101	
15:00	38.3099555	38.8753	36.0606	35	
16:00	36.4120603	36.0402	33.5528	32.1608	

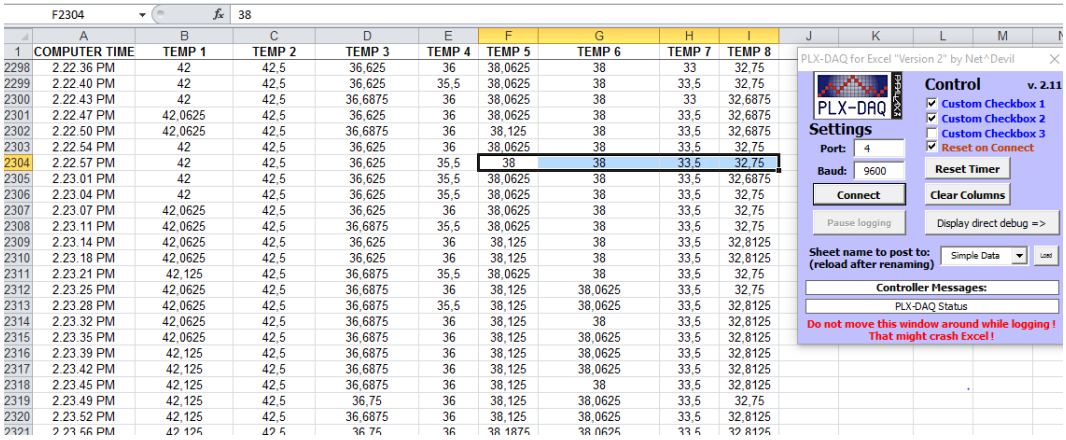
Tabel 4.1menunjukan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam dengan honeycomb berdiameter 20 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh temperatur.Pada grafik tersebut menunjukan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang di capai. Jam kedua menunjukan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan.



Gambar 4.13 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 4.3 menunjukan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap *honeycomb* berdiameter 20 mm.nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 12:30 wib

4.1.2.Hasil Pengambilan Data Temperatur 30 mm hari pertama



F2304 | 38

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8
2298	2.22.36 PM	42	42,5	36,625	36	38,0625	38	33	32,75
2299	2.22.40 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,0625	38	33,5	32,75
2300	2.22.43 PM	42	42,5	36,6875	36	38,0625	38	33	32,6875
2301	2.22.47 PM	42,0625	42,5	36,625	36	38,0625	38	33,5	32,6875
2302	2.22.50 PM	42,0625	42,5	36,6875	36	38,125	38	33,5	32,6875
2303	2.22.54 PM	42	42,5	36,625	36	38,0625	38	33,5	32,75
2304	2.22.57 PM	42	42,5	36,625	35,5	38	38	33,5	32,75
2305	2.23.01 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,0625	38	33,5	32,6875
2306	2.23.04 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,0625	38	33,5	32,75
2307	2.23.07 PM	42,0625	42,5	36,625	36	38,0625	38	33,5	32,75
2308	2.23.11 PM	42,0625	42,5	36,6875	35,5	38,0625	38	33,5	32,75
2309	2.23.14 PM	42,0625	42,5	36,625	36	38,125	38	33,5	32,8125
2310	2.23.18 PM	42,0625	42,5	36,625	36	38,125	38	33,5	32,8125
2311	2.23.21 PM	42,125	42,5	36,6875	35,5	38,0625	38	33,5	32,75
2312	2.23.25 PM	42,0625	42,5	36,6875	36	38,125	38,0625	33,5	32,75
2313	2.23.28 PM	42,0625	42,5	36,6875	35,5	38,125	38,0625	33,5	32,8125
2314	2.23.32 PM	42,0625	42,5	36,6875	36	38,125	38	33,5	32,8125
2315	2.23.35 PM	42,0625	42,5	36,6875	36	38,125	38,0625	33,5	32,8125
2316	2.23.39 PM	42,125	42,5	36,6875	36	38,125	38,0625	33,5	32,8125
2317	2.23.42 PM	42,125	42,5	36,6875	36	38,125	38,0625	33,5	32,8125
2318	2.23.45 PM	42,125	42,5	36,6875	36	38,125	38	33,5	32,8125
2319	2.23.49 PM	42,125	42,5	36,75	36	38,125	38,0625	33,5	32,75
2320	2.23.52 PM	42,125	42,5	36,6875	36	38,125	38,0625	33,5	32,8125
2321	2.23.56 PM	42,125	42,5	36,75	36	38,1875	38,0625	33,5	32,8125

Gambar 4.14 Pengambilan data honeycomb 30 mm

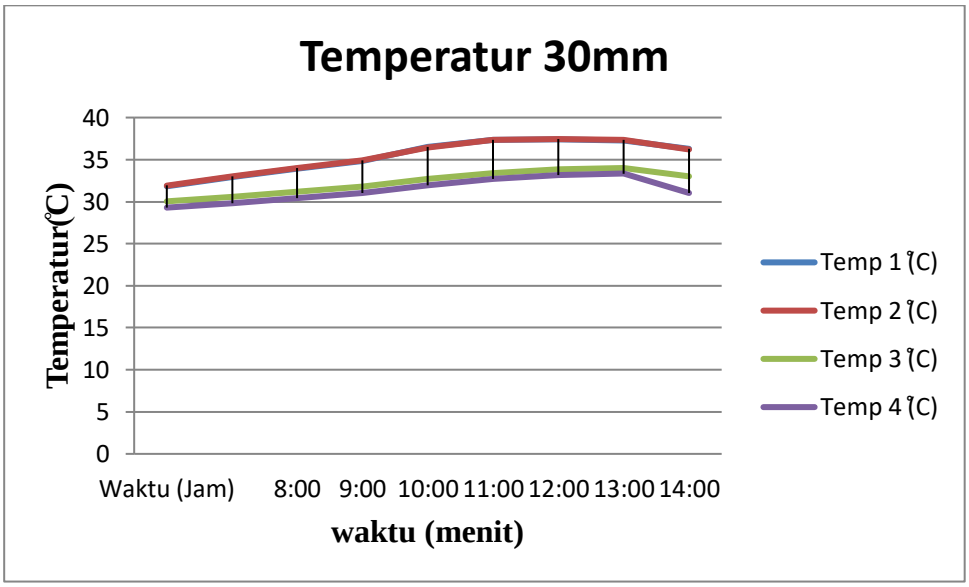
Gambar 4.4 menunjukan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam dengan honeycomb berdiameter 30mm.Adanya perubahan temperatur yang terjadi pada penelitian yang di lakukan sehingga, dari data yang dapat di peroleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian.hasil rata-rata yang di peroleh di tuangkan dalam bentuk tabel data seperti data yang dapat di lihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm hari pertama

Waktu (Jam)	Temp 1 (℃)	Temp 2 (℃)	Temp 3 (℃)	Temp 4 (℃)	Keterangan
8:00	30.8242776	31.9047	30.0352	29.2897	
9:00	32.9673367	33.0027	30.5741	29.7806	
10:00	33.9411118	33.9606	31.1696	30.4119	
11:00	34.8530151	34.8763	31.7651	31.0495	Cerah
12:00	36.4951319	36.4447	32.7098	31.9309	
13:00	37.3844221	37.3708	33.3631	32.7026	
14:00	37.4084485	37.4446	33.8141	33.1578	
15:00	37.3016858	37.3348	34	33.3465	
16:00	36.3190955	36.2362	32.9899	31.0452	

Tabel 4.2 menunjukan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Pengaruh waktu terhadap temperatur pada ukuran 30 mm yang terjadi selama pengujian menunjukan adanya perubahan temperatur yang cukup signifikan

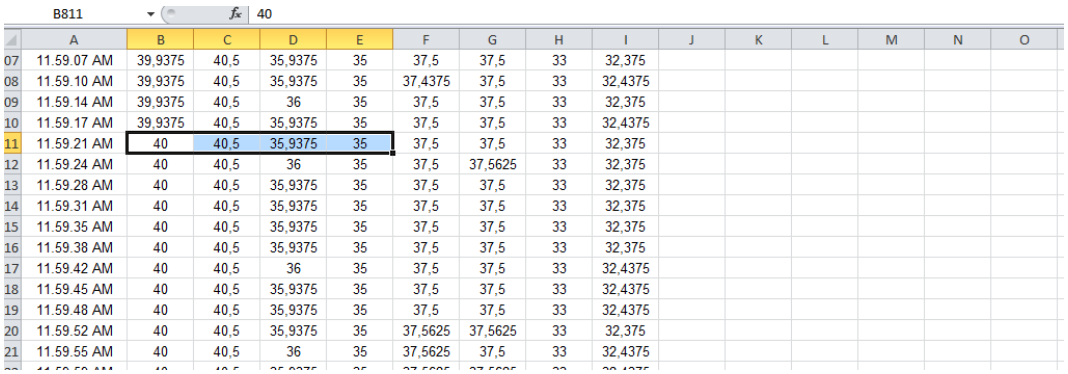
selama 8 jam pengujian. adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhuPada hari yang sama



Gambar 4.15Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 4.5 menunjukan adanya perubahan temperatur air yang di capai. Jam kedua menunjukan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan terhadap *honeycomb* 30 mm.

4.1.3.Hasil Pengambilan DataTemperatur20mm hari ke dua



B811 | 40

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
07	11.59.07 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
08	11.59.10 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,4375	37,5	33	32,4375						
09	11.59.14 AM	39,9375	40,5	36	35	37,5	37,5	33	32,375						
10	11.59.17 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375						
11	11.59.21 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
12	11.59.24 AM	40	40,5	36	35	37,5	37,5625	33	32,375						
13	11.59.28 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
14	11.59.31 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
15	11.59.35 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
16	11.59.38 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375						
17	11.59.42 AM	40	40,5	36	35	37,5	37,5	33	32,4375						
18	11.59.45 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375						
19	11.59.48 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375						
20	11.59.52 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5625	37,5625	33	32,375						
21	11.59.55 AM	40	40,5	36	35	37,5625	37,5	33	32,4375						

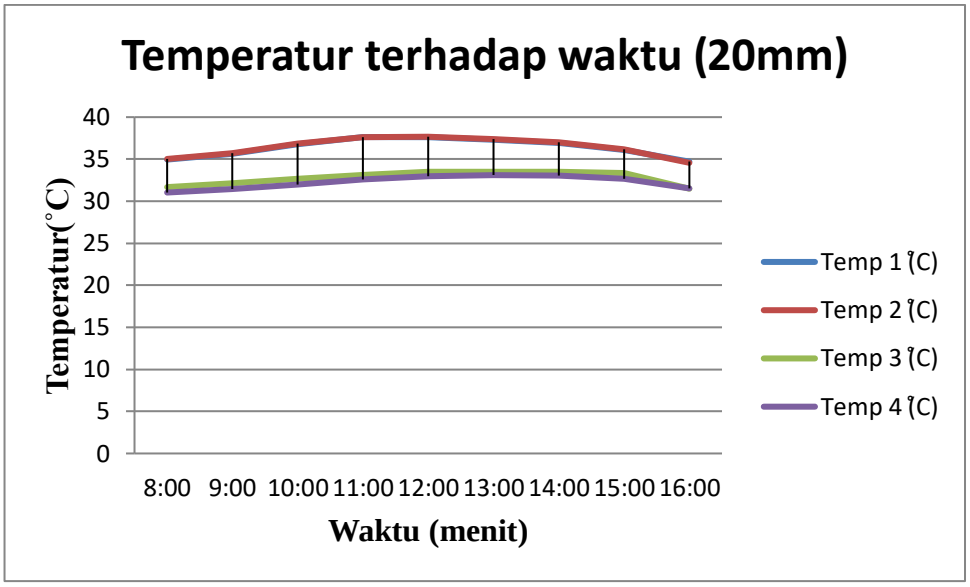
Gambar 4.16 pengambilan data honeycomb 20 mm hari ke dua

Gambar 4.6 Adalah penelitian pada tanggal 19 September 2021 , Menunjukan adanya perubahan suhu/temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari gambar tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel, data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel data 4.3Hasil pengujian honeycomb berdiameter 20 mm hari kedua

Waktu (Jam)	Temp 1 (℃)	Temp 2 (℃)	Temp 3 (℃)	Temp 4 (℃)	Keterangan
8:00	34.9873	35.0305	31.6788	31.0344	
9:00	35.6219	35.68	32.1019	31.4625	
10:00	36.7906	36.8243	32.6615	32.0058	
11:00	37.6296	37.6486	33.1327	32.5928	
12:00	37.6188	37.6716	33.5	32.9632	Berawan
13:00	37.3488	37.4183	33.5	33.1017	
14:00	36.906	36.9846	33.5	33.0654	
15:00	36.1015	36.1922	33.3725	32.6975	
16:00	34.7059	34.5686	31.4902	31.4902	

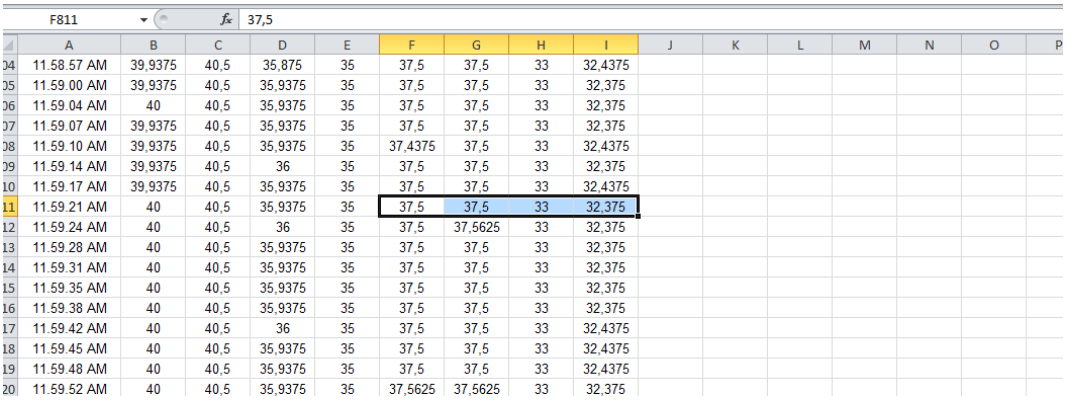
Tabel 4.3 menunjukan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Pengaruh waktu terhadap temperatur yang terjadi selama pengujian menunjukan adanya perubahan temperatur yang cukup signifikan selama 8 jam pengujian.



Gambar 4.17 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yangdi capai. Jam kedua menunjukan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur awal.

4.1.4. Hasil Pengambilan Data Temperatur 30 mm hari ke dua



F811 | 37,5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
04	11.58.57 AM	39,9375	40,5	35,875	35	37,5	37,5	33	32,4375
05	11.59.00 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
06	11.59.04 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
07	11.59.07 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
08	11.59.10 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,4375	37,5	33	32,4375
09	11.59.14 AM	39,9375	40,5	36	35	37,5	37,5	33	32,375
10	11.59.17 AM	39,9375	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375
11	11.59.21 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
12	11.59.24 AM	40	40,5	36	35	37,5	37,5625	33	32,375
13	11.59.28 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
14	11.59.31 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
15	11.59.35 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
16	11.59.38 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,375
17	11.59.42 AM	40	40,5	36	35	37,5	37,5	33	32,4375
18	11.59.45 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375
19	11.59.48 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5	37,5	33	32,4375
20	11.59.52 AM	40	40,5	35,9375	35	37,5625	37,5625	33	32,375

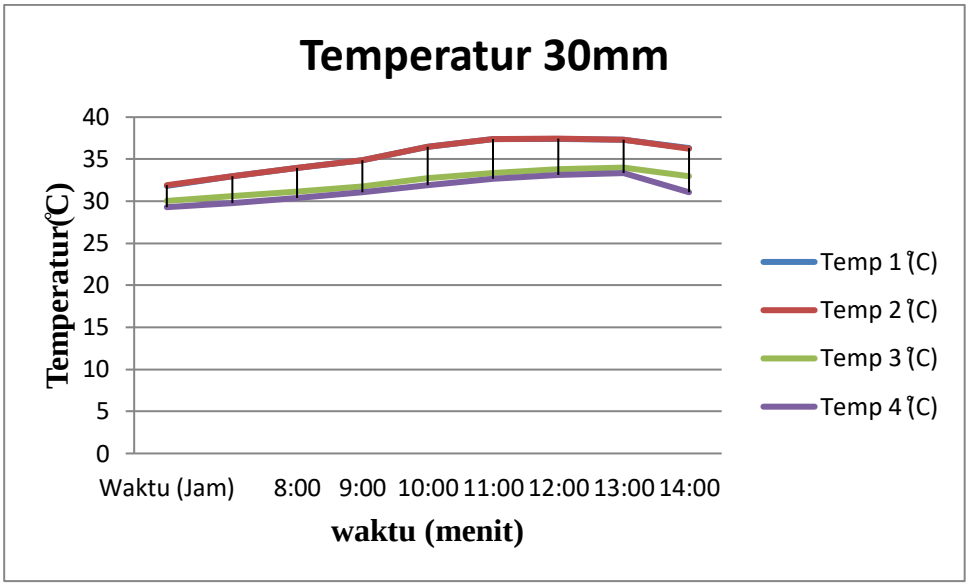
Gambar 4.18 Pengambilan data honeycomb 30 mm

Gambar 4.8 menunjukan adanya perubahan suhu/temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari gambar tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel, data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm hari kedua

Waktu (Jam)	Temp 1 (℃)	Temp 2 (℃)	Temp 3 (℃)	Temp 4 (℃)	Keterangan
8:00	36.437	36.9865	34.025	33.0404	
9:00	37.2844	37.8327	34.5579	33.6538	
10:00	39.0188	39.5712	35.3752	34.4288	
11:00	39.8858	40.4346	36.1514	35.2442	Berawan
12:00	39.2671	39.8115	36.3962	35.5	
13:00	38.5288	39.0712	36.3308	35.4077	
14:00	37.6288	38.1596	35.9837	34.9327	
15:00	36.2154	36.8157	35.2022	34.1333	
16:00	35.4412	35.6863	34.2059	33.3333	

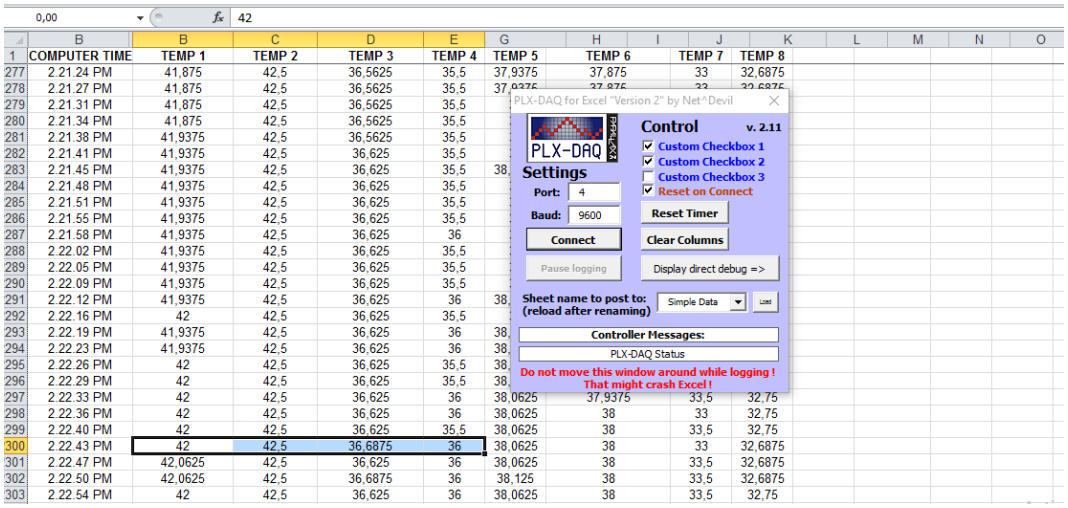
Tabel 4.2 menunjukan hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam. Pengaruh waktu terhadap temperatur yang terjadi selama pengujian menunjukan adanya perubahan temperatur yang cukup signifikan selama 8 jam pengujian.



Gambar 4.19 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 4.9 menunjukan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap *honeycomb* berdiameter 30 mm nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 11.30 wib.

4.1.5.Hasil Pengambilan Data Temperatur 20mm hari ke tiga



	B	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6		TEMP 7	TEMP 8				
277	2.21.24 PM	41,875	42,5	36,5625	35,5	37,9375	37,875		33	32,6875				
278	2.21.27 PM	41,875	42,5	36,5625	35,5	37,9375	37,875		33	32,6875				
279	2.21.31 PM	41,875	42,5	36,5625	35,5									
280	2.21.34 PM	41,875	42,5	36,5625	35,5									
281	2.21.38 PM	41,9375	42,5	36,5625	35,5									
282	2.21.41 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
283	2.21.45 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5	38,								
284	2.21.48 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
285	2.21.51 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
286	2.21.55 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
287	2.21.58 PM	41,9375	42,5	36,625	36									
288	2.22.02 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
289	2.22.05 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
290	2.22.09 PM	41,9375	42,5	36,625	35,5									
291	2.22.12 PM	41,9375	42,5	36,625	36	38,								
292	2.22.16 PM	42	42,5	36,625	35,5									
293	2.22.19 PM	41,9375	42,5	36,625	36	38,								
294	2.22.23 PM	41,9375	42,5	36,625	36	38,								
295	2.22.26 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,								
296	2.22.29 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,								
297	2.22.33 PM	42	42,5	36,625	36	38,0625	37,9375		33,5	32,75				
298	2.22.36 PM	42	42,5	36,625	36	38,0625	38		33	32,75				
299	2.22.40 PM	42	42,5	36,625	35,5	38,0625	38		33,5	32,75				
300	2.22.43 PM	42	42,5	36,6875	36	38,0625	38		33	32,6875				
301	2.22.47 PM	42,0625	42,5	36,625	36	38,0625	38		33,5	32,6875				
302	2.22.50 PM	42,0625	42,5	36,6875	36	38,125	38		33,5	32,6875				
303	2.22.54 PM	42	42,5	36,625	36	38,0625	38		33,5	32,75				

Gambar 4.20 pengambilan data honeycomb 20 mm

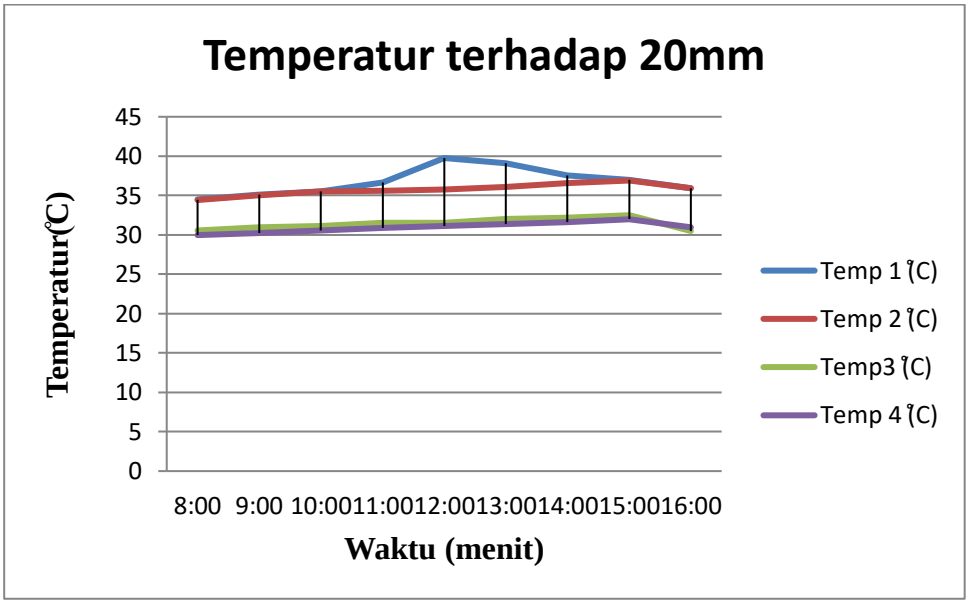
Gambar 4.10 Adalah penelitian pada tanggal 20 September 2021 , Menunjukan adanya perubahan suhu/temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari gambar tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel, data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 hasil pengujian honeycomb berdiameter 20 mm hari ketiga

Waktu (Jam)	Temp 1 (℃)	Temp 2 (℃)	Temp3 (℃)	Temp 4 (℃)	Keterangan
8:00	34.50337	34.43125	30.52692	29.97548	
9:00	35.1312	35.06155	30.96947	30.23712	
10:00	35.51106	35.48365	31.09231	30.57788	
11:00	36.63462	35.63221	31.49615	30.84712	Cerah
12:00	39.75962	35.77019	31.57692	31.10337	
13:00	39.10048	36.09038	31.99231	31.38029	
14:00	37.57452	36.53846	32.19231	31.65769	
15:00	36.94712	36.90529	32.5	31.9851	
16:00	35.94712	35.90529	30.5	30.9851	

Tabel4.5 merupakan hasil pengujian selama 8 jam dengan honeycomb berdiameter 20 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan

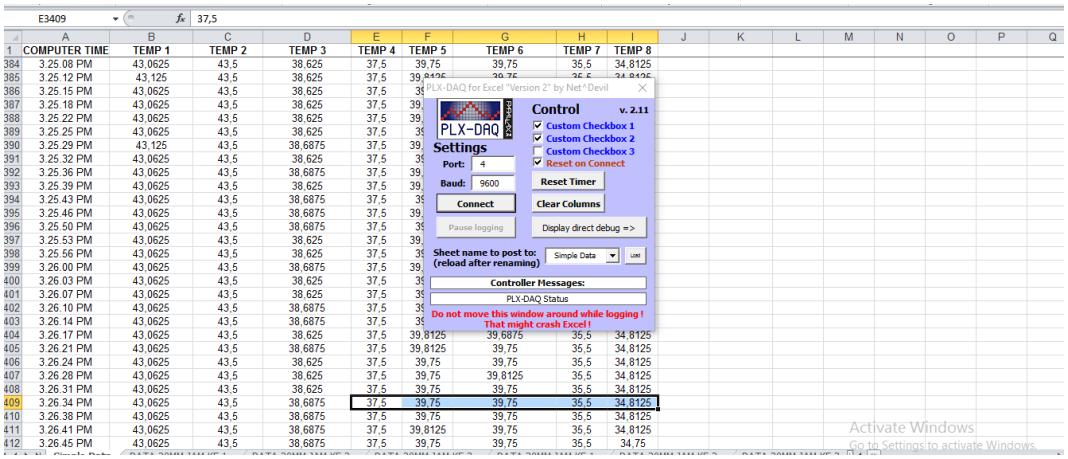
suhu/temperatur yang di capai. Jam kedua menunjukan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur awal.



Gambar 4.21 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

Gambar 4.11 menunjukan perubahan temperatur air. Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap *honeycomb* berdiameter 20 mm nilai temperatur tertinggi berada pada pukul 12:00 wib.

4.1.6 Hasil Pengambilan Data Temperatur 30 mm hari ke tiga



	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8
384	3.25.08 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,75	39,75	35,5	34,8125
385	3.25.12 PM	43,125	43,5	38,625	37,5	39,8125	39,75	35,5	34,8125
386	3.25.15 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
387	3.25.18 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,			
388	3.25.22 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,			
389	3.25.25 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
390	3.25.29 PM	43,125	43,5	38,6875	37,5	39,			
391	3.25.32 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
392	3.25.36 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,			
393	3.25.39 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,			
394	3.25.43 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39			
395	3.25.46 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,			
396	3.25.50 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39			
397	3.25.53 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,			
398	3.25.56 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
399	3.26.00 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,			
400	3.26.03 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
401	3.26.07 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39			
402	3.26.10 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39			
403	3.26.14 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39			
404	3.26.17 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,8125	39,6875	35,5	34,8125
405	3.26.21 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,8125	39,75	35,5	34,8125
406	3.26.24 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,75	39,75	35,5	34,8125
407	3.26.28 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,75	39,8125	35,5	34,8125
408	3.26.31 PM	43,0625	43,5	38,625	37,5	39,75	39,75	35,5	34,8125
409	3.26.34 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,75	39,75	35,5	34,8125
410	3.26.38 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,75	39,75	35,5	34,8125
411	3.26.41 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,8125	39,75	35,5	34,8125
412	3.26.45 PM	43,0625	43,5	38,6875	37,5	39,75	39,75	35,5	34,75

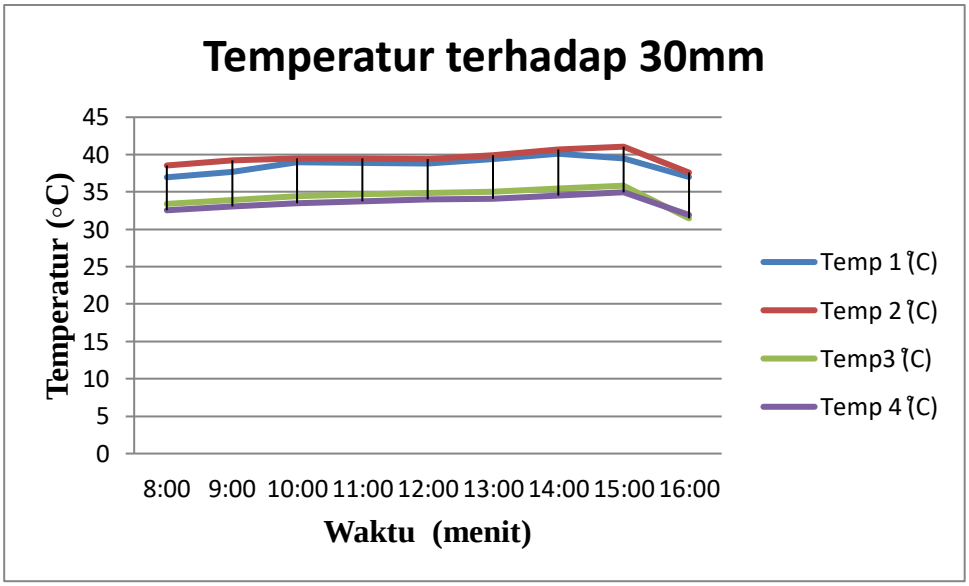
Gambar 4.22 Pengambilan data honeycomb 30 mm

Gambar 4.12 Adalah penelitian pada tanggal 20 September 2021 Menunjukan adanya perubahan suhu/temperatur yang terjadi pada penelitian yang dilakukan, sehingga dari gambar tersebut dapat diperoleh nilai rata-rata perubahan suhu 60 menit selama 8 jam pengujian. Hasil rata-rata yang diperoleh dituangkan dalam bentuk tabel, data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm

Waktu (Jam)	Temp 1 (℃)	Temp 2 (℃)	Temp3 (℃)	Temp 4 (℃)	Keterangan
8:00	36.9649	38.5308	33.3913	32.5077	
9:00	37.6947	39.2252	33.9485	33.0229	
10:00	38.9995	39.5	34.4005	33.5	
11:00	38.8524	39.4615	34.662	33.7115	
12:00	38.8	39.4077	34.8188	33.9769	Cerah
13:00	39.3813	39.9269	35.0317	34.0885	
14:00	40.1144	40.7115	35.4188	34.5038	
15:00	39.499	41.0577	35.838	34.9654	
16:00	37.0385	37.5923	31.4615	31.9231	

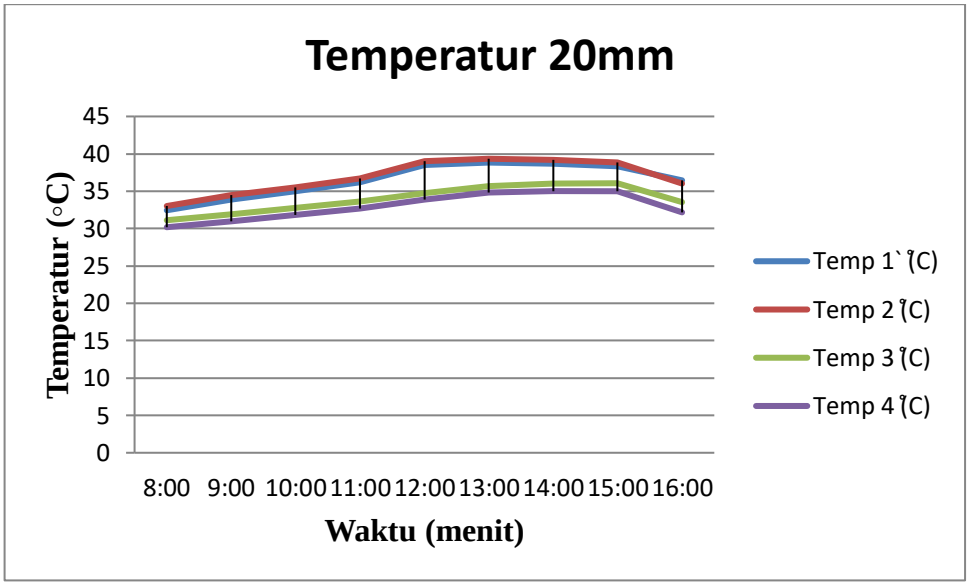
Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur awal.



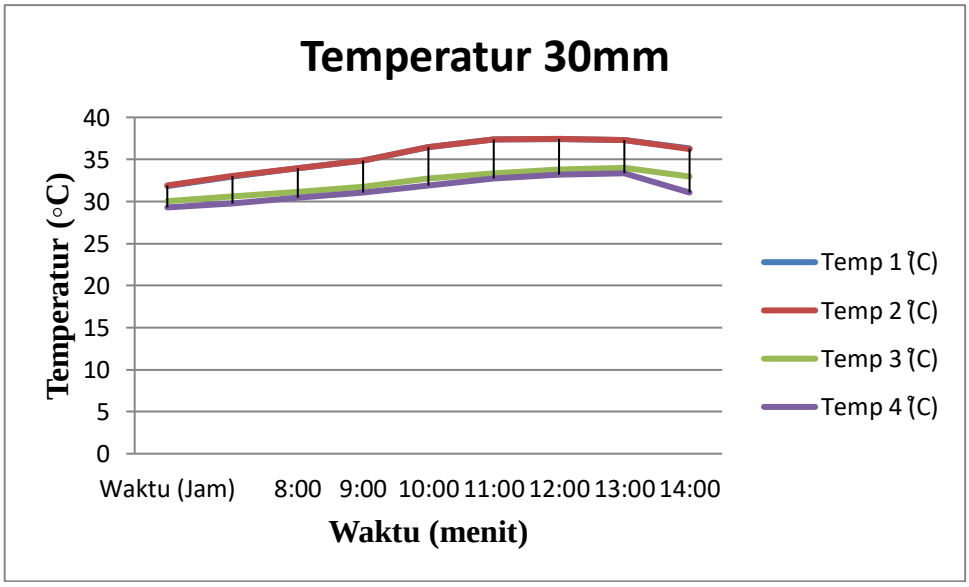
Gambar 4.23 Grafik pengaruh waktu terhadap temperatur

4.2.Penggunaan ukuran kolektor *honeycomb* yang efektif

Dalam penggunaan solar water heater dalam variasi ukuran 20mm dan 30mm.Dari pengujian yang di lakukan di peroleh hasil bahwa dari segi penyerepan panas ukuran kolektor honeycomb 20mm lebih cepat menyerap panas di bandingkan ukuran 30mm dapat di lihat dari data yang di peroleh dari pengambilan data grafik yang di peroleh.



Gambar 4.24 Grafik temperatur 20mm



Gambar 4.25 Grafik temperatur 30mm

4.3 Perhitungan penyerapan energi panas *solar water heater*

Data perhitungan kolektor 20 mm

Hari	A m_2 Luas PenampangKaca	$\dot{m}$ (m/s) Laju KecepatanFluida	Cp (J/kg.K) Panas Jenis Fluida	T_{in} (°C) Temperatur AirMasuk	T_{out} (°C) Temperatur AirKeluar	IT IntensitasCahaya Matahari
Pertama	1	4.564	4.1793	29.28	37.44	242.78
Kedua	1	4.361	4.1793	33.04	40.43	295.95
Ketiga	1	4.145	4.1793	31.46	41.05	301.14

1. Hari Pertama

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}564 \times 4{,}1793 \times 8{,}16$$

$$= 155{,}646 \text{ Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor I di hari pertama sebesar 155,646 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta k \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{155{,}646}{1 \times 242{,}78} \times 100\,\%$$

$$= \frac{155{,}646}{242{,}78} \times 100\,\%$$

$$= 0{,}641\%$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 0,641%

2. Hari kedua

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}361 \times 4{,}1793 \times 7{,}39$$

$$= 134{,}689 \text{ Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor 20 mm di hari kedua sebesar 134,689 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta k \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{134{,}689}{1 \times 295{,}95} \times 100\,\%$$

$$= \frac{134{,}689}{295{,}95} \times 100\,\%$$

$$= 0{,}455\%$$

Maka efisiensi kolektor 20mm dihari kedua sebesar 0,455%

3. Hari ketiga

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}145 \times 4{,}1793 \times 9{,}59$$

$$= 603{,}886 \text{ Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor 20 di hari ketiga sebesar 166,129 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{166{,}129}{1 \times 301{,}14} \times 100\,\%$$

$$= \frac{166{,}129}{301{,}14} \times 100\,\%$$

$$= 0{,}551\%$$

Maka efisiensi kolektor 20 mm dihari ketiga sebesar 0,551%

4.4 Data perhitungan kolektor 30 mm

Hari	A m_2 Luas PenampangKaca	$\dot{m}$ (m/s) Laju KecepatanFluida	Cp (J/kg.K) Panas Jenis Fluida	T_{in} (°C) Temperatur AirMasuk	T_{out} (°C) Temperatur AirKeluar	IT IntensitasCahaya Matahari
Pertama	1	4.354	4.1793	29.28	37.44	242.78
Kedua	1	4.251	4.1793	33.04	40.43	295.95
Ketiga	1	4.645	4.1793	31.46	41.05	301.14

1. Hari Pertama

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}354 \times 4{,}1793 \times 8{,}16$$

$$= 148{,}484\,\text{Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor 30 mm di hari pertama sebesar 148,484 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{148{,}484}{1 \times 242{,}78} \times 100\,\%$$

$$= \frac{148{,}484}{242{,}78} \times 100\,\%$$

$$= 0{,}611\%$$

Maka efisiensi kolektor 30 mm dihari pertama sebesar 0,611%

2. Hari kedua

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}251 \times 4{,}1793 \times 7{,}39$$

$$= 131{,}292 \text{ Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor 30 mm di hari ke dua sebesar 131,292 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{131{,}292}{1 \times 295{,}95} \times 100\,\%$$

$$= \frac{131{,}292}{295{,}95} \times 100\,\%$$

$$= 0{,}443\%$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 0,433%

3. Hari ketiga

a. Perhitungan energi yang diserap

$$Q_{ua} = \dot{m}.Cp.\Delta T$$

$$= 4{,}645 \times 4{,}1793 \times 9{,}59$$

$$= 186{,}169 \text{ Watt}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kolektor 30 mm di hari ke dua sebesar 186,169 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\eta = \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\,\%$$

$$= \frac{186{,}169}{1 \times 301{,}14} \times 100\,\%$$

$$= \frac{186{,}169}{301{,}14} \times 100\,\%$$

$$= 2{,}336\%$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 0,618%

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil perancangan purwarupa pemantauan sistem buka tutup pintu adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan penggunaan kolektor terbaik pada variasi ukuran hoxagonal *honeycomb* penggunaan ukuran 20 mm lebih cepat dalam menyerap panas di bandingkan ukuran 30 mm.Untuk menaikan suhu pada pukul 08.00 ke 09.00 kolektor dengan ukuran 20 mm memerlukan waktu 60 menit untuk mencapai suhu dari 32℃ ke 33℃,sedangkan ukuran 30 Untuk menaikan suhu pada pukul 08.00 ke 09.00 mm memerlukan waktu 60 menit untuk menaikan suhu hingga 31℃ ke 32℃
2. Potensi radiasi energi surya yang paling besar pada pukul 13:00 WIB pada saat cuaca cerah.
3. Dari hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kaca penutup mampu menahan panas.

5.2 Saran

Peneliti berharap perancangan dan pembuatan sistem buka tutup pintu ini dapat dikembangkan dan dikaji ulang yang lebih efektif dan lebih efisien digenerasi selanjutnya dengan rancangan dan sistem yang lebih baik lagi.

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.

Agam Sulistyo.,Arrad Ghani Safitra.,Radiana Anggun Nurisma (2017).Optimalisasi Penyerapan Radiasi MatahariPada Solar Water Heater Menggunakan Variasi Sudut Kemiringan.,Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

Awaluddin, Muhammad, Marbun (2009). *Analisa Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda Dengan Sirip Berbentuk Delta Wing.* Laporan Tugas Akhir, Semarang : Program Studi Teknik Mesin UNS

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.

Frank Kreith., Arko Prijono, Leinhard 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, Jack P, Terj.Jasjfi, E (2010) "*Perpindahan Pana",* Cetakan 3" Jakarta, Erlangga.

Holman. J.P, (2010). Perpindahan Kalor, jakarta: Erlangga

Nur putrialita.,Tri Ayodha (2019). Analisi Efisiensi *Solar Water Heater* pada sistemsirkulasi langsung dan tidak langsung e-proceeding Vol.6, No.2 Tahun 2019 ISSN 2355-9365 (Agustus 2019)

Pengaruh pelat penyerap ganda model gelombang terhadap kinerjasolar water heater sederhana Akhmad Farid A, Nova R. Ismail) Widya Teknika Vol.19 No.1; Maret 2011 ISSN 1411 – 0660: 12-15 (1 maret 2020).

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.

Studi eksperimental perbandingan pemanas air tenaga surya dengan pelat kolektor bergelombang segitiga warna hitam, warna abu-abu, dan warna putih ni'matur rochmah, tugas akhir – TM095502 (KE)

Studi kinerja solar water heater double plate dengan aliran zig-zag beralur balok Rizki Ikhsan1 , Sudjito Soeparman2 , Mega Nur Sasongko3Jurnal Rekayasa Mesin Vol.8, No.1 Tahun 2017: 37 – 46 ISSN 2477-6041 (1 maret 2020).

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

LAMPIRAN

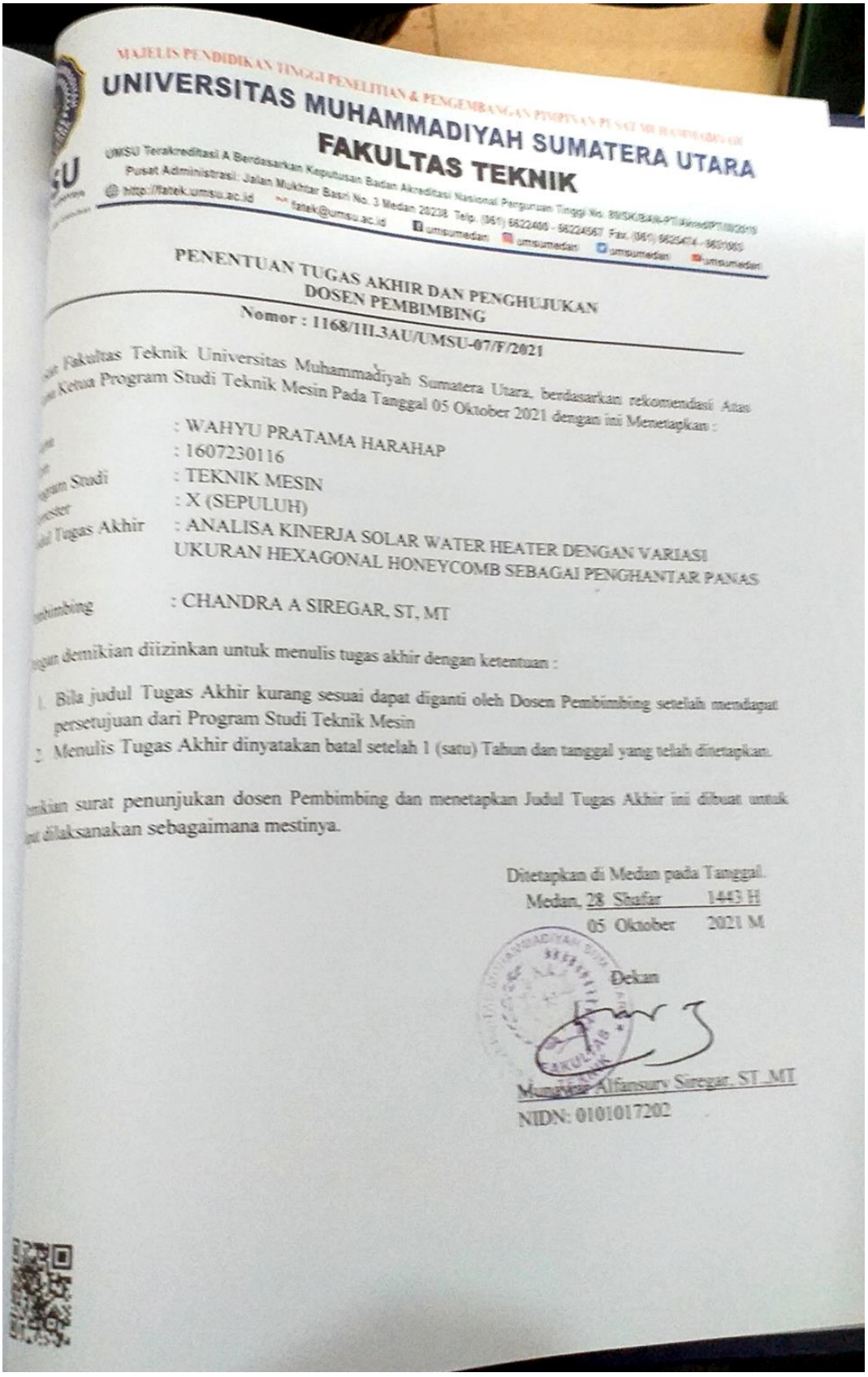
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kinerja Solar Water Heater (SWH) Doble Slope Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Honeycomb Sebagai Penganiar Panas

Nama : Wahyu Pratama Harahap
NPM : 1607230116

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.	Acc sempro	
	30-11-2021.	perbaikibi alat uji	
	8-5-2021	- Lanjutkan pengujian ulang - ubah letak alat ukur	
	22/9-2021	Tambah literatur, Daftar pustaka	
	5/10-2021.	Acc meja	



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 : 1168/III.3AU/UMSU-07/F/2021

...at Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas ...ua Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 05 Oktober 2021 dengan ini Menetapkan :

...ma	: WAHYU PRATAMA HARAHAP
...P	: 1607230116
...ram Studi	: TEKNIK MESIN
...ester	: X (SEPULUH)
...ul Tugas Akhir	: ANALISA KINERJA SOLAR WATER HEATER DENGAN VARIASI UKURAN HEXAGONAL HONEYCOMB SEBAGAI PENGHANTAR PANAS
...mbimbing	: CHANDRA A SIREGAR, ST, MT

...gan 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.

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 28 Shafar 1443 H
05 Oktober 2021 M

Dekan

Muamar Alfansury Siregar, ST, MT
NIDN: 0101017202

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

Peserta Seminar
Nama :Wahyu Pratama Harahap
NPM :1607230116
Judul Tugas Akhir :Analisa Kinerja Solar Water Heater DenganVariasi Uku Ran Hexogonal Honrycomb Sebagai Penghantar Panas.

DAFTAR HADIR

		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:
Pembanding – I	: Riandini Wanty Lubis.S.T.M.T	:
Pembanding – II	: Ahmad Marbdi Srg.S.T.M.T	:

	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230282	Hari Alfiandi	
2	1507230285	RAHMAN HENDARTO	
3	1707230107	MUHAMMAD REZA	
4	1707230084	Muhammad Firza	
5	1507230229	M YUDHA PERMANA	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan,05 Rab.Awal 1443 H
15 Oktober 2021 M

Ketua Prodi T.Mesin

Chandra A Siregar.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA :Wahyu Pratama Harahap
NPM :1607230116
Judul T.Akhir :Analisa Kinerja Solar water Heater Denganvariasi Ukuran Hexo Gonal Honeycomb Sebagai Penghantar Panas.

Dosen Pembimbing - I
Dosen Pembanding - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Riadini Wanty Lbs.S.T.M.T
: Ahmad Marabdi Srg.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 :
- Perbaiki Analisis temperatur di perhitungan
- Perbaiki grafik
- Perbaiki kesimpulan
3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 05 Rab.Awal1443 H
15 Oktober 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin

Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding - I

Riadini Wanti Lbs.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA :Wahyu Pratama Harahap
NPM :1607230116
Judul T.Akhir :Analisa Kinerja Solar water Heater Denganvariasi Ukuran Hexo Gonal Honeycomb Sebagai Penghantar Panas.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Riadini Wanty Lbs.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Srg.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 :
- lihat laporan skripsi
- perbaiki latar belakang
- perbaiki prosedur
- lengkapi dokumentasi pengujian

3 Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 05 Rab.Awal1443 H
15 Oktober 2021 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin

Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding - II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

1. Nama	:	Wahyu Pratama Harahap
2. Tempat dan Tanggal Lahir	:	Pujimulio / 27-November-1996
3. Jenis Kelamin	:	Laki-Laki
4. Agama	:	Islam
5. Status Pernikahan	:	Belum Menikah
6. Warga Negara	:	Indonesia
7. Alamat KTP	:	Jl. Suka Bumi Lama GG.III
8. Nomor Telepon / HP	:	0813-9517-1527
9. E-mail	:	pwahyu836@gmail.com
10. Kode Pos	:	20251

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD SWASTA TEKAD MULIA : Tahun 2002 - 2008
2. SMP NEGERI 1 SUNGGAL : Tahun 2008 - 2011
3. SMK SWASTA IMMANUEL MEDAN : Tahun 2011 - 2014
4. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA : Tahun 2016 - 2021

C. PENGALAMAN KERJA

1. Bekerja di PT. Sempurna Engineering : Juni 2014 - Agustus 2018
2. Bekerja di Cambridge Hotel Medan : September 2018 – Sekarang