

TUGAS AKHIR

UPAYA PENINGKATAN KINERJA ACWH DENGAN MEMANFAATKAN *HONEYCOMB SURFACE* BERBAHAN TEMBAGA SEBAGAI ALAT PENUKAR KALOR

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

Disusun Oleh:

YOGI PRANATA
1507230218



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Yogi Pranata
NPM : 1507230218
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Upaya Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan *Honeycomb Surface* Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar Kalor
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 Februari 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



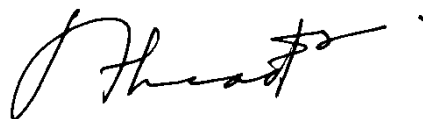
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji IV



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



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Yogi Pranata
Tempat /Tanggal Lahir: Tuntungan /10 Mei 1997
NPM : 1507230218
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Upaya Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan *Honeycomb Surface* Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar Kalor”,

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.



ABSTRAK

Air Conditioner Water Heater (ACWH) merupakan sistem yang memanfaatkan panas buang sistem AC untuk memanaskan air dengan penambahan alat penukar kalor. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang alat penukar kalor berbentuk *honeycomb*, untuk mengetahui laju perpindahan panas yang terjadi dari alat penukar kalor *honeycomb* ke air, dan untuk membandingkan temperatur air hasil pengujian dari APK *honeycomb* dengan APK *helical-coil*. Dalam penelitian ini, ACWH menggunakan alat penukar kalor berbentuk *honeycomb* berbahan tembaga dengan panjang 30 cm dan 60 cm, dibuat dengan plat tembaga yang memiliki tebal 0,4 mm. Bahan tembaga dipilih karena merupakan konduktor panas yang baik. Pembuatan alat penukar kalor *honeycomb* yaitu dengan memotong plat tembaga dengan lebar 20 mm dan dibentuk menggunakan cetakan yang memiliki sisi *hexagonal* 6 mm. Setelah dibentuk kemudian dilubangi di salah satu sisi *hexagonal* dengan diameter 5 mm dan kemudian disatukan dengan cara dilas menggunakan alat las khusus tembaga. APK *honeycomb* diletakkan vertikal didalam tangki yang memiliki tinggi 61 cm dan kapasitas air 60 L. Penelitian ini dilakukan 3 kali pengujian dengan temperatur evaporator yang berbeda yaitu pada temperatur 16°C, 18°C, dan 20°C. Pengujian dilakukan selama 60 menit dan pengambilan data pengujian menggunakan laptop yang dilengkapi software PLX-DAQ untuk membaca data pengujian. Dari hasil pengujian diperoleh data bahwa dalam waktu 60 menit dan kapasitas tangki 60 L, ACWH dengan APK *honeycomb* ukuran 30 cm menghasilkan temperatur air 53,75°C dan APK *honeycomb* ukuran 60 cm menghasilkan temperatur air 54,13°C. Jika dibandingkan, APK *honeycomb* menghasilkan temperatur air yang lebih tinggi dari pada APK *helical-coil* yang menghasilkan temperatur air 53,69°C pada *helical-coil* 15 lilitan dan 53,81°C untuk *helical-coil* 30 lilitan walaupun perbedaan terlihat tidak terlalu besar.

Kata Kunci: *Air Conditioner Water Heater* (ACWH), Alat penukar kalor, struktur sarang lebah (*honeycomb*), Tembaga

ABSTRACT

Air Conditioner Water Heater (ACWH) is a system that utilizes the exhaust heat of a air conditioning system to heat water with the addition of a heat exchanger. The purpose of this study was to design a honeycomb-shaped heat exchanger, determine the rate of heat transfer that occurs from the honeycomb heat exchanger to water, and compare the temperature of the water from the honeycomb heat exchanger with a helical-coil heat exchanger. In this study, ACWH uses a copper-shaped honeycomb heat exchanger with a length of 30 cm and 60 cm, made with a copper plate which has a thickness of 0,4 mm. Copper material was chosen because it's a good conductor of heat. The manufactured honeycomb heat exchanger by cutting a copper plate with a width of 20 mm and molded using a mold that has a 6 mm hexagonal side. After molding then perforated on one side of the hexagonal with a diameter 5 mm and then put together by welding using a special copper welding tool. Honeycomb heat exchanger is placed vertically in a tank which has a height of 61 cm and a water capacity of 60 litres. This research was conducted three times with different evaporator temperatures, namely at temperatures 16°C, 18°C, and 20 °C. The test is carried out for 60 minutes and the retrieval of test data uses a laptop equipped with PLX-DAQ software to read the test data. From the test results obtained data that within 60 minutes and a tank capacity 60 liters, ACWH with a 30 cm honeycomb heat exchanger produces a water temperature of 53,75°C and a 60 cm honeycomb heat exchanger produces a water temperature of 54,13°C. When compared, the honeycomb heat exchanger produces a higher water temperature than the helical-coil heat exchanger which produces a water temperature of 53,69°C on the 15-winding helical coil heat exchanger and 53,81°C for the 30-winding helical coil heat exchanger even though the difference is not too large.

Keywords: Air Conditioner Water Heater (ACWH), Heat Exchanger, Honeycomb Structure, Copper

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 “Upaya Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan *Honeycomb Surface* Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar Kalor” 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 I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Affandi S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Suheri dan Siti Nurhayati, 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: Arifin Handrianto, Andri Kurniawan, Ulil Amri, Fadli Umri Pratama, Febry Andrian, Dana Setiawan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 dunia konstruksi Teknik Mesin.

Medan, 28 Januari 2020



Yogi Pranata

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	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	1
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. ACWH (<i>Air Conditioner Water Heater</i>)	4
2.1.1. Prinsip Kerja ACWH	4
2.2. Alat Penukar Kalor	5
2.3. Perpindahan Panas	6
2.4. Perpindahan Panas Konduksi	6
2.4.1. Konduktivitas Termal	7
2.5. Perpindahan Panas Konveksi	7
2.5.1. Konveksi Bebas	8
2.5.2. Konveksi Paksa	9
2.5.2.1. Aliran Laminar	9
2.5.2.2. Aliran Turbulen	9
2.6. Perpindahan Panas Radiasi	9
2.7. Sarang Lebah (<i>Honeycomb</i>)	10
2.8. Tembaga	11
2.9. <i>Road Map</i> Penelitian	11
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Tempat dan Waktu	13
3.1.1. Tempat	13
3.1.2. Waktu	13
3.2. Bahan dan Alat	13
3.2.1. Bahan Yang Digunakan	13
3.2.1.1. Lembaran Plat Tembaga	14
3.2.1.1. <i>Freon</i>	14
3.2.2. Alat Yang Digunakan	14
3.2.2.1. Gunting Potong	14

3.2.2.2.	Meteran	15
3.2.2.3.	Cetakan <i>Honeycomb</i>	15
3.2.2.4.	Penjepit	16
3.2.2.5.	Palu	16
3.2.2.6.	Mesin Bor	16
3.2.2.7.	Mata Bor	17
3.2.2.8.	Alat Las Tembaga	17
3.2.2.9.	Kawat Las Tembaga	17
3.2.2.10.	Kunci Pas	18
3.2.2.11.	Nepel	18
3.2.2.12.	Kunci L	19
3.2.2.13.	<i>Manifold Gauge</i>	19
3.2.2.14.	<i>Pipe Cutter</i> (Pemotong Pipa)	19
3.2.2.15.	<i>Flaring Tool</i>	20
3.2.2.16.	Sensor suhu	20
3.2.2.17.	Alat Uji ACWH	20
3.3	Diagram Alir Penelitian	22
3.4	Prosedur Penelitian	24
3.4.1.	Perancangan APK Berbentuk <i>Honeycomb</i>	24
3.5	Prosedur Pembuatan <i>Honeycomb</i>	24
3.6	Prosedur Pengujian	25
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Rancangan APK <i>Honycomb</i>	26
4.2	Pembuatan APK <i>Honeycomb</i>	28
4.3	Proses Pengujian	31
4.4	Set Up Alat Uji ACWH <i>Honeycomb</i>	33
4.5	Hasil Pengujian	37
4.5.1	Data Hasil Pengujian Temperatur Air Pada <i>Honeycomb</i> Ke Air	38
4.5.2	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigrant</i> Keluar Kompresor	42
4.5.3	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigrant</i> Masuk Kondensor	46
4.6	Perhitungan Perpindahan Panas Dari <i>Honeycomb</i> ke Air	50
4.6.1	Perhitungan Perpindahan Panas Dari <i>Honeycomb</i> Ukuran Panjang 30 cm	50
4.6.2	Perhitungan Perpindahan Panas Dari <i>Honeycomb</i> Ukuran Panjang 60 cm	54
4.7	Perbandingan Termal	60
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran	61
	DAFTAR PUSTAKA	62
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Konduktivitas Thermal	7
Tabel 2.2.	<i>Road Map</i> Penelitian ACWH	12
Tabel 3.1.	Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	13
Tabel 4.1.	Data Hasil Pengujian Temperatur Air	40
Tabel 4.2.	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigeran</i> Keluar Kompresor	44
Tabel 4.3.	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigeran</i> Masuk Kondensor	48
Tabel 4.4.	Propertis Air	51
Tabel 4.5.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	52
Tabel 4.6.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	52
Tabel 4.7.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	52
Tabel 4.8.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	53
Tabel 4.9.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	53
Tabel 4.10.	Propertis Air	55
Tabel 4.11.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	56
Tabel 4.12.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	56
Tabel 4.13.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	57
Tabel 4.14.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	57
Tabel 4.15.	Propertis <i>Refrigerant</i> R22	58
Tabel 4.16.	Hasil Perhitungan Perpindahan Panas	59
Tabel 4.17.	Perbandingan Temperatur Air	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema ACWH	4
Gambar 2.2.	Laju Perpindahan Panas Konduksi	7
Gambar 2.3.	Perpindahan panas konveksi	8
Gambar 2.4.	Perpindahan Panas Radiasi	10
Gambar 2.5.	<i>Sandwich Honeycomb</i>	10
Gambar 3.1.	Lembaran Plat Tembaga	14
Gambar 3.2.	<i>Freon</i>	14
Gambar 3.3.	Gunting Potong	15
Gambar 3.4.	Meteran	15
Gambar 3.5.	Cetakan <i>Honeycomb</i>	15
Gambar 3.6.	Penjepit	16
Gambar 3.7.	Palu	16
Gambar 3.8.	Mesin Bor	17
Gambar 3.9.	Mata Bor	17
Gambar 3.10.	Alat Las Tembaga	17
Gambar 3.11.	Kawat Las Tembaga	18
Gambar 3.12.	Kunci Pas	18
Gambar 3.13.	Nepel	18
Gambar 3.14.	Kunci L	19
Gambar 3.15.	<i>Manifold Gauge</i>	19
Gambar 3.16.	<i>Pipe Cutter</i> (Pemotong Pipa)	19
Gambar 3.17.	<i>Flaring Tool</i>	20
Gambar 3.18.	Sensor Suhu	20
Gambar 3.19.	Alat Uji ACWH	21
Gambar 3.20.	Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.21.	Sketsa Rancangan <i>Honeycomb</i>	23
Gambar 4.1.	Rancangan <i>Honeycomb</i> 50%	26
Gambar 4.2.	Rancangan <i>Honeycomb</i> 100%	27
Gambar 4.3.	Dimensi Rancangan <i>Honeycomb</i>	27
Gambar 4.4.	Pemotongan Plat Tembaga	28
Gambar 4.5.	Pembentukan inti Struktur <i>Honeycomb</i>	29
Gambar 4.6.	Pembuatan Lubang	29
Gambar 4.7.	Proses Pengelasan	29
Gambar 4.8.	Hasil Pengelasan	30
Gambar 4.9.	Proses Pengelasan Tutup	30
Gambar 4.10.	Hasil Pengelasan Tutup	30
Gambar 4.11.	Pemasangan <i>Honeycomb</i> Ke tangki	31
Gambar 4.12.	Penyambungan Alat Penukar Kalor ke Jalur <i>Refrigerant</i>	31
Gambar 4.13.	Pengisian <i>Freon</i>	32
Gambar 4.14.	Pengisian Air	32
Gambar 4.15.	Pengambilan Data	32
Gambar 4.16.	Bagian-Bagian Komponen alat Uji ACWH	33
Gambar 4.17.	Laptop	33
Gambar 4.18.	Arduino Uno	34
Gambar 4.19.	Kabel Koneksi	34

Gambar 4.20. <i>Bread Board</i>	34
Gambar 4.21. Tangki	34
Gambar 4.22. Sensor Suhu Air	35
Gambar 4.23. Sensor Suhu Keluar Kompresor	35
Gambar 4.24. Sensor Suhu Masuk Kondensor	35
Gambar 4.25. <i>Unit Indoor AC</i>	36
Gambar 4.26. <i>Apk Honeycomb</i>	36
Gambar 4.27. <i>Pipa Freon</i>	36
Gambar 4.28. Rangka	36
Gambar 4.29. Pipa Keluar Kompresor	37
Gambar 4.30. Pipa Masuk Kondensor	37
Gambar 4.31. <i>Unit Outdoor AC</i>	37
Gambar 4.32. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu Awal	38
Gambar 4.33. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 10 Menit	39
Gambar 4.34. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 20 Menit	39
Gambar 4.35. Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C	40
Gambar 4.36. Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C	41
Gambar 4.37. Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C	42
Gambar 4.38. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu Awal	42
Gambar 4.39. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 10 Menit	43
Gambar 4.40. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 20 Menit	43
Gambar 4.41. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C	44
Gambar 4.42. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C	45
Gambar 4.43. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C	46
Gambar 4.44. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu Awal	46
Gambar 4.45. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu 10 Menit	47
Gambar 4.46. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu 20 Menit	47
Gambar 4.47. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C	48
Gambar 4.48. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C	49
Gambar 4.49. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C	49
Gambar 4.50. Grafik Perbandingan Perpindahan Panas Pada <i>Honeycomb</i> Ukuran Panjang 30 cm dengan <i>Honeycomb</i> Ukuran Panjang 60 cm	59

DAFTAR NOTASI

Q_{cond}	= Laju perpindahan panas konduksi (watt)
K	= Konduktivitas thermal bahan (W/m.K)
A	= Luar penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2)
$\Delta t/\Delta x$	= Gradien suhu (perubahan suhu terhadap arah x) (K/m)
F	= Faktor yang bergantung pada geometri dan sifat permukaan
Δ	= Konstanta stefan boltzmann $5,67 \times 10^{-8}$ ($\text{W}/\text{m}^2\text{k}^4$)
A	= Luas permukaan, (m^2)
T_1, T_2	= Temperatur, (K)
H	= Koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{w}/\text{m}^2\text{.C}$)
V	= Volume air (liter)
L	= Panjang <i>Honeycomb</i> (m)
T_{ai}	= Temperatur awal air ($^{\circ}\text{C}$)
T_{ao}	= Temperatur akhir air ($^{\circ}\text{C}$)
ΔT_{air}	= Selisih temperatur air ($^{\circ}\text{C}$)
T_{ci}	= Temperatur masuk tangki ($^{\circ}\text{C}$)
T_{co}	= Temperatur keluar tangki ($^{\circ}\text{C}$)
ΔT_{coil}	= Selisih Temperatur <i>Refrigerant</i> ($^{\circ}\text{C}$)
W	= Energi (MJ)
T_{ra}	= Temperatur Rata-rata air ($^{\circ}\text{C}$)
C_{air}	= panas jenis air ($\text{j}/\text{kg}.\text{^{\circ}c}$)
\dot{m}	= laju aliran massa Freon (kg/s)
H_o	= Entalpy keluar tangki (kJ/kg)
H_i	= Entalpy masuk tangki (kJ/kg)
T_{rc}	= Temperatur Rata-rata Coil ($^{\circ}\text{C}$)
v	= Laju <i>refrigerant</i> (m/s)
ρ	= Rapat massa (<i>density</i>) freon (kg/m^3)
Re	= Bilangan reynold
μ	= Viskositas Freon ($\text{kg}/\text{m}.\text{s}$)
Nu	= Bilangan nusselt
Pr	= Bilangan prandalt
$Q=H$	= laju perpindahan panas (W)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi sekarang ini *air conditioner* (AC) dan *water heater* sudah menjadi kebutuhan umum pada rumah tangga, gedung-gedung perkantoran maupun rumah sakit. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan akan daya listrik semakin meningkat. Untuk mengurangi konsumsi listrik yang cukup tinggi akibat penggunaan *air conditioner* (AC) sekaligus pemanas air elektrik maupun pemanas air tenaga surya dapat digunakan sistem ACWH (*Air Conditioner Water Heater*). ACWH memang bukan sistem yang baru, sistem ini telah lama dikembangkan sebelumnya. Cara kerja sistem ACWH ini adalah memanfaatkan panas yang terbuang dari sistem AC untuk memanaskan air dengan penambahan alat penukar kalor. Dimana alat penukar kalor yang digunakan tidak memerlukan energi tambahan, tetapi alat penukar kalor dirancang untuk memanfaatkan sebesar besarnya energi yang ada dalam sistem. Dengan demikian, pada saat menggunakan sistem ACWH ini sangat menguntungkan bagi penggunanya karena mendapatkan dua keuntungan sekaligus, yaitu pendinginan ruangan dan pemanasan air hemat energi sehingga dapat mengurangi konsumsi listrik yang tinggi sebelumnya.

Pada penelitian ini, alat penukar kalor yang digunakan yaitu berbentuk *honeycomb* dan berbahan tembaga. *Honeycomb* adalah bagian dari sarang lebah yang berbentuk penampang dengan sel berpola segi enam (*hexagonal*). Pemanfaatan struktur sarang lebah (*honeycomb*) didalam dunia industri telah banyak digunakan. Salah satunya pada bidang kedirgantaraan yaitu untuk interior pesawat terbang, penutup antena radar dan lain-lain. Selain itu, konstruksi *honeycomb* juga memiliki penggunaan yang besar di bidang industry transportasi pada kereta api berkecepatan tinggi dan kapal balap. Dalam penelitian ini, bahan tembaga dipilih berbentuk plat dengan ketebalan 0.4 mm. walaupun harga dari tembaga dapat dikategorikan mahal dari bahan lainnya seperti aluminium dan kuningan, tembaga dipilih mungkin lebih efektif sebagai penukar kalor. Karena tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik, kedua setelah perak.

Selain itu tembaga juga mudah ditempa, dan mempunyai sifat mulur sehingga mudah dibentuk, serta tahan terhadap korosi karena tembaga merupakan unsur yang relatif tidak reaktif.

Berbagai penelitian tentang ACWH dan alat penukar kalor dengan berbagai tipe mungkin atau bahkan telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Dan pada penelitian ini, akan dibuat suatu penukar kalor berbentuk *honeycomb* berbahan tembaga sebagai upaya peningkatan kinerja ACWH dalam memanfaatkan panas buang sistem AC untuk memanaskan air.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah Bagaimana upaya meningkatkan kinerja ACWH dengan memanfaatkan APK *honeycomb* berbahan tembaga sebagai penukar kalor ?

1.3 Ruang lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah;

1. 1 unit ACWH menggunakan AC yang memiliki daya 1 PK.
2. Bahan sruktur sarang lebah (*honeycomb*) menggunakan pelat tembaga dengan tebal 0.4 mm.
3. Pengukuran yang terdapat pada pengujian meliputi pengukuran temperatur air serta pengukuran temperatur refrigerant didalam sistem AC.
4. Media pemanasan adalah panas buang keluaran kompresor AC.

1.4 Tujuan

1. Untuk merancang alat penukar kalor (*heat exchanger*) berbentuk sarang lebah (*honeycomb*).
2. Untuk menghitung laju perpindahan panas yang terjadi pada alat penukar kalor berbentuk *honeycomb* (sarang lebah) ke air.
3. Untuk membandingkan temperature air hasil pengujian alat penukar kalor berbentuk *honeycomb* dengan alat penukar kalor tipe *helical-coil*.

1.5 Manfaat

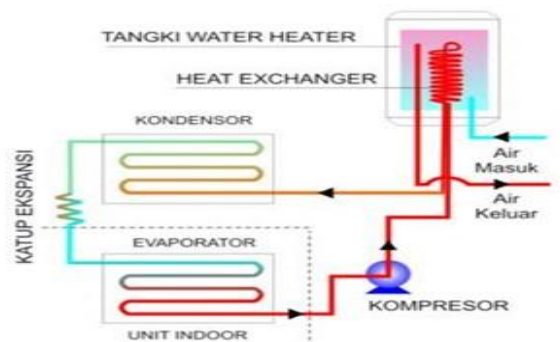
Adapun manfaat dari tugas akhir ini yaitu:

1. Agar dapat dijadikan rujukan sebagai bahan referensi dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir bagi mahasiswa-mahasiswa teknik.
2. Untuk mengetahui kinerja sistem ACWH dengan APK berbentuk *honeycomb*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ACWH (*Air Conditioner Water Heater*)

ACWH adalah sistem yang memanfaatkan panas buang dari sistem AC untuk memanaskan air. Sebagian kalor dari *refrigerant* yang sudah dikompresikan oleh kompresor digunakan untuk memanaskan air dengan bantuan alat penukar kalor. Penukar kalor inilah yang sangat menentukan kinerja dari ACWH. Skema ACWH dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Skema ACWH (Stoecker,1992)

2.1.1 Prinsip kerja ACWH

Berikut adalah prinsip kerja ACWH :

- Proses 1-2
Uap refrigeran dihisap kompresor kemudian ditekan sehingga tekanan dan temperatur refrigeran naik.
- Proses 2-2
Panas refrigeran ditransfer kepada air di dalam alat penukar kalor sehingga air mengalami kenaikan temperatur sedangkan refrigeran mengalami penurunan dan sebagian telah berubah fasa menjadi cairan.
- Proses 2-3
Refrigeran didinginkan pada kondensor seperti pada siklus pendinginan biasa.
- Proses 3-4

Refrigeran keluaran kondensor dan penukar kalor digabungkan sebelum diekspansikan. Cairan refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi diekspansikan sehingga mengalami penurunan tekanan dan temperature.

- Proses 4-1

Refrigeran di evaporator dalam keadaan temperatur rendah sehingga dapat menyerap kalor ruangan. Cairan refrigeran menguap secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan. Selama proses penguapan di dalam pipa terdapat campuran refrigeran fase cair dan uap.

Berikut ini adalah penelitian ACWH yang telah dilakukan sebelumnya dengan beberapa variasi alat penukar kalor antara lain :

- ACWH dengan penukar kalor pipa koil *1 shell pass*
- ACWH dengan penukar kalor pipa *helical 1 shell pass*
- ACWH dengan penukar kalor pipa *helical 2 shell pass*
- ACWH dengan penukar kalor pipa *helical 3 laluan*
- ACWH dengan alat penukar kalor plat 14 lembar dan 30 lembar
- ACWH dengan *helical coil water storage*

2.2 Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor merupakan suatu peralatan dimana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi kepada fluida lain yang temperaturnya lebih rendah. Proses perpindahan panas tersebut dapat dilakukan secara langsung ataupun tidak. Maksudnya ialah:

1. APK yang langsung, ialah dimana fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana tertentu atau ruangan tertentu.
2. APK yang tidak langsung, ialah dimana fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara, seperti pipa, plat atau peralatan sejenisnya.

Menurut Dean A Barlet (1996) bahwa alat penukar kalor memiliki tujuan untuk mengontrol suatu sistem (temperature) dengan menambahkan atau

menghilangkan energi 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.

Peralatan yang masuk pada kelompok pertama (langsung) adalah jet condensor, pesawat desuperheater, pada ketel (water injection desuperheater), pesawat deaerator (yaitu antara air ketel dengan uap yang diinjeksikan), dan lain-lain. Sedangkan jenis yang kedua (tidak langsung) adalah kondensor pada turbin uap, pesawat pemanas uap lanjut pada ketel (antara uap basah dengan gas asap panas pembakaran), pemanas air pendahuluan pada ketel (ekonomiser), pemanas udara pembakaran (air preheater) dan lain-lain.(Tunggul,1997)

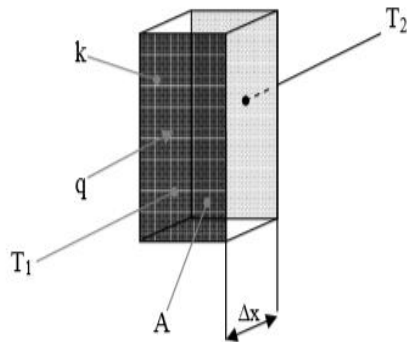
2.3 Perpindahan panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari berpindahnya suatu energy (berupa kalor) dari suatu sistem ke sistem lain karena adanya perbedaan temperatur. Proses perpindahan panas terjadi dari suatu sistem yang memiliki temperature lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas dapat berlangsung dengan tiga cara, yaitu perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi.

2.4 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas secara konduksi adalah suatu proses perpindahan energi panas dimana energi panas tersebut mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium pada atau fluida diam.persamaan umum konduksi untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum fourier seperti persamaan 2.1.(J.P. Holman,2010)

$$q_{cond} = KA \frac{T_1 - T_2}{\Delta_s} = -KA \frac{\Delta_t}{\Delta_s} \quad (2.1)$$



Gambar 2.2. Laju Perpindahan Panas Konduksi (Januarto. S 2007)

2.4.1 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduktivitas termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang ditransfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. (JP.Holman, 2010)

Tabel 2.1 Konduktivitas Termal (JP.Holman, 2010)

Material	Thermal Conductivity W/m.K
Copper	385
Aluminium	202
Carbon Steel 1% C	43
Chrome Steel 20% Cr	22,5
Chrome Nickel Steel	16,3
Concrete	1,13
Glass	0,78
Water	0,556
Asbertos	0,11
Air	0,024

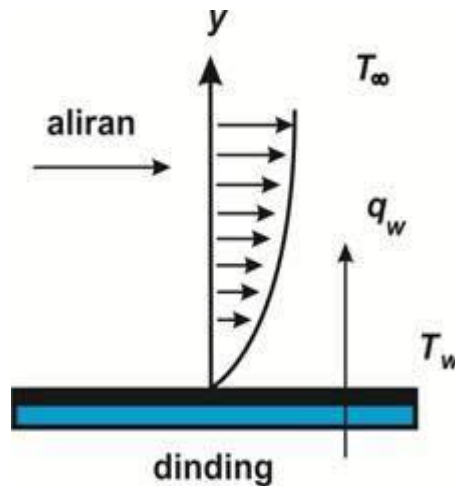
2.5 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan panas pada kondisi dimana energi sebagai panas dipindahkan ke fluida yang mengalir pada permukaan diatas aliran yang terjadi. Mode ini pada dasarnya adalah konduksi di lapisan cairan yang sangat tipis pada permukaan dan kemudian bercampur disebabkan oleh aliran tersebut. Perpindahan panas konveksi bergantung pada viskositas fluida disamping ketergantungannya kepada sifat-sifat termal fluida itu (konduktivitas thermal, kalor spesifik, dan densitas). Hal ini dapat dimengerti karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan ,dan karena itu mempengaruhi laju perpindahan energy. Perpindahan energinya adalah dengan memadukan difusi molekul dan aliran massa.

Konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran, dimana zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikelnya berpindahdan mengakibatkan kalor merambat, maka terjadilah konveksi. (JP.Holman, 2010)

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = hA (T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$



Gambar 2.3. Perpindahan Panas Konveksi (Moran 2003)

2.5.1 Konveksi Bebas

Konveksi bebas terjadi dikarenakan adanya perbedaan massa jenis yang disebabkan oleh perbedaan temperatur. Misalkan ada sebuah benda di sambung dalam suatu fluida yang suhunya lebih tinggi atau lebih rendah daripada suhu benda tersebut. Akibat adanya perbedaan suhu, panas mengalir di antara benda sehingga fluida yang berada di dekat benda mengalami perubahan rapat massa. Perbedaan rapat massa ini akan menimbulkan arus konveksi.

Untuk menghitung besarnya perpindahan panas konveksi bebas, perlu diketahui terlebih dahulu koefisien perpindahan panas konveksi (h).

2.5.2 Konveksi Paksa

Konveksi paksa merupakan proses perpindahan panas konveksi yang ditandai dengan adanya fluida yang bergerak disebabkan oleh alat bantu seperti kipas dan pompa. Untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi (h), dapat dihitung dengan menggunakan bilangan nusselt. Bilangan Nusselt dapat dicari dengan menggunakan bilangan Reynold. Bilangan Nusselt yang harus dipilih harus sesuai dengan aliran fluidanya, karena bilangan Nusselt untuk setiap aliran fluida berbeda-beda.

2.5.2.1 Aliran Laminar

Syarat aliran laminar adalah $Re < 2300$ dan bilangan Reynold dapat dicari dengan menggunakan rumus ;

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\mu} \quad (2.3)$$

Untuk persamaan Nusselt jika aliran laminar :

$$Nu = \frac{h \cdot l}{K_f} = 0,664 \cdot Re_L^{0,5} \cdot Pr^{0,333} \quad (2.4)$$

2.5.2.2 Aliran Turbulen

Syarat aliran turbulen adalah $Re > 4000$ dan persamaan Nusselt yang digunakan adalah;

$$Nu = \frac{h \cdot l}{K_f} = 0,037 \cdot Re_L^{0,8} \cdot Pr^{0,333} \quad (2.5)$$

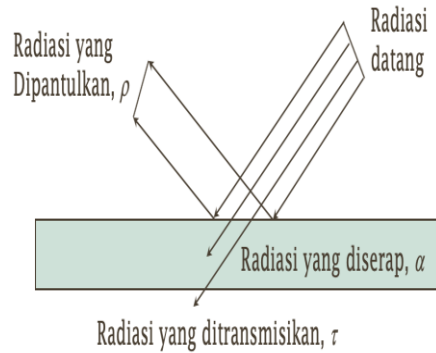
2.6 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah bagian dari spektrum elektromagnetik dalam *range* panjang gelombang terbatas dari 0,1 sampai 10 μ m dan diemisikan pada semua permukaan yang diserap dan kemudian perpindahan panas radiasi terjadi antara permukaan-permukaan pada temperatur yang berbeda. Tidak ada medium yang dibutuhkan untuk perpindahan panas radiasi akan tetapi permukaan seharusnya dalam kontak visual untuk perpindahan panas langsung.

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 2.6. (JP.Holman, 2010)

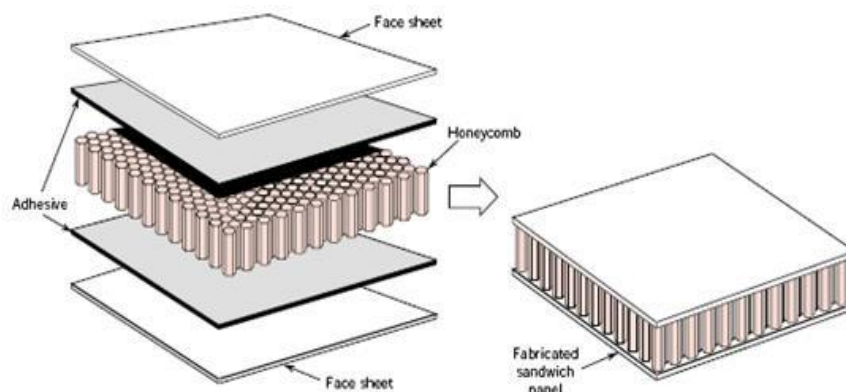
$$Q = F\delta A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.6)$$



Gambar 2.4. Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman.2010)

2.7 Sarang Lebah (*Honeycomb*)

Sarang lebah (*Honeycomb*) adalah struktur buatan manusia yang mempunyai geometri yang berbentuk segi enam beraturan dengan panjang dan sisi sudut yang sama. Bentuk ini memungkinkan material memiliki bobot minimal dengan kekakuan dan daya tahan yang tinggi namun tetap memiliki biaya produksi yang rendah. Bentuk ini umumnya digunakan pada aplikasi Kedirgantaraan, Transportasi, Kontruksi Bangunan dan banyak lagi Industri-Industri yang lainnya. Struktur sandwich dapat dilihat pada gambar 2.6. (D. Mousanezhad R. dkk 2014)



Gambar 2.5. *Sandwich Honeycomb*.

Pemilihan material yang tepat terhadap *Honeycomb Sandwich* untuk dapat bekerja secara baik umumnya berkisar pada temperatur -55°C - 170°C .

Perpindahan panas seperti konduksi, konveksi dan radiasi bergantung kepada pemilihan material tersebut. Akan tetapi struktur *Honeycomb* lebih baik untuk ketiga perpindahan panas tersebut dibandingkan dengan struktur konvensional lainnya. (Howard G. Allen. 1969)

Umumnya bentuk sel pada struktur *Honeycomb Sandwich* ini berbentuk segi enam dengan ukuran yang berbeda-beda sesuai kebutuhan dan memungkinkan ada pengembangan selanjutnya yang memvariasikan bentuk-bentuk khusus guna mendapatkan karakteristik tertentu dari penggunaan *Honeycomb Sandwich* ini.

Struktur sarang lebah ini juga akan memberikan karakteristik yang sangat bagus pada konstruksi material, seperti:

- a. Mempunyai kestabilan yang tinggi dan tidak mudah mengalami perubahan bentuk.
- b. Mempunyai kekuatan yang tinggi.
- c. Dapat diproduksi dalam waktu yang tak terhingga, mengingat bahan baku yang mudah didapatkan.
- d. Mempunyai daya tahan yang kuat.
- e. Mudah dirakit

2.8 Tembaga

Tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik kedua, setelah perak. Tembaga murni sifatnya halus dan lunak, dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga juga mudah di tempa dan bersifat mulur sehingga mudah dibentuk menjadi pipa, lembaran tipis dan kawat. Beberapa sifat kimia tembaga antara lain :

1. Tembaga merupakan unsur yang relative tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi.
2. Pada kondisi yang istimewa yakni pada suhu sekitar 300°C tembaga dapat bereaksi dengan oksigen membentuk CuO yang berwarna hitam.

Tembaga sering digunakan sebagai bahan untuk kabel listrik dan kumparan dynamo.

2.9 Road Map Penelitian

Tabel 2.4 *Road Map* Penelitian ACWH di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Nama	NPM	Judul Penelitian
1	Setiawan Hadi	1507230197	Rancang Bangun ACWH (<i>Air Conditioner Water Heater</i>) Dengan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell and Helical Coil</i>
2	Arifin Handrianto	1507230156	Analisa <i>Performance Air Conditioner</i> (AC) Dengan Penambahan APK <i>Shell Helical Coil</i>
3	Andri Kurniawan	1507230193	Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat Penukar Kaor Tipe <i>Shell Helical Coil</i>
4	Ulil Amri	1507230164	Upaya Peningkatan <i>Performance</i> ACWH Dengan Penambahan Sirip Pada APK <i>Shell Helical Coil</i>
5	Yogi Pranata	1507230218	Upaya Peningkatan Kerja ACWH Dengan Memanfaatkan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Tembaga Sebagai Penukar Kalor
6	Fadli Umri Pratama	1507230224	Pengaruh Diameter <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Alumunium Terhadap Kinerja ACWH
7	Febry Andrian	1507230159	Penerapan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor pada ACWH
8	Dana Setiawan	1507230178	Analisis Unjuk Kerja (COP)Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar kalor Tipe <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip Sebagai Pemanas Air
9	Aldi Trisna Irawan	1607230062	Analisa Numerik Unjuk Kerja pipa Kapiler Sebagai APK Pada sistem ACWH
10	M. Kamaludin Wahdani	1607230075	Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan <i>Honeycomb</i> Sebagai Penghantar Panas

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)								
		5	6	7	8	9	10	11		
1	Study literature	■								
2	Desain dan Pembuatan alat penukar kalor <i>honeycomb</i>			■						
3	Pengujian dan pengambilan data				■					
4	Analisa data						■			
5	Penulisan laporan akhir							■		
6	Seminar hasil dan sidang sarjana									■

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan yang Digunakan

3.2.1.1 Lembaran pelat tembaga

Lembaran pelat tembaga pada penelitian ini memiliki tebal 0.4 mm dan digunakan untuk membuat *core* struktur *honeycomb* yang dibentuk dengan menggunakan alat pencetak *core honeycomb*. Lembaran pelat tembaga yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Lembaran pelat tembaga

3.2.1.2 Freon

Freon berfungsi sebagai bahan pendingin sekaligus pemanas yang dialirkan melalui alat penukar panas *honeycomb*. Freon yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Freon (R22)

Tipe :Refrigeran R-22

3.2.2 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah;

3.2.2.1 Gunting potong

Kegunaan dari gunting potong adalah untuk untuk memotong pelat aluminium sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Gunting yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Gunting Potong

3.2.2.2 Meteran

Meteran ini digunakan untuk mengukur lebar pelat tembaga yang akan dipotong dan mengukur panjang *honeycomb* yang telah ditentukan. Meteran yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Meteran

3.2.2.3 Cetakan *honeycomb*

Cetakan ini digunakan untuk membentuk pelat tembaga yang telah dipotong menjadi struktur sarang lebah (*honeycomb*) dan memiliki ukuran sisi *hexagonal* 6 mm. Cetakan *honeycomb* dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Cetakan *honeycomb*

3.2.2.4 Penjepit

Alat ini digunakan untuk menjepit pelat tembaga pada saat proses pembuatan struktur sarang lebah (*honeycomb*) pada cetakan. Penjepit yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Penjepit

3.2.2.5 Palu

Palu ini digunakan untuk memukul pelat tembaga ketika pada saat proses pembuatan inti (*core*) pada sarang lebah. Palu yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Palu

3.2.2.6 Mesin Bor

Alat ini digunakan untuk melubangi sisi-sisi *hexagonal* pada struktur sarang lebah (*honeycomb*). Mesin bor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.8 dibawah ini;



Gambar 3.8. Mesin bor

3.2.2.7 Mata bor

Mata bor digunakan untuk membuat lubang pada sisi-sisi *hexagonal* pada struktur *honeycomb* sebagai jalur aliran refrigran. Ukuran mata bor 5 mm dan dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Mata Bor

3.2.2.8 Alat Las Tembaga/Gas *Portable*

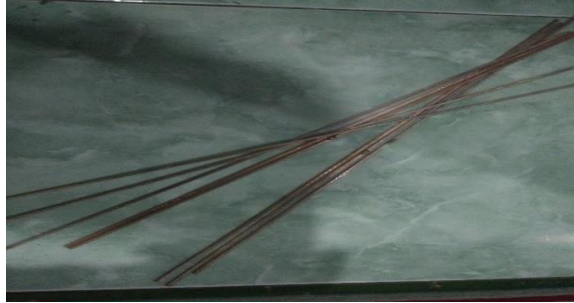
Alat las ini berfungsi untuk menyambungkan pelat tembaga yang telah dibentuk dan dilubangi menjadi struktur sarang lebah (*honeycomb*). Alat las yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.10. dibawah ini;



Gambar 3.10. Alat Las Tembaga

3.2.2.9 Kawat Las Tembaga

Kawat las tembaga berfungsi sebagai bahan tambah untuk pengelasan tembaga dengan tembaga lainnya. Kawat las tembaga yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. Kawat Las Tembaga

3.2.2.10 Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk mengencangkan dan mengunci baut yang digunakan dalam rangkaian ACWH. Kunci pas yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Kunci Pas

3.2.2.11 Nepel

Nepel berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dan untuk menahan kebocoran pada pipa tembaga. Nepel yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Nepel

3.2.2.12 Kunci L

Kunci L digunakan untuk membuka dan menutup tube yang ada pada tabung penyimpanan *Freon*. Kunci L yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Kunci L

3.2.2.13 *Manifold Gauge*

Manifold gauge digunakan untuk mengetahui tekanan *freon* pada AC, alat ini juga digunakan untuk mengisi *Freon* AC. *Manifold gauge* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. *Manifold Gauge*

3.2.2.14 *Pipe Cutter* (Pemotong Pipa)

Pipe cutter (pemotong pipa) berfungsi untuk memotong pipa tembaga. *Pipe cutter* (pemotong pipa) yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16. *Pipe Cutter*

3.2.2.15 Flaring Tool

Flaring tool digunakan untuk mengembangkan ujung pipa tembaga atau memperbesar lubang ujung pipa tembaga agar dapat disambungkan dengan pipa tembaga lainnya. *Flaring tool* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17. *Flaring Tool*

3.2.2.17 Sensor Suhu

Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu kompresor, kondensor dan air ketika pengujian berlangsung. Sensor suhu yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18. Sensor Suhu

Tipe :DS18B20

Suhu maximal :135°C

Suhu minimal :-35°C

3.2.2.18 Alat Uji ACWH

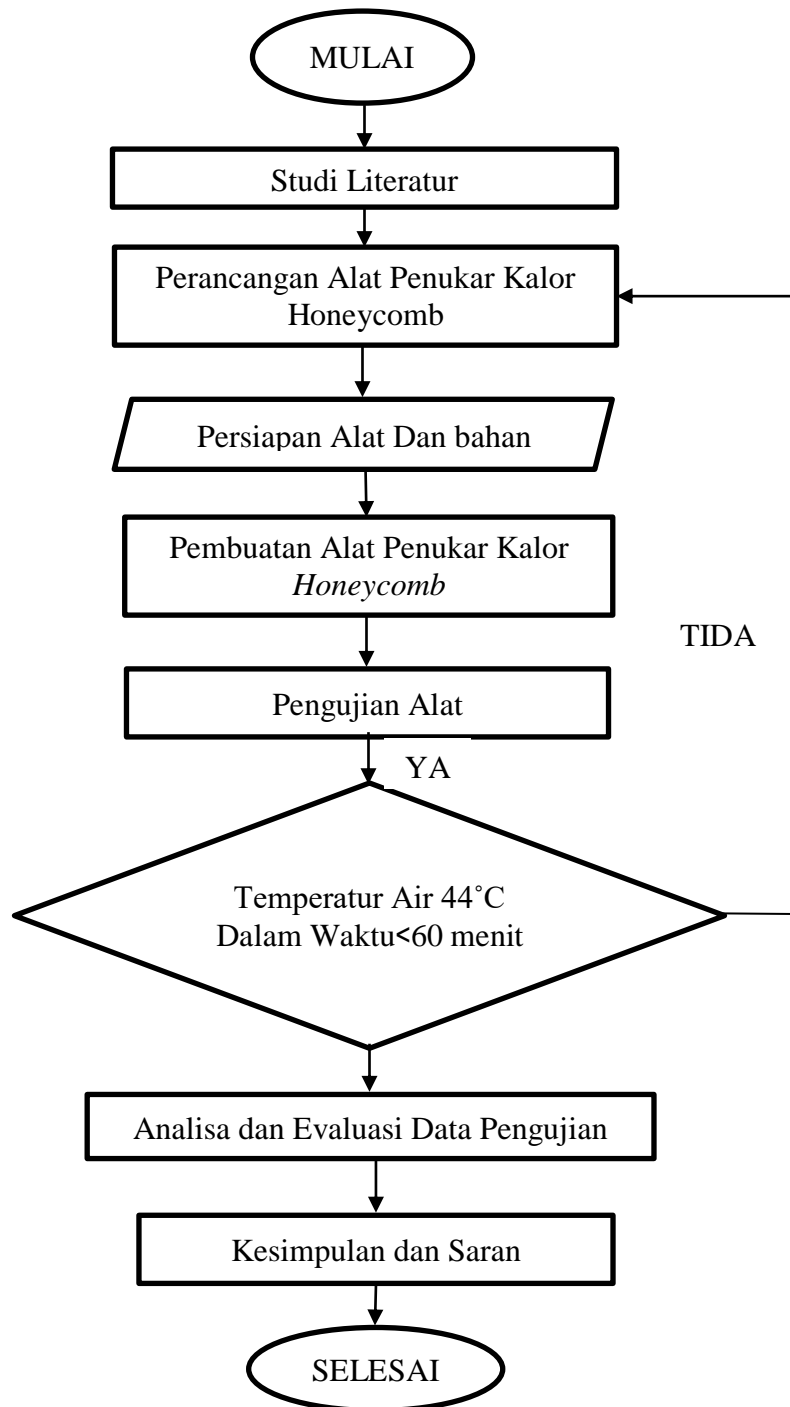
ACWH berfungsi sebagai pemanas air yang memanfaatkan panas buang keluaran kompresor pada sistem AC. Rangkaian alat uji ACWH terdiri dari:

- AC *split* 1 PK
- Tangki Penyimpanan Air (*Water storage*) yang berbentuk kerucut dengan;
 - Tinggi tangki : 61 cm
 - Diameter atas tangki : 30 cm
 - Diameter bawah tangki : 40 cm
 - Volume air : 60 L
- Arduino Uno
 - Operating voltage : 5 V
 - Input voltage : 6 – 20 V
- Sensor Suhu
 - Tipe : DS18B20
 - Suhu max : 135 °C
 - Suhu min : -35 °C



Gambar 3.19. Alat Uji ACWH

3.3 Diagram Alir Penelitian



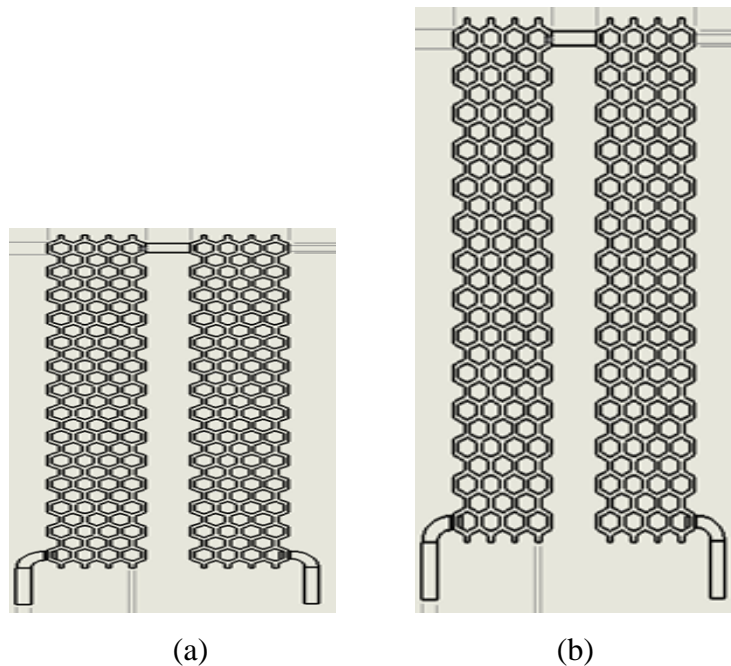
Gambar 3.20. Diagram alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan dari gambar 3.20 diatas:

1. Study Literatur, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang

meliputin mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.

2. Perancangan adalah penggambaran, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi perancangan sistem dapat dirancang dalam bentuk bagan alir sistem. Sketsa rancangan *honeycomb* dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21. (a) sketsa rancangan *honeycomb* 30 cm, (b) sketsa rancangan *honeycomb* 60 cm

3. Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan dalam penelitian.
4. Membuat APK yang berbentuk struktur sarang lebah (*honeycomb*) dengan dimensi ukuran sisi *hexagonal* 6 mm.
5. Melakukan pengujian pada APK sarang lebah (*honeycomb*) yang diuji pada alat ACWH.
6. Temperatur air yang diinginkan adalah lebih tinggi dari temperatur yang dihasilkan APK *Helical-coil*.
7. Mencatat hasil pengujian dan Menganalisa hasil pengujian serta melakukan evaluasi.
8. Menyimpulkan hasil pengujian yang telah di evaluasi.

9. Selesai

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Perancangan APK berbentuk Sarang Lebah (*Honeycomb*)

Adapun langkah-langkah dari perancangan *honeycomb* sebagai berikut :

- Menyediakan laptop.
- Membuka *software solidworks 2014* pada laptop.
- Kemudian merancang *honeycomb* sesuai dengan ukuran yang digunakan pada perencanaan *honeycomb* yaitu : panjang 30 cm dan 60 cm serta sisi *hexagonal* 6 mm.
- Selesai.

3.5 Prosedur Pembuatan *honeycomb*

Adapun langkah-langkah pembuatan alat penukar kalor *honeycomb* sebagai berikut :

- Menyiapkan peralatan seperti : 1. gunting potong 2. palu 3. penjepit 4. mesin bor 5. Gas *portable* 6. Cetakan *honeycomb*.
- Memotong plat tembaga menggunakan gunting potong dengan ukuran yang di inginkan.
- Mencetak plat tembaga menggunakan cetakan *honeycomb* dengan ukuran sisi hexagonal 6 mm dengan cara memukul plat tembaga yang sudah di potong dan di jepit di cetakan menggunakan palu.
- Membuat lubang menggunakan mesin bor dengan mata bor 5 mm di sisi hexagonal bertujuan untuk mengalirkan refrigerant ke alat penukar kalor.
- Mengelas plat tembaga yang sudah di cetak dan di lubangin agar menjadi alat penukar kalor *honeycomb* dengan alat bantu kawat las tembaga sebagai media penyambungan.
- Mengelas tutup alat penukar kalor *honeycomb*.
- Kemudian memasang alat penukar kalor *honeycomb* ke tangki.
- Setelah itu menyambung alat penukar kalor *honeycomb* ke jalur *refrigerant* masuk kondensor dan keluar kompresor ke kondensor menggunakan nepel.

- Selesai.

3.6 Prosedur Pengujian

1. Set-up alat uji ACWH
2. Memasangkan APK *honeycomb* ke dalam tangki air ACWH.
3. Mengisi tangki penyimpanan ACWH dengan air sebanyak 60 L.
4. Menghubungkan sensor suhu DS18B20 ke arduino uno.
5. Menghidupkan laptop dan membuka program arduino. Kemudian hubungkan arduino uno ke laptop.
6. Hidupkan alat uji ACWH, kemudian pasang alat *manifold gauge* untuk mengisi *Freon* dan mengetahui tekanan *Freon*.

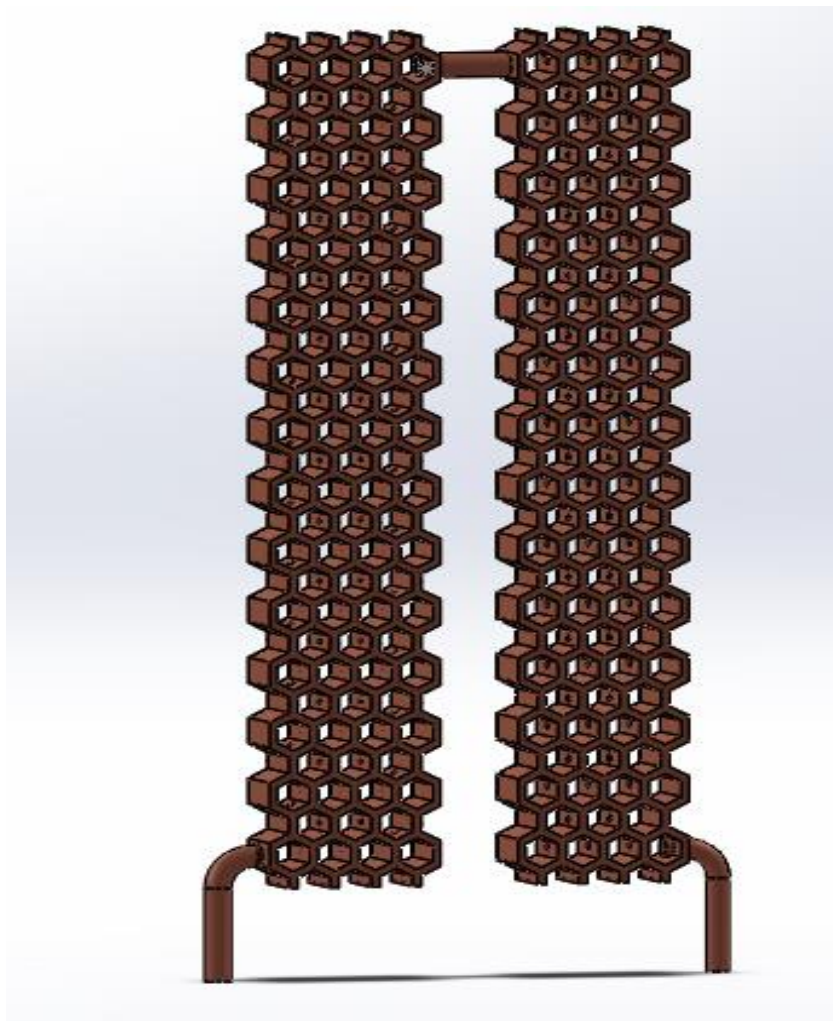
Sebelum melakukan penelitian dan pengambilan data pada ACWH terlebih dahulu dilakukan pengujian, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah mesin bekerja dengan baik atau tidak. Jika mesin belum beroperasi dengan baik seperti ada kebocoran *Freon*, atau AC tidak bekerja maksimal, maka mesin atau alat harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian

7. Kemudian amati dan catat data pengujian hingga suhu air yang ada di dalam tangki mencapai suhu air yang diinginkan dalam waktu 60 menit. Pengambilan data pada pengujian meliputi; tekanan *refrigerant*, temperature keluar kompresor, temperature masuk kondensor dan suhu air di dalam tangki.
8. Pengujian dilakukan 3 kali yaitu pada temperature evaporator 16°C, 18°C, dan 20°C.
9. Ketika pengujian telah selesai dilakukan kemudian matikan kembali alat uji ACWH, Lepaskan sensor suhu dari arduino, lepaskan *manifold gauge* dari alat ACWH, kemudian keluarkan air yang ada di dalam tangki. Dan terakhir bersihkan seluruh perlengkapan yang telah digunakan agar kondisi alat tidak rusak ketika ingin digunakan kembali.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan APK *Honeycomb*

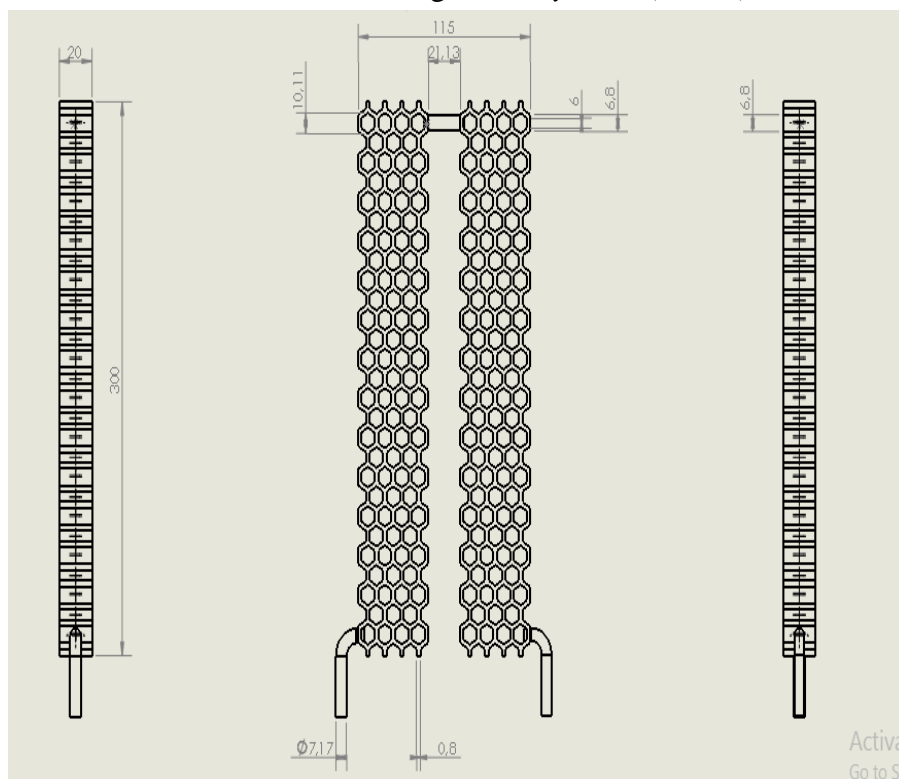
Proses perancangan APK *honeycomb* menggunakan *solidworks* 2014. APK *honeycomb* dirancang dengan 2 ukuran yang berbeda yaitu ukuran panjang 30 cm dan ukuran panjang 60 cm. dan hasil rancangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.3. Rancangan *Honeycomb* (50%)



Gambar 4.1. Rancangan *Honeycomb* (100 %)



Gambar 4.3. Dimensi Rancangan *Honeycomb*

- Selesai.

4.2 Pembuatan APK *Honeycomb*

Adapun langkah-langkah pembuatan alat penukar kalor honeycomb sebagai berikut :

- Menyiapkan peralatan dan bahan yang digunakan dalam pembuatan honeycomb yaitu:

1. plat tembaga
2. gunting potong
3. palu
4. penjepit
5. mesin bor
6. gas *portable*
7. cetakan *honeycomb*.

- Memotong pelat tembaga sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan yaitu dengan lebar 20 mm. Proses pemotongan pelat dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4. Pemotongan Pelat Tembaga

- Mencetak plat tembaga menggunakan cetakan *honeycomb* dengan ukuran sisi hexagonal 6 mm dengan cara memukul plat tembaga yang sudah di potong dan di jepit di cetakan menggunakan palu. Proses pencetakan dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5. Pembentukan inti Struktur *honeycomb*

- Membuat lubang pada sisi inti pada struktur sarang lebah (*honeycomb*) menggunakan mesin bor dengan ukuran mata bor 5 mm. tujuan dilubangnya sisi *honeycomb* sesuai yang telah ditentukan adalah sebagai jalur aliran refrigeran. Proses pembuatan lubang dapat dilihat pada gambar 4.6.

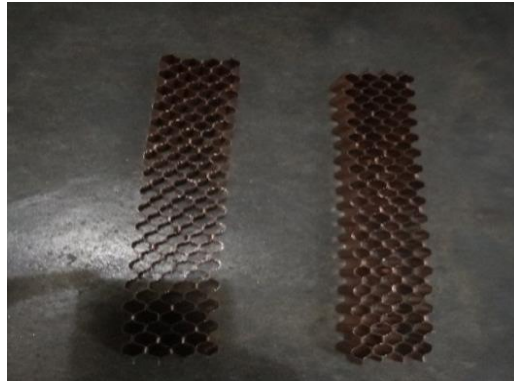


Gambar 4.6. Pembuatan Lubang

- Mengelas plat tembaga yang sudah di cetak dan di lubangi agar menjadi alat penukar kalor *honeycomb* dengan alat bantu kawat las tembaga sebagai media penyambungan. Proses pengelasan dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Proses pengelasan



Gambar 4.8. Hasil Pengelasan

- Mengelas tutup alat penukar kalor *honeycomb*

Tujuan dilasnya kedua permukaan *honeycomb* ini adalah agar struktur *honeycomb* lebih kuat serta mencegah kebocoran *honeycomb*. Karena struktur *honeycomb* akan di aliri *refrigeran* yang bertekanan dan bertemperatur cukup tinggi. Proses pengelasan tutup dapat dilihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9. Proses Pengelasan Tutup



Gambar 4.10. Hasil Pengelasan Tutup

4.3 Proses Pengujian

Sebelum melakukan penelitian dan pengambilan data pada ACWH terlebih dahulu dilakukan pengujian, hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah mesin bekerja dengan baik atau tidak. Jika mesin belum beroperasi dengan baik seperti ada kebocoran *Freon*, atau AC tidak bekerja maksimal, maka mesin atau alat harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian. Prosedur pengujian ACWH meliputi :

1. Pemasangan APK *honeycomb* ke tangki



Gambar 4.11. Pemasangan *Honeycomb* ke tangki

2. Penyambungan APK ke jalur aliran *refrigerant*

Penyambungan ini bertujuan untuk mengalirkan *refrigerant* dari kompresor AC ke APK dan kemudian dialirkan ke kondensor. Penyambungan ini menggunakan nepel yang dikunci dengan kuat hingga *refrigerant* tidak bocor. Proses penyambungan dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Penyambungan Alat Penukar Kalor ke Jalur *Refrigerant*

3. Pengisian *Freon*, yaitu proses pengisian *Freon* yang berfungsi sebagai fluida untuk beban pendinginan pada AC dan di alirkan ke alat penukar kalor *honeycomb*.



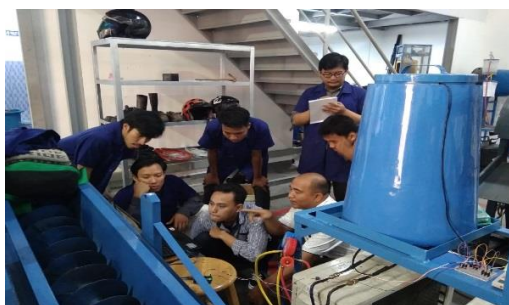
Gambar 4.13. Pengisian Freon

4. Pengisian air kedalam tangki,yaitu proses pengisian air kedalam tangki berfungsi sebagai media pengujian.



Gambar 4.14. Pengisian Air

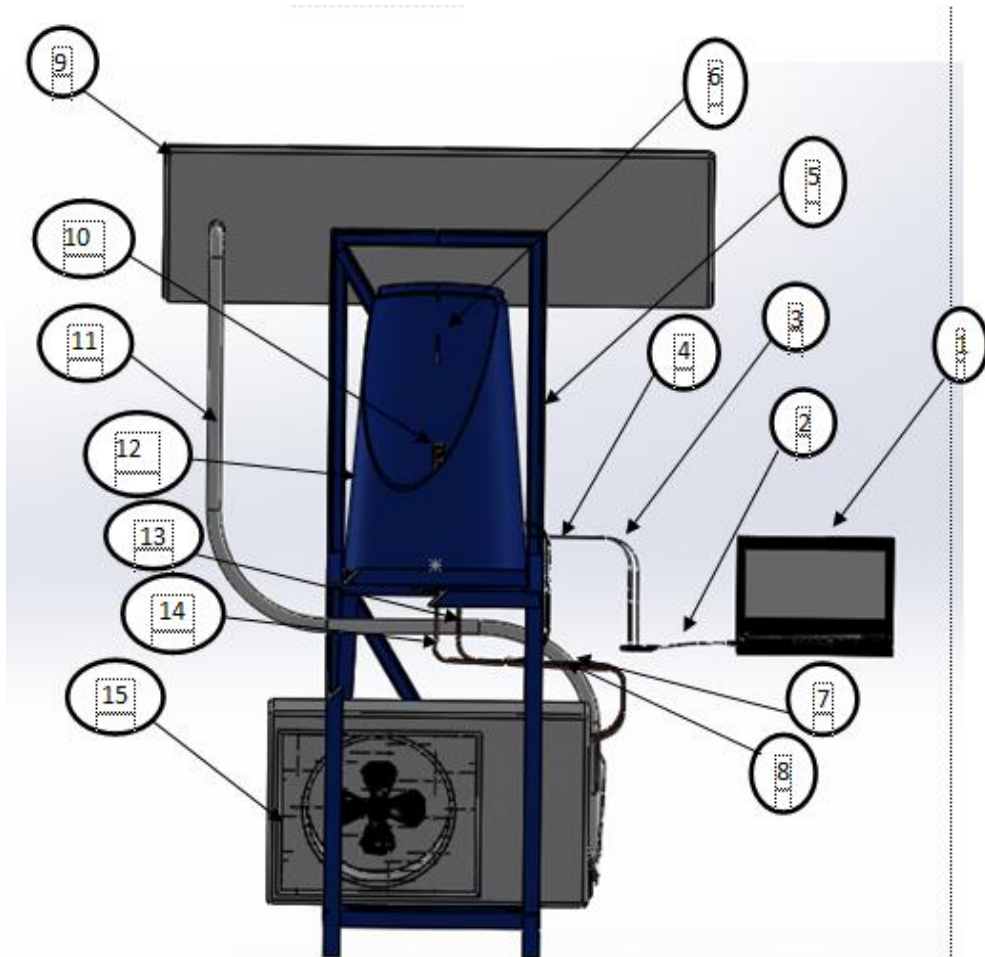
5. Proses Pengambilan data, Pada proses ini melakukan proses pengujian untuk pengumpulan dan pengambilan data dari mesin ACWH untuk penelitian masing-masing. Proses pengambilan data ini meliputi pengambilan data temperatur air,temperatur *refrigerant* masuk kondensor dan temperatur *refrigerant* keluar kompresor pada temperatur AC 16°C,18°C dan 20°C. Pengambilan data berlangsung selama 60 menit.



Gambar 4.15. Pengambilan Data

4.4 Set Up Alat Uji ACWH *Honeycomb*

Bagian-bagian dan komponen dari ACWH dengan penambahan *honeycomb* yang telah dirancang dan disusun dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Bagian-Bagian Komponen Alat Uji ACWH (*Honeycomb*)

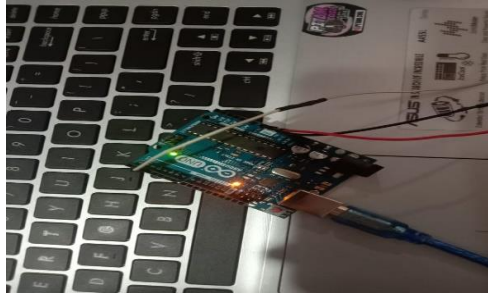
Keterangan :

1. Laptop



Gambar 4.17. Laptop

2. Arduino uno



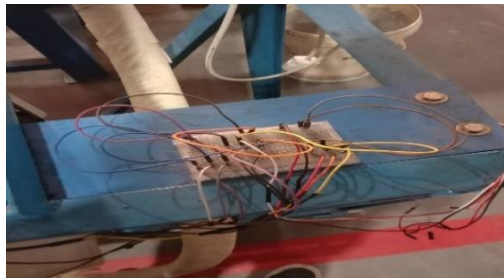
Gambar 4.18. Arduino Uno

3. Kabel koneksi arduino uno ke *Bread Board*



Gambar 4.19. Kabel Koneksi

4. *Bread board*



Gambar 4.20. *Bread Board*

5. Tangki



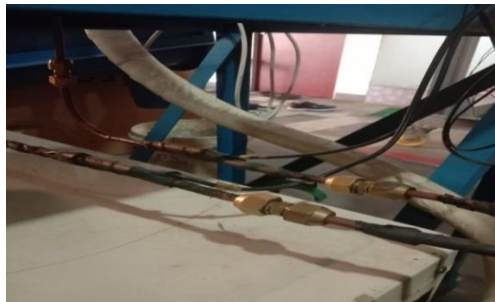
Gambar 4.21. Tangki

6. Sensor suhu air



Gambar 4.22. Sensor Suhu Air

7. Sensor suhu keluar kompresor



Gambar 4.23. Sensor Suhu Keluar Kompresor

8. Sensor suhu masuk kondensor



Gambar 4.24. Sensor Suhu Masuk Kondensor

9. Unit *indoor* AC



Gambar 4.25. Unit *Indoor* AC

10. APK *honeycomb*



Gambar 4.26. APK *Honeycomb*

11. Pipa *Freon*



Gambar 4.27. Pipa *Freon*

12. Rangka



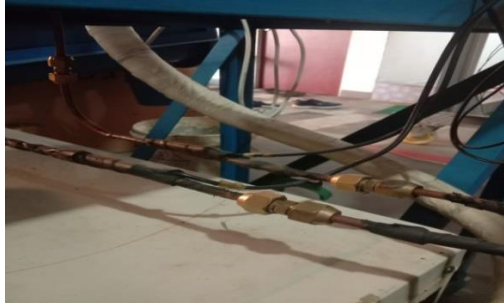
Gambar 4.28. Rangka

13. Pipa keluar kompresor



Gambar 4.29. Pipa Keluar Kompresor

14. Pipa masuk kondensor



Gambar 4.30. Pipa Masuk Kondensor

15. Unit *outdoor* AC



Gambar 4.31. Unit Outdoor AC

4.5. Hasil Pengujian

Bersumber pada hasil pengujian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, tentang kinerja dari *Air Conditioning Water Heater*, diperoleh data dan variabel yang dapat menjawab persoalan-persoalan pada data tersebut, serta memberikan suatu gambaran dengan data dalam bentuk table dan juga dilengkapi dengan grafik.

Data-data dari hasil percobaan yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini akan dijelaskan atau diuraikan dalam bab 4 ini dalam bentuk perhitungan guna memperoleh variabel yang diinginkan. Selanjutnya dibawah ini adalah bentuk data dari hasil percobaan dan pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian yang dilakukan pada mesin *Air Conditioning Water Heater*, serta data dari perhitungan yang dilaksanakan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi dari *honeycomb* ke air.

4.5.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Air Pada APK *Honeycomb* 30 cm dan 60 cm

Pada pelaksanaan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pada temperatur AC 16 °C, 18 °C, dan 20 °C. Pengujian menggunakan arduino uno dan memakai *software* PLX-DAQ untuk me-*record* data pengujian. Sample data yang di *record* menggunakan PLX-DAQ dapat dilihat pada gambar 4.32.

	A	B	C	D	E	F
1	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	temperatur air	temperatur keluar kompressor	temperatur masuk kondensor		
2	16:38:20	28.37	32.63	29.12		
3	16:38:22	28.44	32.69	29.12		
4	16:38:23	28.44	32.56	29.12		
5	16:38:25	28.44	32.63	29.06		
6	16:38:26	28.31	32.56	29.12		
7	16:38:28	28.31	32.5	29.06		
8	16:38:29	28.31	32.5	29.06		
9	16:38:31	28.37	32.5	29.06	awal	
10	16:38:33	28.25	32.5	29.06		
11	16:38:34	28.31	32.63	29.06		
12				29.06		
13	16:38:39	28.44	34.06	29.12		
14	16:38:39	28.37	35.13	29.12		
15	16:38:40	28.44	36.19	29.12		
16	16:38:42	28.50	37.25	29.12		
17	16:38:43	28.75	38.25	29.06		
18	16:38:45	28.94	39.19	29.19		
19	16:38:47	29.25	40.13	29		
20	16:38:48	29.37	41.06	29		
21	16:38:50	29.50	41.88	29.12		
22	16:38:51	29.62	42.75	29.06		
23	16:38:53	29.75	43.5	29.12		
24	16:38:54	29.87	44.25	29.19		
25	16:38:56	29.94	44.94	29.12		
26	16:38:57	29.94	45.63	29.06		

Gambar 4.32. Sample Data Temperatur Air Pada Waktu Awal

	A	B	C	D	E	F	G
386	16:48:18	41.44	98.75	41.88			
387	16:48:20	41.63	98.69	41.88			
388	16:48:21	41.63	98.75	41.94			
389	16:48:23	41.63	98.75	41.88			
390	16:48:25	41.88	98.81	41.88			
391	16:48:26	41.75	98.87	41.94			
392	16:48:28	41.94	98.87	42			
393	16:48:29	42.00	98.94	41.88			
394	16:48:31	42.19	99	41.94			
395	16:48:33	42.38	99.06	41.94			
396	16:48:34	42.56	99.06	41.94			
397	16:48:36	42.75	99.12	41.94			
398	16:48:37	42.88	99.19	41.94			
399	16:48:39	43.00	99.25	42			
400	16:48:40	43.06	99.31	42.06			
401	16:48:42	43.06	99.37	42.13			
402	16:48:44	43.06	99.37	42.06			
403	16:48:45	43.19	99.44	42.06			
404	16:48:47	43.13	99.5	42.06			
405	16:48:48	43.38	99.56	42.13			
406	16:48:50	43.50	99.56	42.13			
407	16:48:51	43.50	99.62	42.13			
408	16:48:53	43.56	99.69	42.25			
409	16:48:55	43.50	99.75	42.19			
410	16:48:56	43.50	99.81	42.19			
411	16:48:58	43.63	99.81	42.25			
412	16:48:59	43.69	99.87	42.31			
413	16:49:01	43.75	99.94	42.31			

Gambar 4.33. Sample Data Temperatur Air Pada Waktu 10 menit

	A	B	C	D	E	F
764	16:58:15	46.56	97.87	47.75		
765	16:58:16	46.63	97.94	47.81		
766	16:58:18	46.56	98	47.88		
767	16:58:20	46.56	98	47.94		
768	16:58:21	46.69	98.06	47.88		
769	16:58:23	46.63	98.12	47.88		
770	16:58:24	46.75	98.25	48		
771	16:58:26	46.75	98.25	47.94		
772	16:58:27	46.63	98.31	47.88		
773	16:58:29	46.75	98.37	48		
774	16:58:31	46.69	98.37	47.94		
775	16:58:32	46.81	98.44	48		
776	16:58:34	46.69	98.37	48		
777	16:58:35	46.75	98.37	48		
778	16:58:37	46.69	98.44	48.06		
779	16:58:39	46.81	98.37	48.06		
780	16:58:40	46.75	98.31	48.06		
781	16:58:42	46.88	98.19	48.06		
782	16:58:43	46.75	98.19	48.06		
783	16:58:45	46.81	98.12	48.06		
784	16:58:46	46.75	98.06	48		
785	16:58:48	46.75	98	48.06		
786	16:58:50	46.88	97.94	48.06		
787	16:58:51	46.81	97.94	48.06		
788	16:58:53	46.81	97.87	48.13		
789	16:58:54	46.88	97.81	48.06		
790	16:58:56	46.88	98.06	48.19		
791	16:58:57	46.81	97.81	48.13		

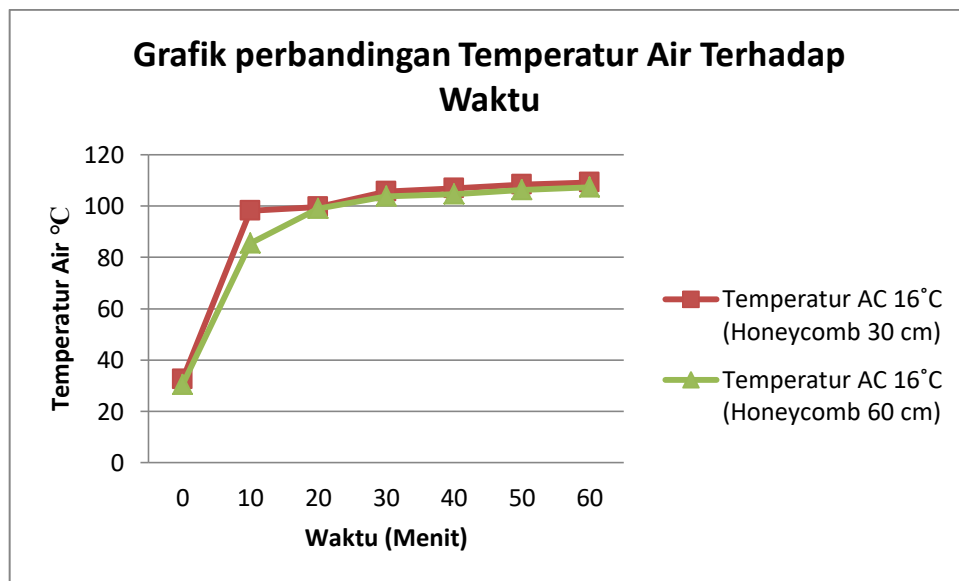
Gambar 4.34. Sample Data Temperatur Air Pada Waktu 20 menit

Selanjutnya sample data sampai waktu 1 jam (60 menit) dapat di lihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Air

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (Honeycomb 30 cm)	Temperatur AC 16°C (Honeycomb 60 cm)	Temperatur AC 18°C (Honeycomb 30 cm)	Temperatur AC 18°C (Honeycomb 60 cm)	Temperatur AC 20°C (Honeycomb 30 cm)	Temperatur AC 20°C (Honeycomb 60 cm)
0	27.94	28.37	28.19	29.06	28.13	29.19
10	33.34	42.19	31.69	34.25	31.69	33.50
20	37.63	46.69	37.25	40.13	35.50	41.56
30	42.06	48.31	40.25	43.94	40.69	46.44
40	47.25	50.31	45.19	46.13	45.06	47.69
50	51.19	51.81	48.88	49.75	48.31	49.63
60	53.75	54.13	51.81	53.06	50.13	51.75

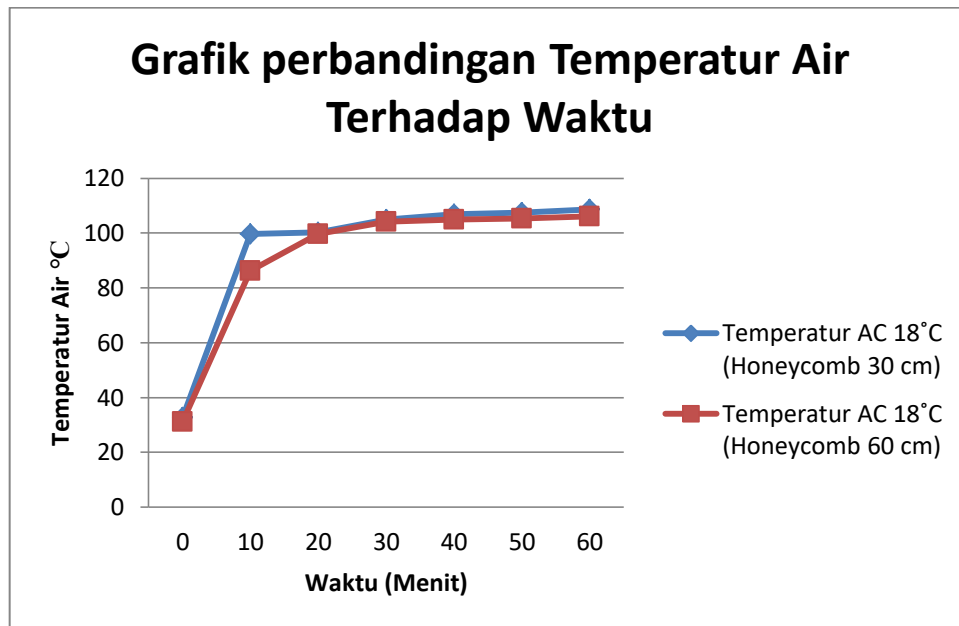
Adapun grafik perbandingan dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C

Pada gambar 4.35 dihasilkan grafik waktu terhadap temperatur air pada *honeycomb* 30 cm dan 60 cm, Temperatur air tertinggi dihasilkan oleh *honeycomb* yang memiliki panjang 60 cm yaitu sebesar 54,13°C. sedangkan temperatur air terendah dihasilkan oleh *honeycomb* yang memiliki panjang 30 cm yaitu 53,75°C.

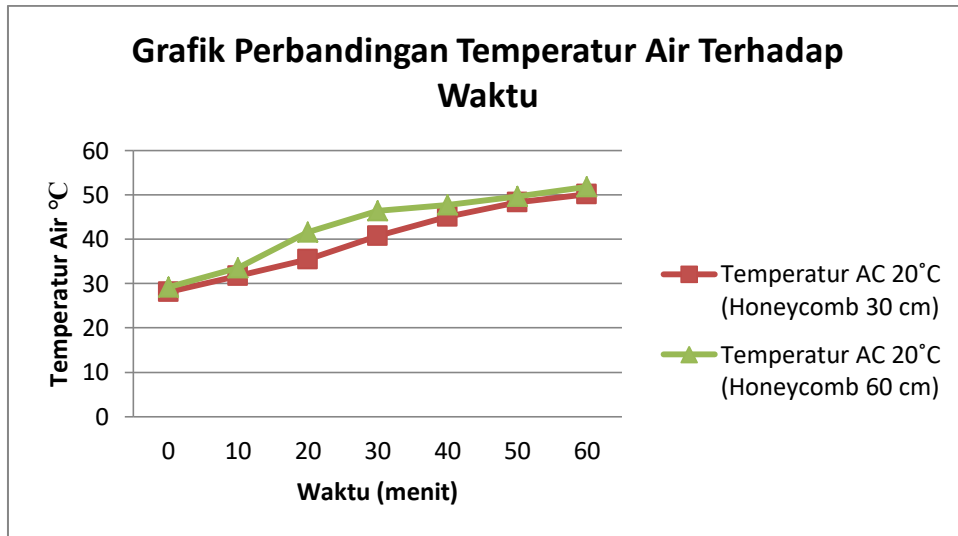
Grafik perbandingan temperature air terhadap waktu pada Temperatur AC 18°C pada *honeycomb* 30 cm dan 60 cm bisa dilihat pada gambar 4.36 dibawah ini :



Gambar 4.36. Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C

.Pada gambar 4.36 dihasilkan grafik waktu terhadap temperatur air pada *honeycomb* 30 cm dan 60 cm, perbedaan yang terlihat sangat kecil pada temperatur air pada suhu AC 18°C pada *honeycomb* 60 cm dan 30 cm. Temperatur air tertinggi dihasilkan oleh *honeycomb* yang memiliki panjang 60 cm yaitu sebesar 53,06°C

Grafik perbandingan temperature air terhadap waktu pada *honeycomb* 60 cm dan 30 cm pada temperature AC 20°C dapat dilihat pada gambar 4.37.



Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Temperatur Air Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C

Pada gambar 4.37 di hasilkan grafik perbandingan temperatur air terhadap waktu pada *honeycomb* ukuran panjang 30 cm dan 60 cm. Temperatur air yang tertinggi dihasilkan pada *honeycomb* ukuran panjang 60 cm dengan temperatur air 51,75°C.

4.5.2 Data Pengujian Waktu Terhadap Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor

Pada saat pelaksanaan pengujian, diperoleh temperatur *refrigeran* keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

	A	B	C	D	E	F
	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	temperatur air	temperatur keluar kompresor	temperatur masuk kondensor		
1	16:38:20	28.37	32.63	29.12		
3	16:38:22	28.44	32.69	29.12		
4	16:38:23	28.44	32.56	29.12		
5	16:38:25	28.44	32.63	29.06		
6	16:38:26	28.31	32.56	29.12		
7	16:38:28	29.31	32.5	29.06		
8	16:38:29	28.31	32.5	29.06		
9	16:38:31	28.37	32.50	29.06	awal	
10	16:38:33	28.25	32.5	29.06		
11	16:38:34	28.31	32.63	29.06		
12				29.06		
13	16:38:39	28.44	34.06	29.12		
14	16:38:39	28.37	35.13	29.12		
15	16:38:40	28.44	36.19	29.12		
16	16:38:42	28.50	37.25	29.12		
17	16:38:43	28.75	38.25	29.06		
18	16:38:45	28.94	39.19	29.19		
19	16:38:47	29.25	40.13	29		
20	16:38:48	29.37	41.06	29		
21	16:38:50	29.50	41.88	29.12		
22	16:38:51	29.62	42.75	29.06		
23	16:38:53	29.75	43.5	29.12		
24	16:38:54	29.87	44.25	29.19		
25	16:38:56	29.94	44.94	29.12		
26	16:38:57	29.94	45.63	29.06		

Gambar 4.38. Sample Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu Awal

	A	B	C	D	E
343	16:47:10	36.38	98.87	41.13	
344	16:47:12	36.50	98.81	41.06	
345	16:47:14	36.56	98.75	41.13	
346	16:47:15	36.63	98.75	41.13	
347	16:47:17	36.69	98.69	41.25	
348	16:47:18	36.75	98.69	41.19	
349	16:47:20	36.75	98.69	41.19	
350	16:47:22	36.75	98.75	41.25	
351	16:47:23	36.81	98.62	41.25	
352	16:47:25	36.81	98.62	41.25	
353	16:47:26	36.94	98.62	41.25	
354	16:47:28	37.00	98.62	41.31	
355	16:47:29	36.94	98.56	41.25	
356	16:47:31	37.25	98.19	41.31	
357	16:47:33	37.31	98.5	41.31	
358	16:47:34	37.31	98.44	41.38	
359	16:47:36	37.69	98.5	41.38	
360	16:47:37	37.69	98.44	41.31	
361	16:47:39	37.75	98.44	41.38	
362	16:47:40	37.81	98.44	41.38	
363	16:47:42	37.88	98.44	41.38	
364	16:47:44	37.88	98.5	41.38	
365	16:47:45	37.94	98.44	41.44	
366	16:47:47	37.88	98.5	41.5	
367	16:47:48	38.06	98.5	41.44	
368	16:47:50	38.13	98.5	41.44	
369	16:47:51	38.25	98.5	41.5	
370	16:47:53	38.31	98.5	41.5	

Simple Data | Simple Data with Plots | Interactive Bar Graph

EDIT

Gambar 4.39. Sample Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 10 menit

	A	B	C	D	E	F
928	17:02:34	46.94	99.81	49.69		
929	17:02:35	46.75	99.81	49.75		
930	17:02:37	46.69	99.81	49.69		
931	17:02:38	46.75	99.81	49.69		
932	17:02:40	46.81	99.75	49.69		
933	17:02:42	46.75	99.75	49.69		
934	17:02:43	46.75	99.69	49.75		
935	17:02:45	46.69	99.69	49.75		
936	17:02:46	46.50	99.62	49.81		
937	17:02:48	46.44	99.56	49.75		
938	17:02:49	46.50	99.5	49.75		
939	17:02:51	46.50	99.44	49.75		
940	17:02:53	46.69	99.37	49.81		
941	17:02:54	46.69	99.31	49.75		
942	17:02:56	46.75	99.25	49.81		
943	17:02:57	46.69	99.19	49.88		
944	17:02:59	46.75	99.12	49.81		
945	17:03:00	46.81	99.12	49.75		
946	17:03:02	46.81	99.12	49.81		
947	17:03:04	46.75	99.19	49.88		
948	17:03:05	46.75	99.25	49.81		
949	17:03:07	46.81	99.31	49.81		
950	17:03:08	46.94	99.37	49.81		
951	17:03:10	46.88	99.5	49.81		
952	17:03:11	47.00	99.56	49.88		
953	17:03:13	47.00	99.62	49.81		
954	17:03:15	46.88	99.69	49.94		
955	17:03:16	47.00	99.69	49.94		

Simple Data | Simple Data with Plots | Interactive Bar Graph

READY

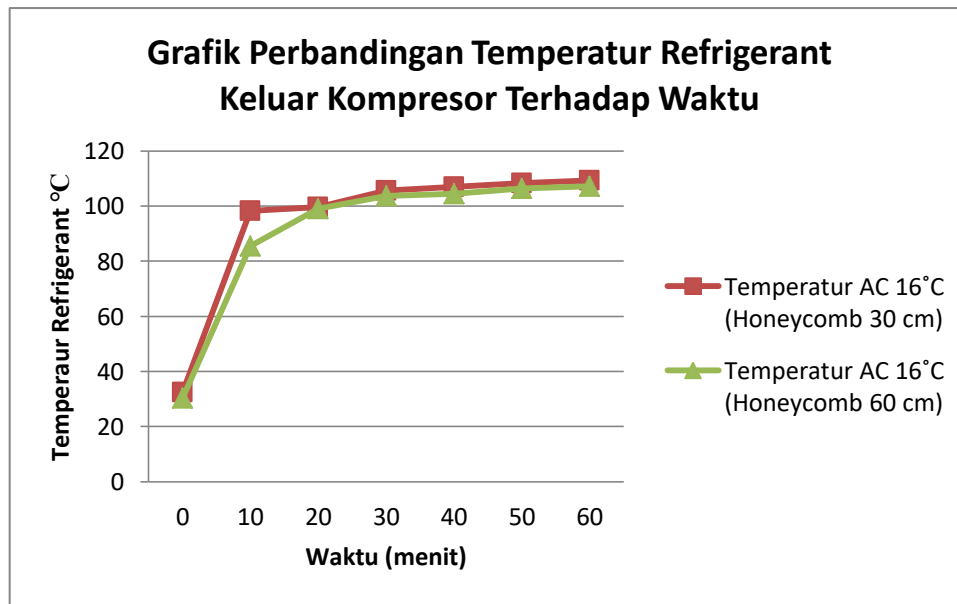
Gambar 4.40. Sample Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 20 Menit

Selanjutnya sample data sampai waktu 1 jam (60 menit) dapat di lihat pada tabel 4.2 :

Table 4.2 Data Hasil Pengujian Temperatur *refrigerant* Keluar Kompresor

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (<i>Honeycomb</i> b 30 cm)	Temperatur AC 16°C (<i>Honeycomb</i> b 60 cm)	Temperatur AC 18°C (<i>Honeycomb</i> b 30 cm)	Temperatur AC 18°C (<i>Honeycomb</i> b 60 cm)	Temperatur AC 20°C (<i>Honeycomb</i> b 30 cm)	Temperatur AC 20°C (<i>Honeycomb</i> b 60 cm)
0	32.50	30.31	32.63	31.06	31.75	30.56
10	98.19	85.44	99.62	86.19	99.84	88.37
20	99.56	98.94	100.19	99.62	100.11	99.84
30	105.56	103.69	104.94	104.13	103.19	103.13
40	106.94	104.50	106.81	104.88	105.75	104.88
50	108.37	106.36	107.44	105.37	106.03	105.16
60	109.21	107.25	108.69	106.19	107.19	106.06

Adapun grafik perbandingannya pada temperature AC 16°C dapat dilihat pada gambar 4.41:

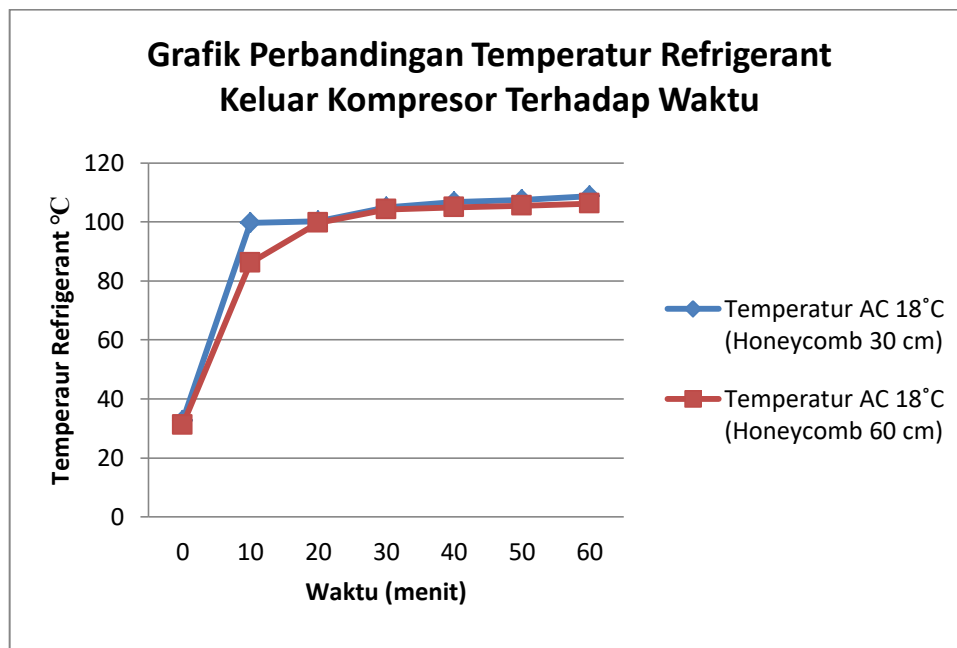


Gambar 4.41. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C

Pada gambar 4.41 dihasilkan grafik perbandingan waktu terhadap temperature *refrigerant* keluaran kompresor. Pada gambar diatas perbedaan yang dihasilkan

tidak terlalu jauh pada masing-masing temperatur. Temperatur keluar kompresor tertinggi dihasilkan oleh *honeycomb* ukuran panjang 30 cm yaitu sebesar 109,21°C

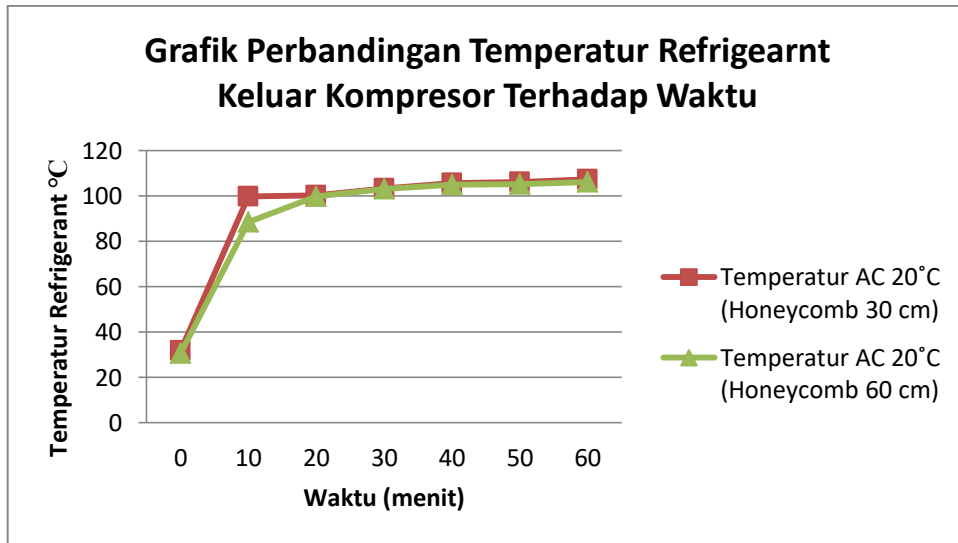
Grafik perbandingan *refrigerant* keluaran kompresor pada temperature AC 18°C dapat dilihat pada gambar 4.42.



Gambar 4.42. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C

Gambar 4.42 diatas adalah grafik perbandingan temperature *refrigerant* keluar kompresor terhadap waktu pada temperature AC 18°C. Temperatur Temperatur keluar kompresor tertinggi dihasilkan oleh *honeycomb* ukuran panjang 30 cm yaitu sebesar 108,69°C

Grafik perbandingan *refrigerant* keluaran kompresor pada temperature AC 20°C dapat dilihat pada gambar 4.43.



Gambar 4.43. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C

Pada gambar 4.43 diatas adalah grafik perbandingan temperature refrigerant keluar kompresor terhadap waktu pada temperature AC 18°C Temperatur keluar kompresor tertinggi dihasilkan oleh *honeycomb* ukuran panjang 30 cm yaitu sebesar 109,21°C

4.5.3. Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigerant* Masuk Kondensor

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperatur *refrigerant* keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.44.

	A	B	C	D	E	F
1	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	temperatur air	temperatur keluar kompresor	temperatur masuk kondensor		
2	16:38:20	28.37	32.63	29.12		
3	16:38:22	28.44	32.69	29.12		
4	16:38:23	28.44	32.56	29.12		
5	16:38:25	28.44	32.63	29.06		
6	16:38:26	28.31	32.66	29.12		
7	16:38:28	28.31	32.5	29.06		
8	16:38:29	28.31	32.5	29.06		
9	16:38:31	28.37	32.5	29.06	awal	
10	16:38:33	28.25	32.5	29.06		
11	16:38:34	28.31	32.63	29.06		
12				29.06		
13	16:38:39	28.44	34.06	29.12		
14	16:38:39	28.37	35.13	29.12		
15	16:38:40	28.44	36.19	29.12		
16	16:38:42	28.50	37.25	29.12		
17	16:38:43	28.75	38.25	29.06		
18	16:38:45	28.94	39.19	29.19		
19	16:38:47	29.25	40.13	29		
20	16:38:48	29.37	41.06	29		
21	16:38:50	29.50	41.88	29.12		
22	16:38:51	29.62	42.75	29.06		
23	16:38:53	29.75	43.5	29.12		
24	16:38:54	29.87	44.25	29.19		
25	16:38:56	29.94	44.94	29.12		
26	16:38:57	29.94	45.63	29.06		

Gambar 4.44 Sample Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu awal

	A	B	C	D	E	F
377	16:48:04	39.75	98.56	41.56		
378	16:48:06	40.00	98.5	41.5		
379	16:48:07	40.31	98.56	41.63		
380	16:48:09	40.56	98.56	41.63		
381	16:48:10	40.81	98.56	41.69		
382	16:48:12	41.06	98.62	41.75		
383	16:48:14	41.19	98.69	41.75		
384	16:48:15	41.31	98.69	41.75		
385	16:48:17	41.38	98.69	41.75		
386	16:48:18	41.44	98.75	41.88		
387	16:48:20	41.63	98.69	41.88		
388	16:48:21	41.63	98.75	41.94		
389	16:48:23	41.63	98.75	41.88		
390	16:48:25	41.88	98.81	41.88		
391	16:48:26	41.75	98.87	41.94		
392	16:48:28	41.94	98.87	42		
393	16:48:29	42.00	98.94	41.88		
394	16:48:31	42.19	99	41.94		
395	16:48:33	42.38	99.06	41.94		
396	16:48:34	42.56	99.06	41.94		
397	16:48:36	42.75	99.12	41.94		
398	16:48:37	42.88	99.19	41.94		
399	16:48:39	43.00	99.25	42		
400	16:48:40	43.06	99.31	42.06		
401	16:48:42	43.06	99.37	42.13		
402	16:48:44	43.06	99.37	42.06		
403	16:48:45	43.19	99.44	42.06		
404	16:48:47	43.13	99.5	42.06		

Gambar 4.45. Sample Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu 10 Menit

	A	B	C	D	E	F
757	16:58:04	46.56	98.19	47.69		
758	16:58:05	46.63	98.06	47.75		
759	16:58:07	46.69	98	47.75		
760	16:58:09	46.63	98	47.75		
761	16:58:10	46.69	97.94	47.81		
762	16:58:12	46.63	97.87	47.81		
763	16:58:13	46.56	97.87	47.75		
764	16:58:15	46.56	97.87	47.75		
765	16:58:16	46.63	97.94	47.81		
766	16:58:18	46.56	98	47.88		
767	16:58:20	46.56	98	47.94		
768	16:58:21	46.69	98.06	47.88		
769	16:58:23	46.63	98.12	47.88		
770	16:58:24	46.75	98.25	48		
771	16:58:26	46.75	98.25	47.94		
772	16:58:27	46.63	98.31	47.88		
773	16:58:29	46.75	98.37	48		
774	16:58:31	46.69	98.37	47.94		
775	16:58:32	46.81	98.44	48		
776	16:58:34	46.69	98.37	48		
777	16:58:35	46.75	98.37	48		
778	16:58:37	46.69	98.44	48.06		
779	16:58:39	46.81	98.37	48.06		
780	16:58:40	46.75	98.31	48.06		
781	16:58:42	46.88	98.19	48.06		
782	16:58:43	46.75	98.19	48.06		
783	16:58:45	46.81	98.12	48.06		
784	16:58:46	46.75	98.06	48		

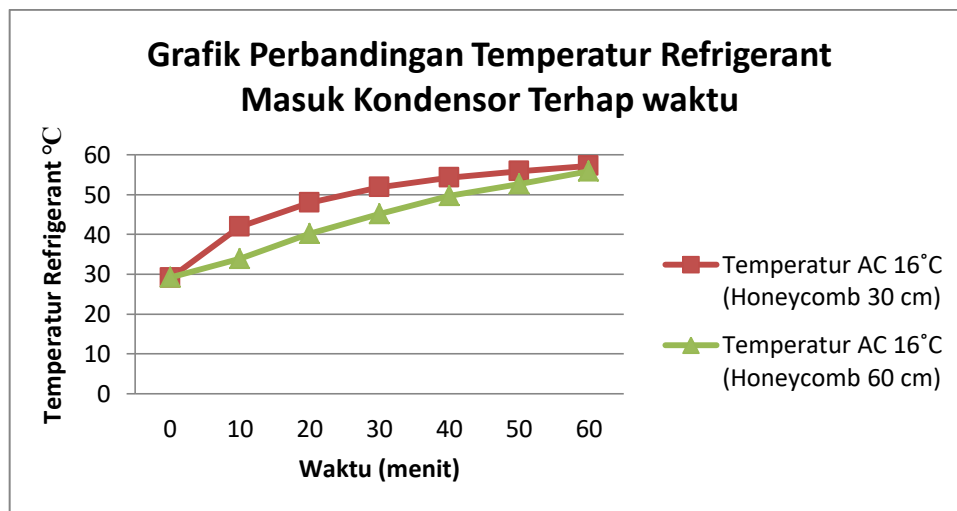
Gambar 4.46. Sample Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu 20 Menit

Selanjutnya sample data sampai waktu 1 jam (60 menit) dapat di lihat pada tabel 4.3.

Table 4.3 Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigerant* Masuk Kondensor

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (<i>Honeycomb</i> 30 cm)	Temperatur AC 16°C (<i>Honeycomb</i> 60 cm)	Temperatur AC 18°C (<i>Honeycomb</i> 30 cm)	Temperatur AC 18°C (<i>Honeycomb</i> 60 cm)	Temperatur AC 20°C (<i>Honeycomb</i> 30 cm)	Temperatur AC 20°C (<i>Honeycomb</i> 60 cm)
0	29.06	29.19	30.37	30.31	32.81	30.06
10	41.94	33.81	54.81	38.88	42.50	41.44
20	47.94	40.13	56.19	44.63	45.63	44.69
30	51.81	45.06	57.44	49.13	49.94	46.75
40	54.25	49.63	58.38	52.56	51.56	49.25
50	55.81	52.69	58.81	55.19	53.69	51.36
60	57.13	55.81	58.94	57.31	55.88	53.31

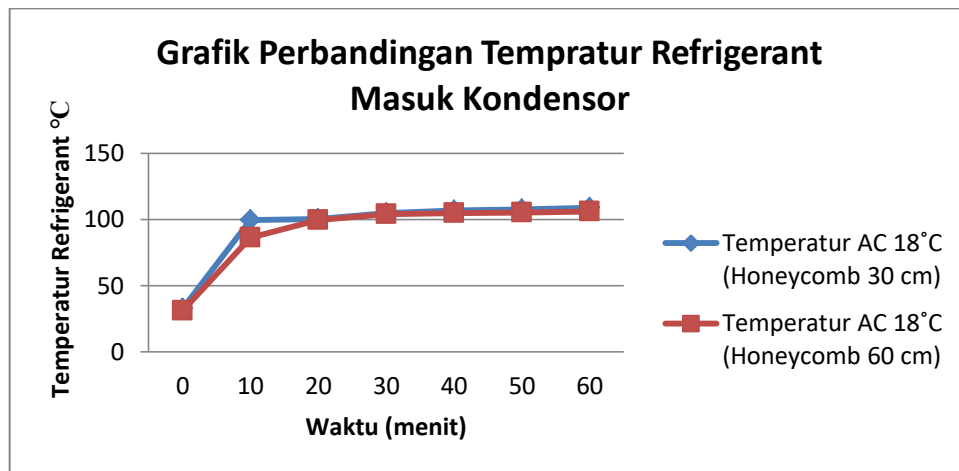
Adapun grafik perbandingannya dapat dilihat pada gambar 4.47.



Gambar 4.47. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 16°C

Gambar 4.47 merupakan grafik dari perbandingan temperature *refrigerant* masuk kondensor terhadap waktu pada temperatur AC 16°C. Temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 30 cm lebih besar dibandingkan dengan temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 60 cm. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

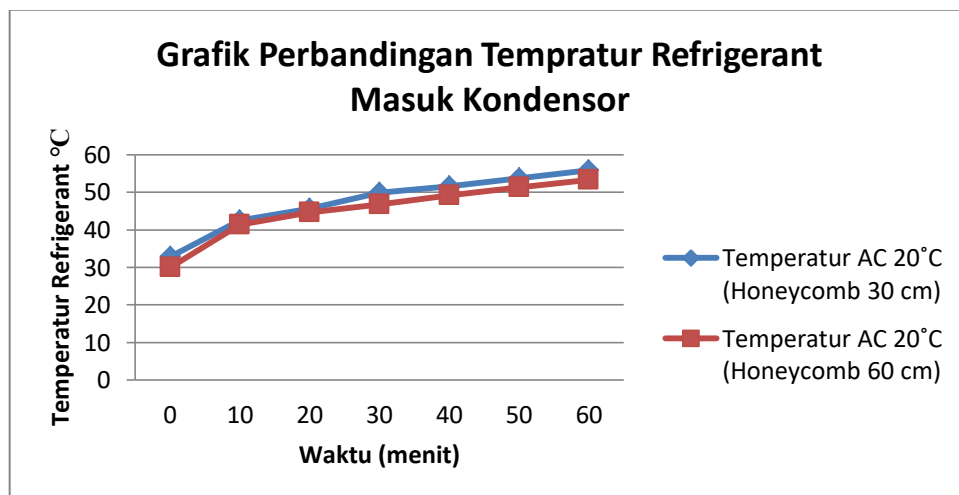
Grafik perbandingan pada temperature AC 18°C dapat dilihat pada gambar 4.48.



Gambar 4.48. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada Honeycomb Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 18°C

Gambar 4.48 merupakan grafik dari perbandingan temperature *refrigerant* masuk kondensor terhadap waktu pada temperatur AC 18°C. Temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 30 cm lebih besar dibandingkan dengan temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 60 cm. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

Grafik perbandingan pada temperature AC 20°C dapat dilihat pada gambar 4.49 dibawah ini :



Gambar 4.49. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Pada Honeycomb Ukuran 30 cm dan 60 cm di temperatur AC 20°C.

Pada gambar 4.49 adalah grafik perbandingan temperature refrigerant masuk kondensor terhadap waktu pada temperature AC 20°C. Temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 30 cm lebih besar dibandingkan dengan temperatur *refrigerant* masuk kondensor APK *honeycomb* ukuran panjang 60 cm. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

4.6 Perhitungan Perpindahan Panas Dari *Honeycomb* ke Air

Perhitungan ini dilakukan dengan cara menghitung perpindahan panas yang terjadi dari *honeycomb* ke air dengan menggunakan 3 temperatur AC yang berbeda dan volume air yang sama yaitu 60 liter. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

4.6.1. Perhitungan Perpindahan Panas *Honeycomb* Ukuran panjang 30 cm

1. Perhitungan pada temperatur AC 16°C

Pada saat proses pengujian diketahui data sebagai berikut:

Dik: Volume air (V)	= 60 liter = 60 kg
Panjang Plat honeycomb (L)	= 60 cm = 0,6 m
Sisi Hexagonal (r)	= 6 mm = 0,006 m
Tinggi Hexagonal (t)	= 20.8 mm = 0,0208 m
Temperatur awal air (T _{ai})	= 27,94 °C
Temperatur akhir air (T _{ao})	= 53,75 °C
ΔT _{air}	= 25,81 °C
Temperatur masuk tangki (T _{ci})	= 94,33 °C
Temperatur keluar tangki (T _{co})	= 48,13 °C
ΔT _{coil}	= 46,2 °C
Waktu pemanasan (Δt)	= 1 jam = 3600 detik
Luas Penampang Aliran (A)	
	$= 3r(r\sqrt{3} + 2t)$
	$= 3 \cdot 0,006(0,006\sqrt{3} + 2 \cdot 0,0208)$
	$= 0,000935 \text{ m}^2$

$$\text{Daya Kompresor} = 880 \text{ W} = 0,88 \text{ kw}$$

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

$$W = m_{air} + C_{air} + \Delta T_{air}$$

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{27,94 + 53,75}{2} = 40,845^{\circ}C$$

didapat dari tabel

Tabel 4.4 propertis air

T	C_{air}
37,78	4,174
40,845	
43,33	4,174

Interpolasi:

$$C_{air} = 4,174 + (4,174 - 4,174) \cdot \left[\frac{40,845 - 37,78}{43,33 - 37,78} \right]$$

$$C_{air} = 4,174 + (0) \cdot (0,6)$$

$$C_{air} = 4,174 \text{ KJ} / \text{kg} \cdot ^{\circ}C$$

Maka didapat:

$$W = 60 \text{ kg} \times 4174 \text{ J} / \text{kg} \cdot ^{\circ}C \times 25,81^{\circ}C$$

$$W = 64638456,4 \text{ J} = 6,46 \text{ MJ}$$

Untuk menghitung laju *refrigerant* (v) digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

Dimana: ρ = rapat massa (*density*) freon

\dot{m} = laju aliran massa freon

Terlebih dahulu menghitung \dot{m} dengan rumus sebagai berikut ;

$$\dot{m} = \frac{W_c}{H_o - H_i}$$

Dimana ; H_o = Entalpy keluar tangki

H_i = Entalpi masuk tangki

Pada $T_{co} = 48,13^{\circ}C$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.5 propertis *refrigerant* R22

T	H_o
48	417,27
48,13	
50	417,44

Dari hasil interpolasi diperoleh H_o pada Temperatur 48,13°C sebesar $417,28 \text{ kJ/kg}$

Pada $T_{ci} = 94,33^\circ\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.6 propertis *refrigerant* R22

T	H_i
90	401,87
94,33	
95	387,28

Dari hasil interpolasi diperoleh H_i pada Temperatur 94,33°C sebesar $389,24 \text{ kJ/kg}$

Maka didapat:

$$\dot{m} = \frac{0,88 \text{ KW}}{(417,28 - 389,24) \text{ kJ/kg}} = 0,031 \text{ kg/s}$$

$$T_{rc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{94,33 + 48,13}{2} = 71,23^\circ\text{C}$$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.7 propertis *refrigerant* R22

T	ρ
70	969,7
71,23	
75	934,4

Dari hasil interpolasi diperoleh ρ_{freon} pada Temperatur 71,23°C sebesar 961 kg/m^3

Maka didapat:

$$v = \frac{0.031 \text{ kg/s}}{961 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.000935 \text{ m}^2} = 0,034 \text{ m/s}$$

Untuk menghitung bilangan reynold (Re) digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\mu}$$

Dimana: μ = viskositas freon

Didapat dari tabel:

Tabel 4.8 propertis *refrigerant* R22

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
70	16,02
71,23	
75	16,70

Dari hasil interpolasi diperoleh μ_{freon} pada Temperatur 71,23°C sebesar $16,19 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$

Maka didapat:

$$R_e = \frac{961 \text{ kg/m}^3 \times 0,034 \text{ m/s} \times 0,6 \text{ m}}{16,19 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}} = 121089,56 > 2300 \text{ Turbulen}$$

Untuk mencari bilangan bilangan prandalt (Pr) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Pr = \frac{C_{\text{freon}} \cdot \mu}{K_{\text{freon}}}$$

Dimana: K_{freon} = konduktivitas termal freon

Didapat dari tabel:

Tabel 4.9 propertis *refrigerant* R22

T	K_{freon}	C_{freon}
70	19,16	1,584
71,23		
75	21,16	1,832

Dari hasil interpolasi diperoleh K_{freon} pada Temperatur 71,23°C sebesar $19,65 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$ dan C_{freon} sebesar $1,645 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Maka didapat:

$$Pr = \frac{1645 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 16,19 \times 10^{-5} \frac{kg}{m \cdot s}}{19,65 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} = 0,013$$

Jadi laju perpindahan panas dari *Honeycomb* Tembaga ke air (Q) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = H = h \cdot A \cdot \Delta T_{air}$$

Dimana: h = koefisien perpindahan panas konveksi

Untuk mencari koefisien perpindahan panas konveksi(h) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h = 0,037 \times \frac{K}{L} \times R_{eL}^{0,8} \times Pr^{0,333}$$

Dimana K = Konduktivitas Thermal $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$

$$K_{tembaga} = 385 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

Maka;

$$h = 0,037 \times \frac{385 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}}{0,6m} \times 121089,56^{0,8} \times 0,013^{0,333}$$

$$h = 61153,79 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}$$

Jadi ;

$$Q = H = 61153,79 \frac{W}{m \cdot ^\circ C} \times 0,000935 m^2 \times 25,81 ^\circ C$$

$$= 1572,31 W$$

4.6.2. Perhitungan Perpindahan Panas *Honeycomb* Ukuran Panjang 60 cm

1. Perhitungan pada temperatur AC 16°C

Pada saat proses pengujian diketahui data sebagai berikut:

Dik: Volume air (V)	= 60 liter = 60 kg
Panjang Plat honeycomb (L)	= 120 cm = 1,2 m
Sisi Hexagonal (r)	= 6 mm = 0,006 m
Tinggi Hexagonal (t)	= 20.8 mm = 0,0208 m

$$\begin{aligned}
\text{Temperatur awal air (T}_{ai}\text{)} &= 28,37 \text{ }^\circ\text{C} \\
\text{Temperatur akhir air (T}_{ao}\text{)} &= 54,13 \text{ }^\circ\text{C} \\
\Delta T_{air} &= 25,76 \text{ }^\circ\text{C} \\
\text{Temperatur masuk tangki (T}_{ci}\text{)} &= 90,93 \text{ }^\circ\text{C} \\
\text{Temperatur keluar tangki (T}_{co}\text{)} &= 43,76 \text{ }^\circ\text{C} \\
\Delta T_{coil} &= 47,17 \text{ }^\circ\text{C} \\
\text{Waktu pemanasan (\Delta t)} &= 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik} \\
\text{Luas Penampang Aliran (A)} & \\
&= 3r(r\sqrt{3} + 2t) \\
&= 3 \cdot 0,006 (0,006\sqrt{3} + 2 \cdot 0,0208) \\
&= 0,000935 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Daya Kompresor} = 880 \text{ W} = 0,88 \text{ kw}$$

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

$$W = m_{air} + C_{air} + \Delta T_{air}$$

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{28,37 + 54,13}{2} = 41,25^\circ\text{C}$$

didapat dari tabel

Tabel 4.10 propertis air

T	C_{air}
37,78	4,174
41,25	
43,33	4,174

Interpolasi:

$$C_{air} = 4,174 + (4,174 - 4,174) \cdot \left[\frac{41,25 - 37,78}{43,33 - 37,78} \right]$$

$$C_{air} = 4,174 + (0) \cdot (0,62)$$

$$C_{air} = 4,174 \text{ KJ} / \text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Maka didapat:

$$W = 60 \text{ kg} \times 4174 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \times 25,76 ^\circ\text{C}$$

$$W = 6448830 \text{ J} = 6,44 \text{ MJ}$$

Untuk menghitung laju *refrigerant* (v) digunakan rumus sebagai berikut:

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot A}$$

Dimana: ρ = rapat massa (*density*) freon

\dot{m} = laju aliran massa freon

Terlebih dahulu menghitung \dot{m} dengan rumus sebagai berikut ;

$$\dot{m} = \frac{W_c}{H_o - H_i}$$

Dimana ; H_o = Entalpy keluar tangki

H_i = Entalpi masuk tangki

Pada $T_{co} = 43,76^\circ\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.11 propertis *refrigerant* R22

T	H_o
42	416,55
43,76	
44	416,83

Dari hasil interpolasi diperoleh H_o pada Temperatur $43,76^\circ\text{C}$ sebesar $416,80 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Pada $T_{ci} = 90,93^\circ\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.12 propertis *refrigerant* R22

T	H_i
90	401,87
90,93	
95	387,28

Dari hasil interpolasi diperoleh H_i pada Temperatur $90,93^\circ\text{C}$ sebesar $398,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Maka didapat:

$$\dot{m} = \frac{0,88 \text{ KW}}{(416,80 - 398,23) \text{ kJ/kg}} = 0,047 \text{ kg/s}$$

$$T_{rc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{90,93 + 43,76}{2} = 67,345^\circ \text{C}$$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.13 propertis *refrigerant* R22

T	ρ
65	1001,4
67,345	
70	969,7

Dari hasil interpolasi diperoleh ρ_{freon} pada Temperatur $67,345^\circ\text{C}$ sebesar $986,5 \text{ kg/m}^3$

Maka didapat:

$$v = \frac{0,047 \text{ kg/s}}{986,5 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,000935 \text{ m}^2} = 0,05 \text{ m/s}$$

Untuk menghitung bilangan reynold (Re) digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\mu}$$

Dimana: μ = viskositas freon

Didapat dari tabel:

Tabel 4.14 propertis *refrigerant* R22

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
65	15,46
67,345	
70	16,02

Dari hasil interpolasi diperoleh μ_{freon} pada Temperatur $67,345^\circ\text{C}$ sebesar $15,72 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$

Maka didapat:

$$R_e = \frac{986,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,05 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1,2 \text{ m}}{15,72 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 376526,72 > 2300 \text{ Turbulen}$$

Untuk mencari bilangan prandalt (Pr) digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Pr} = \frac{C_{\text{freon}} \cdot \mu}{K_{\text{freon}}}$$

Dimana: K_{freon} = konduktivitas termal freon

Didapat dari tabel:

Tabel 4.15 propertis *refrigerant* R22

T	K_{freon}	C_{freon}
65	17,61	1,413
67,345		
70	19,16	1,584

Dari hasil interpolasi diperoleh K_{freon} pada Temperatur $67,345^\circ\text{C}$ sebesar $18,34 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$ dan C_{freon} sebesar $1,493 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$

Maka didapat:

$$\text{Pr} = \frac{1493 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 15,72 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}{18,34 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} = 0,0128$$

Jadi laju perpindahan panas dari *Honeycomb* Tembaga ke air (Q) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = H = h \cdot A \cdot \Delta T_{\text{air}}$$

Dimana: h = koefisien perpindahan panas konveksi

Untuk mencari koefisien perpindahan panas konveksi(h) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h = 0,037 \times \frac{K}{L} \times R_{eL}^{0,8} \times \text{Pr}^{0,333}$$

Dimana K = Konduktivitas Thermal $\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$

$$K_{\text{tembaga}} = 385 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

Maka;

$$h = 0,037 \times \frac{385 \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}{1,2 \text{ m}} \times 376526,72^{0,8} \times 0,0128^{0,333}$$

$$h = 80319,088 \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C}$$

Jadi ;

$$Q = H = 80319,088 \text{ W/m} \cdot \text{ }^\circ\text{C} \times 0,000935 \text{ m}^2 \times 25,81 \text{ }^\circ\text{C}$$

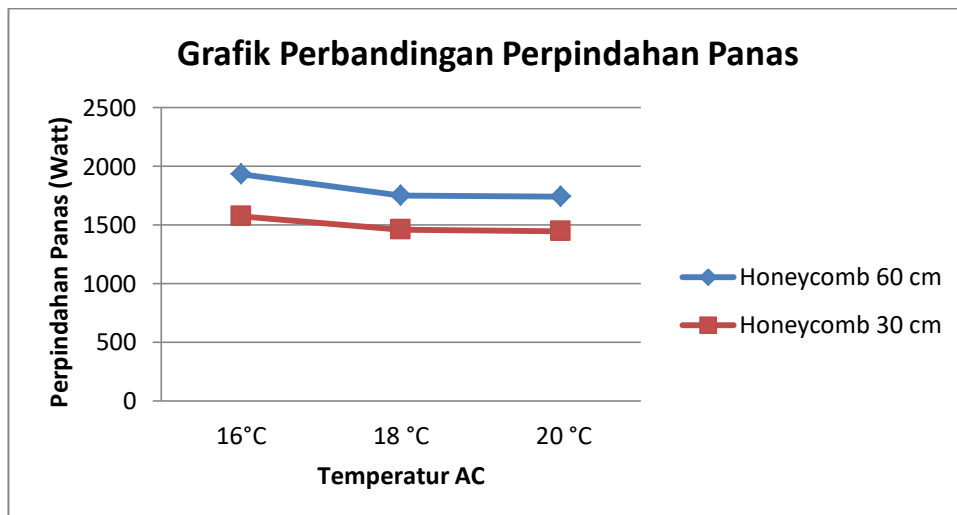
$$= 1934,5 \text{ W}$$

Berikut adalah hasil perhitungan besar laju perpindahan panas yang terjadi pada *honeycomb* dengan panjang 60 cm dan 30 cm;

Tabel 4.16 Hasil perhitungan perpindahan panas

Alat penukar kalor	Nilai Perpindahan Panas (Watt)		
	Pada Temperatur AC 16°C	Pada Temperatur AC 18 °C	Pada Temperatur AC 20 °C
<i>Honeycomb</i> 60 cm	1934.5	1751.85	1744.33
<i>Honeycomb</i> 30 cm	1572.31	1458.67	1448.69

Adapun perbandingan laju perpindahan panas setiap temperature AC yang berbeda pada *honeycomb* ukuran panjang 30 cm dan 60 cm dapat dilihat pada gambar 4.50.



Gambar 4.50. Grafik Perbandingan Perpindahan Panas ukuran *Honeycomb* Ukuran 30 cm dan *Honeycomb* 60 cm

Dari gambar 4.50 grafik perbandingan perpindahan panas, dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur AC yang digunakan semakin kecil nilai perpindahan panas yang dihasilkan. Laju perpindahan panas terbesar dihasilkan oleh *honeycomb* ukuran panjang 60 cm pada temperature AC 16°C yaitu Sebesar 1934,5 watt.

4.7. Perbandingan Thermal

Dari hasil pengujian ACWH dengan alat penukar kalor *honeycomb* menghasilkan temperatur air yang lebih besar jika dibandingkan dengan ACWH *helical-coil*. Perbandingan temperatur air tersebut dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Perbandingan Temperatur Air

ACWH	Temperatur Air Panas dalam waktu 60 menit
<i>Honeycomb</i> Ukuran panjang 60 cm	54,13 °C
<i>Honeycomb</i> Ukuran panjang 30 cm	53,75 °C
<i>Helical-coil</i> 30 lilitan (panjang pipa 16 m)	53,81 °C
<i>Helical-coil</i> 15 lilitan (panjang pipa 8 m)	53,69 °C

Terlihat dari tabel 4.17 diatas , dengan waktu yang sama (60 menit) dan kapasitas tangki 60 L, ACWH dengan APK *honeycomb* lebih baik dalam menghasilkan temperatur air panas (54,13°C), jika dibandingkan dengan ACWH dengan APK *helical-coil* yang memiliki temperatur air panas tertinggi (53,81°C), walaupun perbandingan temperatur air tidak terlalu besar.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa yang didapatkan selama pengujian, dapat diambil beberapa kesimpulan:

- Dari hasil rancangan dan hasil pembuatan serta setelah dilakukan pengujian, APK *honeycomb* yang memiliki panjang 60 cm menghasilkan temperature air sebesar 54,13°C. Sedangkan APK *honeycomb* dengan panjang 30 cm menghasilkan temperatur air sebesar 53,75°C.
- Perpindahan panas tertinggi dihasilkan oleh APK *honeycomb* yang memiliki panjang 60 cm pada temperatur evaporator 16°C yaitu sebesar 1934,5 watt. Sedangkan perpindahan panas terendah dihasilkan oleh APK *honeycomb* dengan panjang 30 cm pada temperatur evaporator 20°C yaitu sebesar 1448,69 watt.
- ACWH dengan APK *honeycomb* bekerja lebih baik dalam memanaskan air dibandingkan dengan AWCH yang menggunakan APK *helical-coil*. Hal ini dibuktikan dengan peningkatan hasil temperatur air mencapai 54,13°C dalam waktu 60 menit. Sedangkan ACWH dengan APK *helical-coil* menghasilkan temperatur air 53,81°C dalam waktu 60 menit.

5.2 Saran

Dari proses pengujian yang telah dilakukan, ditemukan beberapa hambatan. Saran yang dapat diberikan :

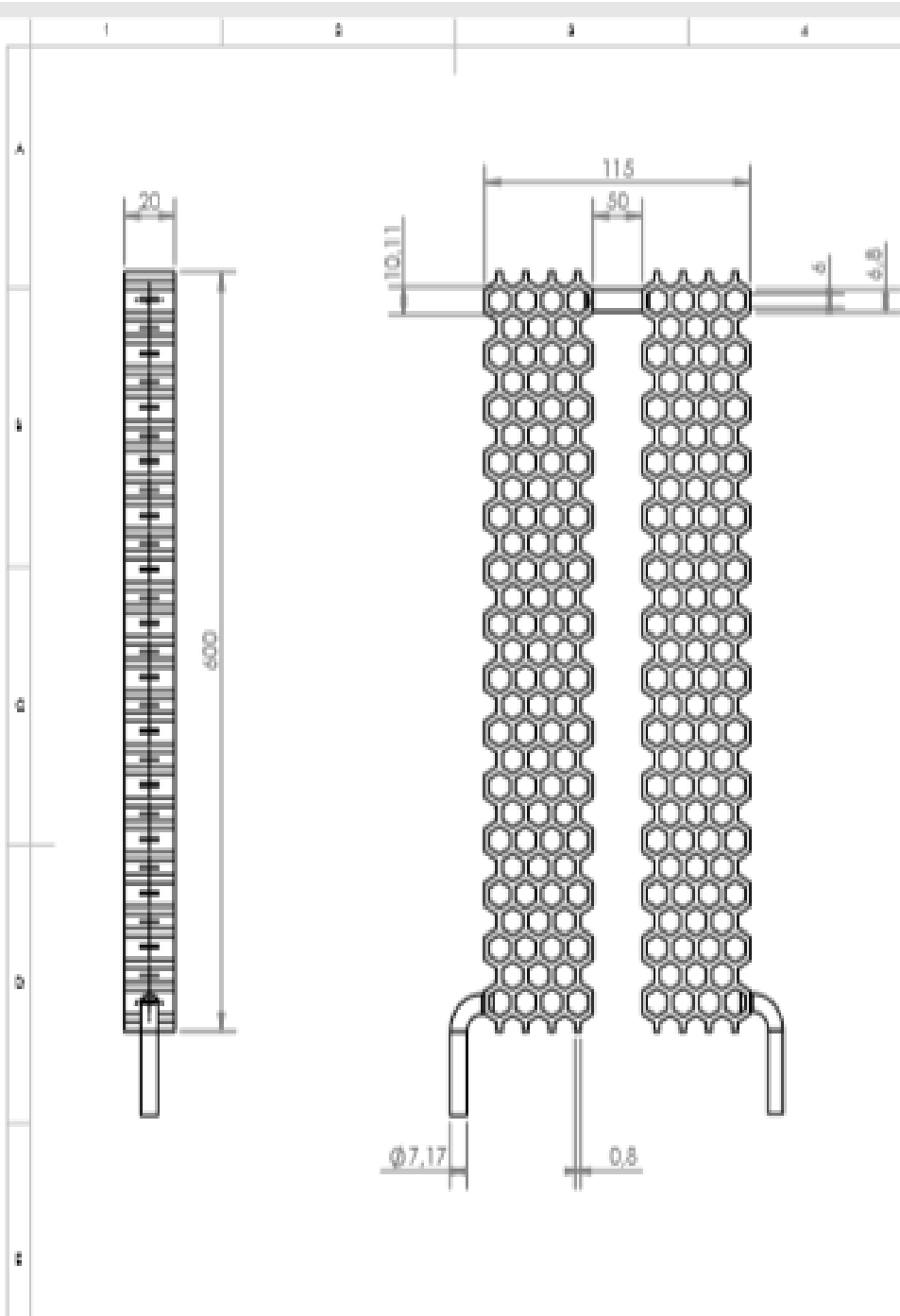
- Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian ini, sebaiknya dalam pembuatan *honeycomb* menggunakan pelat tembaga yang lebih tebal dari 0,4 mm.

DARTAR PUSTAKA

- Azridjal, A., Handrianto, J., & Mainil, A. (2015). "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi". *Jurnal Mekanikal* VOL. 6. No. 2. ISSN 2086-3403.
- ASHRAE Handbook. (2005). "*Thermophysical Properties of Refrigerant R22*".
ASHRAE.
- Daniel, S., dan F., Dalu Setiaji (2013). "Pemanfaatan Panas Buang Pengkondisian Udara Sebagai Pemanas Air Dengan Menggunakan Penukar Panas Helikal". *Jurnal Elektroteknika* VOL. 12. No. 2. Hal 129-140
- D. Mousanezhad, R. Ghosh, A. Ajdari, A.M.S. Hamouda, H.Nayeb-Hashemi, A.Vaziri. (2014). "*Impact resistance and energy absorption of regular and functionally hexagonal honeycombs with cell wall material strain hardening*". *International Journal of mechanical Science* 89 (2014) 413-422
- Holman, J. P.(2010). "*Heat Transfer*". New York: *McGraw-Hill*.
- Howard G. Allen. (1969). "*Analysis And Design Of Struktural Sandwich Panels*". First Edition.
- Nurhalim, I. (2011). "Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe *Serpentine* Pada Split Air Conditioning Water Heater".
Universitas Indonesia.
- Nolan Syah, P. (2019). "Kajian Eksperimen Kemampuan Penyerapan Energi Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal yang Diuji Secara Statis". *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*.
- Stoecker, W. F., Jones, J. W., & Hara, S. (1992). *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*. Jakarta : *Erlangga*.
- Table A-9 Properties of water. In J. P. Holman, *Heat Transfer*. (2010). New York: *McGraw-Hill*.

Tunggul. M.S.(1997)."Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)". *Raja Grafindo Persada*.

LAMPIRAN



NAMA: ... NO.	
...	
...	
...	

Alat Penukar Kalor Honeycomb

Tembaga

60

A4

Table A-9 | Properties of water (saturated liquid).†

Note: $Gr_x Pr = \left(\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$							
°F	°C	c_p kJ/kg · °C	ρ kg/m ³	μ kg/m · s	k W/m · °C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ 1/m ³ · °C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

†Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, *Introduction to Heat Transfer*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1958.

Table A-9 | Properties of water (saturated liquid).†

Note: $Gr_x Pr = \left(\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k} \right) x^3 \Delta T$							
°F	°C	c_p kJ/kg · °C	ρ kg/m ³	μ kg/m · s	k W/m · °C	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ 1/m ³ · °C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-3}	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91×10^9
50	10	4.195	999.2	1.31	0.585	9.40	6.34×10^9
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08×10^{10}
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.46×10^{10}
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91×10^{10}
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48×10^{10}
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3×10^{10}
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19×10^{10}
120	48.89	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89×10^{10}
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66×10^{10}
140	60	4.179	983.3	4.71	0.654	3.01	6.48×10^{10}
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62×10^{10}
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84×10^{10}
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85×10^{10}
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09×10^{11}
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-5}			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

†Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, *Introduction to Heat Transfer*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1958.

Refrigerant 22 (Chlorodifluoromethane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp., °C	Pres-sure, MPa	Density, kg/m ³ Liquid	Volume, m ³ /kg Vapor	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat, kJ/(kg·K)		ϕ_p/ϕ_g	Velocity of Sound, m/s		Viscosity, $\mu\text{Pa}\cdot\text{s}$		Thermal Cond., m ² /(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C
				Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
-90.00	0.00201	1711.5	0.20690	96.71	218.87	0.3020	2.0915	1.061	0.497	1.215	1127	143.6	803.8	7.25	105.1	4.16	28.32	-90.00
-80.00	0.00481	1544.9	0.04180	101.22	263.83	0.3016	1.9980	1.061	0.512	1.237	1080	147.0	699.4	7.67	127.8	4.31	26.36	-80.00
-70.00	0.01037	1396.2	1.77820	111.89	368.77	0.3010	1.9088	1.062	0.528	1.235	1033	150.3	593.6	8.09	152.6	4.52	24.63	-70.00
-60.00	0.02047	1491.2	0.94342	122.58	473.70	0.3017	1.9168	1.060	0.541	1.231	986	153.2	507.6	8.52	177.6	4.68	22.92	-60.00
-50.00	0.03750	1463.7	0.53660	133.27	578.69	0.3020	1.8770	1.071	0.564	1.230	940	156.0	441.6	8.94	220.6	4.12	21.21	-50.00
-40.00	0.06495	1425.8	0.32285	144.00	683.62	0.3022	1.8490	1.079	0.585	1.232	893	158.3	385.5	9.36	117.8	4.59	19.58	-40.00
-30.00	0.07115	1429.4	0.29455	144.19	788.57	0.3044	1.8428	1.081	0.589	1.233	844	158.7	337.8	9.45	156.9	4.68	18.25	-30.00
-20.00	0.07984	1424.0	0.26837	148.36	893.52	0.3064	1.8376	1.083	0.594	1.234	805	159.1	288.4	9.53	195.9	4.78	16.92	-20.00
-10.00	0.08705	1418.4	0.24498	150.55	998.47	0.3086	1.8327	1.086	0.599	1.235	765	159.5	239.6	9.62	235.0	4.88	15.59	-10.00
0.00	0.09580	1412.4	0.22402	152.76	1103.42	0.3111	1.8278	1.088	0.600	1.236	726	159.9	191.0	9.70	274.0	4.98	14.27	0.00
10.00	0.10520	1406.2	0.20521	154.99	1208.37	0.3139	1.8231	1.091	0.608	1.237	687	160.3	142.8	9.79	313.0	5.08	12.94	10.00
20.00	0.11538	1401.0	0.18829	157.27	1313.32	0.3170	1.8186	1.095	0.615	1.238	648	160.6	94.3	9.87	352.2	5.18	11.62	20.00
30.00	0.12626	1395.1	0.17364	159.57	1418.27	0.3203	1.8141	1.098	0.619	1.239	609	160.9	45.7	9.96	391.2	5.28	10.30	30.00
40.00	0.13797	1389.1	0.16027	161.87	1523.22	0.3239	1.8098	1.099	0.624	1.241	570	161.2	37.1	10.04	430.2	5.38	9.08	40.00
50.00	0.15050	1383.2	0.14882	164.17	1628.17	0.3278	1.8056	1.102	0.629	1.242	531	161.5	28.5	10.12	469.2	5.47	7.86	50.00
60.00	0.16389	1377.2	0.13835	166.48	1733.12	0.3318	1.8015	1.105	0.633	1.244	492	161.8	20.0	10.21	508.2	5.57	6.64	60.00
70.00	0.17819	1371.3	0.12878	168.78	1838.07	0.3361	1.7975	1.108	0.641	1.246	453	162.0	11.5	10.29	547.2	5.67	5.42	70.00
80.00	0.19449	1365.0	0.11997	171.03	1943.02	0.3406	1.7937	1.112	0.649	1.248	414	162.3	2.9	10.38	586.2	5.78	4.20	80.00
90.00	0.20968	1358.9	0.11079	173.29	2047.97	0.3453	1.7899	1.115	0.653	1.250	375	162.5	-10.4	10.46	625.2	5.89	2.98	90.00
100.00	0.22696	1352.7	0.09975	175.54	2152.92	0.3504	1.7862	1.119	0.659	1.253	336	162.7	-27.8	10.55	664.2	5.98	1.76	100.00
110.00	0.24551	1346.3	0.09068	177.80	2257.87	0.3558	1.7826	1.123	0.665	1.255	297	162.8	-45.2	10.63	703.2	6.07	0.54	110.00
120.00	0.26479	1340.2	0.08621	179.99	2362.82	0.3615	1.7791	1.127	0.672	1.258	258	163.0	-62.6	10.72	742.2	6.16	-0.68	120.00
130.00	0.28503	1334.0	0.08029	182.16	2467.77	0.3675	1.7757	1.131	0.678	1.261	219	163.1	-80.0	10.80	781.2	6.25	-1.90	130.00
140.00	0.30728	1327.6	0.07385	184.33	2572.72	0.3738	1.7723	1.135	0.685	1.264	180	163.2	-97.4	10.89	820.2	6.34	-3.12	140.00
150.00	0.33053	1321.2	0.06696	186.51	2677.67	0.3803	1.7690	1.139	0.692	1.267	141	163.3	-114.8	10.98	859.2	6.43	-4.34	150.00
160.00	0.35479	1314.7	0.06027	188.68	2782.62	0.3871	1.7658	1.144	0.699	1.270	102	163.3	-132.2	11.06	900.2	6.52	-5.56	160.00
170.00	0.38005	1308.2	0.05383	190.79	2887.57	0.3942	1.7627	1.149	0.707	1.273	63	163.4	-149.6	11.15	941.2	6.61	-6.78	170.00
180.00	0.40631	1301.6	0.04753	192.85	2992.52	0.4015	1.7596	1.154	0.715	1.276	24	163.4	-167.0	11.24	982.2	6.70	-7.99	180.00
190.00	0.43357	1295.0	0.04132	194.85	3100.47	0.4091	1.7566	1.159	0.722	1.282	-15	163.4	-184.4	11.32	1023.2	6.79	-9.21	190.00
200.00	0.46183	1288.3	0.03509	196.79	3210.42	0.4169	1.7536	1.164	0.731	1.287	-74	163.4	-201.8	11.41	1064.2	6.88	-10.43	200.00
210.00	0.49109	1281.5	0.02910	198.69	3322.37	0.4249	1.7507	1.169	0.739	1.291	-133	163.5	-219.2	11.50	1105.2	6.97	-11.65	210.00
220.00	0.52135	1274.7	0.02424	200.55	3436.32	0.4331	1.7478	1.175	0.748	1.296	-192	163.5	-236.6	11.59	1146.2	7.06	-12.87	220.00
230.00	0.55261	1267.8	0.02019	202.35	3552.27	0.4415	1.7450	1.181	0.757	1.301	-251	163.5	-254.0	11.68	1187.2	7.15	-14.09	230.00
240.00	0.58487	1260.8	0.01683	204.11	3670.22	0.4501	1.7422	1.187	0.766	1.307	-310	163.5	-271.4	11.77	1228.2	7.24	-15.31	240.00
250.00	0.61813	1253.8	0.01403	205.81	3790.17	0.4589	1.7395	1.193	0.775	1.313	-369	163.6	-288.8	11.86	1269.2	7.33	-16.53	250.00
260.00	0.65239	1246.7	0.01170	207.45	3912.12	0.4679	1.7368	1.199	0.785	1.319	-428	163.6	-306.2	11.95	1310.2	7.42	-17.75	260.00
270.00	0.68765	1239.5	0.01021	209.03	4036.07	0.4771	1.7341	1.206	0.795	1.326	-487	163.6	-323.6	12.05	1351.2	7.51	-18.97	270.00
280.00	0.72391	1232.2	0.00866	210.57	4162.02	0.4865	1.7315	1.213	0.806	1.333	-546	163.6	-341.0	12.14	1392.2	7.60	-20.19	280.00
290.00	0.76117	1224.9	0.00702	212.07	4290.97	0.4961	1.7289	1.220	0.817	1.340	-605	163.6	-358.4	12.24	1433.2	7.69	-21.41	290.00
300.00	0.80043	1217.4	0.00570	213.53	4422.92	0.5059	1.7263	1.228	0.828	1.348	-664	163.6	-375.8	12.33	1474.2	7.78	-22.63	300.00
310.00	0.84169	1209.8	0.00469	214.94	4556.87	0.5159	1.7238	1.236	0.840	1.357	-723	163.6	-393.2	12.43	1515.2	7.87	-23.85	310.00
320.00	0.88495	1202.1	0.00387	216.31	4693.82	0.5261	1.7213	1.244	0.853	1.366	-782	163.6	-410.6	12.53	1556.2	7.96	-25.07	320.00
330.00	0.93021	1194.3	0.00323	217.64	4833.77	0.5365	1.7188	1.252	0.866	1.375	-841	163.6	-428.0	12.63	1597.2	8.05	-26.29	330.00
340.00	0.97747	1186.5	0.00269	218.93	4975.72	0.5471	1.7163	1.261	0.879	1.385	-900	163.6	-445.4	12.74	1638.2	8.14	-27.51	340.00
350.00	1.02673	1178.6	0.00224	220.18	5119.67	0.5579	1.7138	1.270	0.893	1.395	-959	163.6	-462.8	12.84	1679.2	8.23	-28.73	350.00
360.00	1.07809	1170.6	0.00187	221.39	5265.62	0.5689	1.7113	1.280	0.908	1.406	-1018	163.6	-480.2	12.95	1720.2	8.32	-29.95	360.00
370.00	1.13155	1162.5	0.00159	222.56	5413.57	0.5801	1.7088	1.291	0.924	1.420	-1077	163.6	-497.6	13.06	1761.2	8.41	-31.17	370.00
380.00	1.18711	1154.3	0.00137	223.69	5563.52	0.5915	1.7063	1.302	0.941	1.435	-1136	163.6	-515.0	13.17	1802.2	8.50	-32.39	380.00
390.00	1.24477	1146.0	0.00119	224.78	5715.47	0.6031	1.7038	1.313	0.959	1.451	-1195	163.6	-532.4	13.28	1843.2	8.59	-33.61	390.00
400.00	1.30453	1137.6	0.00103	225.83	5869.42	0.6149	1.7013	1.324	0.978	1.467	-1254	163.6	-549.8	13.39	1884.2	8.68	-34.83	400.00
410.00	1.36639	1129.1	0.00089	226.84	6025.37	0.6269	1.6988	1.335	0.998	1.484	-1313	163.6	-567.2	13.50	1925.2	8.77	-36.05	410.00
420.00	1.43035	1120.5	0.00076	227.81	6183.32	0.6391	1.6963	1.346	1.019	1.502	-1372	163.6	-584.6	13.61	1966.2	8.86	-37.27	420.00
430.00	1.49641	1111.8	0.00064	228.74	6343.27	0.6515	1.6938	1.357	1.041	1.521	-1431	163.6	-602.0	13.72	2007.2	8.95	-38.49	430.00
440.00	1.56457	1103.0	0.00054	229.63	6505.22	0.6641	1.6913	1.368	1.064	1.541	-1490	163.6	-619.4	13.83	2048.2	9.04	-39.71	440.00
450.00	1.63483	1094.1	0.00045	230.48	6669.17	0.6769	1.6888	1.379	1.088	1.562	-1549	163.6	-636.8	13.94	2089.2	9.13	-40.93	450.00
460.00	1.70719	1085.1	0.00037	231.29	6835.12	0.6900	1.6863	1.390	1.113	1.584	-1608	163.6	-654.2	14.05	2130.2	9.22	-42.15	460.00
470.00	1.78165	1076.0	0.00030	232.06	7003.07	0.7033	1.6838	1.401	1.139	1.607	-1667	163.6	-671.6	14.16	2171.2	9.31	-43.37	470.00
480.00	1.85821	1066.8	0.00024	232.79	7173.02	0.7169	1.6813	1.412	1.165	1.631	-1726	163.6	-689.0	14.27	2212.2	9.40	-44.59	480.00
490.00	1.93687	1057.5	0.00019	233.48	7344.97													

Refrigerant 22 (Chlorodifluoromethane) Properties of Saturated Liquid and Saturated Vapor

Temp., °C	Pres-sure, MPa	Density, kg/m ³		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat, kJ/(kg·K)		Velocity of Sound, m/s	Viscosity, μPa·s		Thermal Cond., m ² /(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C		
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor				
-100.00	0.00201	1711.3	0.26690	96.75	218.87	0.5076	2.0945	1.001	0.687	1.203	1127	143.6	0.158	7.23	933.1	4.46	28.32	-100.00
-80.00	0.00481	1544.9	0.61480	101.22	263.83	0.5046	1.9980	1.001	0.712	1.237	1080	147.0	0.094	7.67	377.8	4.84	26.36	-80.00
-60.00	0.01037	1336.2	1.17920	111.64	348.77	0.5016	1.8988	1.002	0.738	1.233	1033	150.3	0.014	8.09	332.6	5.20	24.63	-60.00
-40.00	0.02047	1112.2	0.91342	122.58	473.70	0.4974	1.8108	1.000	0.764	1.231	986	153.2	0.074	8.52	277.4	5.68	22.82	-40.00
-20.00	0.04170	945.7	0.53680	132.27	648.89	0.4928	1.7370	1.071	0.784	1.230	940	156.0	0.414	8.94	222.6	6.12	21.24	-20.00
0.00	0.06452	812.8	0.32285	144.80	883.42	0.4875	1.6800	1.079	0.805	1.232	895	158.3	0.875	9.36	177.8	6.59	19.58	0.00
20.00	0.07105	729.9	0.20455	146.18	1147.27	0.4849	1.6428	1.081	0.829	1.233	854	158.7	2.174	9.45	136.9	6.69	18.25	20.00
40.00	0.07894	672.3	0.26837	148.34	1487.32	0.4841	1.6376	1.083	0.854	1.234	815	158.1	3.684	9.53	103.9	6.79	16.82	40.00
60.00	0.08703	640.4	0.26498	150.33	1966.36	0.4859	1.6527	1.086	0.889	1.235	785	158.5	3.994	9.62	71.0	6.89	15.09	60.00
80.00	0.09580	612.4	0.23102	152.78	2673.20	0.4831	1.6758	1.088	0.940	1.236	756	158.9	3.510	9.70	44.0	6.99	12.27	80.00
100.00	0.10132	589.2	0.21240	154.89	3673.75	0.4818	1.6920	1.089	0.966	1.236	731	159.1	3.684	9.75	31.5	7.07	10.89	100.00
120.00	0.10525	569.6	0.20251	156.89	5048.13	0.4827	1.7021	1.091	0.988	1.237	707	159.3	3.424	9.79	21.1	7.09	10.00	120.00
140.00	0.11158	541.0	0.18029	157.87	6849.06	0.4820	1.8180	1.090	1.013	1.238	688	160.6	3.343	9.87	12.2	7.19	17.62	140.00
160.00	0.12628	505.1	0.17384	158.27	9449.87	0.4813	1.8411	1.096	1.039	1.239	676	160.9	3.267	9.96	11.2	7.29	17.30	160.00
180.00	0.13797	489.3	0.15927	161.47	13048.89	0.4800	1.8808	1.099	1.064	1.241	669	161.2	3.193	10.04	10.0	7.40	16.98	180.00
200.00	0.19850	455.2	0.14482	163.67	18179.79	0.4808	1.8880	1.102	1.029	1.242	660	161.5	3.117	10.12	8.9	7.51	16.60	200.00
220.00	0.16389	377.2	0.13353	165.88	26249.69	0.4807	1.8805	1.105	1.033	1.244	660	161.8	3.048	10.21	8.8	7.62	16.24	220.00
240.00	0.17819	371.3	0.12828	168.38	38035.58	0.4778	1.7975	1.108	1.040	1.246	791	162.0	2.977	10.29	8.7	7.73	16.02	240.00
260.00	0.18344	365.0	0.11997	170.23	5464.47	0.4809	1.7937	1.112	1.044	1.248	782	162.3	2.910	10.38	8.6	7.83	15.70	260.00
280.00	0.20968	338.9	0.10749	172.59	8654.34	0.4807	1.7899	1.115	1.053	1.250	772	162.3	2.844	10.46	8.5	7.94	15.39	280.00
300.00	0.22096	332.7	0.09875	174.88	12462.21	0.4804	1.7842	1.119	1.059	1.252	763	162.7	2.783	10.55	8.4	8.04	15.07	300.00
320.00	0.24551	316.5	0.09268	177.89	18736.86	0.4813	1.7826	1.123	1.065	1.255	754	162.8	2.719	10.63	8.3	8.17	14.76	320.00
340.00	0.26479	310.3	0.08621	179.39	28736.61	0.4823	1.7791	1.127	1.072	1.258	744	163.0	2.654	10.72	8.2	8.29	14.45	340.00
360.00	0.28503	333.0	0.08029	181.56	44878.75	0.4811	1.7757	1.131	1.078	1.261	735	163.1	2.603	10.80	8.0	8.41	14.14	360.00
380.00	0.34728	327.6	0.07185	183.83	69437.57	0.4808	1.7723	1.135	1.085	1.264	726	163.2	2.544	10.89	8.1	8.52	13.83	380.00
400.00	0.33938	321.2	0.06986	186.11	106399.39	0.4805	1.7690	1.139	1.092	1.267	716	163.3	2.488	10.98	8.0	8.63	13.52	400.00
420.00	0.35479	335.7	0.06027	188.48	16034.34	0.4872	1.7658	1.144	1.099	1.270	707	163.3	2.434	11.06	8.0	8.75	13.21	420.00
440.00	0.38854	338.2	0.06183	190.70	24049.89	0.4808	1.7627	1.149	1.107	1.273	697	163.4	2.381	11.15	8.1	8.89	12.91	440.00
460.00	0.46769	331.6	0.05713	193.81	40277.61	0.4844	1.7596	1.154	1.115	1.276	688	163.4	2.330	11.24	8.2	9.02	12.60	460.00
480.00	0.43628	329.4	0.05332	195.37	60433.53	0.4830	1.7566	1.159	1.122	1.282	679	163.4	2.279	11.32	8.2	9.16	12.30	480.00
500.00	0.46836	328.3	0.05009	197.66	86439.39	0.4815	1.7536	1.164	1.131	1.287	669	163.4	2.230	11.41	8.3	9.28	12.00	500.00
520.00	0.49799	321.5	0.04700	200.89	120499.69	0.4800	1.7507	1.169	1.139	1.291	660	163.5	2.182	11.50	8.4	9.42	11.70	520.00
540.00	0.53120	327.4	0.04424	202.37	168089.78	0.4809	1.7478	1.173	1.148	1.296	650	163.2	2.135	11.59	8.5	9.56	11.40	540.00
560.00	0.56803	327.8	0.04159	204.71	240439.59	0.4808	1.7440	1.181	1.157	1.301	641	163.1	2.088	11.68	8.5	9.70	11.10	560.00
580.00	0.60829	320.8	0.03813	207.89	348749.28	0.4824	1.7422	1.187	1.166	1.307	632	163.0	2.044	11.77	8.5	9.84	10.81	580.00
600.00	0.64988	323.8	0.03483	208.47	504389.89	0.4838	1.7395	1.191	1.175	1.315	622	162.8	2.000	11.86	8.5	9.99	10.51	600.00
620.00	0.68893	324.7	0.03170	211.87	71889.58	0.4822	1.7368	1.199	1.181	1.319	613	162.6	1.957	11.96	8.6	10.14	10.22	620.00
640.00	0.72288	323.6	0.03271	214.28	100429.21	0.4800	1.7341	1.206	1.188	1.326	603	162.4	1.915	12.05	8.6	10.29	9.93	640.00
660.00	0.76668	323.2	0.03084	216.79	140489.83	0.4808	1.7315	1.213	1.196	1.333	594	162.2	1.873	12.14	8.6	10.44	9.64	660.00
680.00	0.81244	324.0	0.02802	218.34	194447.47	0.4872	1.7289	1.220	1.207	1.340	584	161.9	1.832	12.24	8.7	10.60	9.35	680.00
700.00	0.86020	317.4	0.02790	221.59	274487.67	0.4873	1.7263	1.228	1.218	1.348	575	161.6	1.792	12.33	8.8	10.77	9.06	700.00
720.00	0.91003	309.9	0.02599	224.86	394489.83	0.4834	1.7238	1.236	1.234	1.356	565	161.5	1.753	12.43	8.9	10.95	8.78	720.00
740.00	0.96195	302.5	0.02407	228.54	564422.22	0.4893	1.7213	1.244	1.243	1.365	555	161.3	1.715	12.53	8.9	11.13	8.50	740.00
760.00	1.01600	191.6	0.02320	228.80	812777.77	0.5000	1.7187	1.252	1.254	1.375	546	160.6	1.677	12.63	9.1	11.30	8.23	760.00
780.00	1.07240	186.7	0.02199	231.35	1143299.99	0.5088	1.7162	1.261	1.267	1.385	536	160.2	1.639	12.74	9.2	11.49	7.96	780.00
800.00	1.13090	178.8	0.02082	234.88	1613799.99	0.5169	1.7136	1.271	1.280	1.396	527	159.7	1.603	12.84	9.2	11.69	7.69	800.00
820.00	1.18980	170.7	0.01972	238.62	2314299.99	0.5252	1.7111	1.281	1.298	1.408	517	159.2	1.567	12.95	9.4	11.89	7.43	820.00
840.00	1.25220	162.8	0.01869	242.19	3414799.99	0.5334	1.7086	1.291	1.324	1.420	507	158.7	1.531	13.06	9.5	12.10	7.17	840.00
860.00	1.32000	155.5	0.01771	244.77	5014299.99	0.5417	1.7061	1.302	1.344	1.434	497	158.2	1.496	13.17	9.6	12.31	6.91	860.00
880.00	1.38920	148.8	0.01679	244.38	7114799.99	0.5499	1.7036	1.314	1.367	1.448	487	157.6	1.461	13.28	9.7	12.54	6.67	880.00
900.00	1.46010	137.3	0.01585	247.60	9814299.99	0.5582	1.7010	1.326	1.394	1.463	478	157.0	1.427	13.40	9.8	12.77	6.43	900.00
920.00	1.53260	126.5	0.01511	249.85	13414299.99	0.5665	1.6985	1.339	1.424	1.480	468	156.4	1.394	13.52	9.9	13.02	6.19	920.00
940.00	1.60800	119.6	0.01433	252.22	18414299.99	0.5747	1.6959	1.353	1.459	1.498	458	155.7	1.361	13.64	9.9	13.28	5.97	940.00
960.00	1.68700	110.8	0.01360	255.80	25414299.99	0.5830	1.6933	1.368	1.507	1.517	448	155.0	1.328	13.77	9.9	13.55	5.71	960.00
980.00	1.77040	101.4	0.01281	257.73	35414299.99	0.5913	1.6908	1.384	1.560	1.538	437	154.2	1.295	13.90	9.9	13.83	5.45	980.00
1000.00	1.85910	101.0	0.01226	260.47	49414299.99	0.5997	1.6879	1.401	1.618	1.561	427	153.4	1.262	14.04	9.9	14.13	5.20	1000.00
50.00	1.94270	102.3	0.01183	263.25	67414299.99	0.6080	1.6852	1.419	1.681	1.572	417	152.6	1.230	14.18	9.9	14.44	4.94	50.00
55.00	2.03350	107.4	0.01184	266.85	91414299.99	0.6164	1.6824	1.438	1.744	1.584	407	151.7	1.200	14.32	9.9	14.76	4.69	55.00
60.00	2.12700	102.3	0.01108	268.89	121414299.99	0.6248	1.6795	1.461	1.811	1.601	396	150.8	1.169	14.47	9			

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Upaya Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan *Honeycomb Surface* Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar Kalor

Nama : Yogi Pranata
 NPM : 1507230218

Dosen Pembimbing 1 : Chandra A Siregar, S.T., M.T
 Dosen Pembimbing 2 : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Selasa / 1 Okt 2019	Perbaiki format	f
		perbaiki bab 1	f
2.	Sabtu / 5 okt 2019	Perbaiki bab II	f
3	29 / 8 - 2019	lanjutan pembuatan alat / set-up alat uji	f
		lanjutan ke pembimbing 2	f
4.	Senin $\frac{16}{12}$ 2019	perbaiki prosedur	f
		: lanjut ke Bab - 4	f
5.	Jumat $\frac{3}{1}$ 2020	perbaiki Bab - 4, tahapan pengambilan data lebih rinci dan jelas.	f
6.	Selasa $\frac{7}{1}$ 2020	kembali ke pembimbing 1	f
7.	Sabtu 11/1.2020	perbaiki kesimpulan	f
8.	Senin 13/1.2020	Ac seminar	f



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Menyempurnakan mutu pendidikan, meningkatkan kualitas sumber daya manusia, dan mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi

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

Jalan Kapten Mochtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 644/3AU/UMSU-07/R/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 10 Mei 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : YOGI PRANATA
Npm : 150723218
Program Studi : TEKNIK Mesin
Semester : VIII (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN INSTALASI PIPA UNTUK MENGALIRKAN AIR PANAS YANG DIHASILKAN OLEH AIR CONDITIONER WATER HEATER (ACWH)

Pembimbing 1 : CHANDRA A SIREGAR ST.MT
Pembimbing 11 : AHMAD MARABDI SIREGAR ST.MT

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.

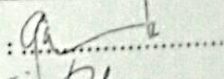
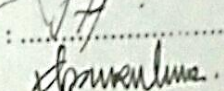
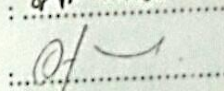
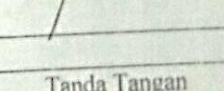
Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan 05 Ramadhan 1440 H
10 Mei 2019

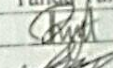
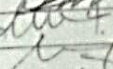
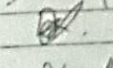
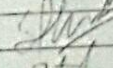
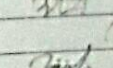

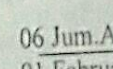
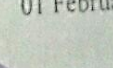
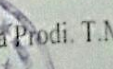
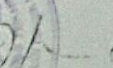


Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta Seminar
 Nama : Yogi Pranata
 NPM : 1507230218
 Judul Tugas Akhir : Upaya Peningkatan Kinerja Acwh Dengan Meman-
 Faatkan Honeycomb Surface Berbahan Tembaga Seba-
 Gai Alat Penukar Kalor.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Chandra A Sieregar.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T	:	
Pembanding – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	
Pembanding – II	: Affandi.S.T.M.T	:	

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230178	DANA SETIAWAN	
2	1507230084	HUSEIN EFFENDI	
3	1507230224	Fachri Umair Pratama	
4	1507230164	Ulric Amri	
5	1507230036	AZIZUL HAKIM	
6	1507230094	MHD ALFIAN RIZKY	
7	1507230197	Shuwah Had.	
8	1507230193	Andri Kurniawan	
9	1507230156	ARIFIN Handrianto	
10	1507230159	FERRY ANDREAN	

Medan, 06 Jum.Akhir 1441 H
 01 Februari 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin

 Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Yogi Pranata
NPM : 1507230218
Judul T.Akhir : Upaya Peningkatan Kinerja Acwh Dengan Memanfaatkan
Honeycomb Surface Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar
Kalor

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Affandi.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 :

Belum Catula pada kulum dirip

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- I

Khairul Umurani
Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Yogi Pranata
NPM : 1507230218
Judul T.Akhir : Upaya Peningkatan Kinerja Acwh Dengan Memanfaatkan Honeycomb Surface Berbahan Tembaga Sebagai Alat Penukar Kalor

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Affandi.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 :

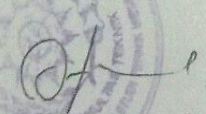
.....
.....
Lihat Buku Skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

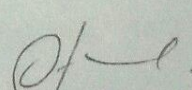
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari .2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II


Affandi.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : YOGI PRANATA
2. Jenis Kelamin : Laki-Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Tuntungan, 10 –05 – 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Kawin
6. Agama : Islam
7. Alamat : JL. Besar Tuntungan 1 Dusun III
8. No. Hp : 0823-6638-1684
9. Email : yogipranata0597@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

NO	PENDIDIIKAN FORMAL	TAHUN
1	SD NEGERI 101827	2003 – 2009
2	SMP NEGERI 1 PANCUR BATU	2009 – 2012
3	SMK SWASTA DHARMA BAKTI MEDAN	2012– 2015
4	TEKNIK MESIN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA	2015 – 2020