

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *HONEYCOMB SURFACE* BERBAHAN KUNINGAN SEBAGAI PENUKAR KALOR PADA ACWH

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

Disusun Oleh:

FEBRY ANDREAN
1507230159



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : FEBRY ANDREAN
NPM : 1507230159
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Penerapan *Honeycomb Surface* Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada ACWH
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



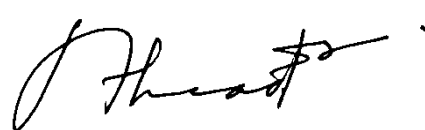
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji IV



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



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,
Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Febry Andean
Tempat /Tanggal Lahir: Suka Makmur /10 Agustus 1997
NPM : 1507230159
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Penerapan Honeycomb Surface Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada ACWH”,

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

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

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

Medan, 28 Januari 2020

Saya yang menyatakan,

A photograph of a 6000 Rupiah banknote from Bank Rakyat Indonesia. The note is yellow and green, with the number '6000' and 'RUPIAH' visible. A signature in black ink is written over the right side of the note.

Febry Andean

ABSTRAK

Air Conditioner Water Heater (ACWH) merupakan sistem yang memanfaatkan panas buang sistem AC untuk memanaskan air dengan penambahan alat penukar kalor. Dalam penelitian ini, ACWH menggunakan alat penukar kalor berbentuk *honeycomb* berbahan kuningan dengan panjang 30 cm dan 60 cm, dibuat dengan plat kuningan yang memiliki tebal 0,4 mm dan memiliki sisi hexagonal 6 mm. Pembuatan alat penukar kalor *honeycomb* yaitu dengan memotong plat kuningan 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 kuningan. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur evaporator yaitu sebesar 16 °C, 18 °C, dan 20 °C pada *honeycomb* kuningan dengan panjang 60cm dan 30cm. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali dalam jangka waktu 60 menit menggunakan laptop yang di lengkapi software PLX-DAQ untuk membaca data pengujian. Dari hasil penelitian diperoleh dalam waktu 60 menit dan kapasitas tangki 60 Liter, temperatur air terbesar terjadi pada *honeycomb* dengan panjang 60cm pada temperatur evaporator 16 °C dengan temperatur air sebesar 47,06 °C dan mendapatkan nilai perpindahan panas sebesar 238,014 watt, dan temperatur air terkecil terjadi pada *honeycomb* dengan panjang 30cm pada temperatur evaporator 20 °C dengan temperatur air sebesar 42,88 °C dan mendapatkan nilai perpindahan panas sebesar 132,520 watt.

Kata kunci: Honeycomb, Alat Penukar Kalor, *Air Conditioner Water Heater* (ACWH), Kuningan

ABSTRACT

Air Conditioner Water Heater (ACWH) is a system that utilizes the exhaust heat of the AC system to heat water with the addition of a heat exchanger. In this study, ACWH uses a honeycomb shaped heat exchanger made from brass with a length of 30 cm and 60 cm, made with a brass plate which has a thickness of 0.4 mm and has a hexagonal side of 6 mm. The making of honeycomb heat exchanger is by cutting the brass plate with a width of 20 mm and is molded using a mold that has a 6 mm hexagonal side. After it is formed, it is perforated on one side of the hexagonal with a diameter of 5 mm and then put together by weld using a special brass welding tool. This research was conducted by varying the temperature of the evaporator that is equal to 16 °C, 18 °C, and 20 °C on brass honeycomb with a length of 60cm and 30cm. Data retrieval is done every 10 minutes within a period of 60 minutes using a laptop equipped with PLX-DAQ software to read test data. From the research results obtained within 60 minutes and tank capacity of 60 liters, the largest water temperature occurs in honeycomb with a length of 60cm at the evaporator temperature 16 °C with a water temperature of 47.06 °C and get a heat transfer value of 238.014 watts, and the smallest water temperature occurs on a 30 cm long honeycomb at an evaporator temperature of 20 °C with a water temperature of 42.88 °C and a heat transfer value of 132.520 watts.

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

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 “Penerapan *Honeycomb Surface* Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada ACWH” 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 Sekertaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi, 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 Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai wakil dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembanding 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. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Paino dan Aida, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Setiawan Hadi, Yogi Pranata, Fadli Umri Pratama, Arifin Handrianto, Andri Kurniawan, Ulil Amri 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



Febry Andrian

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	1
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Air Conditioning <i>Water Heater</i> (ACWH)	3
2.1.2. Siklus Air Conditioner <i>Water Heater</i>	4
2.2. Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	5
2.3. Perpindahan Panas	5
2.4. Perpindahan Panas Konduksi	6
2.5. Perpindahan Panas Konveksi	6
2.5.1 Konveksi Alami	7
2.5.2 Konveksi Paksa	7
2.5.3 Aliran Laminar	7
2.6. Perpindahan Panas Radiasi	8
2.7. Konduktivitas Thermal	8
2.8. Sarang Lebah	9
2.9. Kuningan (<i>Brass</i>)	10
2.10. <i>Road Map Penelitian</i>	10
BAB 3 METODOLOGI	12
3.1 Tempat dan Waktu	12
3.1.1 Tempat	12
3.1.2 Waktu	12
3.2 Bahan dan Alat	12
3.2.1 Bahan Yang Digunakan	12
3.2.1.1 Lembaran Plat Kuningan	12
3.2.1.2 <i>Freon</i>	13
3.2.2 Alat Yang Digunakan	13

3.2.2.1	Alat Uji ACWH	13
3.2.2.2	Mesin Bor	14
3.2.2.3	Gunting Potong	15
3.2.2.4	Meteran	15
3.2.2.5	Gas <i>Portable</i>	15
3.2.2.6	Cetakan <i>Honeycomb</i>	16
3.2.2.7	Mata Bor	16
3.2.2.8	Penjepit	17
3.2.2.9	Palu	17
3.2.2.10	Kawat Las Kuningan	17
3.2.2.11	Sensor Suhu	18
3.2.2.12	Kunci Pas	18
3.2.2.13	Nepel	19
3.2.2.14	Kunci L	19
3.2.2.15	<i>Manifold Gauge</i>	20
3.2.2.16	<i>Pipe Cutter</i>	20
3.2.2.17	<i>Flaring Tool</i>	21
3.3	Diagram Alir Penelitian	22
3.3.1	Penjelasan Diagram Alir	22
3.4	Prosedur Penelitian	23
3.4.1	Perancangan <i>Honeycomb</i>	23
3.5	Prosedur Pembuatan	24
3.6	Proses Pengujian	24
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil Rancangan Alat Penukar Kalor <i>Honeycomb</i>	26
4.2	Prosedur Pembuatan	28
4.3	Proses Pengujian	31
4.4	Set Up Alat Uji ACWH <i>Honeycomb</i>	34
4.5	Hasil Pengujian	39
4.5.1.	Data Hasil Pengujian Temperatur Air	39
4.5.2.	Data Hasil Pengujian Temperatur Keluar Kompresor	43
4.5.3.	Data Hasil Pengujian Temperatur Masuk Kondensor	46
4.6	Perhitungan Perpindahan Panas <i>Honeycomb</i>	50
4.6.1.	Perhitungan Perpindahan Panas <i>Honeycomb</i> (60 cm)	50
4.6.2.	Perhitungan Perpindahan Panas <i>Honeycomb</i> (30 cm)	54
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1.	Kesimpulan	60
5.2.	Saran	60
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konduktivitas Termal	9
Tabel 2.2	Road Map Penelitian ACWH	11
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian	12
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Temperatur Air	41
Tabel 4.2	Data Hasil Pengujian Temperatur Keluar Kompresor	44
Tabel 4.3	Data Hasil Pengujian Temperatur Masuk Kondensor	48
Tabel 4.4	Propertis Air	51
Tabel 4.5	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	51
Tabel 4.6	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	52
Tabel 4.7	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	52
Tabel 4.8	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	53
Tabel 4.9	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	53
Tabel 4.10	Propertis Air	55
Tabel 4.11	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	56
Tabel 4.12	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	56
Tabel 4.13	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	56
Tabel 4.14	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	57
Tabel 4.15	Propertis <i>Refrigrant</i> R22	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Air Conditioning Water Heater</i>	3
Gambar 2.2	Siklus <i>Air Conditioning Water Heater</i>	4
Gambar 2.3	Laju Perpindahan Panas Konduksi	6
Gambar 2.4	Perpindahan Panas Konveksi	7
Gambar 2.5	Perpindahan Panas Radiasi	8
Gambar 2.6	Sandwich <i>honeycomb</i>	9
Gambar 3.1	Plat Kuningan	13
Gambar 3.2	Freon (R22)	13
Gambar 3.3	Alat uji ACWH	14
Gambar 3.4	Mesin Bor	14
Gambar 3.5	Gunting Potong	15
Gambar 3.6	Meteran	15
Gambar 3.7	Gas Portable	16
Gambar 3.8	Cetakan Honeycomb	16
Gambar 3.9	Mata Bor	16
Gambar 3.10	Penjepit	17
Gambar 3.11	Palu	17
Gambar 3.12	Kawat Las Kuningan	18
Gambar 3.13	Sensor Suhu	18
Gambar 3.14	Kunci Pas	19
Gambar 3.15	Nepel	19
Gambar 3.16	Kunci L	20
Gambar 3.17	Manifold Gauge	20
Gambar 3.18	Pipe Cutter (Pemotong Pipa)	21
Gambar 3.19	Flaring Tool	21
Gambar 3.20	Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1	Rancangan Honeycomb (50%)	26
Gambar 4.2	Rancangan Honeycomb (100%)	27
Gambar 4.3	Dimensi Rancangan Honeycomb	27
Gambar 4.4	Gunting Potong	28
Gambar 4.5	Palu	28
Gambar 4.6	Penjepit	28
Gambar 4.7	Mesin Bor	29
Gambar 4.8	Gas Portable	29
Gambar 4.9	Cetakan Honeycomb	29
Gambar 4.10	Memotong Plat Kuningan	29
Gambar 4.11	Mencetak Plat Kuningan	30
Gambar 4.12	Pembuatan Lubang	30
Gambar 4.13	Mengelas Plat Kuningan	30
Gambar 4.14	Honeycomb Yang Sudah Dilas	31
Gambar 4.15	Mengelas Penutup Honeycomb	31
Gambar 4.16	Honeycomb Sudah Jadi	31

Gambar 4.17	Memasang Honeycomb Ke Tangki	32
Gambar 4.18	Menyambung Alat Penukar Kalor Ke Jalur Refrigerant	32
Gambar 4.19	Pengisian Freon	32
Gambar 4.20	Pengisian Air Kedalam Tangki	33
Gambar 4.21	Pengambilan Data	33
Gambar 4.22	Bagian-Bagian Komponen Alat Uji ACWH	34
Gambar 4.23	Laptop	34
Gambar 4.24	Arduino Uno	35
Gambar 4.25	Kabel Koneksi	35
Gambar 4.26	Bread Board	35
Gambar 4.27	Tangki	36
Gambar 4.28	Sensor Suhu Air	36
Gambar 4.29	Sensor Suhu Keluar Kompresor	36
Gambar 4.30	Sensor Suhu Masuk Kondensor	37
Gambar 4.31	Unit Indoor AC	37
Gambar 4.32	APK Honeycomb	37
Gambar 4.33	Pipa Freon	37
Gambar 4.34	Rangka	38
Gambar 4.35	Pipa Keluar Kompresor	38
Gambar 4.36	Pipa Masuk Kondensor	38
Gambar 4.37	Unit Outdoor AC	38
Gambar 4.38	Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu Awal	39
Gambar 4.39	Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 10 Menit	40
Gambar 4.40	Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 20 Menit	40
Gambar 4.41	Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 30 Menit	40
Gambar 4.42	Grafik Perbandingan Temperatur Air	41
Gambar 4.43	Grafik Perbandingan Temperatur Air	42
Gambar 4.44	Grafik Perbandingan Temperatur Air	42
Gambar 4.45	Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Waktu Awal	43
Gambar 4.46	Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor 10 Menit	43
Gambar 4.47	Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor 20 Menit	44
Gambar 4.48	Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor	45
Gambar 4.49	Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor	45
Gambar 4.50	Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor	46
Gambar 4.51	Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Waktu Awal	47
Gambar 4.52	Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor 10 Menit	47
Gambar 4.53	Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor 20 Menit	47
Gambar 4.54	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	48
Gambar 4.55	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	49
Gambar 4.56	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	49
Gambar 4.57	Grafik Perbandingan Perpindahan Panas Honeycomb	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 $5,67 \times 10^{-8}$ (W/m ² k ⁴)
A	= Luas permukaan, (m^2)
T_1, T_2	= Temperatur, (K)
H	= Koefisien perpindahan panas konveksi (w/m ² .C)
V	= Volume air (liter)
L	= Panjang <i>Honeycomb</i> (m)
T_{ai}	= Temperatur awal air (°C)
T_{ao}	= Temperatur akhir air (°C)
ΔT_{air}	= Selisih temperatur air (°C)
T_{ci}	= Temperatur masuk tangki (°C)
T_{co}	= Temperatur keluar tangki (°C)
ΔT_{coil}	= Selisih Temperatur <i>Refrigerant</i> (°C)
W	= Energi (MJ)
T_{ra}	= Temperatur Rata-rata air (°C)
C_{air}	= panas jenis air (j/kg.°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 (°C)
v	= Laju <i>refrigerant</i> (m/s)
ρ	= Rapat massa (<i>density</i>) freon (kg/m^3)
Re	= Bilangan reynold
μ	= Viskositas Freon (kg/m.s)
Pr	= Bilangan prandalt
$Q=H$	= laju perpindahan panas (W)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada zaman 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.

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 kuningan sebagai penukar kalor pada ACWH (*Air Conditioner Water Heater*).

Dalam penelitian ini, penukar kalor berbentuk *honeycomb* berbahan kuningan dipilih berbentuk plat dengan ketebalan 0.4 mm. *Honeycomb* adalah bagian dari sarang lebah yang berbentuk penampang dengan sel berpola segi enam (*hexagonal*). Pemanfaatan srtuktur 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.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah “ Bagaimana menerapkan alat penukar kalor (*heat exchanger*) berbentuk *honeycomb surface* berbahan kuningan (*brass*) sebagai alat penukar kalor pada ACWH (*Air Conditioner Water Heater*)? “

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian dan rancangan *honeycomb surface* ini adalah :

1. Satu unit ACWH menggunakan AC *split* yang memiliki daya 1 PK.
2. Bahan struktur *honeycomb surface* plat kuningan (*brass*) dengan tebal 0,4 mm.
3. Bahan yang dipanaskan adalah air dengan volume 60 liter.
4. Media pemanasan adalah panas buang keluaran kompresor AC.

1.4. Tujuan

Melalui rancangan dan penelitian ini diharapkan dapat dicapai berbagai tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk merancang alat penukar kalor (*heat exchanger*) tipe *honeycomb surface* untuk memanaskan air.
2. Untuk memperoleh temperatur air yang dihasilkan oleh alat penukar kalor tipe *honeycomb surface* pada ACWH.
3. Untuk menghitung laju perpindahan panas alat penukar kalor tipe *honeycomb surface* ke air.
4. Membandingkan alat penukar kalor tipe *honeycomb surface* dengan panjang 60 cm dan 30 cm.

1.5. Manfaat

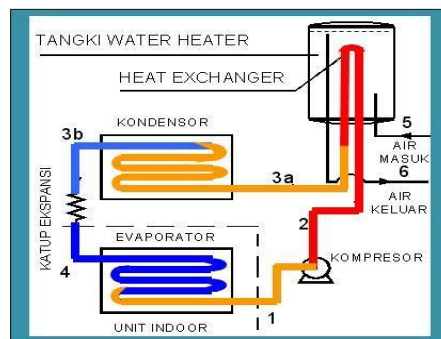
Penulisan ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai pedoman untuk merencanakan rancangan *heat exchanger* (alat penukar kalor) tipe *honeycomb surface*;
2. Memberikan pengetahuan tentang sifat dan karakteristik dari ACWH dengan alat penukar kalor *honeycomb surface*;
3. Memberikan informasi tentang penggunaan alat penukar kalor tipe *honeycomb surface* pada sistem ACWH (*air conditioning water heater*)

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air conditioning *water heater* (ACWH)

Air conditioning *water heater* (ACWH) Adalah alat pemanas air yang mengandalkan energi buang dari out door AC (Air Conditioning), yaitu suhu *freon* yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Prinsip kerja *heat exchanger water heater* ini adalah mengumpulkan panas yang dibuang oleh compressor kemudian dialirkan ke *heat exchanger* yang akan memanaskan air di tangki penampungan. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Air Conditioning *Water Heater* (Putra, 2014)

Kelebihan sistem air-conditioner *water heater*:

1. Lebih menghemat energi.
2. Menekan biaya operasional karena memanfaatkan panas buangan AC.
3. Mampu mengurangi udara panas hasil buangan AC di luar rumah, karena panas pembuangan AC dalam pemrosesan diubah menjadi udara dingin.
4. AC menjadi lebih dingin.

Kekurangan sistem air-conditioner *water heater*:

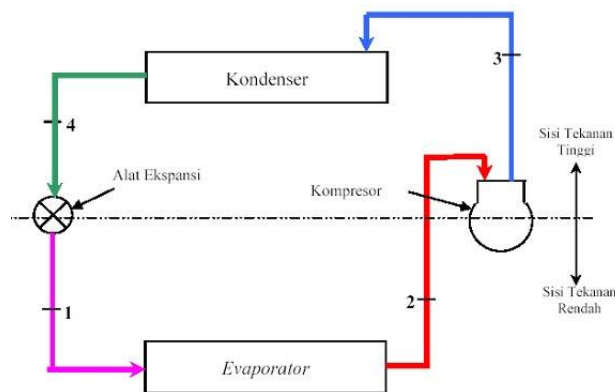
1. Ketergantungan yang tinggi terhadap AC sehingga jika AC tidak menyala maka tidak bisa memakai *water heater*.
2. Peletakan *water heater* harus berdekatan dengan kompresor AC sebab bila terlalu jauh akan memperlambat proses pemanasan.

Pengaruh AC dengan dipasangnya tangki pemanas air atau water heater tank tergantung pada kerja sistem AC yang digunakan. Seberapa banyak kuantitas dan kualitas suhu air panas yang didapatkan tergantung seberapa lama sistem AC bekerja secara terus menerus dan seberapa besar kapasitas tangki yang digunakan.

Selain itu berdampak juga pada daya listrik yang digunakan oleh sistem AC sehingga biaya yang digunakan untuk membayar biaya listrik pun semakin besar.

2.1.2 Siklus *Air Conditioner Water Heater*

Gambar 2.2 menunjukkan siklus ACWH yang memanfaatkan kalor buang dari unit indoor untuk memanaskan air. Sebagai kalor dari *refrigerant* yang sudah dikompresikan oleh kompresor digunakan kembali untuk memanaskan air dibantu dengan *heat exchanger*. *Heat exchanger* sangat menentukan kinerja dari sistem *air conditioner water heater* ini. Pada sistem ACWH sangat dibutuhkan *heat exchanger* yang dapat memindahkan kalor sebaik mungkin dari *refrigerant* tanpa menyebabkan kebocoran yang dapat mempengaruhi kinerja unit *indoor* atau evaporator.



Gambar 2.2 Siklus *Air Conditioner Water Heater* (Putra,2014)

Siklus refrigerasi kompresi uap ideal yang terdapat pada sistem *air conditioner water heater* dapat digambarkan dalam diagram seperti gambar di atas. Proses-proses yang terjadi adalah

- Proses 1 ke 2 Refrigerant dihisap oleh kompresor lalu diberi tekanan oleh kompresor hingga berubah fasa dari cair menjadi gas, bertemperatur dan bertekanan tinggi.
- Proses 2 ke 3 Panas *refrigerant* ditransfer ke permukaan *coil* sehingga panas dari *refrigerant* berpindah untuk memanaskan air. Begitu sebaliknya, *refrigerant* mengalami penurunan tekanan dan temperatur dan sebagian berubah fasa menjadi cair.
- Proses 3 ke 4 *Refrigerant* keluaran kondensor dan *heat exchanger* digabungkan kembali sebelum melalui pipa kapiler atau katup ekspansi. *Refrigerant* bertekanan dan bertemperatur tinggi selanjutnya melalui

pipa kapiler atau katup ekspansi sehingga mengalami penurunan temperatur dan tekanan.

- Proses 4 ke 1 *Refrigerant* pada *evaporator* dalam keadaan temperatur rendah sehingga dapat menyerap kalor di dalam ruangan. *Refrigerant* mulai menguap karena menyerap kalor sebanyak kalor laten penguapan. Selama proses penguapan di dalam pipa terdapat campuran *refrigerant* fasa cair dan fasa uap. Proses ini berulang pada tekanan yang stabil hingga mencapai temperatur *superheat*.

2.2 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

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.

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.

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang laju perpindahan panas di antara material/benda karena adanya perbedaan suhu (panas dan dingin). Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada sistem yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperatur menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan

kalor, sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. (Luqman Buchori,2011)

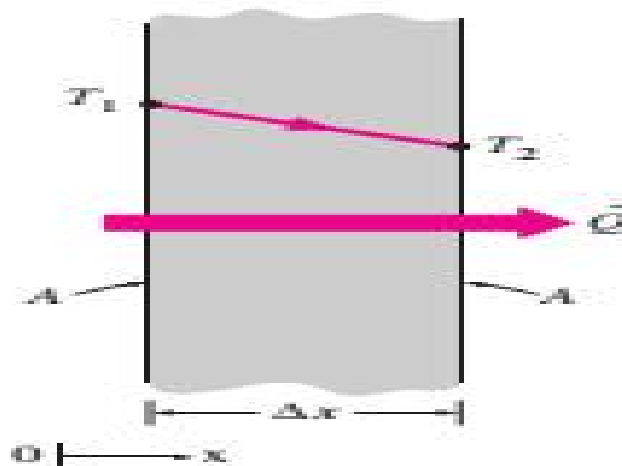
Proses perpindahan panas terjadi dari suatu system yang memiliki temperatur lebih tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Keseimbangan pada masing – masing sistem terjadi ketika system memiliki temperatur yang sama. Perpindahan panas dapat berlangsung dengan 3 (tiga) cara, yaitu:

1. Perpindahan panas konduksi.
2. Perpindahan panas konveksi
3. Perpindahan panas radiasi

2.4 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan Panas Konduksi adalah proses perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, tetapi media untuk perpindahan panas tetap. Laju aliran panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas permukaan benda yang saling bersentuhan, perbedaan suhu awal antara kedua benda, dan konduktivitas panas dari kedua benda tersebut. Konduktivitas panas ialah tingkat kemudahan untuk mengalirkan panas yang dimiliki suatu benda. persamaan umum konduksi untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum *Fourier* seperti persamaan 2.1.

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



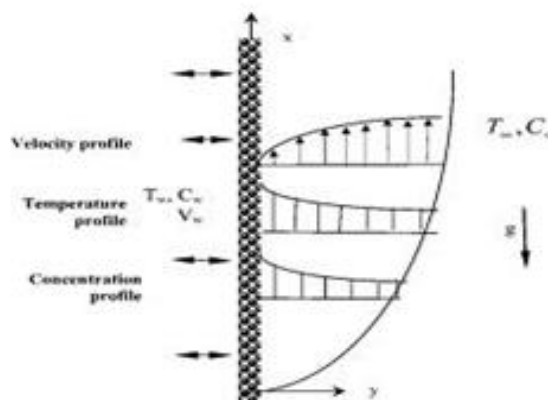
Gambar 2.3 Laju Perpindahan Panas Konduksi (George, 2018)

2.5 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari permukaan media padat atau fluida yang mengalir (bergerak) atau sebaliknya, dimana diantara keduanya terdapat perbedaan temperatur. Pergerakan fluida ditimbulkan oleh adanya *bouyancy* dari perubahan densitas fluida akibat perbedaan temperatur yang disebut *free convection*. Sedangkan pergerakan fluida akibat gaya dari luar seperti tiupan atau hisapan dari pompa, fan, kompresor dan lainnya disebut *force convection*.

Persamaan perpindahan panas konveksi dikenal sebagai hukum *Newton* untuk pendinginan (*Newton's Law Of Cooling*) seperti persamaan 2.2.

$$q_{cond.} = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.2)$$



Gambar 2.4 Perpindahan Panas Konveksi (Frank.P Incropera, 1996)

2.5.1 Konveksi Alami (Konveksi Bebas)

Konveksi alami (konveksi bebas) terjadi karena fluida bergerak secara alamiah dimana pergerakan fluida tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan massa jenis fluida akibat adanya variasi suhu pada fluida tersebut. Logikanya, kalau suhu fluida tinggi, tentunya dia akan menjadi lebih ringan dan mulai gerak ke atas.

2.5.2 Konveksi Paksa

Konveksi paksa terjadi karena bergeraknya fluida bukan karena faktor alamiah. Fluida bergerak karena adanya alat yang digunakan untuk menggerakkan fluida tersebut, seperti kipas, pompa, blower dan sebagainya.

2.5.3 Aliran Laminar

Syarat aliran laminar adalah $Re < 2300$ dan bilangan reynold dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} \quad (2.3)$$

Untuk persamaan Nusselt jika aliran laminar :

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k_f} = 0,664 \cdot R_{eL}^{0,5} \cdot Pr^{0,333} \quad (2.4)$$

2.5.4 Aliran Turbulen

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

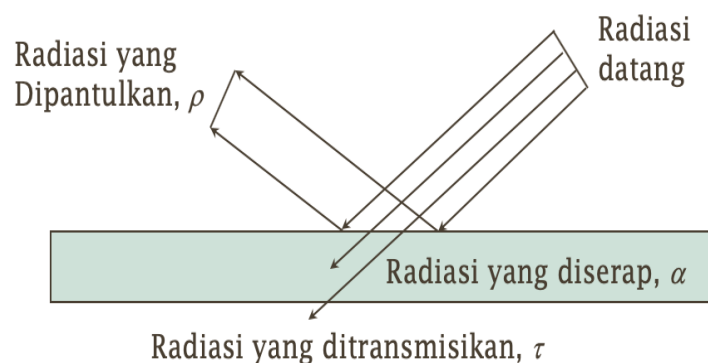
$$Nu = \frac{h \cdot L}{k_f} = 0,037 \cdot R_{eL}^{0,8} \cdot Pr^{0,333} \quad (2.5)$$

2.6 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran/sinaran/radiasi gelombang *elektromagnetik*. Perpindahan panas radiasi berlangsung dengan panjang gelombang pada interval tertentu. Jadi perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruangan hampa udara.

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.

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



Gambar 2.5 Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman, 2010)

2.7 Konduktivitas Thermal

Konduktivitas thermal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Konduksi 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 di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

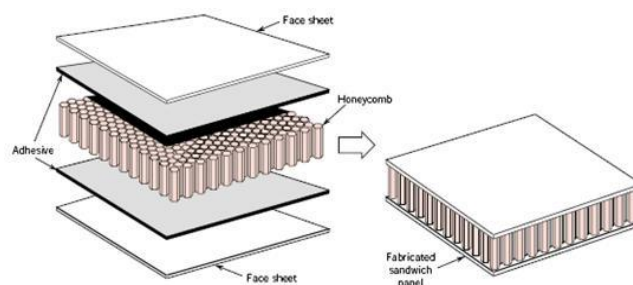
Tabel.2.1 Konduktivitas Termal

Jenis Zat	Konduktivitas Termal ($W/m \cdot ^\circ C$)
Aluminium	200
Kuningan	110
Tembaga	390
Timbal	35
Perak	410
Besi	80
Baja	46
Asbes	0,008
Beton	0,80
Gabus	0,17
Kaca	0,80
Kayu rata-rata	0,08
Air	0,60
Udara	0,024
Es	1,70
Hidrogen	0,14
Oksigen	0,023

(Sumber : Suryanto, Ari dkk. 2012. Modifikasi plat penyerap kalor matahari.)

2.8 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. (D. Mousanezhad R. dkk 2014)



Gambar 2.6. *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

2.9 Kuningan (*Brass*)

Kuningan adalah paduan logam tembaga dan logam seng dengan kadar tembaga antara 60-96% massa. Dalam perdagangan kuningan dikenal 2 jenis, yaitu :

- Kawat kuningan (*brass wire*) kadar tembaga antara 62-95%
- Pipa kuningan (*seamless brass tube*) kadar tembaga antara 60-90%
- Plat kuningan (*brass sheet*) kadar tembaga antara 60-90%

Tembaga dalam kuningan membuat kuningan bersifat *antiseptik*, melewati efek *oligodinamis*.

2.10 *Road Map* Penelitian

Tabel 2.2 Road Map Penelitian ACWH di Fakultas Teknik Mesin
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	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 Andrean	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 Laju Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas
10	M. Kamaludin Wahdani	1607230075	Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan <i>Honeycomb</i> Sebagai Penghantar Panas

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dalam pengerjaan dan penelitian alat penukar kalor *Honey comb surface* ini adalah di Laboraturium Proses Produksi dan Prestasi Mesin Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Mukhtar Basri No 3.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan pembuatan dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)							
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Study literature								
2	Desain dan Pembuatan Alat Penukar Kalor <i>Honeycomb Surface</i>								
3	Pengujian dan pengambilan data tugas akhir								
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 plat kuningan

Lembaran plat kuningan pada penelitian ini memiliki tebal 0,4 mm dan digunakan untuk membuat *core* struktur *honeycomb* yang dibentuk dengan menggunakan cetakan *honeycomb*.



Gambar 3.1 Lembaran plat kuningan

3.2.1.2 Freon

Freon berfungsi sebagai bahan pendingin sekaligus pemanas yang dialirkan melalui alat penukar panas *honey comb*. Gambar dari Freon 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 Alat Uji ACWH

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

- Unit Indoor AC *Split* Dan Outdoor AC *Split*

Kapasitas AC : 1 PK

Input Daya : 880 W

Arus Kompresor : 16,5 A
Tegangan : 220 V
Daya : 1-fase a.c

- Tangki penyimpanan air (*water storage*) yang berbentuk kerucut terpancung dengan :

Tinggi tangki : 61 cm
Diameter atas tangki : 30 cm
Diameter bawah tangki : 40 cm
Volume air : 60 Liter

- Arduino Uno

Operating voltage : 5 V
Input voltage : 6 – 20 V



Gambar 3.3 Alat Uji ACWH

3.2.2.2 Mesin bor

Alat ini digunakan untuk melubangi sisi-sisi *hexagonal* pada struktur *honeycomb*. Mesin bor yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin bor

3.2.2.3 Gunting potong

Gunting potong berfungsi untuk memotong plat kuningan sesuai ukuran yang telah di rencanakan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Gunting potong

3.2.2.4 Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur lebar plat kuningan yang akan dipotong dan untuk mengukur panjang *honeycomb* yang telah direncanakan sebelum dipotong dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Meteran

Lebar :25 mm

Panjang Max :7,5 m

3.2.2.5 Gas portable

Gas *portable* berfungsi sebagai alat untuk menyambungkan plat kuningan yang telah dibentuk menjadi struktur *honeycomb* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Gas portable

3.2.2.6 Cetakan *Honeycomb*

Cetakan digunakan untuk membentuk plat kuningan yang telah dipotong menjadi struktur *honeycomb* dan memiliki ukuran sisi *hexagonal* 6 mm, dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Cetakan *Honeycomb*

3.2.2.7 Mata bor

Mata bor berfungsi untuk membuat lubang pada sisi-sisi *hexagonal* pada struktur *honeycomb* sebagai jalur aliran *refrigeran* ukuran mata bor 3 mm dan 6 mm, dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Mata bor

3.2.2.8 Penjepit

Penjepit berfungsi untuk menjepit plat kuningan pada saat proses pencetakan struktur *honeycomb* pada cetakan, dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Penjepit

3.2.2.9 Palu

Palu berfungsi untuk memukul plat kuningan ketika pada saat proses pencetakan struktur *honeycomb*, dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Palu

3.2.2.10 Kawat las kuningan

Kawat las kuningan berfungsi sebagai bahan tambahan untuk pengelasan plat kuningan, dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Kawat las kuningan

3.2.2.11 Sensor suhu

Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu kompresor, kondensor dan air ketika pengujian berlangsung. Gambar dari sensor suhu dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Sensor Suhu

Tipe :DS18B20

Suhu maximal :135°C

Suhu minimal :-35°C

3.2.2.12 Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk mengencangkan dan mengunci baut yang digunakan dalam rangkaian ACWH. Gambar dari kunci pas dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Kunci Pas

3.2.2.13 Nepel

Nepel berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dan untuk menahan kebocoran pada pipa tembaga. Gambar dari nepel dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Nepel

3.2.2.14 Kunci L

Kunci L digunakan untuk membuka dan menutup tube yang ada pada tabung penyimpanan Freon. Gambar kunci L dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Kunci L

3.2.2.15 Manifold Gauge

Manifold gauge digunakan untuk mengetahui tekanan freon pada AC, alat ini juga digunakan untuk mengisi Freon AC. Gambar dari manifold gauge dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Manifold Gauge

3.2.2.16 Pipe Cutter (Pemotong Pipa)

Pipe cutter (pemotong pipa) berfungsi untuk memotong pipa tembaga. Gambar dari pipe cutter (pemotong pipa) dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 *Pipe Cutter*

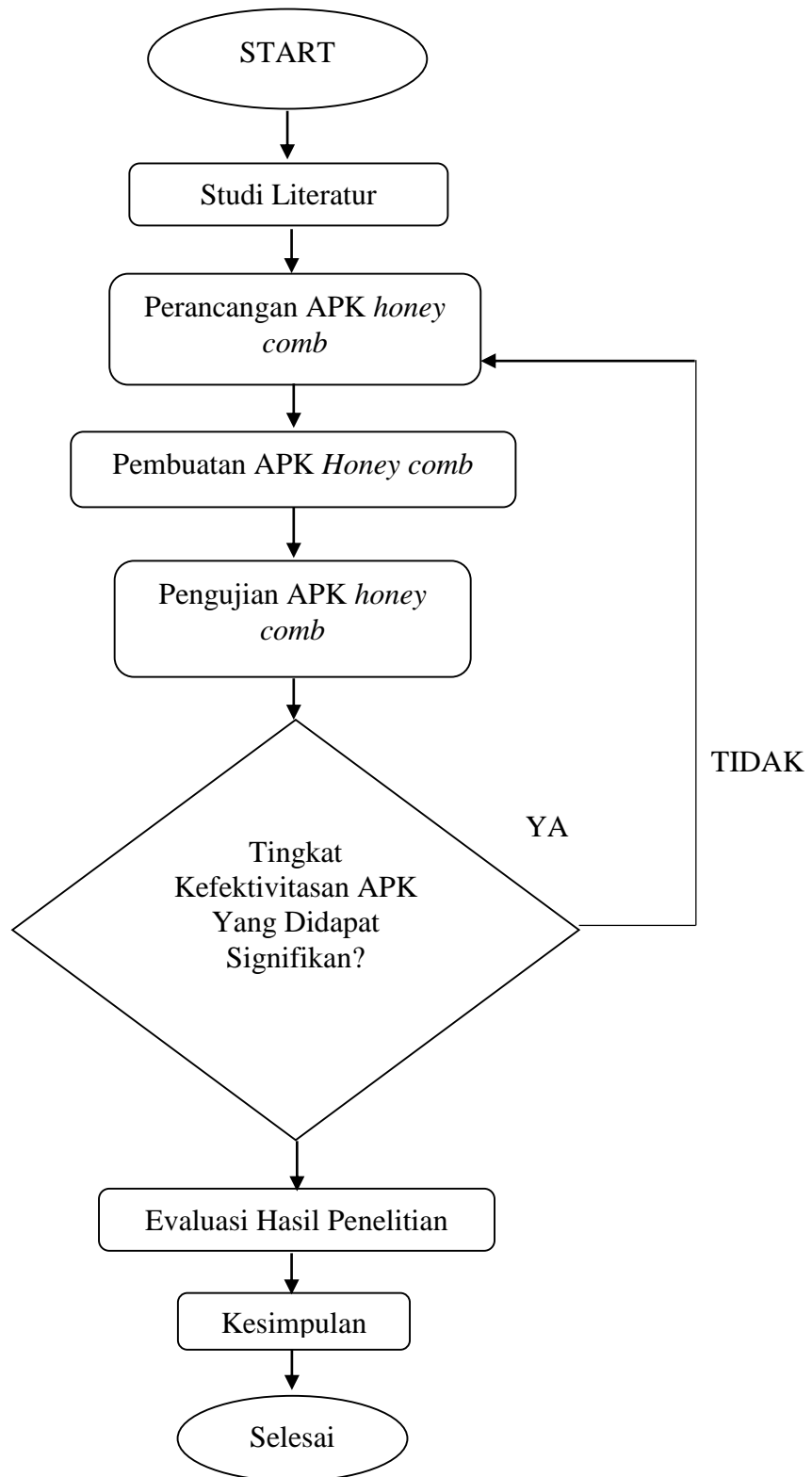
3.2.2.17 *Flaring Tool*

Flaring tool digunakan untuk mengembangkan ujung pipa tembaga atau memperbesar lubang ujung pipa tembaga agar dapat disambungkan dengan pipa tembaga lainnya. Gambar dari flaring tool dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 *Flaring Tool*

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.20 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

1. Study Literature, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, karena untuk memahami teori-teori dan rumusan yang mendasari topik permasalahan dalam penelitian, study literature ini dilakukan dengan membaca berbagai literature yang berhubungan dengan penelitian ini, baik buku-buku teks, jurnal, maupun tugas sarjana.
2. Perancangan adalah penggambaran, perencanaan 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.
3. Menentukan material adalah proses pemilihan material dan komponen yang sesuai dengan rancangan alat. Meliputi : jenis material, kekuatan dan harga material yang digunakan.
4. Pembuatan alat penukar kalor APK yang berbentuk sarang lebah (*honeycomb*) dengan ukuran yang ditentukan.
5. Melakukan pengujian alat penukar kalor *honeycomb* pada alat uji ACWH
6. Melihat hasil dari pengujian tingkat keefektivitasan alat penukar kalor *honeycomb* dengan panjang 30 cm dan 60 cm.
7. Mencatat dan menganalisis hasil dari pengujian dari alat penukar kalor *honeycomb surface* dan mengevaluasi dari pengujian.
8. Menyimpulkan hasil dari pengujian alat penukar kalor *honeycomb surface* yang telah di analisis dan evaluasi.
9. Selesai.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dari pengujian alat penukar kalor *honeycomb* ini sebagai berikut :

3.4.1 Perancangan *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.
- Selesai.

3.5 Prosedur Pembuatan

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 kuningan menggunakan gunting potong dengan ukuran yang sudah direncanakan yaitu : panjang 30 cm dan 50 cm lebar 2 cm.
- Mencetak plat kuningan menggunakan cetakan *honeycomb* dengan ukuran sisi hexagonal 6 mm dengan cara memukul plat kuningan yang sudah di potong dan di jepit di cetakan menggunakan palu.
- Membuat lubang menggunakan mesin bor dengan mata bor 3 mm dan 5 mm di sisi hexagonal bertujuan untuk mengalirkan refrigerant ke alat penukar kalor.
- Mengelas plat kuningan yang sudah di cetak dan di lubangin agar menjadi alat penukar kalor *honeycomb* dengan alat bantu kawat las kuningan sebagai 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 Proses Pengujian

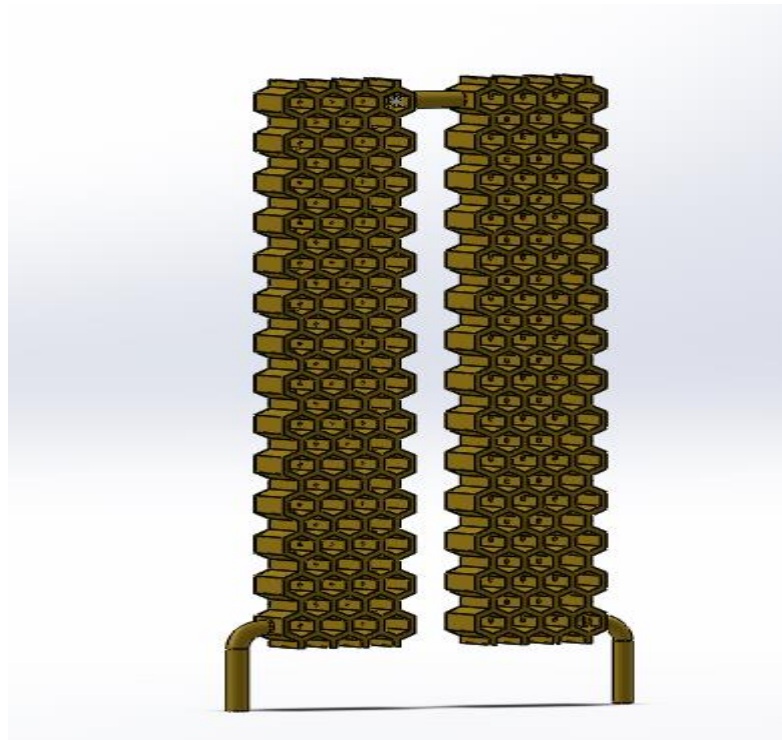
1. Menyiapkan alat uji ACWH dan laptop beserta arduino uno.
2. Memasang APK *honeycomb* ke dalam tangki air ACWH.
3. Mengisi tangki penyimpanan ACWH dengan air sebanyak 60 L.
4. Menghubungkan sensor suhu DS18B20 ke arduino uno.

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* mengetahui tekanan *Freon*.
7. 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.
8. 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.
9. Pengujian dilakukan 3 kali yaitu pada temperature evaporator 16°C, 18°C, dan 20°C.
10. 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.

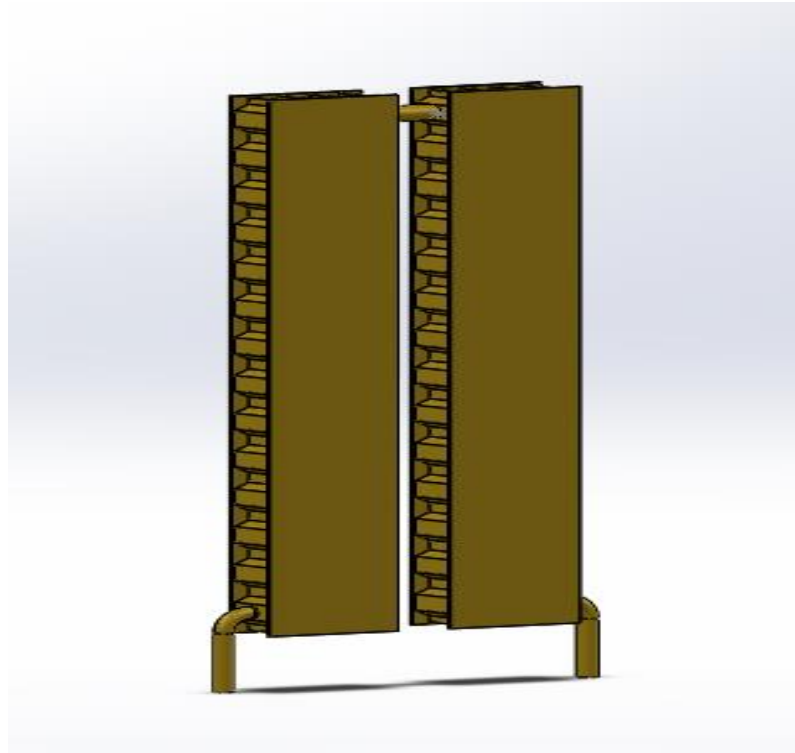
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Rancangan Alat Penukar Kalor *Honeycomb Surface*

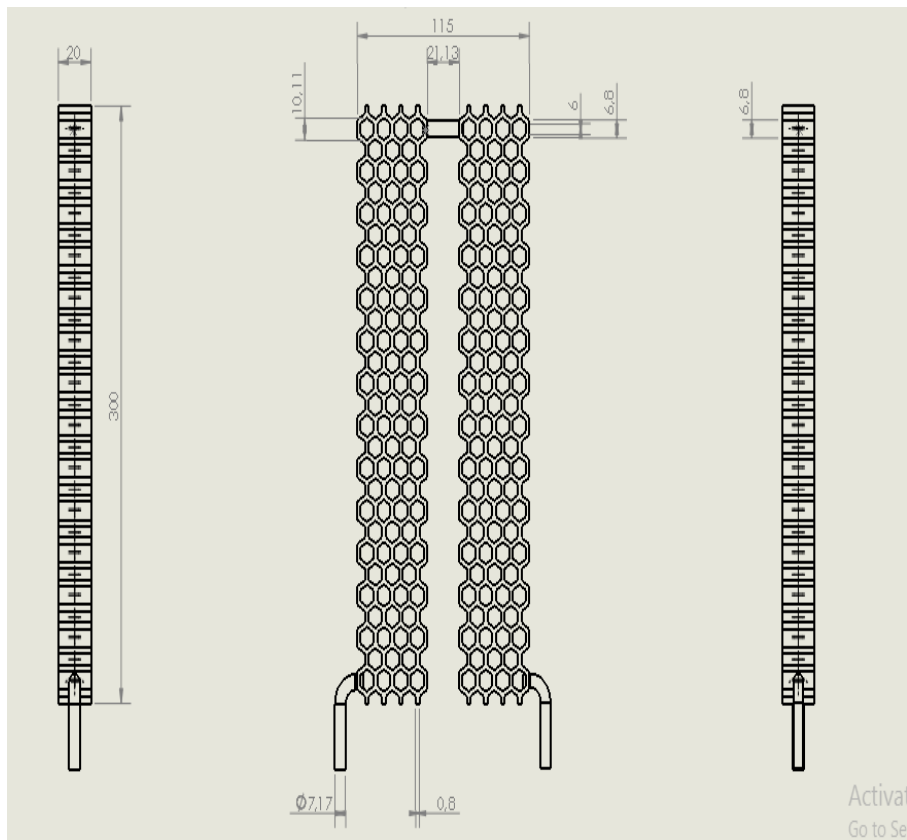
Proses perancangan alat penukar kalor *honeycomb* menggunakan *solidworks* 2014. Alat penukar kalor *honeycomb* dirancang dengan 2 ukuran yang berbeda yaitu dengan panjang 30 cm dan 60 cm. dan hasil rancangan dapat dilihat pada gambar 4.1. dan 4.2.



Gambar 4.1. Rancangan *Honeycomb* (50%)



Gambar 4.2. Rancangan *Honeycomb* (100 %)



Gambar 4.3. Dimensi Rancangan *Honeycomb*

4.2. Prosedur Pembuatan

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

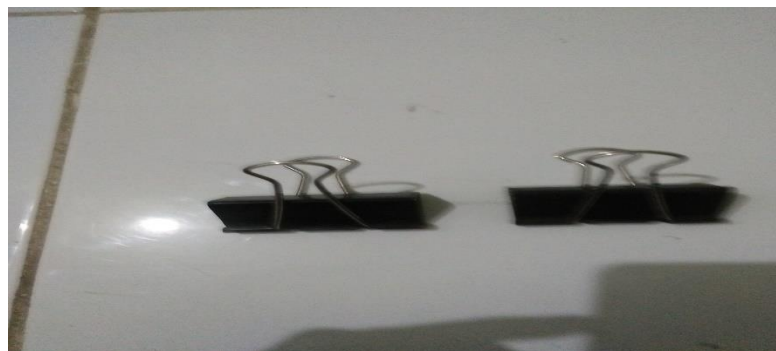
- Menyiapkan peralatan seperti : 1. gunting potong 2. palu 3. penjepit 4. mesin bor 5. gas portable 6. cetakan honeycomb.



Gambar 4.4. Gunting Potong



Gambar 4.5. Palu



Gambar 4.6. Penjepit



Gambar 4.7. Mesin Bor



Gambar 4.8. Gas Portable



Gambar 4.9. Cetakan *Honeycomb*

- Memotong plat kuningan menggunakan gunting potong dengan ukuran yang sudah direncanakan yaitu : panjang 30 cm dan lebar 2 cm.



Gambar 4.10. Memotong Plat Kuningan

- Mencetak plat kuningan menggunakan cetakan honeycomb dengan ukuran sisi hexagonal 6 mm dengan cara memukul plat kuningan yang sudah di potong dan di jepit di cetakan menggunakan palu.



Gambar 4.11. Mencetak Plat Kuningan

- Membuat lubang menggunakan mesin bor dengan mata bor 3 mm dan 5 mm di sisi hexagonal bertujuan untuk mengalirkan refrigerant ke alat penukar kalor.



Gambar 4.12. Pembuatan Lubang

- Mengelas plat kuningan yang sudah di cetak dan di lubangin agar menjadi alat penukar kalor honeycomb dengan alat bantu kawat las kuningan sebagai penyambungan.



Gambar 4.13. Mengelas Plat Kuningan

- Alat penukar kalor *honeycomb* yang sudah di las.



Gambar 4.14. *Honeycomb* Yang Sudah Dilas

- Mengelas tutup alat penukar kalor *honeycomb*.



Gambar 4.15. Mengelas Penutup Kalor

- Alat penukar kalor *honeycomb* yang sudah di las penutup.



Gambar 4.16. *Honeycomb* Yang Sudah Jadi

- Selesai.

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. memasang alat penukar kalor honeycomb ke tangki.



Gambar 4.17. Memasang *Honeycomb* ke tangki

2. menyambung alat penukar kalor honeycomb ke jalur refrigerant masuk kondensor dan keluar kompresor ke kondensor menggunakan nepel.



Gambar 4.18. Menyambung 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 4.19. Pengisian Freon

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



Gambar 4.20. Pengisian Air Kedalam Tangki

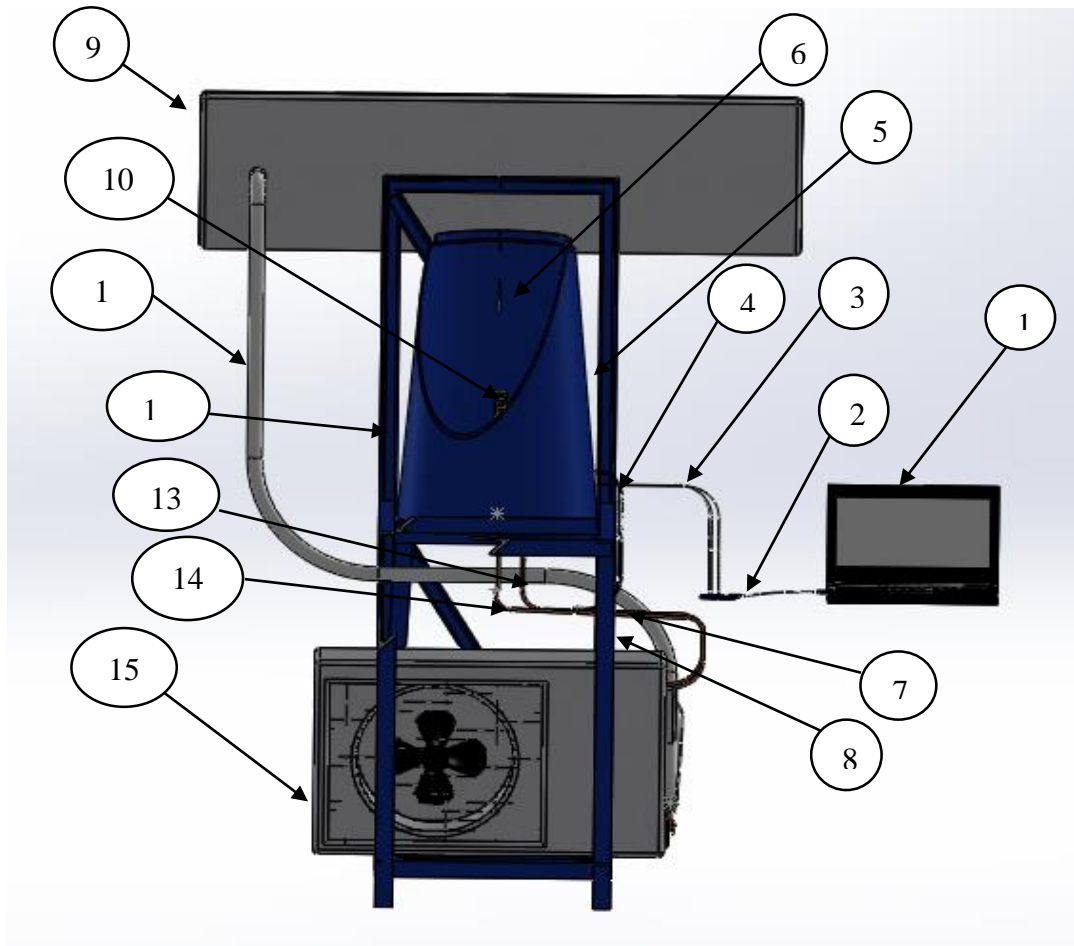
5. Proses Pengambilan data, Pada proses ini melakukan proses pengujian untuk pengumpulan dan pengambilan data dari mesin ACWH untuk penelitian masing-masing. Proses pengambilan data ini meliputi pengambilan data temperatur air,temperatur refrigerant masuk kondensor dan temperatur refrigerant keluar kompresor pada temperatur AC 16,18 dan 20 °C. Pengambilan data berlangsung selama 60 menit pada temperatur air 27-29 °C.



Gambar 4.21. 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 4.22.



Gambar 4.22. Bagian-Bagian Komponen Alat Uji ACWH (*Honeycomb*)

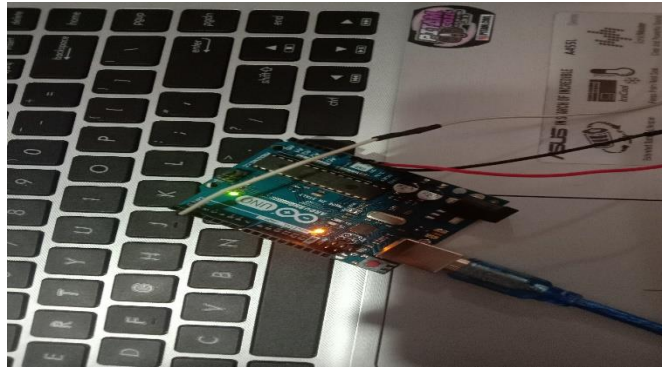
Keterangan :

1. Laptop



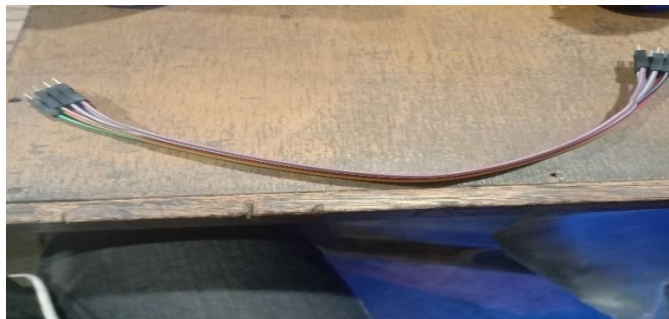
Gambar 4.23. Laptop

2. Arduino uno



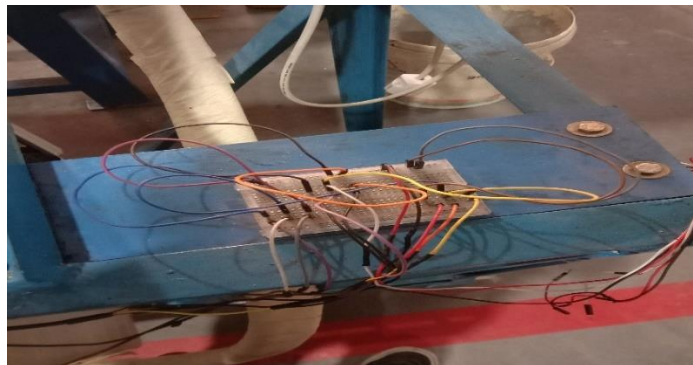
Gambar 4.24. Arduino Uno

3. Kabel koneksi arduino uno ke bread board



Gambar 4.25. Kabel Koneksi

4. Bread board



Gambar 4.26. Bread board

5. Tangki



Gambar 4.27. Tangki

6. Sensor suhu air



Gambar 4.28. Sensor Suhu Air

7. Sensor suhu keluar kompresor



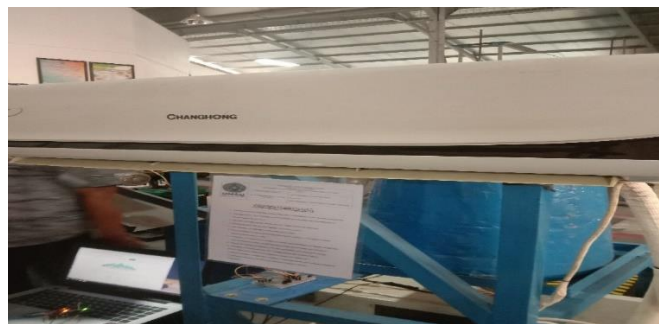
Gambar 4.29. Sensor Suhu Keluar Kompresor

8. Sensor suhu masuk kondensator



Gambar 4.30. Sensor Suhu Masuk Kondensor

9. Unit indoor AC



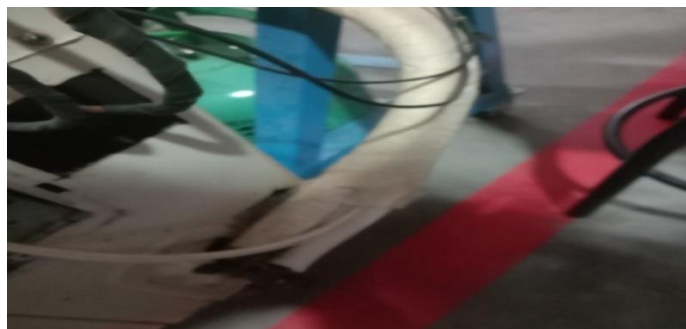
Gambar 4.31. Unit Indoor AC

10. APK *honeycomb*



Gambar 4.32. APK *Honeycomb*

11. Pipa freon



Gambar 4.33. Pipa freon

12. Rangka



Gambar 4.34. Rangka

13. Pipa keluar kompresor



Gambar 4.35. Pipa Keluar Kompresor

14. Pipa masuk kondensor



Gambar 4.36. Pipa Masuk Kondensor

15. Unit outdoor AC



Gambar 4.37. 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, tentangkinerja 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 *Honeycomb* 60 cm dan 30 cm
Pada pelaksanaan pengujian, menggunakan arduino uno, didapat temperatur air yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.38. sampai 4.41.

	A	B	C	D	E	F
	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	Temperatur air	Temperatur keluar kompresor	Temperatur masuk kondensor		
1						
2	16:58:46	29,00	34,13	28,31		
3	16:58:47	28,94	34,19	28,25		
4	16:58:49	28,94	34,25	28,19		
5	16:58:50	28,87	34,25	28,06		
6	16:58:52	28,94	34,31	28,19		
7	16:58:53	28,94	34,31	28,06		
8	16:58:55	28,94	34,38	28,12		
9	16:58:57	28,94	34,38	28,12		
10	16:58:58	29,06	34,38	28		
11	16:59:00	29,00	34,44	28	awal	
12	16:59:01	29,00	34,44	28		
13	16:59:03	28,81	34,44	28		
14	16:59:04	28,94	34,44	28		
15	16:59:06	29,00	34,5	27,81		
16	16:59:07	28,94	34,5	28		
17	16:59:09	28,94	34,56	27,94		
18	16:59:11	28,94	34,5	27,87		
19	16:59:12	28,81	34,56	27,81		
20	16:59:16	28,87	34,56	27,81		
21	16:59:16	28,94	34,75	27,87		
22	16:59:17	29,00	35,44	28,12		
23	16:59:18	28,94	36,5	28,44		
24	16:59:20	28,94	37,81	29,06		
25	16:59:21	28,94	39,19	29,87		
26	16:59:23	28,81	40,63	30,62		

Gambar 4.38. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu Awal

B394		35,25				
	A	B	C	D	E	F
369	17:08:21	34,88	96,31	59,75		
370	17:08:23	34,88	96,37	59,94		
371	17:08:24	34,81	96,44	60		
372	17:08:26	34,88	96,5	60,13		
373	17:08:28	34,94	96,56	60,25		
374	17:08:29	34,88	96,62	60,25		
375	17:08:31	34,81	96,69	-4,25		
376	17:08:32	35,00	96,81	60,44		
377	17:08:34	34,88	96,81	60,5		
378	17:08:35	34,94	96,87	60,56		
379	17:08:37	34,94	96,94	60,56		
380	17:08:39	35,19	97	60,69		
381	17:08:40	35,00	97,06	60,69		
382	17:08:42	35,00	97,12	60,69		
383	17:08:43	35,00	97,19	60,69		
384	17:08:45	35,00	97,25	60,81		
385	17:08:47	35,06	97,31	60,75		
386	17:08:48	35,00	97,37	60,88		
387	17:08:50	35,06	97,44	60,88		
388	17:08:51	35,13	97,5	60,81		
389	17:08:53	35,00	97,56	60,88		
390	17:08:54	35,19	97,62	60,81		
391	17:08:56	35,06	97,62	60,88		
392	17:08:58	35,06	97,62	60,88		
393	17:08:59	35,13	97,81	60,88		
394	17:09:01	35,25	97,87	60,94		
395	17:09:02	35,38	97,87	60,94		
396	17:09:04	35,44	97,94	60,81		

Gambar 4.39. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 10 menit

B773		39,88				
	A	B	C	D	E	F
762	17:18:43	39,94	109,44	57,69		
763	17:18:44	39,94	109,5	57,88		
764	17:18:46	39,81	109,5	57,88		
765	17:18:47	39,94	109,56	58		
766	17:18:49	39,94	109,56	58,13		
767	17:18:50	39,94	109,56	58,19		
768	17:18:52	39,94	109,62	58,38		
769	17:18:54	40,00	109,62	58,38		
770	17:18:55	39,94	109,62	58,38		
771	17:18:57	39,94	109,62	58,44		
772	17:18:58	40,00	109,69	58,5		
773	17:19:00	39,88	109,69	58,56		
774	17:19:02	39,94	109,75	58,63		
775	17:19:03	40,00	109,69	58,69		
776	17:19:05	40,06	109,75	58,69		
777	17:19:06	40,06	109,75	58,63		
778	17:19:08	40,00	109,75	58,63		
779	17:19:09	39,94	109,69	58,56		
780	17:19:11	40,06	109,75	58,56		
781	17:19:13	40,06	109,75	58,63		
782	17:19:14	40,00	109,75	58,56		
783	17:19:16	40,06	109,75	58,44		
784	17:19:17	40,13	109,75	58,44		
785	17:19:19	40,00	109,75	58,38		
786	17:19:21	40,06	109,69	58,31		
787	17:19:22	40,06	109,69	58,25		
788	17:19:24	40,06	109,69	58,19		
789	17:19:25	40,19	109,69	58,06		

Gambar 4.40. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 20 menit

B1153		42,19				
	A	B	C	D	E	F
1143	17:28:45	42,13	93,25	49,81		
1144	17:28:47	42,13	94,06	50,31		
1145	17:28:48	42,13	94,87	50,81		
1146	17:28:50	42,06	95,62	51,13		
1147	17:28:51	42,13	96,31	51,56		
1148	17:28:53	42,19	97	51,94		
1149	17:28:54	42,13	97,69	52,38		
1150	17:28:56	42,25	98,31	52,56		
1151	17:28:58	42,19	98,87	52,94		
1152	17:28:59	42,13	99,44	53,31		
1153	17:29:01	42,19	100	53,63		
1154	17:29:02	42,13	100,56	53,81		
1155	17:29:04	42,13	101	54		
1156	17:29:05	42,13	101,56	54,38		
1157	17:29:07	42,13	102	54,44		
1158	17:29:09	42,19	102,44	54,81		
1159	17:29:10	42,13	102,81	55		
1160	17:29:12	42,13	103,25	55,25		
1161	17:29:13	42,13	103,62	55,25		
1162	17:29:15	42,19	104	55,5		
1163	17:29:17	42,19	104,31	55,69		
1164	17:29:18	42,25	104,69	55,69		
1165	17:29:20	42,13	104,94	55,94		
1166	17:29:21	42,25	105,31	56,13		
1167	17:29:23	42,13	105,56	56,25		
1168	17:29:24	42,19	105,87	56,31		
1169	17:29:26	42,25	106,19	56,44		
1170	17:29:28	42,25	106,44	56,44		

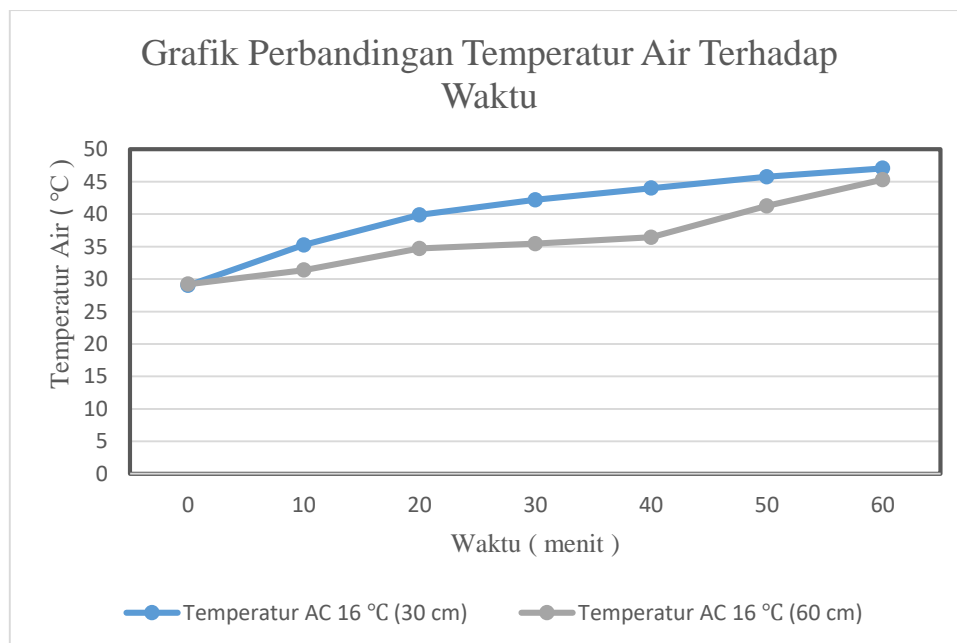
Gambar 4.41. Sampel Data Temperatur Air Pada Waktu 30 menit

Selanjutnya sampel 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 Evaporator 16 °C (60 cm)	Temperatur Evaporator 16 °C (30 cm)	Temperatur Evaporator 18 °C (60 cm)	Temperatur Evaporator 18 °C (30 cm)	Temperatur Evaporator 20 °C (60 cm)	Temperatur Evaporator 20 °C (30 cm)
0	29,00	29,20	28,44	28,25	29,50	27,94
10	35,25	31,37	36,00	29,94	34,00	28,44
20	39,88	34,69	40,00	30,44	34,13	29,06
30	42,19	35,44	41,81	34,75	36,13	29,25
40	44,00	36,44	43,50	37,19	40,00	35,44
50	45,75	41,25	44,00	40,44	41,94	39,56
60	47,06	45,31	45,50	43,44	43,44	42,88

Adapun grafik perbandingannya temperatur air pada temperatur evaporator 16°C dapat dilihat pada gambar 4.42.

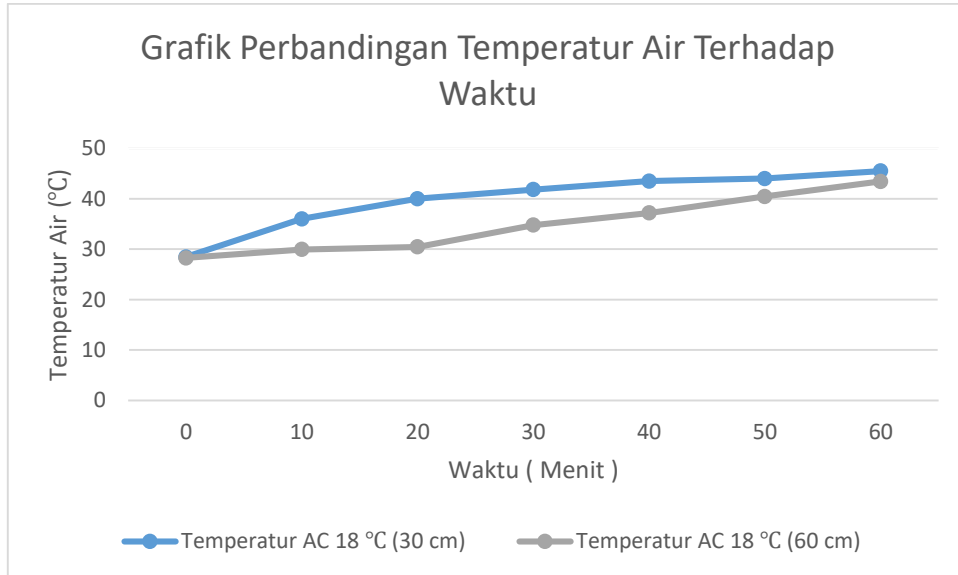


Gambar 4.42. Grafik Perbandingan Temperatur Air Terhadap Waktu

Pada gambar 4.42. di hasilkan grafik perbandingan temperatur air terhadap waktu pada *honeycomb* dengan panjang 30 dan 60 cm, perbedaan yang terlihat sangat besar di temperatur evaporator 16 °C, dan temperatur air yang tertinggi

dihasilkan pada *honeycomb* dengan panjang 60 cm dengan temperatur air 47,06 °C.

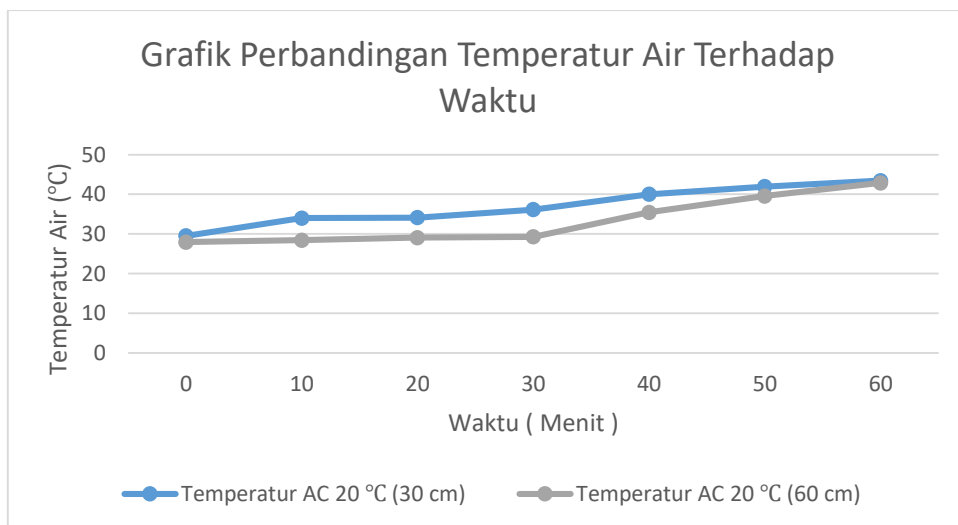
Grafik perbandingan temperatur air pada temperatur evaporator 18°C dapat dilihat pada gambar 4.43.



Gambar 4.43. Grafik Perbandingan Temperatur Air Terhadap Waktu

Pada gambar 4.43. di hasilkan grafik perbandingan temperatur air terhadap waktu pada *honeycomb* dengan panjang 30 dan 60 cm, perbedaan yang terlihat sama dengan di temperatur evaporator 16 °C, dan temperatur air yang tertinggi dihasilkan pada *honeycomb* dengan panjang 60 cm dengan temperatur air 45,50 °C.

Grafik perbandingan temperatur air pada temperatur evaporator 20 °C dapat dilihat pada gambar 4.44.



Gambar 4.44. Grafik Perbandingan Temperatur Air Terhadap Waktu

Pada gambar 4.44. di hasilkan grafik perbandingan temperatur air terhadap waktu pada honeycomb dengan panjang 30 dan 60 cm, perbedaan yang terlihat sama dengan temperatur evaporator 18 °C, dan temperatur air yang tertinggi dihasilkan pada honeycomb dengan panjang 60 cm dengan temperatur air 43,44 °C.

4.5.2 Data Hasil Pengujian Temperatur Keluar Kompresor Pada *Honeycomb*

Pada pelaksanaan pengujian, menggunakan arduino uno, didapat temperatur keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada 4.45. sampai 4.47.

	A	B	C	D	E	F
	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	temperatur air	temperatur masuk kondensor	temperatur keluar kompresor		
1	14:07:22	28,44	34,38	31,75		
2	14:07:24	28,25	34,38	31,75		
3	14:07:25	28,19	34,38	31,75		
4	14:07:27	28,00	34,38	31,75		
5	14:07:28	28,37	34,38	31,69		
6	14:07:30	28,31	34,31	31,69		
7	14:07:32	28,25	34,38	31,69		
8	14:07:32	28,06	34,38	31,75		
9	14:07:33	28,44	34,31	31,75		
10	14:07:35	28,31	34,38	31,56		
11	14:07:36	27,75	34,38	31,69		
12	14:07:38	28,00	34,31	31,75		
13	14:07:45	28,44	34,31	31,75		
14	14:07:45	28,19	34,31	31,62		
15	14:07:45	28,62	34,31	31,62		
16	14:07:46	28,37	34,31	31,69		
17	14:08:03	28,06	34,31	31,75		
18	14:08:03	28,44	34,31	31,75		
19	14:08:03	27,94	34,31	31,75		
20	14:08:03	28,00	34,25	31,69		
21	14:08:03	28,37	34,25	31,69		
22	14:08:03	28,44	34,25	31,62		
23	14:08:03	27,94	34,25	31,69		
24	14:08:03	28,62	34,25	31,56		
25	14:08:03	29,20	34,25	31,81		
26	14:08:03					

Gambar 4.45. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu Awal

	A	B	C	D	E	F
433	14:18:34	32,00	50,5	114,69		
434	14:18:35	31,87	50,56	114,69		
435	14:18:37	32,19	50,56	114,75		
436	14:18:38	31,44	50,5	114,81		
437	14:18:40	31,81	50,56	114,87		
438	14:18:41	31,31	50,5	114,94		
439	14:18:43	31,69	50,56	114,87		
440	14:18:44	31,94	50,56	115		
441	14:18:46	31,87	50,5	115,06		
442	14:18:48	31,81	50,56	115,06		
443	14:18:49	32,25	50,5	115,06		
444	14:18:51	31,50	50,56	115,06		
445	14:18:52	31,87	50,56	115,19		
446	14:18:54	31,87	50,56	115,12		
447	14:18:55	32,06	50,56	115,12		
448	14:18:57	31,87	50,56	115,25		
449	14:18:58	31,37	50,56	115,19		
450	14:19:00	31,37	50,56	115,25		
451	14:19:02	31,94	50,56	115,25		
452	14:19:03	31,69	50,56	115,31		
453	14:19:05	31,69	50,56	115,31		
454	14:19:06	31,56	50,63	115,37		
455	14:19:08	31,56	50,56	115,37		
456	14:19:09	31,37	50,56	115,44		
457	14:19:11	31,87	50,56	115,44		
458	14:19:12	31,87	50,56	115,5		
459	14:19:14	31,75	50,56	115,5		
460	14:19:16	31,25	50,56	115,62		

Gambar 4.46. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 10 Menit

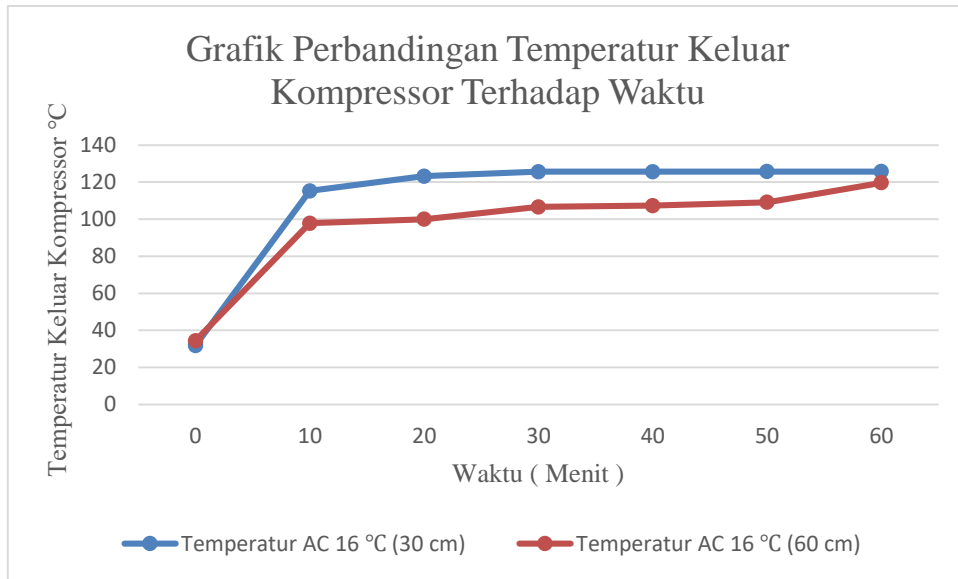
	A	B	C	D	E	F
817	14:28:32	32,81	50,69	122,87		
818	14:28:34	33,13	50,69	122,94		
819	14:28:35	32,31	50,69	123		
820	14:28:37	32,63	50,75	122,94		
821	14:28:38	33,50	50,69	122,94		
822	14:28:40	32,56	50,69	123		
823	14:28:41	32,81	50,75	122,94		
824	14:28:43	33,19	50,69	123		
825	14:28:44	33,19	50,69	122,94		
826	14:28:46	32,75	50,69	123,06		
827	14:28:48	33,00	50,69	123,12		
828	14:28:49	32,38	50,69	123,12		
829	14:28:51	34,06	50,75	123,12		
830	14:28:52	32,75	50,75	123,06		
831	14:28:54	32,69	50,75	123,06		
832	14:28:55	33,88	50,69	123,06		
833	14:28:57	33,81	50,75	123,12		
834	14:28:58	32,06	50,75	123,12		
835	14:29:00	34,59	50,81	123,25		
836	14:29:02	32,88	50,75	123,19		
837	14:29:03	32,81	50,75	123,19		
838	14:29:05	33,38	50,75	123,19		
839	14:29:06	33,13	50,81	123,12		
840	14:29:08	33,00	50,75	123,25		
841	14:29:09	33,00	50,75	123,19		
842	14:29:11	32,88	50,75	123,25		
843	14:29:12	32,81	50,75	123,19		
844	14:29:14	33,06	50,75	123,25		

Gambar 4.47. Sampel Data Temperatur Keluar Kompresor Pada Waktu 20 Menit
Selanjutnya sampel data sampai 1 jam (60 menit) dapat dilihat pada table 4.2.

Table 4.2 Data Hasil Pengujian Temperatur Keluar Kompresor

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator (16 °C (30 cm))	Temperatur Evaporator (16 °C (60 cm))	Temperatur Evaporator (18 °C (30 cm))	Temperatur Evaporator (18 °C (60 cm))	Temperatur Evaporator (20 °C (30 cm))	Temperatur Evaporator (20 °C (60 cm))
0	31,81	34,44	31,5	28	28,87	33,44
10	115,25	97,87	112,19	107,37	72,19	45,5
20	123,25	100	120,87	109,12	104,81	73,44
30	125,62	106,62	125,06	109,32	117,15	85,07
40	125,68	107,37	125,25	109,75	122,37	111,75
50	125,72	109,19	125,75	113,56	124,25	114,75
60	125,75	119,69	125,81	117,06	125,12	116,37

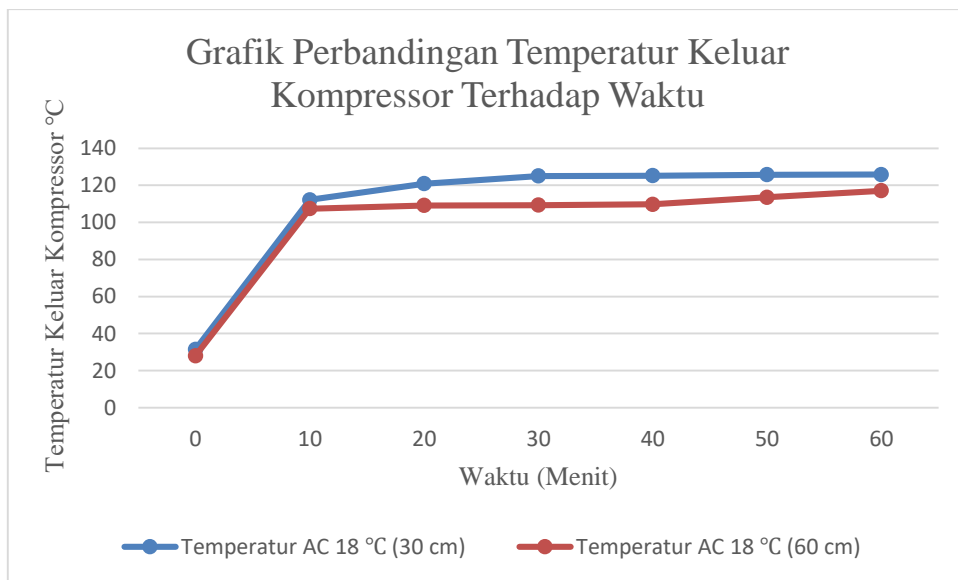
Adapun grafik perbandingan temperatur keluar kompresor pada temperatur evaporator 16 °C dapat dilihat pada gambar 4.48.



Gambar 4.48. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.48. di atas menjelaskan grafik perbandingan keluar kompresor terhadap waktu pada temperatur evaporator 16°C. Pada grafik di atas terlihat perbedaan temperatur keluar kompresor cukup jauh.

Grafik perbandingan temperatur keluar kompresor terhadap waktu di temperatur evaporator 18 °C dapat dilihat pada gambar 4.49.

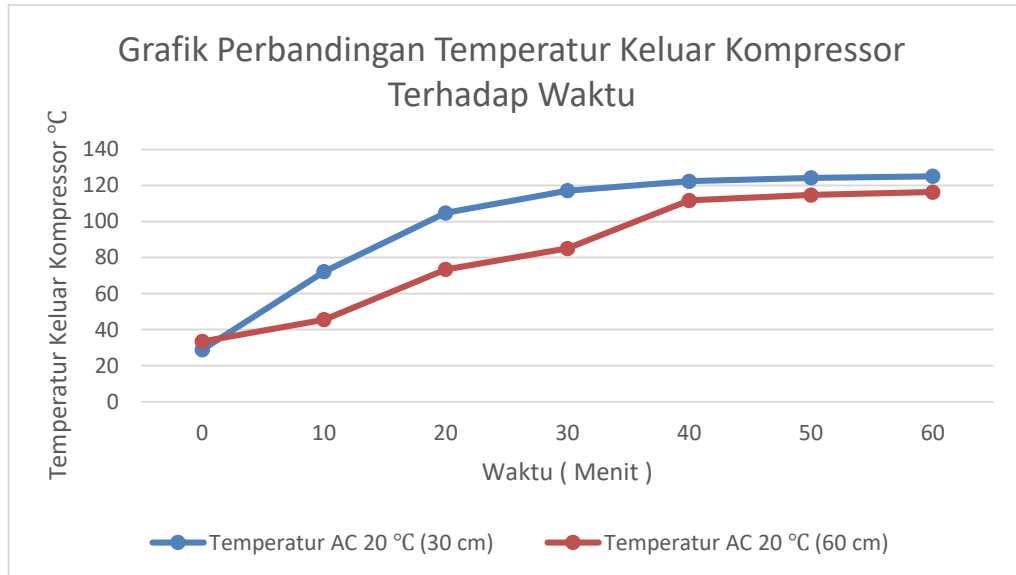


Gambar 4.49. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.49. di atas menjelaskan grafik perbandingan keluar kompresor terhadap waktu pada temperatur evaporator 18°C. Pada grafik diatas terlihat pada

waktu awal temperatur keluar kompresor pada *honeycomb* 30 cm sangat jauh pada *honeycomb* 60 cm tetapi setelah itu temperatur keluar kompresor pada *honeycomb* 30 cm lebih tinggi dari pada *honeycomb* 60 cm .

Grafik perbandingan temperatur keluar kompresor terhadap waktu di temperatur evaporator 20 °C dapat dilihat pada gambar 4.50.



Gambar 4.50. Grafik Perbandingan Temperatur Keluar Kompresor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.50. di atas menjelaskan grafik perbandingan keluar kompresor terhadap waktu pada temperatur evaporator 20°C. Pada grafik di atas dapat dilihat pada waktu 10 sampai 30 menit perbedaan temperatur keluar kompresor cukup jauh.

4.5.3 Data Hasil Pengujian Temperatur Masuk Kondensor Pada *Honeycomb*

Pada pelaksanaan pengujian, menggunakan arduino uno, didapat temperatur keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.51. sampai 4.53.

C26		: X ✓ f _x		34,19		
	A	B	C	D	E	F
	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"		temperatur masuk kondensor	temperatur keluar kompresor		
1		temperatur air				
2	14:07:22	28,44	34,38	31,75		
3	14:07:24	28,25	34,38	31,75		
4	14:07:25	28,19	34,38	31,75		
5	14:07:27	28,00	34,38	31,75		
6	14:07:28	28,37	34,38	31,69		
7	14:07:30	28,31	34,31	31,69		
8	14:07:32	28,25	34,38	31,69		
9	14:07:33	28,06	34,38	31,75		
10	14:07:35	28,44	34,31	31,75		
11	14:07:36	28,31	34,38	31,56		
12	14:07:38	27,75	34,38	31,69		
13	14:07:45	28,00	34,31	31,75		
14	14:07:45	28,44	34,31	31,75		
15	14:07:45	28,19	34,31	31,62		
16	14:07:45	28,62	34,31	31,62		
17	14:07:46	28,37	34,31	31,69		
18	14:08:03	28,06	34,31	31,75		
19	14:08:03	28,44	34,31	31,75		
20	14:08:03	27,94	34,31	31,75		
21	14:08:03	28,00	34,25	31,69		
22	14:08:03	28,37	34,25	31,69		
23	14:08:03	28,44	34,25	31,62		
24	14:08:03	27,94	34,25	31,69		
25	14:08:03	28,62	34,25	31,56		
26	14:08:03	29,20	34,19	31,81		

Gambar 4.51. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu Awal

C450		: X ✓ f _x		50,56		
	A	B	C	D	E	F
437	14:18:40	31,81	50,56	114,87		
438	14:18:41	31,31	50,5	114,94		
439	14:18:43	31,69	50,56	114,87		
440	14:18:44	31,94	50,56	115		
441	14:18:46	31,87	50,5	115,06		
442	14:18:48	31,81	50,56	115,06		
443	14:18:49	32,25	50,5	115,06		
444	14:18:51	31,50	50,56	115,06		
445	14:18:52	31,87	50,56	115,19		
446	14:18:54	31,87	50,56	115,12		
447	14:18:55	32,06	50,56	115,12		
448	14:18:57	31,87	50,56	115,25		
449	14:18:58	31,37	50,56	115,19		
450	14:19:00	31,37	50,56	115,25		
451	14:19:02	31,94	50,56	115,25		
452	14:19:03	31,69	50,56	115,31		
453	14:19:05	31,69	50,56	115,31		
454	14:19:06	31,56	50,63	115,37		
455	14:19:08	31,56	50,56	115,37		
456	14:19:09	31,37	50,56	115,44		
457	14:19:11	31,87	50,56	115,44		
458	14:19:12	31,87	50,56	115,5		
459	14:19:14	31,75	50,56	115,5		
460	14:19:16	31,25	50,56	115,62		
461	14:19:17	31,87	50,63	115,56		
462	14:19:19	31,87	50,56	115,62		
463	14:19:20	31,31	50,56	115,62		
464	14:19:22	31,94	50,56	115,62		

Gambar 4.52. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada waktu 10 Menit

C835		: X ✓ f _x		50,81		
	A	B	C	D	E	F
818	14:28:34	33,13	50,69	122,94		
819	14:28:35	32,31	50,69	123		
820	14:28:37	32,63	50,75	122,94		
821	14:28:38	33,50	50,69	122,94		
822	14:28:40	32,56	50,69	123		
823	14:28:41	32,81	50,75	122,94		
824	14:28:43	33,19	50,69	123		
825	14:28:44	33,19	50,69	122,94		
826	14:28:46	32,75	50,69	123,06		
827	14:28:48	33,00	50,69	123,12		
828	14:28:49	32,38	50,69	123,12		
829	14:28:51	34,06	50,75	123,12		
830	14:28:52	32,75	50,75	123,06		
831	14:28:54	32,69	50,75	123,06		
832	14:28:55	33,88	50,69	123,06		
833	14:28:57	33,81	50,75	123,12		
834	14:28:58	32,06	50,75	123,12		
835	14:29:00	34,69	50,81	123,25		
836	14:29:02	32,88	50,75	123,19		
837	14:29:03	32,81	50,75	123,19		
838	14:29:05	33,38	50,75	123,19		
839	14:29:06	33,13	50,81	123,12		
840	14:29:08	33,00	50,75	123,25		
841	14:29:09	33,00	50,75	123,19		
842	14:29:11	32,88	50,75	123,25		
843	14:29:12	32,81	50,75	123,19		
844	14:29:14	33,06	50,75	123,25		
845	14:29:16	32,69	50,75	123,25		

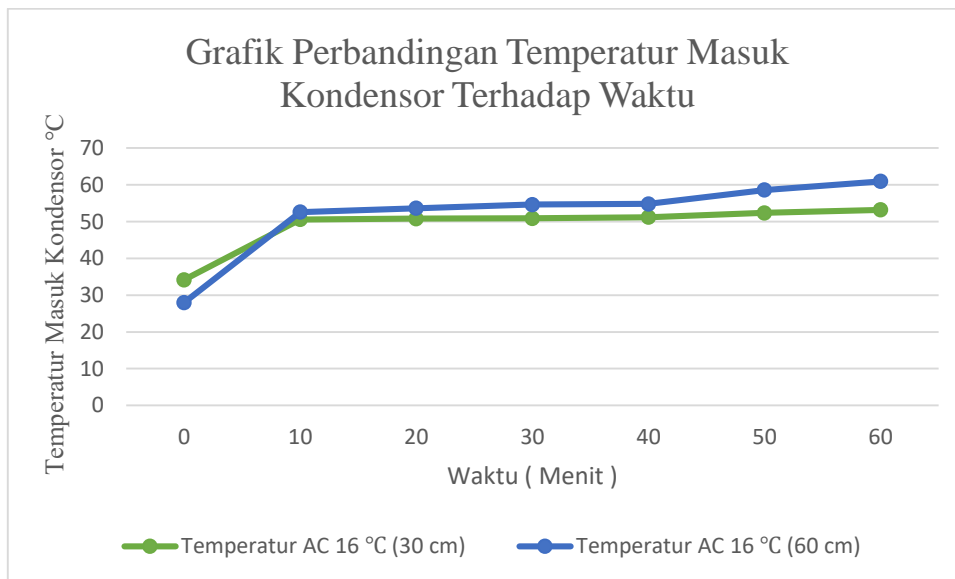
Gambar 4.53. Sampel Data Temperatur Masuk Kondensor Pada Waktu 20 Menit

Selanjutnya sampel data sampai 1 jam (60 menit) dapat dilihat pada table 4.3.

Table 4.3 Data Hasil Pengujian Temperatur Masuk Kondensor

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator (30 cm)	Temperatur Evaporator (60 cm)	Temperatur Evaporator (30 cm)	Temperatur Evaporator (60 cm)	Temperatur Evaporator (30 cm)	Temperatur Evaporator (60 cm)
	16 °C	16 °C	18 °C	18 °C	20 °C	20 °C
0	34,19	28	33,31	29,19	29,31	32,06
10	50,56	52,56	48,13	51,69	47,69	49,25
20	50,81	53,63	48,31	52,56	49,5	54,38
30	50,88	54,63	48,38	55,25	49,13	54,69
40	51,19	54,81	49	55,56	49,25	55,19
50	52,38	58,56	49,25	56,5	49,56	56,56
60	53,19	60,94	49,69	60,63	49,63	59,63

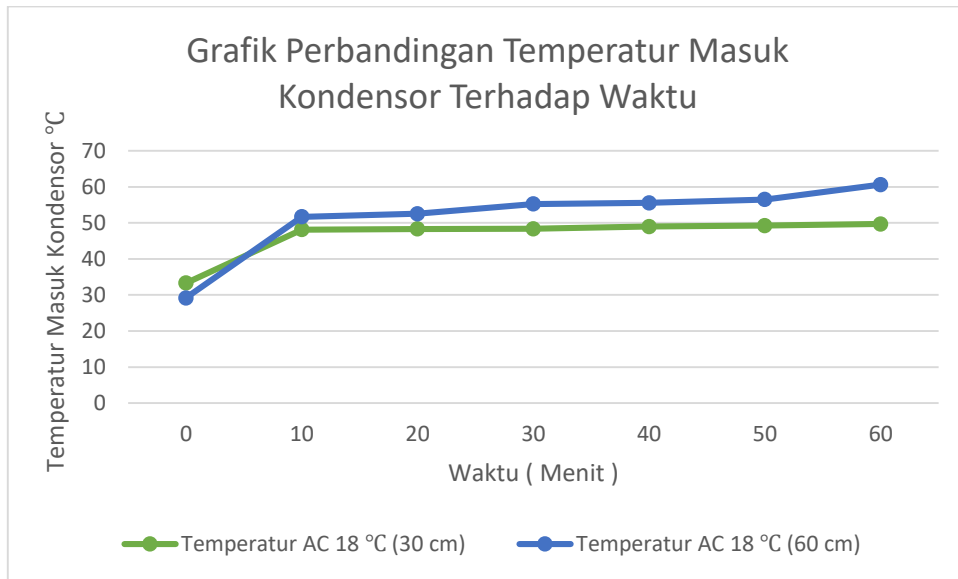
Adapun grafik perbandingan temperatur masuk kondensor pada temperatur evaporator 16°C dapat dilihat pada gambar 4.54.



Gambar 4.54. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.54. di atas menjelaskan grafik perbandingan masuk kondensor terhadap waktu pada temperatur evaporator 16°C. Pada grafik di atas terlihat perbedaan yang sangat kecil pada temperatur masuk kondensor pada *honeycomb* 60 cm dan 30 cm.

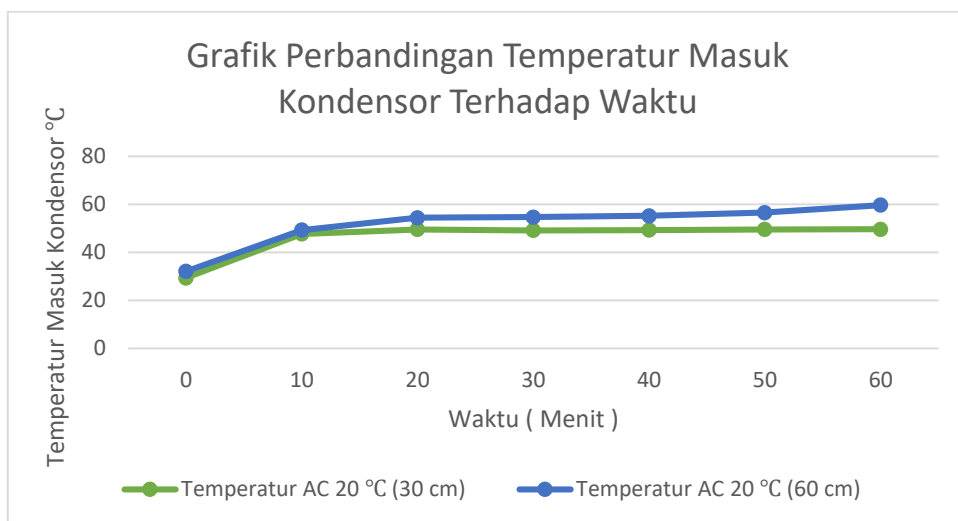
Grafik perbandingan temperatur masuk kondensor terhadap waktu di temperatur evaporator 18 °C dapat dilihat pada gambar 4.55.



Gambar 4.55. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.55. di atas menjelaskan grafik perbandingan masuk kondensor terhadap waktu pada temperatur evaporator 18°C. Pada grafik di atas terlihat perbedaan temperatur masuk kondensor cukup jauh dibandingkan di temperatur evaporator 16°C.

Grafik perbandingan temperatur masuk kondensor terhadap waktu di temperatur evaporator 20 °C dapat dilihat pada gambar 4.56.



Gambar 4.56. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Terhadap Temperatur AC

Pada gambar 4.56. di atas menjelaskan grafik perbandingan masuk kondensor terhadap waktu pada temperatur evaporator 20°C. Pada grafik di atas terlihat perbedaan temperatur masuk kondensor sama dengan di temperatur evaporator 18°C.

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 evaporator yang berbeda yaitu 16°C, 18°C, 20°C dan volume air yang sama yaitu 60 liter. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

4.6.1 Perhitungan Perpindahan Panas Dari *Honeycomb* ke Air (60 cm)

1. Perhitungan pada temperatur evaporator 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
Daya Kompresor (W_c)	= 880 W = 0,88 kw
Tekanan Kompresor	= 80 psi = 551,581 kpa
Temperatur awal air (T_{ai})	= 29,00 °C
Temperatur akhir air (T_{ao})	= 47,06 °C
ΔT_{air}	= 18,06 °C
Temperatur masuk tangki (T_{ci})	= 96,45 °C
Temperatur keluar tangki (T_{co})	= 51,87 °C
$\Delta T_{honeycomb}$	= 44,58 °C
Waktu pemanasan (Δt)	= 1 jam = 3600 detik
Luas Penampang Aliran (A)	
	$= 3r(r\sqrt{3} + 2t)$
	$= 3 \cdot 0,006(0,006\sqrt{3} + 2 \cdot 0,0208)$
	$= 0,000935 m^2$

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{29,00 + 47,06}{2} = 38,03^{\circ}\text{C}$$

didapat dari tabel

Tabel 4.4 propertis air

T	C _{air}
37,78	4,174
38,03	
43,33	4,174

Interpolasi:

$$C_{air} = 4,174 + (38,03 - 37,78) \cdot \left[\frac{4,174 - 4,174}{43,33 - 37,78} \right]$$

$$C_{air} = 4,174 + (0) \cdot (0,25)$$

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

Maka didapat:

$$W = 60 \text{ kg} \times 4174 \text{ J} / \text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 18,06 ^{\circ}\text{C}$$

$$W = 4522946,4 \text{ J} = 4,52 \text{ MJ}$$

Untuk menghitung \dot{m} dengan rumus sebagai berikut ;

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

Pada $T_{ci} = 96,45^{\circ}\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.5 propertis *refrigerant* R22

T	H _i
95	474
96,45	
100	478

Dari hasil interpolasi diperoleh H_i pada Temperatur 96,45°C sebesar 475 kJ / kg

Pada $T_{co} = 51,87^{\circ}\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.6 propertis *refrigerant* R22

T	H_o
50	440,7
51,87	
55	444,4

Dari hasil interpolasi diperoleh H_o pada Temperatur 51,87°C sebesar 442,1 kJ/kg

Maka didapat:

$$\dot{m} = \frac{0,88 \text{ KW}}{(475 - 442,1) \text{ kJ/kg}} = 0,026 \text{ kg/s}$$

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

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

$$T_{re} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{96,45 + 51,87}{2} = 74,16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.7 propertis *refrigerant* R22

T	ρ
70	969,7
74,16	
80	934,4

Dari hasil interpolasi diperoleh ρ_{freon} pada Temperatur 74,16°C sebesar 940,3 kg/m^3

Maka didapat:

$$v = \frac{0,026 \text{ kg/s}}{940,3 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,000935 \text{ m}^2} = 0,029 \text{ m/s}$$

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

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

Didapat dari tabel:

Tabel 4.8 propertis *refrigerant* R22

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
70	16,02
74,16	
75	16,70

Dari hasil interpolasi diperoleh μ_{freon} pada Temperatur 74,16°C sebesar $16,59 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$

Maka didapat:

$$R_e = \frac{940,3 \text{ kg/m}^3 \times 0,029 \text{ m/s} \times 1,2 \text{ m}}{16,59 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}} = 197241,952 > 2300 \text{ Turbulen}$$

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

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

Didapat dari tabel:

Tabel 4.9 propertis *refrigerant* R22

T	K_{freon}	C_{freon}
70	19,16	1,584
74,16		
75	21,16	1,832

Dari hasil interpolasi diperoleh K_{freon} pada Temperatur 79,73°C sebesar $20,82 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$ dan C_{freon} sebesar $1,790 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Maka didapat:

$$Pr = \frac{1790 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 16,59 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}}{20,82 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}} = 0,014$$

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

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

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 $W/m \cdot ^\circ C$

$$K_{kuningan} = 110 \text{ W/m} \cdot ^\circ C$$

Maka;

$$h = 0,037 \times \frac{110 \text{ W/m} \cdot ^\circ C}{1,2 \text{ m}} \times 197241,952^{0,8} \times 0,014^{0,333}$$

$$h = 14095,264 \text{ W/m} \cdot ^\circ C$$

Jadi ;

$$Q = H = 14095,264 \text{ W/m} \cdot ^\circ C \times 0,000935 \text{ m}^2 \times 18,06 \text{ } ^\circ C$$

$$= 238,014 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan besar laju perpindahan panas pada temperatur evaporator 18 °C dan 20 °C di peroleh;

Pada temperatur evaporator 18 °C = 197,72 Watt

Pada temperatur evaporator 20 °C = 135,039 Watt

4.6.2 Perhitungan Perpindahan Panas Dari *Honeycomb* ke Air (30 cm)

1. Perhitungan pada temperatur evaporator 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
Daya Kompresor (W_c)	= 880 W = 0,88 kw
Tekanan Kompresor	= 80 psi = 551,581 kpa
Temperatur awal air (T_{ai})	= 29,20 °C
Temperatur akhir air (T_{ao})	= 45,31 °C
ΔT_{air}	= 16,11 °C
Temperatur masuk tangki (T_{ci})	= 110,44 °C

$$\begin{aligned}
\text{Temperatur keluar tangki (T}_{co}) &= 49,02 \text{ } ^\circ\text{C} \\
\Delta T_{\text{honeycomb}} &= 61,42 \text{ } ^\circ\text{C} \\
\text{Waktu pemanasan } (\Delta t) &= 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik} \\
\text{Luas Penampang Aliran (A)} & \\
&= 3r(r\sqrt{3} + 2t) \\
&= 3 \cdot 0,006 (0,006\sqrt{3} + 2 \cdot 0,0208) \\
&= 0,000935 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{29,20 + 45,31}{2} = 37,255 \text{ } ^\circ\text{C}$$

didapat dari tabel

Tabel 4.10 propertis air

T	C_{air}
32,22	4,174
37,255	
37,78	4,174

Interpolasi:

$$C_{air} = 4,174 + (37,255 - 32,22) \cdot \left[\frac{4,174 - 4,174}{37,78 - 32,22} \right]$$

$$C_{air} = 4,174 + (0) \cdot (5,035)$$

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

Maka didapat:

$$W = 60 \text{ kg} \times 4174 \text{ J} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 16,11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W = 4034588,4 \text{ J} = 4.03 \text{ MJ}$$

Untuk menghitung \dot{m} dengan rumus sebagai berikut ;

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

Pada $T_{ci} = 110,44 \text{ } ^\circ\text{C}$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.11 propertis *refrigerant* R22

T	H_i
110	485,7
110,44	
115	489,6

Dari hasil interpolasi diperoleh H_i pada Temperatur 110,44°C sebesar $486 \frac{kJ}{kg}$

Pada $T_{co} = 49,02^\circ C$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.12 propertis *refrigerant* R22

T	H_o
45	437,0
49,02	
50	440,7

Dari hasil interpolasi diperoleh H_o pada Temperatur 49,02°C sebesar $440,0 \frac{kJ}{kg}$

Maka didapat:

$$\dot{m} = \frac{0,88 \text{ KW}}{(486 - 440,0) \frac{kJ}{kg}} = 0,019 \frac{kg}{s}$$

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

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

$$T_{rc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{110,44 + 49,02}{2} = 79,73^\circ C$$

Didapat dari tabel:

Tabel 4.13 propertis *refrigerant* R22

T	ρ
75	934,4
79,73	
80	893,7

Dari hasil interpolasi diperoleh ρ_{freon} pada Temperatur $79,73^{\circ}\text{C}$ sebesar $895,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Maka didapat:

$$v = \frac{0,019 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{895,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,000935 \text{ m}^2} = 0,022 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

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

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

Didapat dari tabel:

Tabel 4.14 propertis *refrigerant R22*

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
75	16,70
79,73	
80	17,55

Dari hasil interpolasi diperoleh μ_{freon} pada Temperatur $79,73^{\circ}\text{C}$ sebesar $17,50 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Maka didapat:

$$R_e = \frac{895,9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,022 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,6 \text{ m}}{17,50 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 67576,457 > 2300 \text{ Turbulen}$$

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

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

Didapat dari tabel:

Tabel 4.15 propertis *refrigerant R22*

T	K_{freon}	C_{freon}
75	21,16	1,832
79,73		
80	23,87	2,231

Dari hasil interpolasi diperoleh K_{freon} pada Temperatur $79,73^{\circ}\text{C}$ sebesar $23,72 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$ dan C_{freon} sebesar $2,209 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Maka didapat:

$$\text{Pr} = \frac{2209 \text{ J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot 17,50 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{23,72 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}} = 0,016$$

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

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

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 $\text{W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{kuningan}} = 110 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Maka;

$$h = 0,037 \times \frac{110 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}}{0,6 \text{ m}} \times 67576,457^{0,8} \times 0,016^{0,333}$$

$$h = 12509,831 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Jadi ;

$$Q = H = 12509,831 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}\text{C} \times 0,000935 \text{ m}^2 \times 16,11 ^{\circ}\text{C}$$

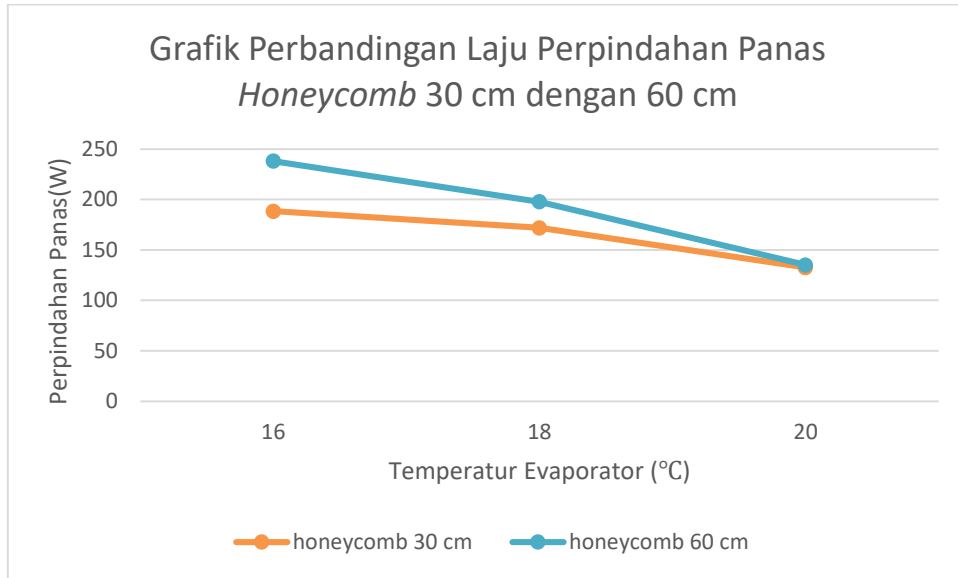
$$= 188,433 \text{ W}$$

Dari hasil perhitungan besar laju perpindahan panas pada temperatur evaporator 18°C dan 20°C di peroleh;

Pada temperatur evaporator $18^{\circ}\text{C} = 171,966 \text{ Watt}$

Pada temperatur evaporator $20^{\circ}\text{C} = 132,52 \text{ Watt}$

Adapun perbandingan laju perpindahan panas setiap temperature evaporator yang berbeda pada *honeycomb* ukuran panjang 30 cm dan 60 cm dapat dilihat pada gambar 4.57.



Gambar 4.57. Grafik Perbandingan Laju Perpindahan Panas Honeycomb 30 cm dengan 60 cm

Dari gambar 4.57 grafik perbandingan laju perpindahan panas, dapat dilihat bahwa semakin kecil temperatur evaporator yang digunakan semakin besar nilai perpindahan panas yang dihasilkan. Laju perpindahan panas terbesar dihasilkan oleh honeycomb ukuran penuh (60 cm) pada temperature evaporator 16°C yaitu Sebesar 238,014 watt.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari perancangan dan penelitian yang telah dilakukan, serta pembahasan terhadap data yang didapatkan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil rancangan, alat penukar kalor *honeycomb surface* berbahan kuningan memiliki panjang 60 cm dan 30 cm, lebar 115 cm , sisi *hexagonal* 6 mm, diameter *hexagonal* 10,11 mm.
2. Berdasarkan hasil penelitian, temperatur air yang terbesar terjadi pada alat penukar kalor *honeycomb* dengan ukuran 60 cm di temperatur evaporator 16 °C dengan nilai sebesar 47,06 °C, Sedangkan temperatur air yang terkecil terjadi pada alat penukar kalor *honeycomb* dengan ukuran 30 cm di temperatur evaporator 20°C dengan nilai sebesar 42,88 °C.
3. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data, nilai perpindahan panas yang terbesar terjadi pada alat penukar kalor *honeycomb* dengan ukuran 60 cm di temperatur evaporator AC 16 °C dengan nilai sebesar 238,014 watt, Sedangkan nilai perpindahan panas yang terkecil terjadi pada alat penukar kalor *honeycomb* dengan ukuran 30 cm di temperatur evaporator AC 20 °C dengan nilai sebesar 132,520 watt.
4. Alat penukar kalor *honeycomb* berbahan kuningan dengan ukuran 60 cm lebih efektif menghantarkan panas di dibandingkan *honeycomb* berbahan kuningan dengan ukuran 30 cm.

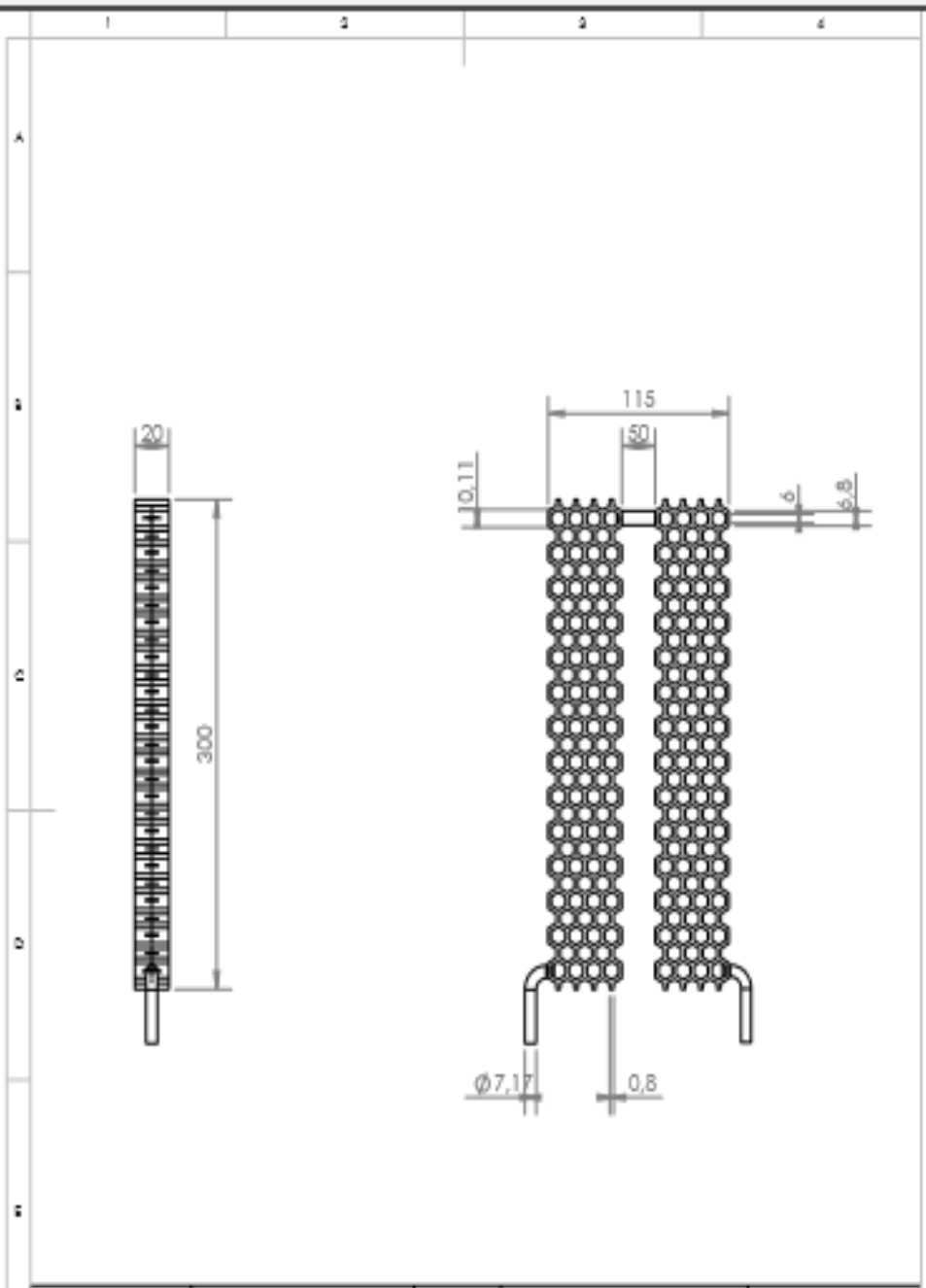
5.2. Saran

Bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang ACWH hendaknya mempelajari dan mencari tau sistem kerja dari ACWH, agar dapat melanjutkan penelitian tentang ACWH dan mengembangkannya lebih efektif dan inovasi.

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.
- Anis. R. (2018). "Water Heating". *Departemen Of Agricultural and Environmental Engineering*. MATRIC No 210647.
- 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 absorbtion of regular ang functionally hexagonal honeycombs witt cell wall material strain hardening*. International Journal of mechanical Science 89 (2014) 413-422
- Gartner, JR., and Harrison HL.(2010). "Dinamic Characteristic Of water Tto Air Crossflow Heat Exchanger: .ASHRAE". *Transanction* 72:212.
- Holman, Jp.(2010). "Heat Transfer". *Erlangga*
- Halliday, David, Robert Resnick,(1996). "Fisika Jilid I". *Erlangga Jakarta*
- Howard G. Allen. (1969)" *Analysis And Design Of Struktural Sandwich Panels*. First Edition.
- Sitompul. MT. (1997). "Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)". *Raja Grafindo Persada*.
- Satesha. MT., Patel. S., Vavhal. P., and Rahate. H. (2018). "Design and Development Of Tube in Tube Helical Coil Heat Exchanger". *Int. Res. J. Of Science & Enginering*. ISSN 2322-0015.
- Wilmington, Delaware.(1964). "Thermodynamic Properties of Dupont Freon 22 Refrigerent". *E. t. du Pont de Nemours and Company*.

LAMPIRAN



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH		DRAWING AND DESIGN SHEET EDGE		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
TOLERANCES UNLESS INDICATED									
NO.	REVISION	DATE				TITLE			
01	DESIGN					Alat Penukar Kalor Honeycomb			
02	DRAWING								
03	CHECK					MATERIAL		DWC NO.	
						Kuningan		30	
						SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	
								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. L. Brown and S. M. Marco, *Introduction to Heat Transfer*, 3rd ed., New York: McGraw-Hill, 1958.

Table 2 (continued)
DuPont™ Freon® 22 Superheated Vapor — Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/kgK Saturation Properties in |

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C	
	420 (-1.80°C)			425 (-1.75°C)			430 (-1.69°C)			435 (-1.64°C)				
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S		
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)		
5	0.0587	425.7	1.786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10	0.0592	427.2	1.778	0.0563	426.7	1.770	0.0528	426.1	1.762	0.0497	425.6	1.757	0	
15	0.0598	428.7	1.770	0.0577	428.2	1.762	0.0542	427.7	1.754	0.0511	427.2	1.749	5	
20	0.0603	430.2	1.762	0.0591	429.7	1.754	0.0556	429.2	1.746	0.0525	428.7	1.741	10	
25	0.0608	431.7	1.754	0.0605	431.2	1.746	0.0570	430.7	1.738	0.0539	430.2	1.733	15	
30	0.0613	433.2	1.746	0.0619	432.7	1.738	0.0584	432.2	1.730	0.0548	431.7	1.725	20	
35	0.0618	434.7	1.738	0.0633	434.2	1.730	0.0598	433.7	1.722	0.0562	433.2	1.717	25	
40	0.0623	436.2	1.730	0.0647	435.7	1.722	0.0612	435.2	1.714	0.0576	434.7	1.713	30	
45	0.0628	437.7	1.722	0.0661	437.2	1.714	0.0626	436.7	1.706	0.0590	436.2	1.707	35	
50	0.0633	439.2	1.714	0.0675	438.7	1.706	0.0640	438.2	1.698	0.0604	437.7	1.701	40	
55	0.0638	440.7	1.706	0.0689	440.2	1.698	0.0654	440.2	1.690	0.0618	439.7	1.695	45	
60	0.0643	442.2	1.698	0.0703	441.7	1.690	0.0668	441.7	1.682	0.0632	441.7	1.689	50	
65	0.0648	443.7	1.690	0.0717	443.2	1.682	0.0682	443.2	1.674	0.0646	443.2	1.685	55	
70	0.0653	445.2	1.682	0.0731	444.7	1.674	0.0696	444.7	1.666	0.0660	444.7	1.681	60	
75	0.0658	446.7	1.674	0.0745	446.2	1.666	0.0710	446.2	1.658	0.0674	446.2	1.677	65	
80	0.0663	448.2	1.666	0.0759	447.7	1.658	0.0724	447.7	1.650	0.0688	447.7	1.673	70	
85	0.0668	449.7	1.658	0.0773	449.2	1.650	0.0738	449.2	1.642	0.0702	449.2	1.669	75	
90	0.0673	451.2	1.650	0.0787	450.7	1.642	0.0752	450.7	1.634	0.0716	450.7	1.665	80	
95	0.0678	452.7	1.642	0.0801	452.2	1.634	0.0766	452.2	1.626	0.0730	452.2	1.661	85	
100	0.0683	454.2	1.634	0.0815	453.7	1.626	0.0780	453.7	1.618	0.0744	453.7	1.657	90	
105	0.0688	455.7	1.626	0.0829	455.2	1.618	0.0794	455.2	1.610	0.0758	455.2	1.653	95	
110	0.0693	457.2	1.618	0.0843	456.7	1.610	0.0808	456.7	1.602	0.0772	456.7	1.649	100	
115	0.0698	458.7	1.610	0.0857	458.2	1.602	0.0822	458.2	1.594	0.0786	458.2	1.645	105	
120	0.0703	460.2	1.602	0.0871	459.7	1.594	0.0836	459.7	1.586	0.0800	459.7	1.641	110	
125	0.0708	461.7	1.594	0.0885	461.2	1.586	0.0850	461.2	1.578	0.0814	461.2	1.637	115	
130	0.0713	463.2	1.586	0.0899	462.7	1.578	0.0864	462.7	1.570	0.0828	462.7	1.633	120	
135	0.0718	464.7	1.578	0.0913	464.2	1.570	0.0878	464.2	1.562	0.0842	464.2	1.629	125	
140	0.0723	466.2	1.570	0.0927	465.7	1.562	0.0892	465.7	1.554	0.0856	465.7	1.625	130	
145	0.0728	467.7	1.562	0.0941	467.2	1.554	0.0906	467.2	1.546	0.0870	467.2	1.621	135	
150	0.0733	469.2	1.554	0.0955	468.7	1.546	0.0920	468.7	1.538	0.0884	468.7	1.617	140	
155	0.0738	470.7	1.546	0.0969	470.2	1.538	0.0934	470.2	1.530	0.0898	470.2	1.613	145	

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C	
	440 (-1.17°C)			445 (-1.12°C)			450 (-1.07°C)			455 (-1.02°C)				
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S		
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)		
5	0.0743	472.2	1.538	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10	0.0748	473.7	1.530	0.0983	473.7	1.530	0.0948	473.7	1.522	0.0913	473.7	1.517	10	
15	0.0753	475.2	1.522	0.0997	475.2	1.522	0.0962	475.2	1.514	0.0927	475.2	1.509	15	
20	0.0758	476.7	1.514	0.1011	476.7	1.514	0.0976	476.7	1.506	0.0941	476.7	1.504	20	
25	0.0763	478.2	1.506	0.1025	478.2	1.506	0.0990	478.2	1.498	0.0955	478.2	1.500	25	
30	0.0768	479.7	1.498	0.1039	479.7	1.498	0.1004	479.7	1.490	0.0969	479.7	1.496	30	
35	0.0773	481.2	1.490	0.1053	481.2	1.490	0.1018	481.2	1.482	0.0983	481.2	1.492	35	
40	0.0778	482.7	1.482	0.1067	482.7	1.482	0.1032	482.7	1.474	0.0997	482.7	1.488	40	
45	0.0783	484.2	1.474	0.1081	484.2	1.474	0.1046	484.2	1.466	0.1011	484.2	1.484	45	
50	0.0788	485.7	1.466	0.1095	485.7	1.466	0.1060	485.7	1.458	0.1025	485.7	1.480	50	
55	0.0793	487.2	1.458	0.1109	487.2	1.458	0.1074	487.2	1.450	0.1039	487.2	1.476	55	
60	0.0798	488.7	1.450	0.1123	488.7	1.450	0.1088	488.7	1.442	0.1053	488.7	1.472	60	
65	0.0803	490.2	1.442	0.1137	490.2	1.442	0.1102	490.2	1.434	0.1067	490.2	1.468	65	
70	0.0808	491.7	1.434	0.1151	491.7	1.434	0.1116	491.7	1.426	0.1081	491.7	1.464	70	
75	0.0813	493.2	1.426	0.1165	493.2	1.426	0.1130	493.2	1.418	0.1095	493.2	1.460	75	
80	0.0818	494.7	1.418	0.1179	494.7	1.418	0.1144	494.7	1.410	0.1109	494.7	1.456	80	
85	0.0823	496.2	1.410	0.1193	496.2	1.410	0.1158	496.2	1.402	0.1123	496.2	1.452	85	
90	0.0828	497.7	1.402	0.1207	497.7	1.402	0.1172	497.7	1.394	0.1137	497.7	1.448	90	
95	0.0833	499.2	1.394	0.1221	499.2	1.394	0.1186	499.2	1.386	0.1151	499.2	1.444	95	
100	0.0838	500.7	1.386	0.1235	500.7	1.386	0.1200	500.7	1.378	0.1165	500.7	1.440	100	
105	0.0843	502.2	1.378	0.1249	502.2	1.378	0.1214	502.2	1.370	0.1179	502.2	1.436	105	
110	0.0848	503.7	1.370	0.1263	503.7	1.370	0.1228	503.7	1.362	0.1193	503.7	1.432	110	
115	0.0853	505.2	1.362	0.1277	505.2	1.362	0.1242	505.2	1.354	0.1207	505.2	1.428	115	
120	0.0858	506.7	1.354	0.1291	506.7	1.354	0.1256	506.7	1.346	0.1221	506.7	1.424	120	
125	0.0863	508.2	1.346	0.1305	508.2	1.346	0.1270	508.2	1.338	0.1235	508.2	1.420	125	
130	0.0868	509.7	1.338	0.1319	509.7	1.338	0.1284	509.7	1.330	0.1249	509.7	1.416	130	
135	0.0873	511.2	1.330	0.1333	511.2	1.330	0.1298	511.2	1.322	0.1263	511.2	1.412	135	
140	0.0878	512.7	1.322	0.1347	512.7	1.322	0.1312	512.7	1.314	0.1277	512.7	1.408	140	
145	0.0883	514.2	1.314	0.1361	514.2	1.314	0.1326	514.2	1.306	0.1291	514.2	1.404	145	
150	0.0888	515.7	1.306	0.1375	515.7	1.306	0.1340	515.7	1.298	0.1305	515.7	1.400	150	

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

Temp., °C	Freezing °C	Density kg/m ³	Enthalpy kJ/kg		Entropy kJ/kg·K		Specific Heat kJ/kg·K		$\alpha, 1/s$	Viscosity of Liquid, mPa·s		Viscosity of Vapor, $\mu Pa \cdot s$		Thermal Cond., mW/m·K		Surface Tension, mN/m	Temp., °C	
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor			
-103.0	0.000	1771.7	0.2600	98.71	388.97	0.5639	2.0403	1.001	0.497	1.243	1127	145.8	840.8	7.29	143.1	4.40	28.12	-103.0
-90.0	0.040	1644.9	3.0480	93.32	383.85	0.5646	1.9988	1.001	0.512	1.237	980	147.8	699.4	7.67	137.8	4.84	28.56	-90.0
-80.0	0.085	1518.2	5.7920	88.94	388.77	0.6119	1.9508	1.002	0.528	1.233	833	150.3	590.0	8.09	132.6	5.25	24.05	-80.0
-70.0	0.204	1494.2	8.9420	82.38	375.70	0.6747	1.9308	1.000	0.540	1.231	596	153.3	503.6	8.52	127.6	5.68	22.95	-70.0
-60.0	0.070	1403.7	0.3980	75.27	378.99	0.7348	1.8778	1.071	0.564	1.230	540	156.8	440.4	8.94	122.6	6.12	20.34	-60.0
-50.0	0.040	1419.6	0.3250	64.03	383.42	0.7752	1.8409	1.079	0.580	1.232	493	158.3	385.3	9.36	117.9	6.59	18.58	-50.0
-45.0	0.0740	1429.9	0.2843	58.19	384.77	0.7849	1.8478	1.081	0.589	1.233	484	158.7	377.8	9.40	116.9	6.69	18.25	-45.0
-40.0	0.0784	1434.2	0.2683	54.36	385.32	0.7944	1.8778	1.083	0.594	1.234	475	159.1	368.6	9.53	115.9	6.79	18.02	-40.0
-40.0	0.0805	1414.4	0.2408	54.53	386.26	0.8009	1.8327	1.086	0.599	1.235	465	159.5	359.6	9.62	115.0	6.89	18.09	-40.0
-42.0	0.0880	1412.6	0.2380	52.79	387.20	0.8134	1.8278	1.088	0.600	1.236	456	159.8	350.0	9.78	114.0	6.99	18.27	-42.0
-40.0	0.1012	1409.2	0.2120	54.00	387.35	0.8189	1.8258	1.090	0.606	1.236	451	160.1	346.0	9.75	113.5	7.05	18.08	-40.0
-40.0	0.1020	1406.8	0.2052	54.89	388.13	0.8227	1.8210	1.091	0.608	1.237	447	160.3	342.6	9.78	113.1	7.09	17.94	-40.0
-38.0	0.1158	1404.6	0.18829	57.07	389.86	0.8328	1.8166	1.093	0.613	1.238	438	160.6	334.5	9.87	112.2	7.19	17.62	-38.0
-36.0	0.1268	1395.1	0.1700	58.27	389.97	0.8413	1.8100	1.096	0.619	1.239	428	160.8	326.7	9.96	111.2	7.29	17.39	-36.0
-34.0	0.1370	1388.1	0.15827	60.47	390.89	0.8495	1.8058	1.099	0.624	1.240	419	161.2	318.1	10.06	110.3	7.40	16.98	-34.0
-32.0	0.1500	1382.2	0.14882	62.67	391.79	0.8576	1.8014	1.102	0.629	1.242	410	161.5	310.7	10.12	109.4	7.51	16.66	-32.0
-30.0	0.1630	1377.2	0.13853	65.88	392.69	0.8657	1.8015	1.105	0.635	1.244	401	161.8	304.6	10.21	108.5	7.64	16.34	-30.0
-28.0	0.1749	1371.1	0.12528	68.19	393.58	0.8738	1.7978	1.108	0.641	1.246	392	162.8	297.7	10.29	107.5	7.72	16.02	-28.0
-26.0	0.1844	1365.0	0.11397	70.33	394.47	0.8818	1.7957	1.112	0.646	1.248	382	162.3	290.0	10.38	106.6	7.83	15.79	-26.0
-24.0	0.2068	1358.9	0.10349	72.56	395.34	0.8897	1.7939	1.115	0.653	1.250	372	162.5	284.4	10.46	105.7	7.94	15.50	-24.0
-22.0	0.2208	1352.7	0.09975	74.80	396.21	0.8968	1.7922	1.119	0.659	1.253	362	162.7	278.1	10.55	104.8	8.06	15.27	-22.0
-20.0	0.2434	1346.3	0.09208	77.04	397.86	0.9130	1.7828	1.123	0.668	1.255	354	162.8	273.9	10.63	103.9	8.17	14.76	-20.0
-18.0	0.2649	1340.3	0.08623	79.30	397.81	0.9223	1.7790	1.127	0.672	1.258	344	163.8	268.9	10.72	103.0	8.29	14.45	-18.0
-16.0	0.2840	1334.0	0.08029	80.56	398.35	0.9311	1.7757	1.131	0.678	1.261	334	163.3	268.1	10.80	102.1	8.40	14.14	-16.0
-14.0	0.3078	1327.6	0.07485	80.80	399.57	0.9396	1.7723	1.135	0.683	1.264	324	163.2	264.4	10.89	101.1	8.52	13.80	-14.0
-12.0	0.3308	1321.2	0.06988	88.11	400.39	0.9480	1.7699	1.139	0.692	1.267	316	163.3	248.8	10.98	100.2	8.65	13.52	-12.0
-10.0	0.3549	1314.7	0.06527	88.40	401.20	0.9572	1.7658	1.144	0.699	1.270	307	163.3	243.4	11.06	99.3	8.77	13.21	-10.0
-8.0	0.3804	1308.2	0.06003	88.79	401.89	0.9658	1.7627	1.149	0.707	1.274	297	163.4	238.1	11.15	98.4	8.89	12.91	-8.0
-6.0	0.4070	1301.6	0.05713	89.08	402.77	0.9744	1.7598	1.154	0.715	1.278	288	163.4	233.0	11.24	97.5	9.02	12.69	-6.0
-4.0	0.4368	1295.0	0.05352	89.37	403.55	0.9830	1.7568	1.159	0.722	1.282	279	163.4	227.9	11.32	96.6	9.15	12.50	-4.0
-2.0	0.4678	1288.3	0.04919	89.66	404.30	0.9915	1.7538	1.164	0.731	1.287	269	163.4	223.0	11.41	95.7	9.28	12.09	-2.0
0.0	0.4999	1281.2	0.04710	208.00	405.85	1.0000	1.7507	1.169	0.739	1.291	260	163.3	218.2	11.50	94.8	9.42	11.79	0.0
2.0	0.5320	1274.7	0.04424	202.35	405.38	1.0082	1.7478	1.175	0.748	1.296	250	163.2	213.5	11.59	93.9	9.56	11.49	2.0
4.0	0.5660	1267.8	0.04059	204.71	406.30	1.0169	1.7448	1.181	0.757	1.301	241	163.1	208.9	11.68	93.1	9.70	11.19	4.0
6.0	0.6010	1260.8	0.03912	207.09	407.20	1.0254	1.7422	1.187	0.766	1.307	232	163.8	204.4	11.77	92.2	9.84	10.88	6.0
8.0	0.6488	1253.8	0.03983	209.47	407.89	1.0338	1.7399	1.193	0.775	1.313	223	163.8	200.0	11.86	91.3	9.98	10.61	8.0
10.0	0.6990	1246.7	0.03949	211.87	408.36	1.0422	1.7380	1.199	0.783	1.319	214	163.8	195.7	11.96	90.4	10.14	10.22	10.0
12.0	0.7528	1239.5	0.03717	214.28	409.21	1.0509	1.7340	1.206	0.792	1.326	205	163.4	191.5	12.05	89.5	10.29	9.93	12.0
14.0	0.7608	1232.2	0.03988	216.70	409.83	1.0599	1.7313	1.213	0.800	1.333	194	163.2	187.3	12.14	88.6	10.40	9.64	14.0
16.0	0.8144	1224.9	0.03912	219.14	410.47	1.0672	1.7289	1.220	0.807	1.340	184	163.1	183.2	12.24	87.7	10.61	9.35	16.0
18.0	0.8690	1217.4	0.03738	221.59	411.87	1.0750	1.7263	1.228	0.815	1.348	174	163.1	179.2	12.33	86.8	10.77	9.06	18.0
20.0	0.9000	1209.9	0.03599	224.06	411.66	1.0838	1.7238	1.236	0.820	1.357	164	163.3	175.3	12.43	85.9	10.86	8.78	20.0
22.0	0.9466	1202.3	0.03457	226.54	412.22	1.0920	1.7212	1.244	0.825	1.366	155	164.8	171.5	12.53	85.0	11.12	8.50	22.0
24.0	1.0000	1194.6	0.03234	229.04	412.77	1.0994	1.7187	1.252	0.836	1.375	146	163.6	167.7	12.63	84.1	11.39	8.22	24.0
26.0	1.0740	1186.7	0.03099	231.55	413.29	1.0986	1.7162	1.261	0.839	1.385	136	163.2	163.9	12.78	83.2	11.69	7.94	26.0
28.0	1.1000	1178.8	0.02982	234.08	413.79	1.1069	1.7136	1.271	0.850	1.396	127	163.3	160.3	12.84	82.3	11.69	7.66	28.0
30.0	1.1990	1170.7	0.02972	236.62	414.26	1.1152	1.7111	1.281	0.858	1.408	117	163.2	156.7	12.95	81.4	11.89	7.38	30.0
32.0	1.2520	1162.6	0.02880	238.19	414.71	1.1234	1.7086	1.291	0.864	1.420	107	163.3	153.1	13.06	80.5	12.19	7.11	32.0
34.0	1.3200	1154.3	0.02773	240.77	415.14	1.1417	1.7060	1.302	0.840	1.434	97	163.2	149.6	13.17	79.6	12.31	6.84	34.0
36.0	1.3820	1145.8	0.02679	244.36	415.54	1.1499	1.7034	1.314	0.857	1.448	87	163.6	146.1	13.28	78.7	12.54	6.57	36.0
38.0	1.4600	1137.3	0.02593	247.00	415.91	1.1582	1.7018	1.326	0.876	1.463	78	163.8	142.7	13.40	77.8	12.77	6.30	38.0
40.0	1.5260	1128.8	0.02511	248.65	416.25	1.1665	1.6993	1.339	0.890	1.480	68	164.4	138.4	13.52	76.9	13.02	6.04	40.0
42.0	1.6000	1119.6	0.02433	252.32	416.55	1.1747	1.6978	1.353	0.913	1.498	58	165.3	134.1	13.64	76.0	13.28	5.77	42.0
44.0	1.6870	1110.6	0.02360	255.04	416.83	1.1838	1.6953	1.368	0.937	1.517	48	165.8	129.8	13.77	75.1	13.55	5.51	44.0
46.0	1.7940	1101.4	0.02294	257.73	417.87	1.1913	1.6928	1.384	0.961	1.538	37	164.2	125.5	13.99	74.1	13.83	5.25	46.0
48.0	1.8210	1091.9	0.02228	268.40	417.27	1.1997	1.6879	1.401	1.086	1.561	42	153.4	126.3	14.04	73.2	14.13	5.00	48.0
50.0	1.9470	1082.2	0.02163	263.25	417.44	1.2088	1.6852	1.419	1.113	1.586	47	152.6	123.1	14.18	72.3	14.48	4.74	50.0
52.0	2.0330	1072.4	0.02104	268.05	417.36	1.2184	1.6824	1.439	1.142	1.614	49	151.7	120.0	14.32	71.4	14.78	4.49	52.0
54.0	2.1200	1062.7	0.02048	268.89	417.83	1.2248	1.6799	1.461	1.173	1.644	56	150.8	116.9	14.47	70.4	15.14	4.24	54.0
56.0	2.2200	1052.0	0.02005	275.78	417.86	1.2333	1.6768	1.483	1.208	1.677	56	149.8	113.8	14.65	69.5	15.52	4.00	56.0
58.0	2.3200	1041.3	0.02044	274.68	417.83	1.2418	1.6738	1.511	1.246									

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

Temp., °C	Temp., °R	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg·K		Specific Heat, kJ/kg·K		α, 1/K	Viscosity of liquid, mPa·s		Viscosity of vapor, μPa·s		Thermal Cond., mW/m·K		Surface Tension, mN/m	Temp., °C	
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor			
-103.0	8.023	1771.7	8.2603	98.71	388.97	0.3619	2.0423	1.061	1.497	1.243	1127	145.8	840.8	7.29	143.1	4.40	28.12	-103.00
-90.0	8.084	1644.9	7.6489	93.32	363.85	0.3646	1.9988	1.061	1.512	1.237	890	147.8	694.4	7.67	137.8	4.84	26.36	-90.00
-80.0	8.0957	1518.2	7.17829	81.94	368.77	0.6119	1.9008	1.062	1.528	1.233	833	190.3	390.0	8.09	132.6	5.25	24.65	-80.00
-70.0	8.10267	1494.2	6.94242	72.38	375.70	0.6747	1.8308	1.060	1.540	1.231	596	153.3	303.6	8.32	127.6	5.68	22.92	-70.00
-60.0	8.10759	1403.7	6.59889	53.27	378.99	0.7348	1.7778	1.071	1.554	1.230	540	136.8	440.4	8.94	122.6	6.12	21.24	-60.00
-50.0	8.10415	1439.6	6.32759	44.03	383.41	0.7752	1.8409	1.079	1.560	1.232	493	138.3	353.3	9.36	117.8	6.59	19.58	-50.00
-45.0	8.10745	1479.9	6.28435	46.19	384.77	0.7849	1.8478	1.081	1.569	1.233	484	138.7	377.8	9.40	118.9	6.69	19.25	-45.00
-40.0	8.10784	1424.2	6.38837	48.36	385.32	0.7844	1.8778	1.083	1.594	1.234	475	139.1	368.6	9.37	119.9	6.79	18.92	-40.00
-40.0	8.10785	1414.4	6.24698	48.53	386.26	0.8089	1.8127	1.086	1.599	1.235	465	139.5	358.6	9.62	115.0	6.89	18.59	-40.00
-42.0	8.10860	1412.6	6.24802	52.79	387.20	0.8134	1.8278	1.088	1.600	1.236	456	139.8	353.0	9.78	114.0	6.99	18.27	-42.00
-40.0	8.11012	1409.2	6.21260	54.00	387.35	0.8189	1.8258	1.086	1.606	1.236	451	140.1	346.0	9.75	113.5	7.05	18.00	-40.01
-40.0	8.10520	1406.8	6.20521	54.89	388.33	0.8227	1.8210	1.091	1.608	1.237	447	140.3	342.6	9.78	113.1	7.09	17.94	-40.00
-38.0	8.10518	1404.6	6.18829	57.07	389.86	0.8328	1.8166	1.093	1.613	1.238	438	140.6	334.5	9.87	112.2	7.19	17.62	-38.00
-36.0	8.12628	1365.1	6.17004	58.27	389.97	0.8413	1.8160	1.096	1.619	1.239	428	140.8	326.7	9.96	111.2	7.29	17.30	-36.00
-34.0	8.17000	1388.1	6.15827	60.47	390.89	0.8505	1.8098	1.099	1.624	1.240	419	141.2	318.1	10.06	110.3	7.40	16.98	-34.00
-32.0	8.15850	1382.2	6.14882	62.67	391.70	0.8596	1.8054	1.102	1.629	1.242	410	141.5	310.7	10.12	109.4	7.51	16.66	-32.00
-30.0	8.14380	1377.2	6.13553	64.88	392.49	0.8687	1.8015	1.105	1.635	1.244	401	141.8	304.6	10.21	108.5	7.62	16.34	-30.00
-28.0	8.17819	1371.1	6.12528	66.89	393.28	0.8778	1.7975	1.108	1.641	1.246	392	142.8	297.7	10.29	107.5	7.72	16.02	-28.00
-26.0	8.19344	1365.9	6.11597	68.33	394.47	0.8868	1.7937	1.112	1.646	1.248	383	142.3	290.0	10.38	106.6	7.83	15.70	-26.00
-26.0	8.20968	1358.9	6.10749	67.26	395.34	0.8957	1.7899	1.115	1.653	1.250	373	142.5	284.4	10.46	105.7	7.94	15.39	-26.00
-22.0	8.22896	1352.7	6.09975	69.80	396.21	0.9046	1.7862	1.119	1.659	1.253	363	142.7	278.1	10.55	104.8	8.06	15.07	-22.00
-20.0	8.24314	1346.5	6.09268	67.04	397.86	0.9135	1.7828	1.123	1.665	1.255	354	142.8	271.9	10.63	103.9	8.17	14.76	-20.00
-18.0	8.24679	1340.3	6.08623	68.30	397.81	0.9223	1.7790	1.127	1.672	1.258	345	143.8	265.9	10.72	103.0	8.29	14.45	-18.00
-16.0	8.28480	1334.0	6.08029	68.56	398.35	0.9311	1.7757	1.131	1.678	1.261	336	143.3	268.1	10.80	102.1	8.40	14.14	-16.00
-14.0	8.34728	1327.6	6.07485	68.83	399.57	0.9396	1.7723	1.135	1.685	1.264	326	143.2	254.4	10.89	101.1	8.52	13.83	-14.00
-12.0	8.35958	1321.2	6.06988	68.11	400.39	0.9480	1.7699	1.139	1.692	1.267	316	143.3	248.8	10.98	100.2	8.65	13.52	-12.00
-10.0	8.35479	1314.7	6.06527	68.40	401.20	0.9572	1.7658	1.144	1.699	1.270	307	143.3	243.4	11.06	99.3	8.77	13.21	-10.00
-8.0	8.38954	1308.2	6.06030	68.79	401.89	0.9658	1.7627	1.149	1.707	1.274	297	143.4	238.1	11.15	98.4	8.90	12.91	-8.00
-6.0	8.40769	1301.6	6.05713	69.08	402.77	0.9744	1.7598	1.154	1.715	1.278	288	143.4	233.0	11.24	97.5	9.02	12.60	-6.00
-4.0	8.43628	1295.0	6.05352	69.37	403.25	0.9830	1.7568	1.159	1.722	1.282	279	143.4	227.9	11.32	96.6	9.15	12.30	-4.00
-2.0	8.46578	1288.3	6.04949	69.66	404.30	0.9915	1.7538	1.164	1.731	1.287	269	143.4	223.0	11.41	95.7	9.28	12.00	-2.00
0.0	8.49559	1281.5	6.04519	69.95	405.85	1.0000	1.7507	1.169	1.739	1.291	260	143.5	218.2	11.50	94.8	9.42	11.70	0.00
2.0	8.52129	1274.7	6.04044	70.25	408.36	1.0082	1.7478	1.175	1.748	1.296	250	143.5	213.5	11.59	93.9	9.56	11.40	2.00
4.0	8.54805	1267.8	6.03619	70.71	406.39	1.0169	1.7449	1.181	1.757	1.301	241	143.5	208.9	11.68	93.1	9.70	11.10	4.00
6.0	8.60829	1260.8	6.03211	70.99	407.20	1.0254	1.7422	1.187	1.766	1.307	232	143.5	204.4	11.77	92.2	9.84	10.80	6.00
8.0	8.64888	1253.8	6.02807	70.47	407.89	1.0338	1.7395	1.193	1.775	1.313	223	143.5	200.0	11.86	91.3	9.99	10.51	8.00
10.0	8.68990	1246.7	6.02419	71.37	408.36	1.0422	1.7368	1.199	1.785	1.319	214	143.5	195.7	11.96	90.4	10.14	10.22	10.00
12.0	8.73288	1239.5	6.02027	71.48	409.21	1.0509	1.7340	1.206	1.795	1.326	205	143.5	191.5	12.05	89.5	10.29	9.93	12.00
14.0	8.78685	1232.2	6.01688	71.69	409.85	1.0599	1.7313	1.213	1.806	1.333	196	143.5	187.3	12.14	88.6	10.40	9.64	14.00
16.0	8.83444	1224.9	6.01312	71.84	410.47	1.0672	1.7285	1.220	1.817	1.340	187	143.5	183.2	12.24	87.7	10.61	9.35	16.00
18.0	8.88629	1217.4	6.00938	72.09	411.87	1.0750	1.7257	1.228	1.828	1.348	178	143.5	179.2	12.33	86.8	10.77	9.06	18.00
20.0	8.94002	1209.8	6.00599	72.06	411.66	1.0838	1.7230	1.236	1.840	1.357	169	143.5	175.3	12.43	85.9	10.86	8.78	20.00
22.0	8.99656	1202.3	6.00245	72.54	412.22	1.0920	1.7212	1.244	1.853	1.366	159	143.5	171.5	12.53	85.0	11.12	8.50	22.00
24.0	9.04600	1194.6	6.00244	72.60	412.77	1.0994	1.7207	1.252	1.866	1.375	150	143.5	167.7	12.63	84.1	11.30	8.22	24.00
26.0	9.07348	1186.7	6.00199	73.35	413.29	1.0986	1.7202	1.261	1.879	1.385	140	143.5	163.9	12.78	83.2	11.49	7.94	26.00
28.0	9.10800	1178.8	6.00282	73.08	413.70	1.1049	1.7216	1.271	1.890	1.396	131	143.5	160.3	12.84	82.3	11.69	7.66	28.00
30.0	9.14950	1170.7	6.00472	73.62	414.26	1.1123	1.7211	1.281	1.908	1.408	121	143.5	156.7	12.95	81.4	11.89	7.38	30.00
32.0	9.22520	1162.6	6.00869	73.19	414.71	1.1204	1.7206	1.291	1.924	1.420	111	143.5	153.1	13.06	80.5	12.10	7.11	32.00
34.0	9.32000	1154.3	6.01771	74.77	415.34	1.1417	1.7200	1.302	1.940	1.434	101	143.5	149.6	13.17	79.6	12.31	6.84	34.00
36.0	9.38920	1145.8	6.02479	74.43	415.84	1.1499	1.7204	1.314	1.957	1.448	91	143.5	146.1	13.28	78.7	12.54	6.57	36.00
38.0	9.46010	1137.3	6.03593	747.00	415.81	1.1582	1.7211	1.326	1.976	1.463	81	143.5	142.7	13.40	77.8	12.77	6.30	38.00
40.0	9.53380	1128.8	6.05111	748.25	416.25	1.1665	1.7220	1.339	1.990	1.480	71	143.5	139.4	13.52	76.9	13.02	6.04	40.00
42.0	9.60980	1119.6	6.06433	752.32	416.55	1.1747	1.7219	1.353	1.983	1.496	61	143.5	136.1	13.64	76.0	13.28	5.77	42.00
44.0	9.68670	1110.6	6.07389	755.04	416.83	1.1830	1.7217	1.368	1.997	1.517	51	143.5	132.8	13.77	75.1	13.55	5.51	44.00
46.0	9.76480	1101.4	6.07824	757.73	417.87	1.1913	1.7208	1.384	1.961	1.538	41	143.5	129.5	13.90	74.1	13.83	5.25	46.00
48.0	9.82510	1091.9	6.07826	768.40	417.27	1.1997	1.7209	1.401	1.986	1.561	31	143.5	126.2	14.04	73.2	14.13	5.00	48.00
50.0	9.94270	1082.2	6.08363	763.25	417.44	1.2088	1.7212	1.419	1.113	1.586	21	143.5	122.9	14.18	72.3	14.45	4.74	50.00
52.0	2.00350	1072.4	6.09304	768.05	417.36	1.2184	1.7214	1.439	1.142	1.614	11	143.5	120.0	14.32	71.4	14.78	4.49	52.00
54.0	2.12700	1062.2	6.09846	768.89	417.85	1.2246	1.7209	1.461	1.173	1.644	1	143.5	116.9	14.47	70.4	15.14	4.24	54.00
56.0	2.22350	1052.0	6.09995	775.78	417.86	1.2333	1.7208	1.483	1.208	1.677	1	143.5	113.8	14.65	69.5	15.52	4.00	56.00
58.0	2.32400	10																

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. L. Brown and S. M. Marco, *Introduction to Heat Transfer*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1958.

Table 2 (continued)
DuPont™ Freon® 22 Superheated Vapor — Constant Pressure Tables

V = Volume in m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/kgK Saturation Properties in |

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C	
	420 (-1.80°C)			425 (-1.75°C)			430 (-1.69°C)			435 (-1.64°C)				
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S		
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)		
5	0.0587	425.7	1.786	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10	0.0592	427.2	1.778	0.0563	426.7	1.770	0.0528	426.1	1.762	0.0497	425.6	1.757	0	
15	0.0598	428.7	1.770	0.0577	428.2	1.762	0.0542	427.7	1.754	0.0511	427.2	1.749	5	
20	0.0603	430.2	1.762	0.0591	429.7	1.754	0.0556	429.2	1.746	0.0525	428.7	1.741	10	
25	0.0608	431.7	1.754	0.0605	431.2	1.746	0.0570	430.7	1.738	0.0539	430.2	1.733	15	
30	0.0613	433.2	1.746	0.0619	432.7	1.738	0.0584	432.2	1.730	0.0553	431.7	1.725	20	
35	0.0618	434.7	1.738	0.0633	434.2	1.730	0.0598	433.7	1.722	0.0567	433.2	1.720	25	
40	0.0623	436.2	1.730	0.0647	435.7	1.722	0.0612	435.2	1.714	0.0581	434.7	1.712	30	
45	0.0628	437.7	1.722	0.0661	437.2	1.714	0.0626	436.7	1.706	0.0595	436.2	1.704	35	
50	0.0633	439.2	1.714	0.0675	438.7	1.706	0.0640	438.2	1.698	0.0609	437.7	1.696	40	
55	0.0638	440.7	1.706	0.0689	440.2	1.698	0.0654	440.7	1.690	0.0623	439.2	1.688	45	
60	0.0643	442.2	1.698	0.0703	441.7	1.690	0.0668	442.2	1.682	0.0637	440.7	1.680	50	
65	0.0648	443.7	1.690	0.0717	443.2	1.682	0.0682	443.7	1.674	0.0651	442.2	1.672	55	
70	0.0653	445.2	1.682	0.0731	444.7	1.674	0.0696	445.2	1.666	0.0665	443.7	1.664	60	
75	0.0658	446.7	1.674	0.0745	446.2	1.666	0.0710	446.7	1.658	0.0679	445.2	1.656	65	
80	0.0663	448.2	1.666	0.0759	447.7	1.658	0.0724	448.2	1.650	0.0693	446.7	1.648	70	
85	0.0668	449.7	1.658	0.0773	449.2	1.650	0.0738	449.7	1.642	0.0707	448.2	1.640	75	
90	0.0673	451.2	1.650	0.0787	450.7	1.642	0.0752	450.7	1.634	0.0721	449.7	1.632	80	
95	0.0678	452.7	1.642	0.0801	452.2	1.634	0.0766	452.2	1.626	0.0735	451.2	1.624	85	
100	0.0683	454.2	1.634	0.0815	453.7	1.626	0.0780	453.7	1.618	0.0749	452.7	1.616	90	
105	0.0688	455.7	1.626	0.0829	455.2	1.618	0.0794	455.2	1.610	0.0763	454.2	1.610	95	
110	0.0693	457.2	1.618	0.0843	456.7	1.610	0.0808	456.7	1.602	0.0777	455.7	1.602	100	
115	0.0698	458.7	1.610	0.0857	458.2	1.602	0.0822	458.2	1.594	0.0791	457.2	1.594	105	
120	0.0703	460.2	1.602	0.0871	459.7	1.594	0.0836	459.7	1.586	0.0805	458.7	1.586	110	
125	0.0708	461.7	1.594	0.0885	461.2	1.586	0.0850	461.2	1.578	0.0819	460.2	1.578	115	
130	0.0713	463.2	1.586	0.0899	462.7	1.578	0.0864	462.7	1.570	0.0833	461.7	1.570	120	
135	0.0718	464.7	1.578	0.0913	464.2	1.570	0.0878	464.2	1.562	0.0847	463.2	1.562	125	
140	0.0723	466.2	1.570	0.0927	465.7	1.562	0.0892	465.7	1.554	0.0861	464.7	1.554	130	
145	0.0728	467.7	1.562	0.0941	467.2	1.554	0.0906	467.2	1.546	0.0875	466.2	1.546	135	
150	0.0733	469.2	1.554	0.0955	468.7	1.546	0.0920	468.7	1.538	0.0889	467.7	1.538	140	
155	0.0738	470.7	1.546	0.0969	470.2	1.538	0.0934	470.2	1.530	0.0903	469.2	1.530	145	

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C	
	440 (-1.27°C)			445 (-1.22°C)			450 (-1.17°C)			455 (-1.12°C)				
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S		
	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)	(0.0001)		
5	0.0743	475.7	1.538	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
10	0.0748	477.2	1.530	0.0979	476.7	1.530	0.0944	476.2	1.522	0.0913	475.7	1.520	10	
15	0.0753	478.7	1.522	0.0993	478.2	1.522	0.0958	477.7	1.514	0.0927	477.2	1.512	15	
20	0.0758	480.2	1.514	0.1007	479.7	1.514	0.0972	479.2	1.506	0.0941	478.7	1.504	20	
25	0.0763	481.7	1.506	0.1021	481.2	1.506	0.0986	480.7	1.498	0.0955	480.2	1.496	25	
30	0.0768	483.2	1.498	0.1035	482.7	1.498	0.1000	482.2	1.490	0.0969	481.7	1.488	30	
35	0.0773	484.7	1.490	0.1049	484.2	1.490	0.1014	484.7	1.482	0.0983	483.2	1.480	35	
40	0.0778	486.2	1.482	0.1063	485.7	1.482	0.1028	485.2	1.474	0.0997	484.7	1.472	40	
45	0.0783	487.7	1.474	0.1077	487.2	1.474	0.1042	487.7	1.466	0.1011	486.2	1.464	45	
50	0.0788	489.2	1.466	0.1091	488.7	1.466	0.1056	488.2	1.458	0.1025	487.7	1.456	50	
55	0.0793	490.7	1.458	0.1105	490.2	1.458	0.1070	490.7	1.450	0.1039	489.2	1.448	55	
60	0.0798	492.2	1.450	0.1119	491.7	1.450	0.1084	491.2	1.442	0.1053	490.7	1.440	60	
65	0.0803	493.7	1.442	0.1133	493.2	1.442	0.1098	493.7	1.434	0.1067	492.2	1.432	65	
70	0.0808	495.2	1.434	0.1147	494.7	1.434	0.1112	494.2	1.426	0.1081	493.7	1.424	70	
75	0.0813	496.7	1.426	0.1161	496.2	1.426	0.1126	496.7	1.418	0.1095	495.2	1.416	75	
80	0.0818	498.2	1.418	0.1175	497.7	1.418	0.1140	497.2	1.410	0.1109	496.7	1.408	80	
85	0.0823	499.7	1.410	0.1189	499.2	1.410	0.1154	499.7	1.402	0.1123	498.2	1.400	85	
90	0.0828	501.2	1.402	0.1203	500.7	1.402	0.1168	500.2	1.394	0.1137	499.7	1.392	90	
95	0.0833	502.7	1.394	0.1217	502.2	1.394	0.1182	502.7	1.386	0.1151	501.2	1.384	95	
100	0.0838	504.2	1.386	0.1231	503.7	1.386	0.1196	503.2	1.378	0.1165	502.7	1.376	100	
105	0.0843	505.7	1.378	0.1245	505.2	1.378	0.1210	505.7	1.370	0.1179	504.2	1.368	105	
110	0.0848	507.2	1.370	0.1259	506.7	1.370	0.1224	506.2	1.362	0.1193	505.7	1.360	110	
115	0.0853	508.7	1.362	0.1273	508.2	1.362	0.1238	508.7	1.354	0.1207	507.2	1.352	115	
120	0.0858	510.2	1.354	0.1287	509.7	1.354	0.1252	509.2	1.346	0.1221	508.7	1.344	120	
125	0.0863	511.7	1.346	0.1301	511.2	1.346	0.1266	511.7	1.338	0.1235	510.2	1.336	125	
130	0.0868	513.2	1.338	0.1315	512.7	1.338	0.1280	512.2	1.330	0.1249	511.7	1.328	130	
135	0.0873	514.7	1.330	0.1329	514.2	1.330	0.1294	514.7	1.322	0.1263	513.2	1.320	135	
140	0.0878	516.2	1.322	0.1343	515.7	1.322	0.1308	515.2	1.314	0.1277	514.7	1.312	140	
145	0.0883	517.7	1.314	0.1357	517.2	1.314	0.1322	517.7	1.306	0.1291	516.2	1.304	145	
150	0.0888	519.2	1.306	0.1371	518.7	1.306	0.1336	518.2	1.298	0.1305	517.7	1.296	150	

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

Temp., °C	Freezing Point, °C	Density, kg/m³	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg·K		Specific Heat, kJ/kg·K		α, 1/K	Viscosity of Saturated, mPa·s		Thermal Conductivity, W/m·K		Surface Tension, mN/m	Critical Temp., °C			
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor			Liquid	Vapor	
-103.0	0.0000	1371.7	0.26000	98.71	388.97	0.3619	2.0421	1.001	0.497	1.243	1127	145.8	840.8	7.29	143.1	4.40	28.12	-103.00
-90.0	0.0640	1344.9	0.26480	93.32	383.85	0.3646	1.9988	1.001	0.512	1.237	990	147.8	699.4	7.67	137.8	4.84	28.56	-90.00
-80.0	0.0957	1318.2	0.27020	88.94	388.77	0.3678	1.9508	1.002	0.528	1.231	933	150.3	595.0	8.09	132.6	5.25	24.65	-80.00
-70.0	0.1264	1291.4	0.27620	84.56	393.70	0.3714	1.9080	1.003	0.544	1.225	866	152.8	517.6	8.52	127.6	5.68	22.92	-70.00
-60.0	0.1570	1264.6	0.28280	80.18	398.62	0.3754	1.8702	1.004	0.560	1.219	800	155.3	461.4	8.94	122.6	6.12	21.34	-60.00
-50.0	0.1876	1237.8	0.28980	75.80	403.54	0.3798	1.8374	1.005	0.576	1.213	734	157.8	418.2	9.36	117.6	6.59	19.98	-50.00
-45.0	0.2140	1219.9	0.29435	74.19	404.77	0.3808	1.8318	1.005	0.580	1.213	684	158.7	377.8	9.40	116.9	6.69	19.25	-45.00
-40.0	0.2394	1202.0	0.29935	72.58	406.00	0.3824	1.8278	1.005	0.584	1.214	634	159.6	338.6	9.43	116.9	6.79	18.52	-40.00
-35.0	0.2648	1184.1	0.30480	70.97	407.23	0.3840	1.8248	1.006	0.588	1.215	584	160.5	299.4	9.46	117.0	6.89	17.79	-35.00
-30.0	0.2902	1166.2	0.31080	69.36	408.46	0.3860	1.8228	1.006	0.592	1.216	534	161.4	260.2	9.49	117.0	6.99	17.06	-30.00
-25.0	0.3156	1148.3	0.31680	67.75	409.69	0.3880	1.8208	1.007	0.596	1.217	484	162.3	221.0	9.52	117.1	7.09	16.33	-25.00
-20.0	0.3410	1130.4	0.32280	66.14	410.92	0.3900	1.8188	1.007	0.600	1.218	434	163.2	181.8	9.55	117.1	7.19	15.60	-20.00
-15.0	0.3664	1112.5	0.32880	64.53	412.15	0.3920	1.8168	1.008	0.604	1.219	384	164.1	142.6	9.58	117.2	7.29	14.87	-15.00
-10.0	0.3918	1094.6	0.33480	62.92	413.38	0.3940	1.8148	1.008	0.608	1.220	334	165.0	103.4	9.61	117.2	7.39	14.14	-10.00
-5.0	0.4172	1076.7	0.34080	61.31	414.61	0.3960	1.8128	1.009	0.612	1.221	284	165.9	64.2	9.64	117.3	7.49	13.41	-5.00
0.0	0.4426	1058.8	0.34680	59.70	415.84	0.3980	1.8108	1.009	0.616	1.222	234	166.8	25.0	9.67	117.3	7.59	12.68	0.00
5.0	0.4680	1040.9	0.35280	58.09	417.07	0.4000	1.8088	1.010	0.620	1.223	184	167.7	-14.2	9.70	117.4	7.69	11.95	5.00
10.0	0.4934	1023.0	0.35880	56.48	418.30	0.4020	1.8068	1.010	0.624	1.224	134	168.6	-73.4	9.73	117.4	7.79	11.22	10.00
15.0	0.5188	1005.1	0.36480	54.87	419.53	0.4040	1.8048	1.011	0.628	1.225	84	169.5	-132.6	9.76	117.5	7.89	10.49	15.00
20.0	0.5442	987.2	0.37080	53.26	420.76	0.4060	1.8028	1.011	0.632	1.226	34	170.4	-221.8	9.79	117.5	7.99	9.76	20.00
25.0	0.5696	969.3	0.37680	51.65	421.99	0.4080	1.8008	1.012	0.636	1.227	-16	171.3	-311.0	9.82	117.6	8.09	9.03	25.00
30.0	0.5950	951.4	0.38280	50.04	423.22	0.4100	1.7988	1.012	0.640	1.228	-66	172.2	-400.2	9.85	117.6	8.19	8.30	30.00
35.0	0.6204	933.5	0.38880	48.43	424.45	0.4120	1.7968	1.013	0.644	1.229	-116	173.1	-489.4	9.88	117.7	8.29	7.57	35.00
40.0	0.6458	915.6	0.39480	46.82	425.68	0.4140	1.7948	1.013	0.648	1.230	-166	174.0	-578.6	9.91	117.7	8.39	6.84	40.00
45.0	0.6712	897.7	0.40080	45.21	426.91	0.4160	1.7928	1.014	0.652	1.231	-216	174.9	-667.8	9.94	117.8	8.49	6.11	45.00
50.0	0.6966	879.8	0.40680	43.60	428.14	0.4180	1.7908	1.014	0.656	1.232	-266	175.8	-757.0	9.97	117.8	8.59	5.38	50.00
55.0	0.7220	861.9	0.41280	41.99	429.37	0.4200	1.7888	1.015	0.660	1.233	-316	176.7	-846.2	10.00	117.9	8.69	4.65	55.00
60.0	0.7474	844.0	0.41880	40.38	430.60	0.4220	1.7868	1.015	0.664	1.234	-366	177.6	-935.4	10.03	117.9	8.79	3.92	60.00
65.0	0.7728	826.1	0.42480	38.77	431.83	0.4240	1.7848	1.016	0.668	1.235	-416	178.5	-1024.6	10.06	118.0	8.89	3.19	65.00
70.0	0.7982	808.2	0.43080	37.16	433.06	0.4260	1.7828	1.016	0.672	1.236	-466	179.4	-1113.8	10.09	118.0	8.99	2.46	70.00
75.0	0.8236	790.3	0.43680	35.55	434.29	0.4280	1.7808	1.017	0.676	1.237	-516	180.3	-1203.0	10.12	118.1	9.09	1.73	75.00
80.0	0.8490	772.4	0.44280	33.94	435.52	0.4300	1.7788	1.017	0.680	1.238	-566	181.2	-1292.2	10.15	118.1	9.19	1.00	80.00
85.0	0.8744	754.5	0.44880	32.33	436.75	0.4320	1.7768	1.018	0.684	1.239	-616	182.1	-1381.4	10.18	118.2	9.29	0.27	85.00
90.0	0.9000	736.6	0.45480	30.72	437.98	0.4340	1.7748	1.018	0.688	1.240	-666	183.0	-1470.6	10.21	118.2	9.39	-0.46	90.00
95.0	0.9254	718.7	0.46080	29.11	439.21	0.4360	1.7728	1.019	0.692	1.241	-716	183.9	-1559.8	10.24	118.3	9.49	-1.19	95.00
100.0	0.9508	700.8	0.46680	27.50	440.44	0.4380	1.7708	1.019	0.696	1.242	-766	184.8	-1649.0	10.27	118.3	9.59	-1.92	100.00

*Temperatures on ITS-90 scale **Normal boiling point †Critical point

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

Temp., °C	T _{sat} , °C	Density, kg/m ³	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c _p , kJ/(kg·K)		α, 1/s	Viscosity of Refr., mPa·s		Thermal Cond., mW/(m·K)		Surface Tension, mN/m	Temp., °C			
			Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor					
-103.0	0.0003	1371.2	0.24000	98.71	385.97	0.9169	2.0423	1.001	0.497	1.243	1127	145.8	840.8	7.29	14.1	4.40	28.12	-103.00
-90.0	0.0043	1344.9	3.64480	93.32	383.85	0.9646	1.9988	1.001	0.512	1.237	990	147.8	694.4	7.67	13.8	4.24	28.56	-90.00
-80.0	0.0057	1318.2	5.77820	88.94	385.77	0.9219	1.9508	1.002	0.528	1.233	933	150.3	390.0	8.09	13.6	3.25	24.65	-80.00
-70.0	0.0267	1494.2	8.94242	122.38	375.70	0.8747	1.8908	1.000	0.540	1.231	996	153.3	875.6	8.32	12.6	3.68	22.95	-70.00
-60.0	0.0770	1403.7	8.59809	153.27	378.99	0.7568	1.8778	1.001	0.564	1.230	940	156.8	440.4	8.94	12.6	4.12	20.34	-60.00
-50.0	0.0643	1439.6	8.32580	144.05	383.41	0.7752	1.8489	1.009	0.600	1.232	891	158.3	387.3	9.36	11.96	4.39	19.38	-50.00
-45.0	0.0714	1429.9	8.28435	146.19	384.77	0.7649	1.8418	1.001	0.589	1.233	884	158.7	377.8	9.40	11.69	4.69	19.25	-45.00
-40.0	0.0784	1424.2	8.26857	148.36	385.32	0.7644	1.8378	1.003	0.594	1.234	879	159.1	368.6	9.37	11.59	4.79	18.92	-40.00
-40.0	0.0870	1418.4	8.24908	154.53	386.26	0.8009	1.8127	1.006	0.599	1.235	865	159.5	358.6	9.62	11.50	4.89	18.59	-40.00
-42.0	0.0860	1412.6	8.23802	152.79	387.20	0.8134	1.8175	1.008	0.600	1.236	856	159.8	350.0	9.76	11.40	4.99	18.27	-42.00
-40.0	0.1012	1409.2	8.21260	154.00	387.35	0.8189	1.8218	1.006	0.606	1.236	851	160.1	346.0	9.75	11.35	5.05	18.08	-40.00
-40.0	0.1020	1406.8	8.20521	154.89	388.13	0.8227	1.8210	1.001	0.608	1.237	847	160.3	342.6	9.78	11.31	5.09	17.94	-40.00
-38.0	0.1038	1404.8	8.18829	157.07	389.86	0.8128	1.8166	1.001	0.613	1.238	838	160.6	334.5	9.87	11.22	5.19	17.62	-38.00
-36.0	0.12628	1365.1	8.17004	158.27	389.97	0.8413	1.8160	1.006	0.619	1.239	828	160.8	326.7	9.96	11.12	5.29	17.30	-36.00
-34.0	0.1370	1388.1	8.15827	160.47	390.89	0.8305	1.8098	1.009	0.624	1.240	819	161.2	318.1	10.06	11.03	5.40	16.98	-34.00
-32.0	0.1580	1362.2	8.14682	162.67	391.70	0.8596	1.8054	1.012	0.629	1.242	809	161.5	310.7	10.12	10.94	5.51	16.66	-32.00
-30.0	0.14380	1377.2	8.13535	165.88	392.49	0.8687	1.8015	1.015	0.635	1.244	800	161.8	304.6	10.21	10.85	5.61	16.34	-30.00
-28.0	0.17819	1371.1	8.12328	168.19	393.28	0.8778	1.7975	1.008	0.641	1.246	791	162.8	297.7	10.29	10.75	5.72	16.02	-28.00
-26.0	0.19344	1365.8	8.11197	170.33	394.47	0.8868	1.7937	1.112	0.646	1.248	782	162.3	290.0	10.38	10.66	5.83	15.70	-26.00
-24.0	0.22968	1358.9	8.10349	172.56	395.34	0.8957	1.7899	1.115	0.653	1.250	772	162.5	284.4	10.46	10.57	5.94	15.39	-24.00
-22.0	0.22606	1352.7	0.89975	174.80	396.21	0.9046	1.7862	1.119	0.659	1.253	763	162.7	278.1	10.55	10.48	6.06	15.07	-22.00
-20.0	0.24231	1346.3	0.90268	177.04	397.86	0.9120	1.7828	1.123	0.663	1.255	754	162.8	273.9	10.63	10.39	6.17	14.76	-20.00
-18.0	0.26479	1340.3	0.89623	179.30	397.81	0.9223	1.7790	1.127	0.672	1.258	744	163.8	268.9	10.72	10.30	6.29	14.45	-18.00
-16.0	0.28480	1334.6	0.89829	181.56	398.75	0.9311	1.7757	1.131	0.678	1.261	735	163.3	268.1	10.80	10.21	6.40	14.14	-16.00
-14.0	0.30728	1327.6	0.89485	183.83	399.57	0.9396	1.7723	1.135	0.683	1.264	726	163.2	254.4	10.89	10.11	6.52	13.83	-14.00
-12.0	0.33958	1321.2	0.89898	186.11	400.39	0.9480	1.7689	1.139	0.692	1.267	716	163.3	248.8	10.98	10.02	6.63	13.52	-12.00
-10.0	0.35479	1314.7	0.89227	188.40	401.20	0.9572	1.7654	1.144	0.699	1.270	707	163.3	243.4	11.06	9.93	6.75	13.21	-10.00
-8.0	0.38054	1308.2	0.89033	190.70	401.89	0.9658	1.7627	1.149	0.707	1.274	697	163.4	238.1	11.15	9.84	6.88	12.91	-8.00
-6.0	0.40709	1301.6	0.89173	193.04	402.77	0.9744	1.7598	1.154	0.715	1.278	688	163.4	233.0	11.24	9.75	7.02	12.60	-6.00
-4.0	0.43628	1295.0	0.89352	195.33	403.55	0.9830	1.7568	1.159	0.722	1.282	679	163.4	227.9	11.32	9.66	7.15	12.30	-4.00
-2.0	0.46678	1288.3	0.89419	197.68	404.30	0.9915	1.7538	1.164	0.731	1.287	669	163.4	223.0	11.41	9.57	7.28	12.00	-2.00
0.0	0.49759	1281.2	0.89470	200.00	405.05	1.0000	1.7507	1.169	0.739	1.291	660	163.3	218.2	11.50	9.48	7.42	11.70	0.00
2.0	0.53129	1274.7	0.89424	202.35	405.78	1.0082	1.7478	1.175	0.748	1.296	650	163.2	213.5	11.59	9.39	7.56	11.40	2.00
4.0	0.56805	1267.8	0.89380	204.71	406.39	1.0169	1.7448	1.181	0.757	1.301	641	163.1	208.9	11.68	9.31	7.70	11.10	4.00
6.0	0.60829	1260.8	0.89337	207.09	407.20	1.0254	1.7422	1.187	0.766	1.307	632	163.8	204.4	11.77	9.22	7.84	10.80	6.00
8.0	0.64988	1253.8	0.89303	209.47	407.89	1.0338	1.7399	1.193	0.775	1.313	623	163.8	200.0	11.86	9.13	7.99	10.51	8.00
10.0	0.69399	1246.7	0.89270	211.87	408.36	1.0422	1.7378	1.199	0.783	1.319	613	163.8	195.7	11.96	9.04	8.14	10.22	10.00
12.0	0.72288	1239.5	0.89237	214.28	409.21	1.0509	1.7349	1.206	0.790	1.326	603	163.4	191.5	12.05	8.95	8.29	9.93	12.00
14.0	0.76685	1232.2	0.89208	216.70	409.85	1.0599	1.7313	1.213	0.806	1.333	594	163.2	187.3	12.14	8.86	8.46	9.64	14.00
16.0	0.81244	1224.9	0.89182	219.14	410.47	1.0672	1.7289	1.220	0.817	1.340	584	161.9	183.2	12.24	8.77	8.61	9.35	16.00
18.0	0.86029	1217.4	0.89159	221.59	411.87	1.0750	1.7263	1.228	0.828	1.348	575	161.6	179.2	12.33	8.68	8.77	9.06	18.00
20.0	0.91002	1209.9	0.89139	224.06	411.66	1.0838	1.7238	1.236	0.840	1.357	565	161.3	175.3	12.43	8.59	8.86	8.78	20.00
22.0	0.96195	1202.3	0.89120	226.54	411.22	1.0920	1.7212	1.244	0.853	1.366	555	161.8	171.5	12.53	8.50	9.12	8.50	22.00
24.0	1.01600	1194.6	0.89104	229.04	411.27	1.0994	1.7187	1.252	0.866	1.375	546	160.6	167.7	12.63	8.41	9.30	8.22	24.00
26.0	1.07240	1186.7	0.89109	231.55	411.29	1.0966	1.7162	1.261	0.879	1.385	536	160.2	163.9	12.74	8.32	9.49	7.94	26.00
28.0	1.13000	1178.8	0.89082	234.08	411.39	1.1049	1.7136	1.271	0.890	1.396	527	159.3	160.3	12.84	8.23	9.69	7.66	28.00
30.0	1.19000	1170.7	0.89172	236.62	411.26	1.1132	1.7111	1.281	0.908	1.408	517	159.2	156.7	12.95	8.14	9.89	7.38	30.00
32.0	1.25200	1162.6	0.89089	239.19	411.31	1.1234	1.7086	1.291	0.924	1.420	507	158.3	153.1	13.06	8.05	10.10	7.11	32.00
34.0	1.32000	1154.3	0.89173	241.77	411.34	1.1347	1.7060	1.302	0.940	1.434	497	158.2	149.6	13.17	7.96	10.31	6.84	34.00
36.0	1.38800	1145.8	0.89179	244.38	411.54	1.1469	1.7034	1.314	0.957	1.448	487	157.8	146.1	13.28	7.87	10.54	6.57	36.00
38.0	1.46810	1137.3	0.89199	247.00	411.81	1.1592	1.7018	1.326	0.976	1.463	478	157.8	142.7	13.40	7.78	10.77	6.30	38.00
40.0	1.55040	1128.8	0.89151	249.65	412.25	1.1660	1.6993	1.339	0.990	1.480	468	156.4	138.4	13.52	7.69	11.02	6.04	40.00
42.0	1.63600	1119.6	0.89143	252.32	412.55	1.1747	1.6979	1.353	1.013	1.498	458	155.7	134.1	13.64	7.60	11.28	5.77	42.00
44.0	1.68770	1110.6	0.89189	255.01	412.83	1.1838	1.6973	1.368	1.037	1.517	448	155.8	132.8	13.77	7.51	11.55	5.51	44.00
46.0	1.75440	1101.4	0.89254	257.73	412.87	1.1913	1.6988	1.384	1.061	1.538	437	154.2	128.5	13.90	7.41	11.83	5.25	46.00
48.0	1.82510	1091.9	0.89228	260.47	412.27	1.1997	1.6979	1.401	1.086	1.561	427	153.4	126.3	14.04	7.32	12.13	5.00	48.00
50.0	1.94270	1082.3	0.89303	263.25	412.44	1.2088	1.6952	1.419	1.113	1.586	417	152.6	123.1	14.18	7.23	12.48	4.74	50.00
52.0	2.03750	1072.4	0.89304	266.05	412.36	1.2194	1.6924	1.439	1.142	1.614	407	151.7	120.0	14.32	7.14	12.84	4.49	52.00
54.0	2.12700	1062.2	0.89348	268.89	412.85	1.2246	1.6900	1.461	1.173	1.644	396	150.8	116.9	14.47	7.04	13.14	4.24	54.00
56.0	2.22200	1052.0	0.89395	271.78	412.86	1.2337	1.6886	1.483	1.208	1.677	386	149.8	113.8	14.65	6.95	13.52		



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

Jalan Kapten Muchtar Baari No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 8622400 - EXT. 12
Website: <http://fatak.umsu.ac.id> E-mail: fatak@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHIJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 1103/II.3AU/UMSU-07/E/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 11 September 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : FEBRY ANDREAN
NIM : 1507230159
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VIII (Delapan)
Judul Tugas Akhir : PENINGKATAN KINERJA AC WII DENGAN MEMANFAATKAN HONEY COMB SURFACE BERBAHAN KUNINGAN SEBAGAI PENGANTAR PANAS .

Pembimbing I : CHANDRA A. SIREGAR ST. MT
Pembimbing II : AHMAD MARABDI SIREGAR ST. MT
Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 12 Muharram 1441 H
12 September 2019 M



Dekan

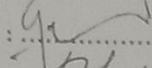
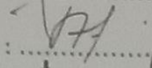
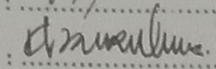
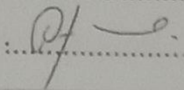
Munawir Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202

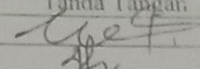
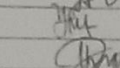
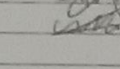
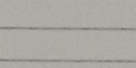
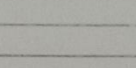
DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK - UMSU
TAHUN AKADEMIK 2019 - 2020

Peserta Seminar

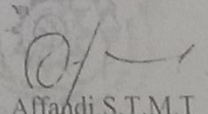
Nama : Febry Andrian
NPM : 1507230159
Judul Tugas Akhir : Penerapan HoneycombSurface Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada Acwh.

DAFTAR HADIR

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230224	Fadh Umm Pratama	
2	1507230164	Uluc Amri	
3	1507230218	Yogi pramata	
4	1507230178	Danu Setiawan	
5	1507230084	HUSEN EFENDI	
6			
7			
8			
9			
10			

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

Ketua Prod: T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Febry Andean
NPM : 1507230159
Judul T. Akhir : Penerapan Honeycomb Surface Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada Acwh.

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

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

Lulus Catula pada bulan April

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-1

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

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Febry Andean
NPM : 1507230159
Judul T.Akhir : Penerapan Honeycomb Surface Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada Acwh.

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

- 2) Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Litar Bulet Skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi T.Mesin

Affandi
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

Affandi
Affandi S.T.M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

**Penerapan Honeycomb Surface Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor
Pada ACWH**

Nama : Febry Andrean
NPM : 1507230159

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	1 okt 2019	Perbaiki bab 1	f
2	5 okt 2019	Perbaiki bab II	f
3	29 okt 2019	Lanjutan pembuatan Atas / Set up alat uji lanjut ke pembimbing II	f
4	Senin $\frac{16}{12}$ 2019	Perbaiki prosedur lanjut Bab. 4	} 12
5	Jumat $\frac{3}{1}$ 2020	Perbaiki Bab 4 pada tahap pengujian agar lebih lengkap	} AH
6	Selasa $\frac{7}{1}$ 2020	Kembali ke pembimbing I	AH
7	Sabtu 10/11.2020	Perbaiki kesimpulan	f
8	Senin 13/11.2020	Acc Seminar	f

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : Febry Andrian
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Suka Makmur, 10 Agustus 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Kawin
6. Agama : Islam
7. Alamat : Gg.Aman Dusun III Desa Suka Makmur
Kecamatan Deli Tua
8. No. Hp : +62815-3534-3872
9. Email : febry.andrian97@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003-2009 SD Negeri NO.105300 Deli Tua.
2. 2009-2012 SMP Negeri 2 Deli Tua.
3. 2012-2015 SMK Swasta Multi Karya Medan.
4. 2015-2020 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.