

TUGAS AKHIR

PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP EFEKTIVITAS ALAT PENUKAR KALOR TIPE *SHELL* *HELICAL COIL*

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

Disusun Oleh:

ANDRI KURNIAWAN
1507230193



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andri Kurniawan
NPM : 1507230193
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat
Penukar Kalor Tipe *Shell Helical Coil*
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



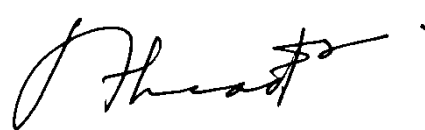
Affandi, S.T., M.T

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 : Andri Kurniawan
Tempat /Tanggal Lahir: Medan /14 November 1996
NPM : 1507230193
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat Penukar Kalor Tipe *Shell Helical Coil*”,

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,


Andri Kurniawan

ABSTRAK

Sistem pengkondisian udara (AC) sudah menjadi perabot rumah tangga diperkotaan. Panas buang yang dihasilkan oleh outdoor AC (kompresor) dapat dimanfaatkan salah satunya untuk memanaskan air dengan ditambahkan alat penukar kalor didalam tabung pemanas air. Pada penelitian ini akan menganalisa pengaruh panjang pipa kapiler pada alat penukar kalor *shell helical coil* pada AC split 1 Pk. Penelitian ini akan menerapkan variasi panjang pipa pada alat penukar kalor tipe *helical coil*, dan juga untuk mengetahui efektivitas alat penukar panas dengan menggunakan panjang pipa kapiler yang manakah yang lebih efektif untuk memanaskan air. Alat penukar panas dibuat dari pipa kapiler yang terbuat dari tembaga. Pada APK dengan pipa sepanjang 8 meter akan dibuat 15 lilitan dan pipa dengan panjang 16 meter akan dbuat sebanyak 30 lilitan. Proses pembuatan lilitan menggunakan kaleng berdiameter 15 cm, yaitu dengan cara melilitkan pipa sampai membentuk 15 lilitan dan juga 30 lilitan. APK diletakan secara vertikal didalam tangki yang memiliki tinggi 31 cm dengan kapasitas air 60 liter. Pada penelitian ini variable yang akan diuji dan diamati adalah hasil temperature pemanasan air, temperature refrigerant keluar kompresor, dan juga temperature refrigerant masuk kondensor pada waktu 1 jam (60 menit). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat penukar kalor dengan panjang pipa kapiler 16 meter dengan jumlah lilitan 30 lebih efektif untuk memanaskan air dibandingkan dengan alat penukar kalor dengan panjang pipa kapiler 8 meter dengan jumlah lilitan sebanyak 15. Hasil temperature akhir air menggunakan APK dengan panjang pipa kapiler 16 meter dengan 30 lilitan pada temperature evaporator AC 16°C sebesar 53.81°C, pada temperature evaporator AC 18°C sebesar 51°C, dan pada temperature evaporator AC 20°C sebesar 46.81°C. Sementara temperature akhir air menggunakan APK dengan panjang pipa kapiler 8 meter dengan 15 lilitan pada temperature evaporator AC 16°C sebesar 53.69°C, pada temperature evaporator AC 18°C sebesar 49.94°C, dan pada temperature evaporator AC 20°C sebesar 49.06°C. Sementara untuk perpindahan panas tertinggi yang diserap air dari *helical coil* terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 16 meter yaitu sebesar 1670,3 Watt, dan pada pipa kapiler dengan panjang 8 meter sebesar 1647.04 Watt.

Kata kunci: Alat Penukar Kalor, Pemanas Air, Pipa Kapiler

ABSTRACT

The air conditioning system is a state of the art household. The outdoor air conditioning can be used to heat the water with heat exchanger inside a water heater tube. The study will analyze the lengthy effect of capillary tubes in the heat exchanger helical coil on AC split 1 PK. The study will implement a lengthy variation of a pipe on a helical coil type of heat exchanger, and to determine the effectiveness of heat exchangers by using which length of the capillary pipes is more effective in heating water. A heat exchanger made from copper capillary pipes, on a heat exchanger with a pipe length of 8 meter, there will be 15 coil, and on a heat exchanger with a pipe length of 16 meter will be made 30 coils. The process of making a coil using a 15 cm diameter of can, by wrapping the pipe to form 15 coils and also 30 coils. Heat exchanger are placed vertically in a tank that has height of 31 cm with a water capacity of 60 liters. In this study variables to be tested and observed are the result of the heating temperature of water, the temperature of refrigerant exiting the compressor, and also the temperature of the refrigerant entering the condenser at 1 hour. Test result showed that a heat exchanger with a 16 meters capiler pipe and with 30 coil is more effective for heating water compared to a heat exchanger measuring a length of a capillary pipe 8 meters long with 15 coils. The end result of water temperature using heat exchanger with length of a capillary pipe 16 meters with 30 coils is 53.81°C, at AC temperature 18°C is 51°C, and at AC temperature 20°C is 46.81°C. Meanwhile the end temperature of water using a heat exchanger measuring a length of a capillary pipe 8 meters with 15 coil at AC temperature 18°C is 53.69°C, at AC temperature 18°C is 49.94°C, and at AC temperature 20°C is 49.06 °C. While the highest heat transfer absorbed by water from helical coil occurs in capillary pipes with length of 16 meters, that is equal to 1670.3 Watt, and in 8 meter length capillary pipes at 1647.04 Watt.

Keywords: Heat exchanger, water heater, pipe capillary

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 “Pengaruh panjang pipa kapiler terhadap efektivitas alat penukar kalor tipe *shell helical coil*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T , Sebagai dosen pembanding I 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 Sebagai dosen pembanding II 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 Alfansyuri Siregar ST, 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 keteknik mesin kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Misman dan Wahyuni, 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, Febry Andrean, Yogi Pranata, Ulil Amri, Fadli Umri Pratama, Dana Setiawan, Arifin Handrianto, 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 teknik Mesin.

Medan, 20 Februari 2020

Andri Kurniawan

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. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pemanas Air	4
2.1.1. Jenis-jenis Pemanas Air	5
2.1.1.1. <i>Electric Water Heater</i>	5
2.1.1.2. <i>Gas Water Heater</i>	5
2.1.1.3. <i>Heat Pump Water Heater</i>	5
2.1.2. Pemanasan Air Pada Alat Penukar Kalor	6
2.1.3. Prinsip Kerja <i>Air Conditioning Water Heater</i>	6
2.2. Pipa Kapiler	7
2.3. Alat penukar Kalor	8
2.3.1. Pengertian Alat Penukar Kalor	8
2.3.2. Macam-macam Alat Penukar Kalor	9
2.3.2.1. <i>Heat Exchanger Tipe Direct Transfer</i>	10
2.3.2.2. <i>Storage Tipe Heat Exchanger</i>	10
2.3.2.3. <i>Fluidized-Bed Heat Exchanger</i>	11
2.3.2.4. <i>Helical Coil Heat Exchanger</i>	23
2.4. Teori Dasar Perpindahan Panas	12
2.4.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	12
2.4.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	14
2.4.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi	15
2.5. <i>Road Map</i> Penelitian	15
BAB 3 METODOLOGI	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.1.1 Tempat	17
3.1.2 Waktu	17
3.2 Bahan dan Alat	17

3.2.1. Bahan	18
3.2.2. Alat	18
3.3 Diagram Alir Penelitian	25
3.3.1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian	26
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.4.1 Perancangan <i>Helical Coil</i>	26
3.4.2 Menentukan Material	27
3.5 Prosedur Pembuatan	27
3.5.1 Pembuatan <i>Helical Coil</i>	27
3.5.2 Proses Pengujian ACWH	28
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Prosedur Penelitian	29
4.1.1 Perancangan <i>Helical Coil</i>	29
4.1.2 Menentukan Material	31
4.2 Prosedur Pembuatan	32
4.2.1 Proses Pembuatan Helical Coil	32
4.2.2 Proses Pengujian ACWH	36
4.3 Seut Up Alat Uji ACWH <i>Helical Coil</i>	38
4.4 Hasil Pengujian	39
4.5.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Air Pada APK <i>Helical Coil</i>	39
4.5.2 Data Hasil Pengujian Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor Pada APK <i>Helical coil</i>	43
4.5.3 Data Hasil Pengujian Temperatur Refrigeran Masuk Kondensor Pada APK <i>Helical Coil</i>	47
4.5 Perhitungan dan Pengolahan Data	51
4.5.1 Perhitungan Temperatur Evaporator AC 16°C (pipa 8 meter)	51
4.5.2 Perhitungan Temperatur Evaporator AC 16°C (Pipa 16 meter)	58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konduktivitas Thermal Berbagai Bahan	14
Tabel 2.2	<i>Road Map</i> Penelitian ACWH	16
Tabel 3.1	Jadwal dan Kegiatan Penelitian	17
Tabel 4.1	Data Hasil Pengujian Temperatur Air	41
Tabel 4.2	Data Pengujian Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor	45
Tabel 4.3	Data Pengujian Temperatur Refrigeran Masuk Kondensor	49
Tabel 4.4	Properties Of Water	51
Tabel 4.5	Properties of water Refrigeran R22 (H_o)	53
Tabel 4.6	Properties of water Refrigeran R22 (H_i)	53
Tabel 4.7	Properties of water Refrigerant R22 (C_{freon})	54
Tabel 4.8	Properties of water Refrigerant R22 (ρ_{freon})	55
Tabel 4.9	Properties of water Refrigerant R22 (μ)	55
Tabel 4.10	Properties of water Refrigerant R22 (K)	56
Tabel 4.11	Properties Air	59
Tabel 4.12	Properties of water Refrigeran R22 (H_o)	60
Tabel 4.13	Properties of water Refrigeran R22 (H_i)	61
Tabel 4.14	Properties of water Refrigerant R22 (C_{freon})	61
Tabel 4.15	Properties of water Refrigerant R22 (ρ_{freon})	62
Tabel 4.16	Properties of water Refrigerant R22 (μ)	63
Tabel 4.17	Properties of water Refrigerant R22 (K)	64
Tabel 4.18	Hasil Perhitungan Panas Yang Diserap Air	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemanas Air	5
Gambar 2.2	<i>Gas Water Heater</i>	6
Gambar 2.3	<i>Heat Pump Water Heater</i>	6
Gambar 2.4	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	7
Gambar 2.5	Prinsip kerja AC Water Heater	7
Gambar 2.6	<i>Heat Exchanger Recuperator</i>	8
Gambar 2.7	<i>Regenerative Exchanger</i>	8
Gambar 2.8	<i>Fluidized-bed Heat Exchanger</i>	9
Gambar 2.9	<i>Helical Coil Heat Exchanger</i>	10
Gambar 3.1	Pipa Kapiler Tembaga	26
Gambar 3.2	Unit Indoor AC Split	26
Gambar 3.3	Unit Outdoor AC Split	27
Gambar 3.4	<i>Portable Gas</i>	29
Gambar 3.5	Kawat Las Kuningan	29
Gambar 3.6	<i>Pipe Cutter</i>	30
Gambar 3.7	<i>Flearing Tool</i>	31
Gambar 3.8	Meteran	31
Gambar 3.9	Sensor Suhu	32
Gambar 3.10	Kunci Pas	32
Gambar 3.11	Nepel	33
Gambar 3.12	Freon	33
Gambar 3.13	Kunci L	34
Gambar 3.14	<i>Manifold Gauge</i>	34
Gambar 3.15	Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 4.1	Laptop	40
Gambar 4.2	Aplikasi SolidWorks	40
Gambar 4.3	Pipa Kapiler Tembaga	41
Gambar 4.4	Rancangan Helical Coil Satu Tangki (10%)	41
Gambar 4.5	Rancangan Helical Coil Satu Tangki (50%)	42
Gambar 4.6	Rancangan Helical Coil Satu Tangki (100%)	42
Gambar 4.7	Pipa Kapiler Berbahan Tembaga	43
Gambar 4.8	Flaring Tool	44
Gambar 4.9	Pipa Kapiler Tembaga	44
Gambar 4.10	Proses Pembuatan <i>Helical Coil</i>	45
Gambar 4.11	Pemasangan <i>Helical Coil</i> Ke Tangki	45
Gambar 4.12	Penyambungan Jalur Refrigeran Ke <i>Helical Coil</i>	46
Gambar 4.13	Proses Pengisian Freon	47
Gambar 4.14	Proses Pengujian dan Pengambilan Data	47
Gambar 4.15	Bagian dan Komponen ACWH	48
Gambar 4.16	Sampel Data Temperatur Air pada Waktu Awal	50
Gambar 4.17	Sample Data Temperatur Air pada waktu 5 menit	51
Gambar 4.18	Sample Data Temperatur Air pada waktu 10 menit	51
Gambar 4.19	Sample Data Temperatur Air pada waktu 15 menit	51
Gambar 4.20	Perbandingan Pipa Kapiler Terhadap Temperatur Air	52
Gambar 4.21	Grafik Perbandingan temperature air terhadap waktu	53
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan temperature air terhadap waktu	54

Gambar 4.23	Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu mulai	54
Gambar 4.24	Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 5 menit	55
Gambar 4.25	Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 10 menit	55
Gambar 4.26	Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 15 menit	55
Gambar 4.27	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Keluaran Kompresor	56
Gambar 4.28	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Keluaran Kompresor	57
Gambar 4.29	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Keluaran Kompresor	57
Gambar 4.30	Data Temperatur masuk kondensor pada waktu mulai	58
Gambar 4.31	Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 5 menit	58
Gambar 4.32	Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 10 menit	58
Gambar 4.33	Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 15 menit	59
Gambar 4.34	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	60
Gambar 4.35	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	61
Gambar 4.36	Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor	62
Gambar 4.37	Grafik perbandingan Q dari <i>helical coil</i> Ke Air	87

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Laju Perpindahan Kalor	(Joule)
Q _{maks}	Laju perpindahan panas yang mungkin terjadi	(Joule)
Q _{aktual}	Laju perpindahan kalor aktual	(Joule)
K	Konduktivitas <i>Thermal</i>	(W/M.K)
$\frac{\partial T}{\partial x}$	Gradien Suhu kearah perpindahan panas	-
A	Luas penampang	(M ²)
h_c	koefisien Perpindahan Panas Konveksi	(W/m ² .K)
t_s	Suhu Permukaan	(°C)
t_f	Suhu Fluida	(°C)
σ	Konstanta Stefan Boltzman	(5,669 x10 ⁻⁸ W/m ² .K ⁴)
A	Luas Benda yang Memancarkan Radiasi	(M ²)
T	Suhu Mutlak	(Kelvin)
V	Volume Air	(Kg)
d_i	Diameter Dalam Pipa	(mm)
d_o	Diameter Luar Pipa	(mm)
L	Panjang Pipa	(meter)
T _{ai}	Temperatur Awal Air	(°C)
T _{ao}	Temperatur Akhir Air	(°C)
ΔT_{air}	Suhu Rata-rata Air	(°C)
T _{ci}	Temperatur Masuk Tangki	(°C)
T _{co}	Temperatur Keluar Tangki	(°C)
ΔT_{coil}	Temperatur Rata-rata Masuk Keluar Tangki	(°C)
Δt	Waktu Pemanasan	(Sekon)
W_c	Daya Kompresor	(W)
W	Energy	(Joule)
m_{air}	Massa Air	(Kg)
C_{air}	Panas Jenis Air	(^{kJ} /kg. °C)
h_o	Koefisien Perpindahan Panas Sisi Luar Pipa	(^W /m ² .°C)
Q _{coil}	Kapasitas Penukar Panas	(Watt)
\dot{m}	Laju Aliran Massa Freon	(Kg/s)
C_f	Panas Jenis Freon	(^{kJ} /kg. k)
H_o	Entalpy Keluar Tangki	(^{kJ} /kg)
H_i	Entalpy Masuk Tangki	(^{kJ} /kg)
v	Laju refrigerant	(m/s)
ρ	Rapat massa Freon	(^{kg} /m ³)

Simbol	Keterangan	Satuan
Re	Bilangan Reynold	
μ	Viskositas Freon	(Kg/m.s)
D	AlatPenukar Kalor	(Cm)
Nu	Bilangan Nusselt	
P	Bilangan Prandalt	
K_{freon}	Konduktivitas <i>Thermal Freon</i>	(w/m. °C)
h_i	Koefisien perpindahan sisi dalam pipa	(w/m. °C)
R_{th}	<i>Resistensi thermal</i>	(°C/w)
K	Konduktivitas thermal tembaga	(385 w/m. °C)
U	Koefisien perpindahan panas menyelurh	(w/m ² . °C)
Q	Laju perpindahan panas dari helical coil ke air	(Watt)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pengkondisian udara (*air conditioning/AC*) sudah menjadi perabot umum rumah tangga diperkotaan. Pengkondisian udara diperlukan karena Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan kondisi udara yang cenderung panas dan lembab, tidak nyaman untuk beraktivitas. Sistem refrigerasi itu sendiri secara singkat dapat diartikan dengan proses pengambilan kalor atau panas pada ruangan yang dikondisikan dan pelepasan kalor atau panas yang diserap pada ruangan ke lingkungan.

Pada siklus refrigerasi AC split terdapat 4 komponen utama, yaitu : evaporator, kompresor, kondensor, dan alat ekspansi. Komponen terakhir itu alat ekspansi bertujuan untuk menurunkan tekanan cairan refrigerant setelah keluar dari kondensor dan mengatur laju aliran refrigerant yang masuk ke evaporator.

Katup ekspansi berfungsi untuk mengontrol aliran refrigerant dari sisi kondensor bertekanan tinggi dari sistem evaporator bertekanan rendah. Jenis katup ekspansi ada beberapa, namun yang digunakan pada AC umumnya adalah pipa kapiler, pipa kapiler memiliki ukuran diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan pipa kondensor ataupun pipa evaporator, panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol laju bahan pendingin yang mengalir ke evaporator.

Pada sistem mesin pendingin terdapat energi panas yang terbuang cukup besar. Hal tersebut dapat dimanfaatkan menjadi pemanas air. Elemen pemanas air tersebut berupa *heat exchanger*. *Heat exchanger* tersebut tidak membutuhkan suplai daya tambahan, tetapi hanya ditambahkan saja pada sistem mesin pendingin tersebut. *Heat exchanger* tersebut secara skematik diletakkan diantara kompresor dan kondensor. *Heat exchanger* tersebut dialiri oleh refrigerant dalam kondisi *superheated* yang berasal dari keluaran kompresor sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pemanas melalui panas yang dipancarkan dari pipa-pipa kapiler pada *heat exchanger*.

Penelitian untuk memanfaatkan panas buangan dari AC untuk memanaskan air sudah pernah dibuat, (Daniel santoso,F,2013) melakukan penelitian tersebut menggunakan AC berdaya 1 PK dengan menggunakan APK dibuat dari pipa

tembaga untuk menyalurkan refrigerant keluar kompresor dengan panjang pipa 5 meter dan diameter 1 cm. (Binar Kusuma Bagja,2016) melakukan penelitian terhadap energy refrigerant keluar kompresor AC yang dimanfaatkan sebagai pemanas air dengan variasi volume air didalam taangki APK tersebut. (Nugroho Gama Yoga,2018) melakukan penelitian tentang pengaruh panjang dan diameter pipa kapiler terhadap kinerja AC, didapat bahwa semakin panjang pipa dan semakin kecil diameter pia kapiler akan mengakibatkan efek pendinginan yang lebih besar.

Pada penelitian ini akan menganalisa pengaruh panjang pipa kapiler pada alat penukar kalor tipe *shell helical coil* dalam unjuk kerjanya didalam memanaskan air pada AC split dengan daya 1 pk. Pipa kapiler yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa kapiler yang berdiameter 0,6 mm, dengan penambahan variasi panjang pipa sebanyak 2 variasi. Variasi yang pertama adalah dengan pajang pipa kapiler 8 meter dengan jumlah lilitan sebanyak 15 lilitan, dan variasi yang kedua menggunakan pipa kapiler dengan panjang 16 m dengan jumlah lilitan sebanyak 30 lilitan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh panjang pipa kapiler pada alat penukar panas tipe *shell helical coil* pada AC split dengan daya 1 pk.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menerapkan variasi panjang pipa kapiler pada alat penukar panas tipe *shell helical coil* pada AC split dengan daya 1 pk.
2. Bagaimana pengaruh efektivitas yang dihasilkan oleh variasi alat penukar panas pada ACWH.
3. Pengujian temperatur panas air yang dihasilkan dengan menggunakan variasi *helical coil* dengan pipa kapiler berdiameter 0,6 mm yang panjangnya 8 meter, dengan jumlah lilitan sebanyak 15 lilitan.
4. Pengujian temperature panas air yang dihasilkan dengan menggunakan variasi *helical coil* dengan pipa kapiler berdiameter 0,6 mm yang panjangnya 16 meter, dengan jumlah lilitan sebanyak 30 lilitan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui efektivitas hasil pemanasan air yang dihasilkan alat penukar kalor tipe *helical coil* pada ACWH.
2. Menganalisa perpindahan panas yang diserap air dari Alat Penukar Kalor *helical coil*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Merupakan salah satu bekal mahasiswa sebelum terjun ke dunia industri, sebagai modal persiapan untuk dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh.
2. Dapat menjadi bahan referensi bagi para peneliti lain yang ingin mendalami tentang ACWH (*Airconditioning water heater*).
3. Dapat bermanfaat bagi pengembangan dan ilmu pengetahuan tentang alat penukar panas dan khususnya bagi *water heater*.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemanas Air

Pembakaran bahan bakar (gas alam, batubara, minyak dan lain-lain) dan pemanas listrik biasanya digunakan sebagai sumber kalor pada sistem hidronik. Pemanas air yang menggunakan minyak, biasanya terbuat dari baja dengan pengaturan yang ketat. Dan satu cara untuk mengklasifikasi pemanas yaitu berdasarkan tekanan kerja (yang juga suhu air juga diperbolehkan). Kelompok tekanan yang terendah dapat memanaskan air kira-kira 100°C. (Stoecker,1992)

Efisiensi pemanas air dengan pembakaran didefinisikan sebagai laju energi yang diberikan kepada air dibagikan dengan laju masukan energi berdasarkan nilai bakar bawah dari bahan bakar yang digunakan. Nilai bakar bawah adalah suatu kalor pembakaran dengan anggapan bahwa air didalam gas asap keluar sebagai uap. Salah satu kerugian pemanas air adalah apa yang disebut *standby loss* , yang terjadi ketika pembakar dipadamkan namun udara disekitar peralatan terus mengalir melalui permukaan yang masih panas dan secara konveksi membawa kalor keluar melalui cerobong. Gambar dari pemanas air tipe pipa api dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1. *Water Tube Heat Exchanger* (Goelanz,2013)

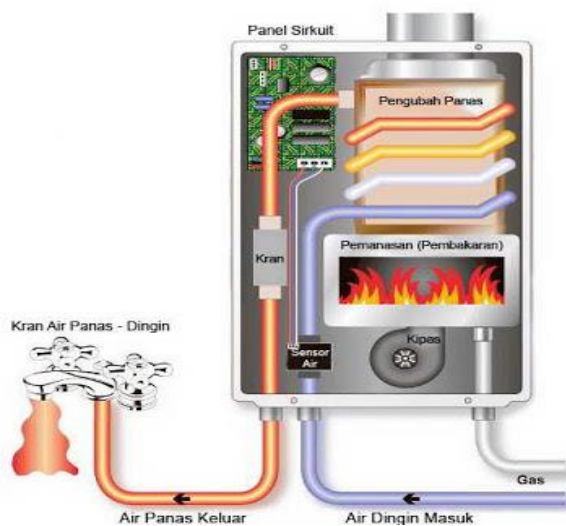
2.1.1 Jenis-jenis Pemanas Air

2.1.1.1 Electric Water Heater

Electric water heater yaitu alat pemanas air yang mengandalkan energi listrik. Elektrik water heater banyak dipakai di rumah tinggal sebagai sarana untuk mandi air hangat, hotel, apartemen, rumah sakit, villa dan lain-lain. (wong, 2007)

2.1.1.2 Gas Water Heater

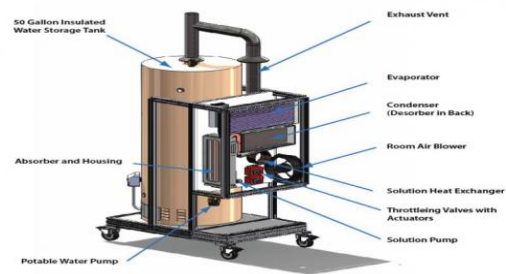
Gas water heater adalah pemanas air yang menggunakan gas (baik gas elpiji maupu gas alam) sebagai sumber energi untuk memanaskan air. Caranya dengan pembakaran seperti kompor gas. Pipa yang didalamnya mengalir air dingin langsung dipanaskan, sehingga air keluar langsung panas tanpa ditampung terlebih dahulu.



Gambar 2.2. Gas Water Heater (Anwar 2017)

2.1.1.3 Heat Pump Water Heater

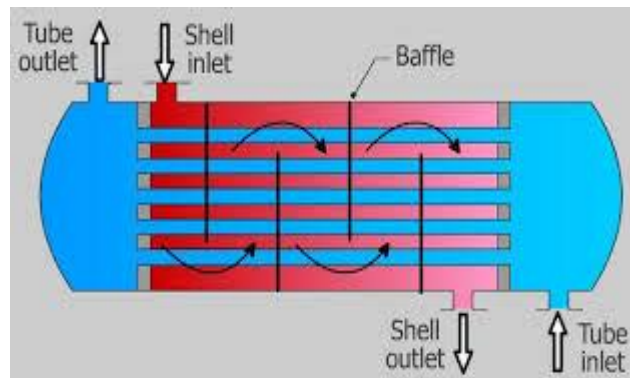
Heat pump water heater adalah pemanas air yang memanfaatkan kelembaban panas dari udara sekitar. Sistem kerja dari heat pump water heater adalah bekerja berdasarkan sistem kerja AC namun dibalik. Pada saat kompresor dihidupkan udara di sekitar masuk diserap melalui evaporator, energi didapat dari panas udara sekitar untuk menguapka refrigran tersebut. Refrigran dalam bentuk liquid selanjutnya diuapkan melalui evaporator, demikian siklus tersebut terus berulang. (Huang, 2003)



Gambar 2.3. Heat Pump Water Heater (Dewa, 2017)

2.1.2 Pemanasan Air Pada Alat Penukar Kalor

Pada siklus pemanas air, penukar panas pada tipe *shell and tube* ditempatkan diantara kompresor dan kondensor. Air yang berada dalam tangki penyimpanan kemudian disirkulasikan dalam alat penukar panas kemudian kembali lagi kedalam tangki penyimpanan. Panas buangan dari mesin refrigerasi dimanfaatkan untuk pemanasan air yang disirkulasikan menggunakan perangkat penukar panas tersebut.

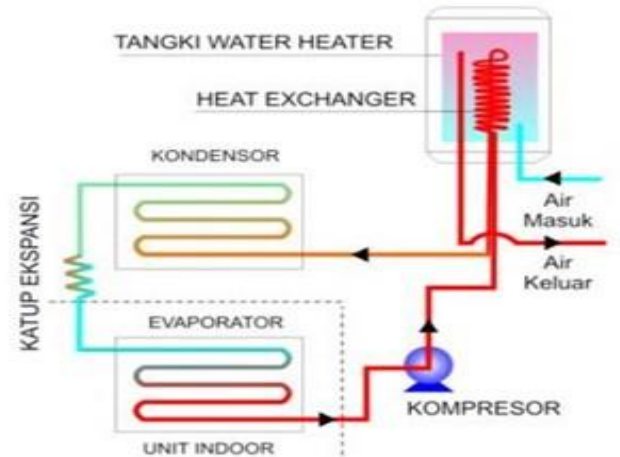


Gambar 2.4. *Shell and Tube Heat Exchanger* (Onny, 2017)

2.1.3 Prinsip Kerja Air Conditioning Water Heater

(Galuh Renggani Wilis,dkk,2017) Air conditioning water heater adalah pemanas air yang memanfaatkan suhu *freon* yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Pada Ac biasa, suhu tersebut akan diturunkan lagi (dibuang) oleh kondensor dengan cara ditiup dengan kipas. Sebelum masuk kondensor, aliran panas *freon* tersebut dibelokkan kedalam tangki yang berisi air dingin. Didalam tangki ada pipa spiral yang disebut *heat exchanger*. Sehingga terjadi kontak antara *freon* panas dan air dingin pada *heat exchanger*. Air yang semula dingin perlahan

memanas sesuai dengan suhu *freon*. Sebaliknya semula freon yang sangat panas akan sedikit menurun temperaturnya sebagai hasil kontak dengan air dingin tersebut. Gambar dari prinsip kerja ACWH dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.5. Prinsip Kerja *Ac Water Heater* (Stoecker,1992)

2.2 Pipa Kapiler

Pipa kapiler pada AC merupakan Katup ekspansi yang berfungsi untuk mengontrol aliran refrigerant dari sisi kondensor bertekanan tinggi dari system evaporator bertekanan rendah. Pipa kapiler memiliki ukuran diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan pipa kondensor ataupun pipa evaporator, panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol laju bahan pendingin yang mengalir ke evaporator. Pipa kapiler gunanya untuk :

- Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir didalamnya.
- Mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir didalamnya.
- Membangkitkan tekanan bahan pendingin di kpdnsor.

Sistem yang memakai pipa kapiler berbeda dengan yang memakai keran ekspansi atau keran pelampung. Pipa kapiler tidak dapat menahan atau menghentikan aliran bahan pendingin pada waktu kompresor sedang bekerja maupun pada saat kompresor sedang berhenti waktu kompresor dihentikan, refrigeran yang melalui pipa kapiler akan mulai menguap. Selanjutnya

berlangsung proses penguapan yang sesungguhnya di evaporator. Jika refrigerant mengandung uap air, maka uap air akan membeku dan menyumbat pipa kapiler. Agar kotoran tidak menyumbat pipa kapiler, maka pada saluran masuk pipa kapiler dipasang saringan yang disebut strainer. Ukuran diameter dan panjang pipa kapiler dibuat sedemikian rupa, sehingga refrigerant cair harus menguap pada akhir evaporator. Jumlah refrigerant yang berada didalam system juga menentukan sejauh mana refrigerant di evaporator berhenti menguap, sehingga pengisian refrigerant harus cukup agar dapat menguap sampai ujung evaporator. Bila pengisian kurang, maka akan terjadi pembekuan pada sebagian evaporator. Bila pengisian berlebih, maka ada kemungkinan refrigerant cair masuk ke kompresor, jadi system pipa kapiler mensyaratkan pengisian *Freon* yang benar. (Sibagariang, 2018)

2.3 Alat Penukar Kalor

2.3.1 Pengertian Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* adalah alat yang digunakan untuk menukar atau mengubah temperature fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan kalornya dengan fluida lain. Arti mempertukarkan disini adalah memberikan atau mengambil kalor. Pemahaman teknologi *heat exchanger* membutuhkan pengetahuan dalam bidang ilmu termodinamika, mekanika fluida, heat transfer, ilmu material dan ilmu proses produksi.

Peralatan penukar panas adalah suatu peralatan dimana terjadi pertukaran panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi ke fluida yang temperaturnya lebih rendah. Klasifikasi peralatan penukar panas didasarkan pada :

- a. Proses perpindahan panas
- b. Jumlah fluida yang mengalir
- c. Kompak tidaknya luas permukaan
- d. Mekanisme perpindahan panas
- e. Konstruksi
- f. Tipe plat
- g. Pengaturan aliran

Pada prinsipnya, energi dalam bentuk panas (biasa disebut kalor) akan berpindah dari suatu media bertemperatur tinggi ke media bertemperatur rendah

melalui berbagai bentuk mekanisme (Chandrasa Soekardi, Termodinamika Dasar Mesin Konvensi Energi, 2015).

Proses perpindahan panas tersebut dapat dilakukan secara langsung atau tidak. Maksudnya ialah:

- Alat penukar kalor yang langsung, ialah dimana fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana atau ruangan tertentu.
- Alat penukar kalor yang tidak langsung, ialah dimana fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panas nya itu mempunyai media perantara seperti, pipa, plat, dan peralatan jenis lainnya.

Efektivitas suatu *heat exchanger* didefinisikan sebagai perbandingan antara perpindahan panas yang diharapkan (nyata) dengan perpindahan panas maksimum yang mungkin terjadi dalam *heat exchanger* tersebut. (Incropera dan Dewitt, 1981). Persamaan efektivitas alat penukar kalor dirumuskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{Q_{aktual}}{Q_{maksimal}} \quad (2.1)$$

Dimana :

$$Q_{aktual} = \dot{m}_c \times c_c \times (T_{c,out} - T_{c,in}) = \dot{m}_h \times c_h \times (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (2.2)$$

$$Q_{maksimal} = C_{\min} \times (T_{h,in} - T_{c,in}) \quad (2.3)$$

Dimana C_{\min} adalah harga terkecil dari C_c atau C_h , sehingga :

$$C_{\min} = C_h = \dot{m} \times c_h, \text{ apabila } C_h < C_c \quad (2.4)$$

$$C_{\min} = C_c = \dot{m} \times c_c, \text{ apabila } C_c > C_h \quad (2.5)$$

Satu bagian dari alat penukar panas adalah permukaan kontak panas. Pada permukaan inilah terjadi perpindahan panas dari satu zat ke zat yang lain. Semakin luas bidang kontak total yang dimiliki alat penukar panas tersebut, maka akan semakin tinggi nilai efisiensi perpindahan panasnya. Komponen tersebut dinamakan sirip.

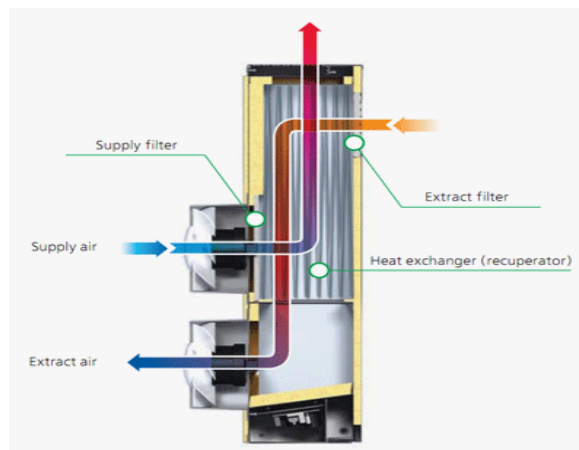
2.3.2. Macam-macam Alat Penukar Panas

Heat exchanger berdasarkan proses transfer panas nya dibedakan menjadi 3, yaitu:

1. *Heat exchanger tipe direct transfer*
2. *Storage type exchanger*
3. *Fluidized-bed heat exchanger*

2.3.2.1 *Heat Exchanger Tipe Direct Transfer*

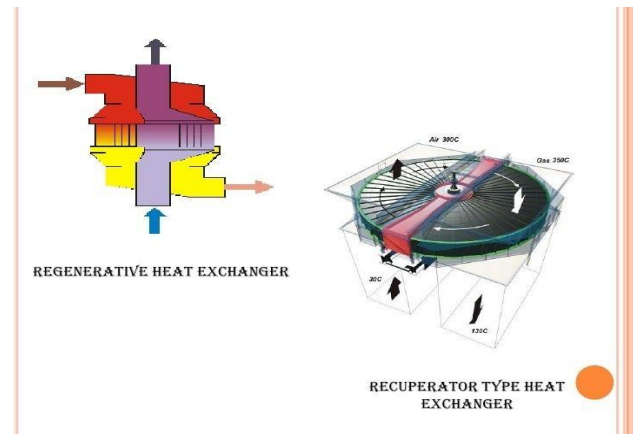
Pada *heat exchanger* tipe ini, fluida-fluida mengalir secara terus menerus dan saling bertukar panas dari fluida ke fluida yang lebih dingin dengan melewati dinding pemisah. Yang membedakan *heat exchanger* tipe ini dengan tipe kontak langsung lainnya adalah aliran kerja fluida-fluida yang terus menerus mengalir tanpa henti sama sekali. *Heat exchanger* tipe ini sering disebut juga dengan *heat exchanger recuperator*. Gambar dari *heat exchanger recuperator* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.6. *Heat exchanger recuperator* (Novembri, 2018)

2.3.2.2 *Storage Type Exchanger*

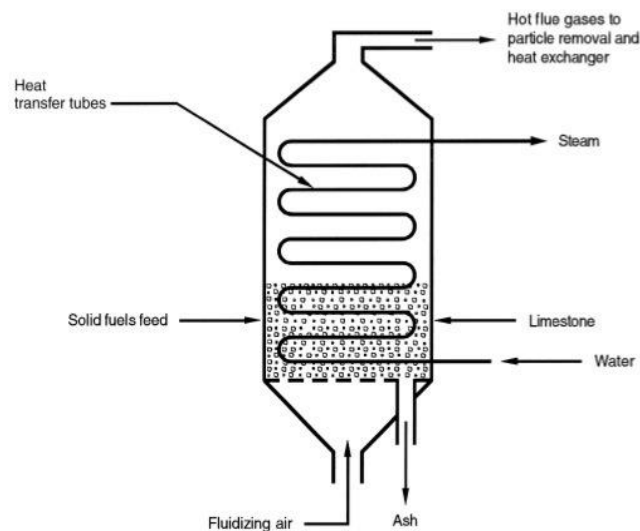
Heat exchanger tipe ini memindahkan panas dari fluida ke fluida dingin secara bertahap melalui dinding pemisah. Sehingga pada tipe ini, aliran fluida tidak secara terus menerus terjadi, ada proses penyimpanan sesaat sehingga proses panas lebih lama tersimpan di dinding-dinding pemisah antara fluida fluida tersebut. Tipe ini biasa disebut pula dengan *regenerative exchanger*.



Gambar 2.7. *Regenerative exchanger* (Abdul,2016)

2.3.2.3 *Fluidized-Bed Heat Exchanger*

Heat exchanger tipe ini menggunakan sebuah komponen solid yang berfungsi sebagai penyimpan panas yang berasal dari fluida panas yang melewatinya. Fluida panas yang melewati bagian ini akan sedikit terhalang alirannya sehingga kecepatan aliran fluida panas ini akan menurun, dan panas yang terkandung didalamnya dapat lebih efisien diserap oleh padatan tersebut. Selanjutnya fluida dingin mengalir melalui saluran pipa-pipa yang dialirkan melalui padatan penyimpan panas itu, dan secara bertahap panas yang terkandung didalamnya ditransfer ke fluida dingin.



Gambar 2.8. *Fluidized-bed heat exchanger* (Wong, 2013)

2.3.2.4 Helical Coil Heat Exchanger

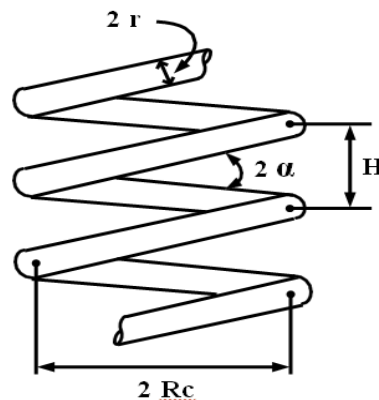
Penukar panas koil heliks adalah desain shell dan pipa kompak yang terdiri dari beberapa lapisan pipa kapiler melingkar dalam shell tertutup. *Helical coil* memiliki dimensi sebagai berikut:

H = Tinggi antara lilitan

$2r$ = Diameter pipa

$2R_c$ = Diameter *helical coil*

2α = Sudut helix (sudut antara proyeksi pada permukaan dan sudut pengukuran antara kumparan)



Gambar 2.9. *Helical Coil Heat Exchanger* (Ayare, 2017)

Cairan yang mengalir mengalami gaya sentrifugal karena bentuk tabung yang melengkung. Kecepatan aksial lokal dari partikel fluida dan jari-jari kelengkungan kumparan menentukan besarnya gaya sentrifugal yang dialami. Kecepatan partikel cairan yang mengalir di inti tabung lebih tinggi daripada yang mengalir di dekat dinding tabung. Dengan demikian, gaya sentrifugal yang lebih sedikit akan dialami oleh partikel fluida yang mengalir dekat ke dinding tabung daripada di inti tabung. Ini mendorong cairan dari daerah inti ke arah dinding luar (menjauh dari sumbu koil). Aliran ini bercabang dua di dinding dan mendorong cairan menuju dinding bagian dalam pada tabung terikat, menimbulkan generasi vortisitas berputar balik yang disebut sebagai aliran sekunder. Ini mengarah untuk menghasilkan transportasi ekstra cairan di atas penampang tabung.

Pengangkutan ekstra konvektif ini akan meningkatkan perpindahan panas dan oleh karena itu tekanan turun jika dibandingkan dengan tabung lurus. Telah ditemukan bahwa dampak kelengkungan kumparan adalah untuk menekan fluktuasi turbulen yang timbul dalam fluida yang mengalir dan menghaluskan munculnya turbulensi. Dengan demikian itu akan meningkatkan nilai bilangan Reynolds (Re) yang diperlukan untuk mencapai aliran turbulen penuh, dibandingkan dengan pipa lurus. Dampak dari penindasan fluktuasi turbulen meningkat ketika rasio kelengkungan kumparan meningkat. (Ayare, 2017)

2.4. Teori Dasar Perpindahan Panas

Panas adalah salah satu energi yang dapat dipindahkan dari satu tempat ketempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan sama sekali (hukum kekekalan energi). Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan. Pada umumnya perpindahan panas dapat terjadi dengan 3 cara, yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.4.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antar satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti dengan perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik. Molekul-molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan dengan molekul-molekul benda yang dalam keadaan dingin. Getaran-getaran yang cepat ini, tenaganya dilimpahkan kepada molekul disekelilingnya sehingga menyebabkan getaran yang lebih cepat sehingga akan memberikan panas. Panas dipindahkan sebagai energi kinetik dari suatu molekul ke molekul lainnya, tanpa molekul itu berpindah tempat. Daya hantar panas konduksi (k) tiap zat berbeda-beda. Rumus daya hantar tinggi disebut penghantar panas (konduktor panas) dan yang rendah adalah penyekat panas (isolator panas). (Holman JP,1994).

Jika suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi kebagian bersuhu rendah. Kita katakan bahwa

energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan bahwa laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal.

$$\frac{q}{A} = \frac{\partial}{\partial x} \quad (2.6)$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau ketetapan kesebandingan, maka :

$$q = -K.A \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.7)$$

dimana q ialah laju perpindahan kalor dan $\partial T/\partial x$ merupakan gradien suhu kearah perpindahan kalor. Konstanta positif k disebut *konduktivitas* atau *hantaran thermal* benda itu, sedangkan tanda minus (-) diselipkan agar memenuhi hukum termodinamika yang kedua, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala suhu.

Tabel 2.1. Konduktivitas termal berbagai bahan (W.f.Stoecker,1992)

Bahan	Suhu, °C	Rapat massa, kg/m ³	Daya hantar, w/m.K
Aluminium (murni)	20	2707	204
Tembaga (murni)	20	8954	385
Bata luar (face brick)	20	2000	1,32
Kaca jendela	20	2700	0,78
Air	21	997	0,604
Kayu	23	640	0,147
Udara	22	1,177	0,026

2.4.2. Perpindahan panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi yaitu perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Panas dipindahkan oleh molekul-molekul yang bergerak (mengalir). Oleh karena adanya dorongan bergerak. Disini kecepatan gerakan (aliran) memegang peranan sangat penting. Konveksi hanya terjadi pada fluida. Besarnya koefisien

perpindahan panas bergantung pada: jenis fluida dan keadaan alirannya (tekanan, temperatur, dan kecepatan alirannya) (Thermodinamika Dasar Mesin Konversi Energi, 2015).

Jika suatu plat dibiarkan berada diudara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar, maka udara itu akan bergerak sebagai akibat terjadinya gradien densitas di dekat plat. Peristiwa ini dinamakan konveksi alamiah atau konveksi bebas, untuk membedakannya dengan konveksi paksa yaitu apabila pada plat udara dihembuskan diatas plat itu dengan kipas.

Persamaan laju perpindahan kalor secara konveksi telah diajukan newton pada tahun 1701, bersak dari gejala fisika, yaitu:

$$Q = h_c \times A \times (t_s - t_f) \quad (2.8)$$

2.4.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Yaitu perpindahan panas tanpa melalui media. Suatu energi dapat dipindahkan dari satu tempat ketempat lainnya (dari benda panas ke benda dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain. Radiasi yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya dinamakan radiasi termal. (J.P.Holman, 1988).

Pembahasan thermodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan, jadi :

$$Q_{Pancaran} = \sigma \times A \times T^4 \quad (2.9)$$

Dimana σ ialah konstanta proporsional dan disebut konstanta stefan boltzman dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$. Persamaan diatas disebut hukum stefan boltzman tentang radiasi thermal, dan berlaku hanya untuk benda hitam. Perlu dicatat bahwa persamaan diatas hanya berlaku untuk radiasi thermal saja, radiasi elektromagnetik lain tidaklah sesederhana itu.

2.5 Road Map Penelitian

Tabel 2.2 *Road Map* Penelitian ACWH di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Nama	NPM	Judul Penelitian
1	Setiawan Hadi	1507230197	Rancang Bangun ACWH (<i>Air Conditioner Water Heater</i>) Dengan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell and Helical Coil</i>
2	Arifin Handrianto	1507230156	Analisa <i>Performance Air Conditioner</i> (AC) Dengan Penambahan APK <i>Shell Helical Coil</i>
3	Andri Kurniawan	1507230193	Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat Penukar Kaor Tipe <i>Shell Helical Coil</i>
4	Ulil Amri	1507230164	Upaya Peningkatan <i>Performance</i> ACWH Dengan Penambahan Sirip Pada APK <i>Shell Helical Coil</i>
5	Yogi Pranata	1507230218	Peningkatan Kerja ACWH Dengan Memanfaatkan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Tembaga Sebagai Penukar Kalor
6	Fadli Umri Pratama	1507230224	Pengaruh Diameter <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Alumunium Terhadap Kinerja ACWH
7	Febry Andrian	1507230159	Penerapan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor pada ACWH
8	Dana Setiawan	1507230178	Analisis Unjuk Kerja (COP)Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar kalor Tipe <i>Shell Helical Coil</i> Bersirip Sebagai Pemanas Air
9	Aldi Trisna Irawan	1607230062	Analisa Numerik 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 pengujian pengaruh panjang pipa kapiler terhadap efektivitas alat penukar kalor tipe *shell helical coil* ini adalah di Laboratorium Prestasi Mesin, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Pengerjaan ACWH dengan alat penukar kalor tipe *shell and helical coil* ini membutuhkan waktu 7 bulan

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

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

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa kapiler yang terbuat dari tembaga.



Gambar 3.1 Pipa Kapiler

Merk :NSC
Diameter Dalam :5,53 mm
Diameter Luar :6,35 mm
Panjang :8 m dan 16 m

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Unit Indoor AC Split :



Gambar 3.2 Unit Indoor AC Split

Kapasitas AC : 1 PK

Input Daya : 880 W

3.2.2.1 Unit Outdoor AC Split

Unit outdoor AC yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3. Unit Outdoor AC Split

Arus kompresor : 16,5 A

Tegangan : 220 V

Daya : 1-fase a.c

3.2.2.2 *Portable Gas*

Portable gas berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dalam rangkaian ACWH. *Portable gas* bias dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.4. *Portable Gas*

3.2.2.3 Kawat Las Kuningan

Kawat las kuningan digunakan untuk bahan tambah sebagai bahan pengelasan tembaga dengan tembaga. Kawat las kuningan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.5 Kawat Las Kuningan

3.2.2.4 *Pipe Cutter* (Pemotong Pipa)

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



Gambar 3.6 *Pipe Cutter*

3.2.2.5 *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 dibawah ini :



Gambar 3.7 *Flaring Tool*

3.2.2.6 Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur panjang besi siku atau mengukur pipa tembaga yang diinginkan untuk dipotong sesuai ukuran. Gambar dari meteran dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.8 Meteran

Lebar :25 mm

Panjang Max :7,5 m

3.2.2.7 Sensor Suhu

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



Gambar 3.9 Sensor Suhu

Tipe :DS18B20

Suhu maximal :135°C

Suhu minimal :-35°C

3.2.2.8 Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk mengencangkan dan mengunci baut pada sambungan pipa kapiler pada *helical coil*. Gambar dari kunci pas dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.10 Kunci Pas

3.2.2.9 Nepel

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



Gambar 3.11 Nepel

3.2.2.10 Freon

Freon berfungsi sebagai bahan pendingin sekaligus pemanas yang dialirkan melalui alat penukar panas *helical coil*. Gambar dari Freon dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.12 Freon (R22)

Tipe :Refrigeran R-22

3.2.2.11 Kunci L

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



Gambar 3.13 Kunci L

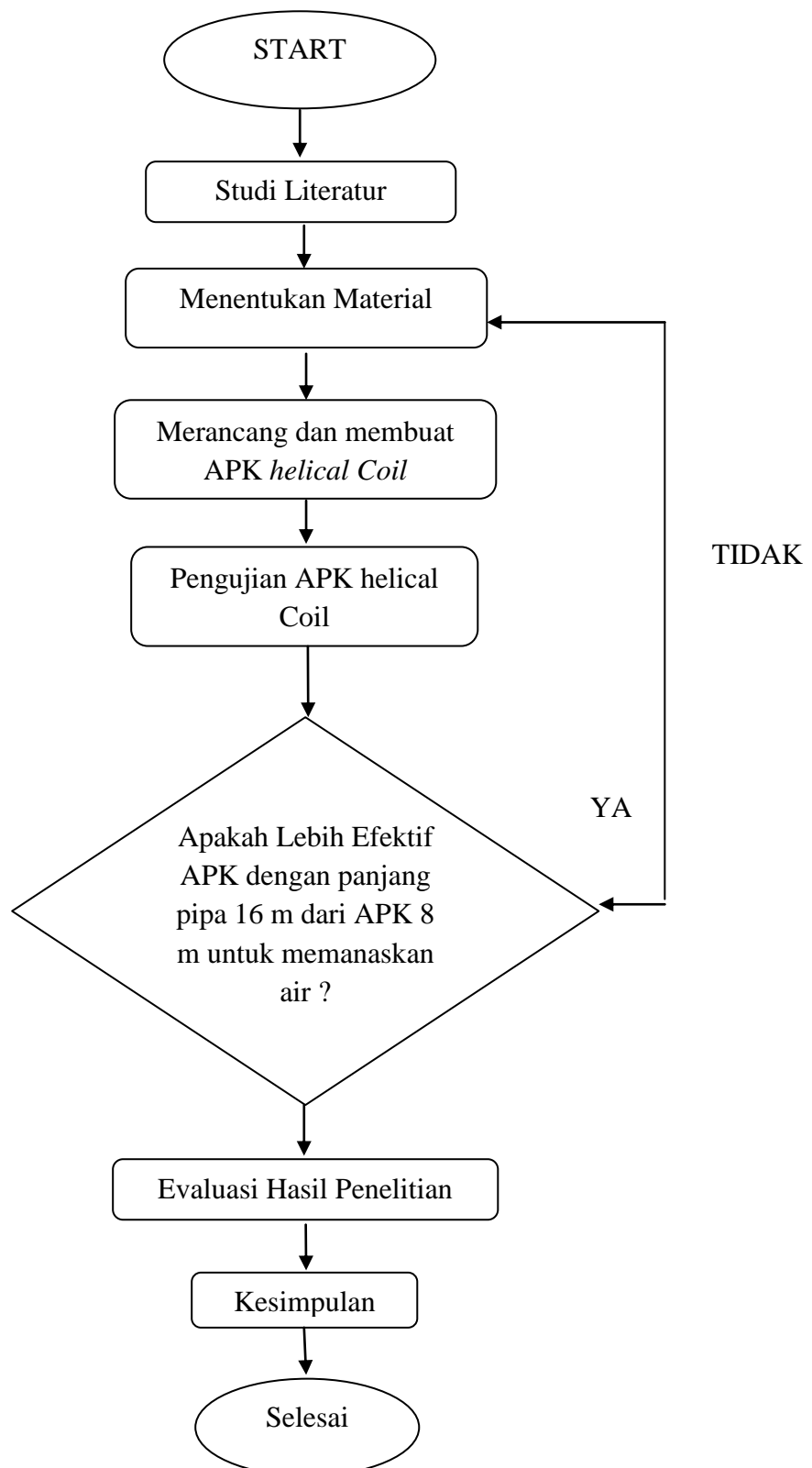
3.2.2.12. Manifold Gauge

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 dibawah ini :



Gambar 3.14 Manifold Gauge

3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.15 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir Penelitian

- 1 Study Literature, merupakan bagian sangat penting dari sebuah proposal atau laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literature dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan-pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
- 2 Perancangan adalah penggambaran, 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 system.
- 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 adalah proses pembuatan mesin dari perancangan yang telah dibuat.
- 5 Pengujian tingkat keefektivitasan Alat Penukar kalor *helical coil* dengan panjang pipa kapiler 8 m dan dengan panjang pipa kapiler 16 m.
- 6 Evaluasi hasil dari penelitian adalah untuk menghitung kalor yang dihantarkan *helical coil* ke air (kalor yang diserap oleh air).
- 7 Kesimpulan adalah data-data perbandingan yang didapat dari hasil pengujian APK *helical coil*.

3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

3.4.1. Perancangan *Helical Coil*

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

- Menyediakan laptop.
- Membuka software solidwork 2014 pada laptop.
- Material yang digunakan untuk membuat *helical coil* yaitu pipa kapiler berbahan tembaga.

- Kemudian merancang helical coil sesuai dengan ukuran yang digunakan pada perancangan *helical coil* dengan jumlah 15 dan 30 lilitan yaitu : Diameter dalam pipa kapiler 0,553 cm, Diameter luar 0,635 cm, Panjang pipa kapiler 16 meter dan 8 meter, Diameter *helical coil* 150 mm, Tinggi helical coil 600 mm..
- Selesai.

3.4.2. Menentukan Material

Material yang digunakan untuk membuat alat penukar kalor tipe *helical coil* adalah bahan tembaga dengan ukuran diameter dalam 0.553 mm dan diameter luar 0.635 mm dengan panjang 8 meter dan juga 16 meter. Pemilihan tembaga didasari karena bersifat elastis, sehingga mudah dibentuk dan juga tahan dengan korosi dan juga tidak melepaskan gas beracun jika terjadi kebakaran, karena sifatnya tahan api. Berikut beberapa keunggulan dari pipa berbahan tembaga :

- Kuat, sehingga tahan tekanan, getaran dan vakum
- Tahan bocor
- Tahan karat
- Mudah ditekuk
- Mudah diganti dan diperbaiki jika ada kerusakan

3.5 Prosedur Pembuatan

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu membuat alat penukar kalor *helical coil* dan juga pengujian mesin ACWH, langkah-langkahnya sebagai berikut :

3.5.1. Pembuatan *Helical Coil*

Langkah-langkah pembuatan helical coil yaitu sebagai berikut :

- Menyiapkan peralatan seperti pipe cutter, dan flaring tool.
- Material yang digunakan yaitu pipa kapiler berbahan tembaga.
- Kemudian bentuk pipa kapiler dengan menggunakan kaleng yang telah diisi pasir sampai membentuk coil sebanyak 15 lilitan dan juga 30 lilitan .

- Kemudian memasang helical coil kedalam tangki.
- Setelah itu menyambung pipa kapiler helical coil untuk jalur refrigerant masuk kondensor dan keluar kompresor ke kondensor dengan menggunakan nepel.
- Selesai.

3.5.2 Proses Pengujian ACWH

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. Pengisian Freon, yaitu proses pengisian Freon yang berfungsi sebagai fluida untuk beban pendinginan pada AC, dan juga karena temperature panasnya tinggi, maka panasnya dialirkan melalui pipa kapiler ke helical coil.
2. Proses Pengambilan data, Pada proses ini melakukan proses pengujian untuk pengumpulan dan pengambilan data dari mesin ACWH untuk penelitian masing-masing.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

4.1.1 Perancangan *Helical Coil* (Menggunakan Pipa Sepanjang 8 m dan 16 m)

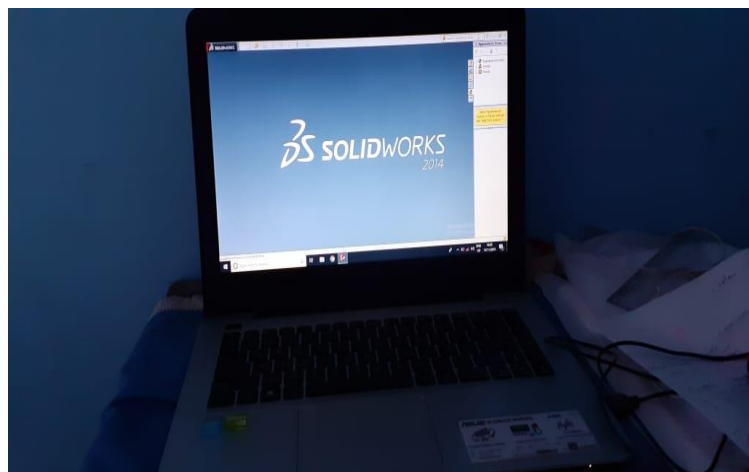
Langkah-langkah merancang alat penukar panas *helical coil* adalah sebagai berikut :

- Menyediakan laptop.



Gambar 4.1. Laptop

- Membuka software solidwork 2014 pada laptop.



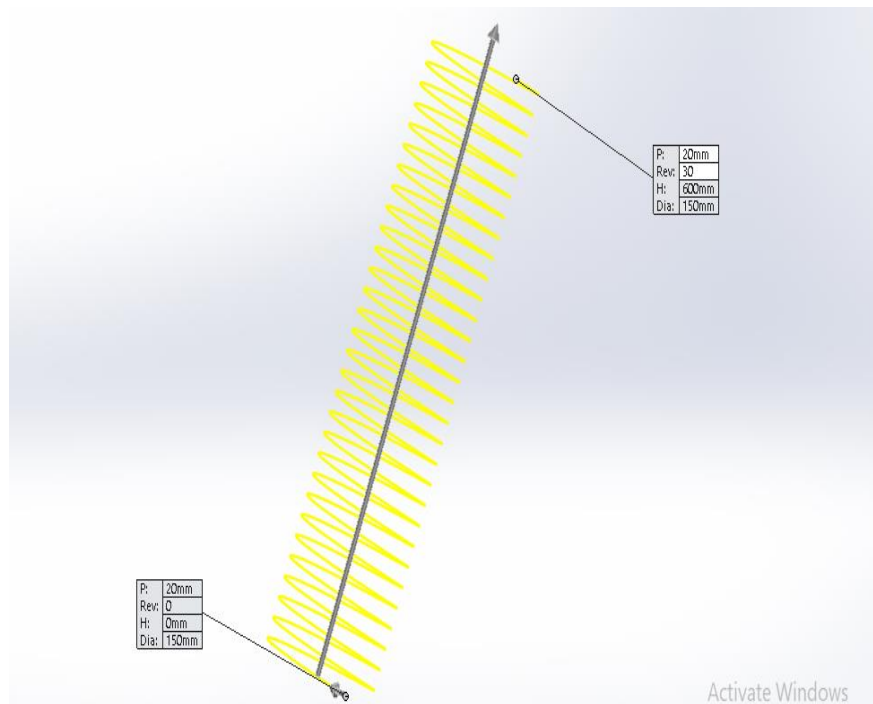
Gambar 4.2 Software Solidork 2014

- Material yang digunakan untuk membuat helical coil yaitu pipa kapiler berbahan tembaga.

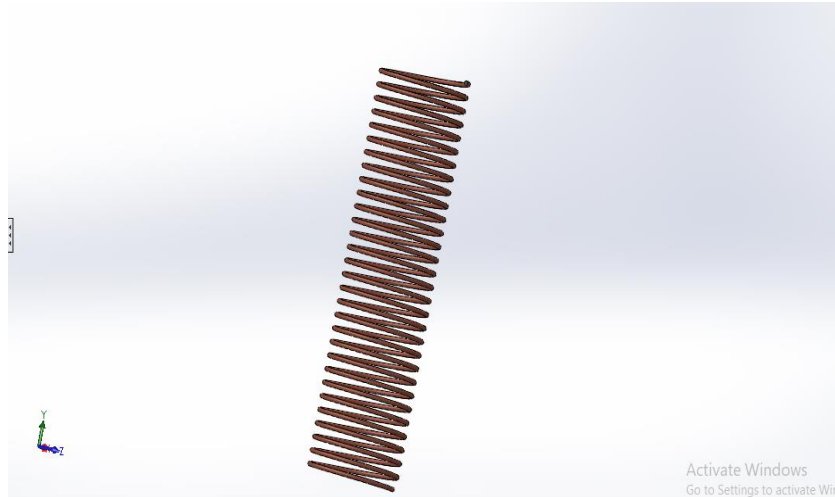


Gambar 4.3 Pipa Kapiler Tembaga

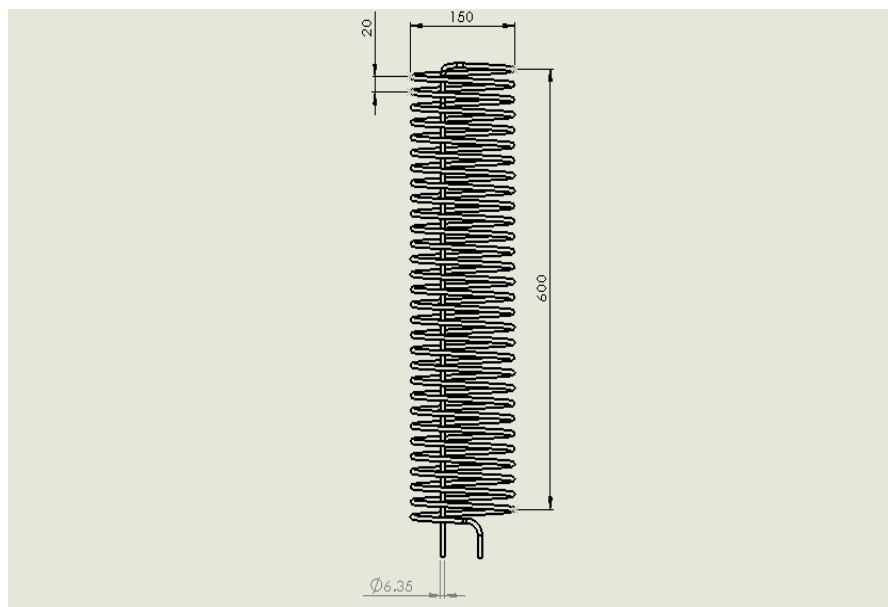
- Kemudian merancang helical coil sesuai dengan ukuran yang digunakan pada perancangan *helical coil* dengan jumlah 15 dan 30 lilitan yaitu : Diameter dalam pipa kapiler 0,553 cm, Diameter luar 0,635 cm, Panjang pipa kapiler 16 m, Diameter helical coi 150 mm, Tinggi helical coil 600 mm..



Gambar 4.4 Rancangan *Helical coil* Kapasitas Satu Tangki (10%)



Gambar 4.5 Rancangan *Helical coil* Satu Tangki (50%)



Gambar.4.6 Rancangan *Helical coil* Satu Tangki (100%)

- Selesai.

4.1.2. Menentukan Mterial

Material yang digunakan untuk membuat alat penukar kalor tipe *helical coil* adalah bahan tembaga dengan ukuran diameter dalam 0.553 mm dan diameter luar 0.635 mm dengan panjang 8 m dan juga 16 m. Pemilihan tembaga didasari karena bersifat elastis, sehingga mudah dibentuk dan juga tahan dengan korosi dan juga tidak melepaskan gas beracun jika terjadi kebakaran, karena sifatnya tahan api. Berikut beberapa keunggulan dari pipa berbahan tembaga :

- Kuat, sehingga tahan tekanan, getaran dan vakum
- Tahan bocor
- Tahan karat
- Mudah ditekuk
- Mudah diperbaiki jika ada kerusakan
- Tahan api, sehingga tidak akan terjadi kebakaran



Gambar 4.7 Pipa kapiler Berbahan Tembaga

4.2. Prosedur Pembuatan

Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu membuat alat penukar kalor helical coil dan lain-lain, langkah-langkahnya sebagai berikut :

4.2.1. Proses Pembuatan *Helical Coil*

Langkah-langkah pembuatan helical coil satu tangki yaitu sebagai berikut :

- Menyiapkan peralatan seperti pipe cutter, dan flaring tool.



Gambar 4.8 Flaring tool

- Material yang digunakan yaitu pipa kapiler berbahan tembaga.



Gambar 4.9 Pipa Kapiler Tembaga

- Kemudian bentuk pipa kapiler dengan menggunakan kaleng yang diisi pasir sampai membentuk coil sebanyak 15 lilitan dan juga 30 lilitan.



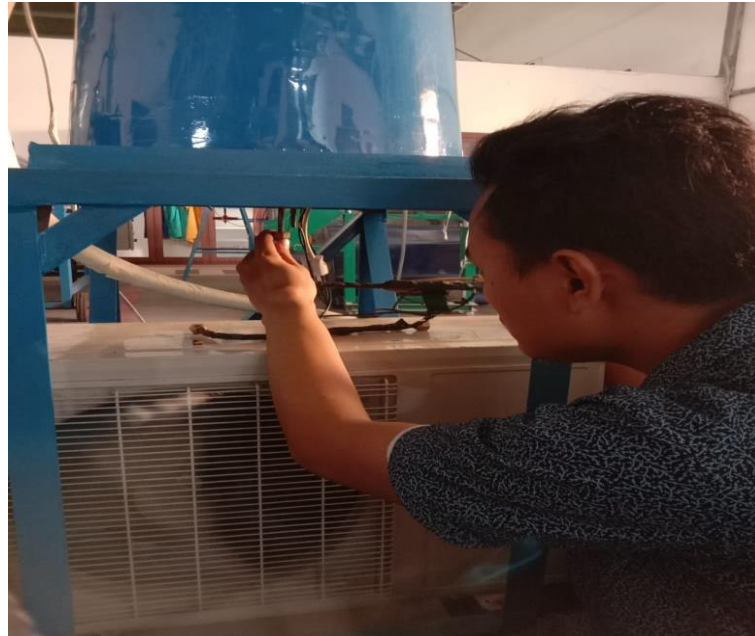
Gambar 4.10 Poses pembuatan *helical coil*

- Kemudian memasang *helical coil* kedalam tangki.



Gambar 4.11 Pemasangan *Helical Coil* Kedalam Tangki

- Setelah itu menyambung pipa kapiler helical coil untuk jalur refrigerant masuk kondensor dan keluar kompresor ke outdoor AC (kondensor) dengan menggunakan nepel.



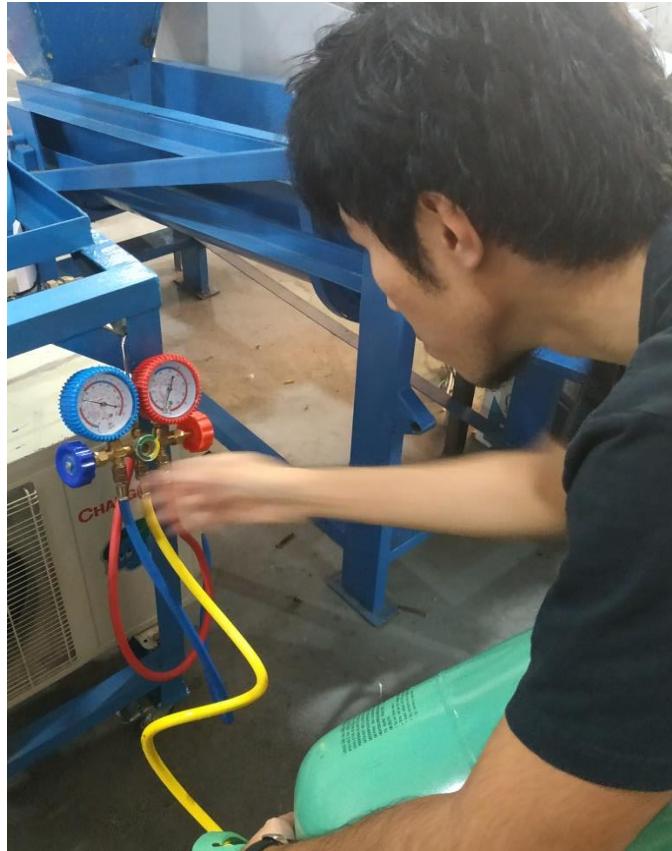
Gambar 4.12 Penyambungan jalur refrigerant ke *Helical Coil*

- Selesai.

4.2.2 Proses Pengujian ACWH

Sebelum melakukan penelitian 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 harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian. Prosedur pengujian ACWH meliputi :

- Pengisian Freon, yaitu proses pengisian Freon yang berfungsi sebagai fluida untuk beban pendinginan pada AC, dan juga karena temperature panasnya tinggi, maka panasnya dialirkan melalui pipa kapiler ke helical coil.



Gambar 4.13 Proses Pengisian Freon

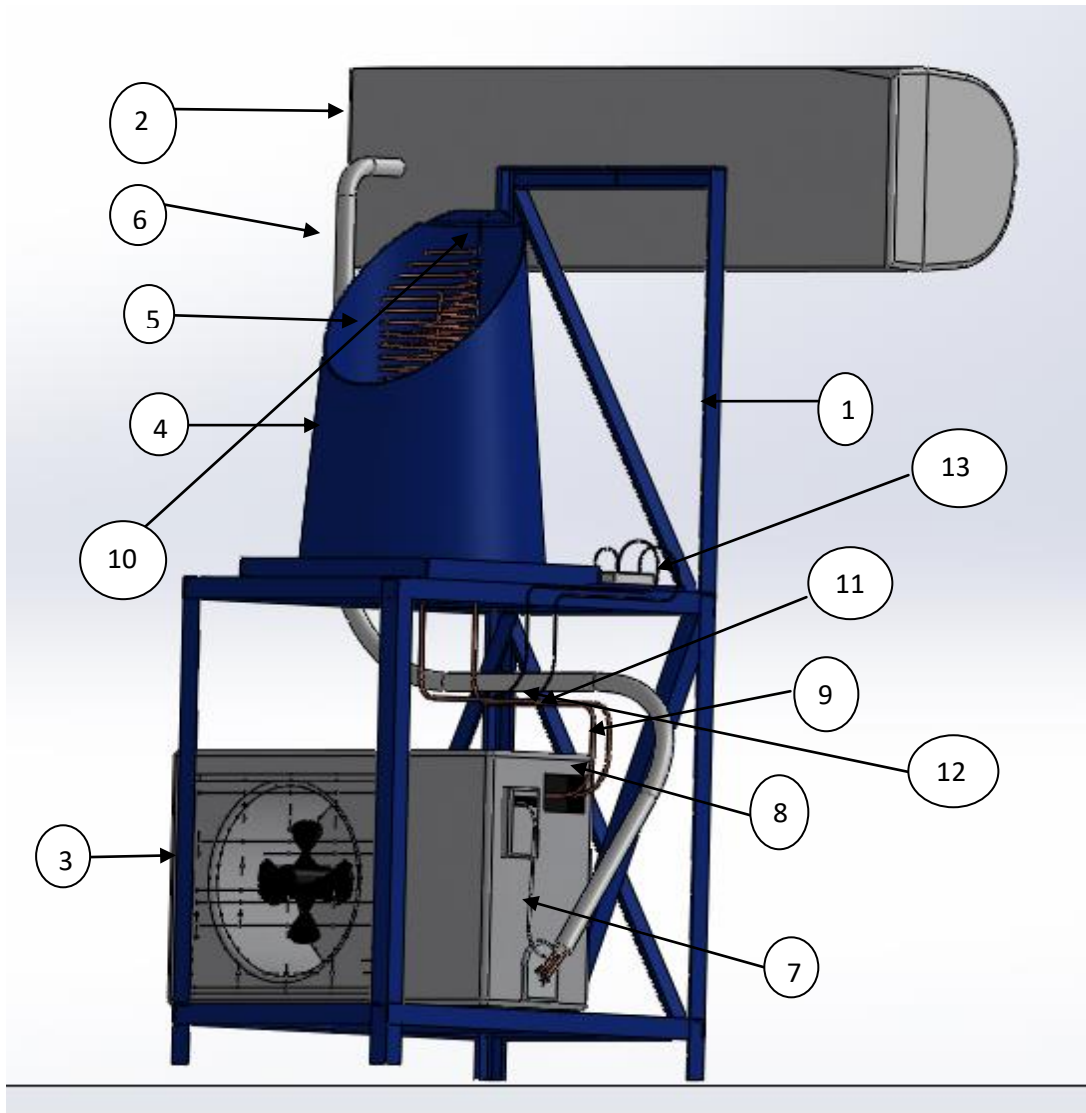
- Proses Pengambilan data, Pada proses ini melakukan proses pengujian untuk pengumpulan dan pengambilan data dari mesin ACWH untuk penelitian masing-masing. Pengumpulan data dan pengambilan data meliputi data temperature air, temperature refrigerant masuk kondensor, temperature keluaran kompresor, tekanan pada temperature evaporator AC 16 °C, 18°C, 20°C. Pengambilan data dilakukan selama 60 menit dimulai dari suhu air bertemperatur 29°C, sampai dengan temperature air yang diinginkan yaitu 44°C, dan sampai temperature akhir pemanasan air selama 1 jam.



Gambar 4.14 Proses Pengujian dan Pengambilan Data

4.3 Set Up Alat Uji ACWH *Helical Coil* Kpasitas Satu Tangki

Bagian-bagian dan komponen dari ACWH dengan penambahan helical coil penuh (kapasitas satu tangki) yang telah dirancang dan disusun dapat dilihat pada gambar 4.15 dibawah ini :



Gambar 4.15. Bagian dan komponen ACWH (helical coil penuh)

Keterangan :

1. Rangka
2. Unit indoor AC
3. Unit outdoor AC
4. Tangki
5. *APK Helical Coil*
6. Pipa freon
7. Kabel koneksi unit indoor dan outdoor AC
8. Pipa keluaran kompresor

9. Pipa masuk kondensor
10. Sensor suhu air
11. Sensor suhu keluaran kompresor
12. Sensor suhu masuk kondensor
13. Bread board

4.4. Hasil Pengujian

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

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

4.4.1. Data Hasil Pengujian Tempertur Air Pada *Helical Coil* Penuh Dan Setengah

Pada pelaksanaan pengujian, menggunakan arduino uno, didapat temperatur air yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

	A	B	C	D
143	10:21:54	29.44	45.69	32.25
144	10:21:56	29.60	46	32.44
145	10:21:57	29.66	46.31	32.44
146	10:21:59	29.66	46.56	32.5
147	10:22:00	29.75	46.81	32.56
148	10:22:02	29.75	47.13	32.63
149	10:22:03	29.62	47.31	32.75
150	10:22:05	29.81	47.56	32.69
151	10:22:07	29.89	47.81	32.88
152	10:22:08	29.69	48.06	32.75
153	10:22:10	29.75	48.26	32.81
154	10:22:11	29.81	48.44	32.81
155	10:22:13	29.87	48.63	32.81
156	10:22:14	29.94	48.81	32.88
157	10:22:16	29.94	49	32.88
158	10:22:17	29.87	49.25	33
159	10:22:19	29.87	49.44	32.88
160	10:22:21	29.94	49.56	33
161	10:22:22	29.94	49.75	33
162	10:22:24	29.87	49.88	32.94
163	10:22:25	30.00	50.06	33
164	10:22:27	30.06	50.19	32.94
165	10:22:28	30.19	50.38	32.94
166	10:22:30	30.19	50.56	33.13
167	10:22:31	30.12	50.69	33.19
168	10:22:33	-127.00	50.81	33.25
169	10:22:35	30.25	51	33.13
170	10:22:36	30.06	51.13	33.31
171	10:22:38	30.25	51.31	33.31
172	10:22:39	30.25	51.38	33.44

Gambar 4.16 Sample data temperature air pada waktu awal

	A	B	C	D	E
280	10:25:28	31.44	61.31	35.31	
281	10:25:29	31.44	61.38	35.25	
282	10:25:31	31.44	61.5	35.31	
283	10:25:32	31.50	61.63	35.25	
284	10:25:34	31.56	61.69	35.31	
285	10:25:35	31.56	61.75	35.38	
286	10:25:37	31.56	61.88	35.38	
287	10:25:39	31.62	61.94	35.38	
288	10:25:40	31.62	62	35.31	
289	10:25:42	31.56	62.13	35.44	
290	10:25:43	31.50	62.19	35.44	
291	10:25:45	31.56	62.31	35.38	
292	10:25:46	31.62	62.38	35.5	
293	10:25:48	31.56	62.44	35.5	
294	10:25:49	31.62	62.56	35.44	
295	10:25:51	31.62	62.63	35.5	
296	10:25:53	31.56	62.75	35.5	
297	10:25:54	31.62	62.81	35.5	
298	10:25:56	31.56	62.88	35.5	
299	10:25:57	31.62	63	35.5	
300	10:25:59	31.62	63.06	35.56	
301	10:26:00	31.75	63.13	35.56	
302	10:26:02	31.62	63.25	35.56	
303	10:26:03	31.62	63.31	35.63	
304	10:26:05	31.62	63.44	35.56	
305	10:26:07	31.69	63.5	35.63	
306	10:26:08	31.69	63.56	35.69	
307	10:26:10	31.62	63.63	35.63	
308	10:26:11	31.69	63.75	35.75	
309	10:26:13	31.69	63.81	35.63	

Gambar 4.17. Sample Data Temperatur Air pada waktu 5 menit selanjutnya

	A	B	C	D	E
470	10:30:25	33.69	76.25	37.88	
471	10:30:26	33.69	76.31	37.94	
472	10:30:28	33.75	76.37	37.94	
473	10:30:29	33.69	76.44	37.94	
474	10:30:31	33.81	76.5	37.94	
475	10:30:32	33.94	76.56	37.94	
476	10:30:34	33.75	76.62	37.94	
477	10:30:36	33.88	76.69	38	
478	10:30:37	33.88	76.75	38	
479	10:30:39	33.94	76.87	37.94	
480	10:30:40	33.94	76.94	37.94	
481	10:30:42	34.00	77	37.94	
482	10:30:43	34.00	77.06	37.94	
483	10:30:45	33.94	77.12	38	
484	10:30:47	34.00	77.19	38.06	
485	10:30:48	33.94	77.25	38	
486	10:30:50	34.00	77.31	38.13	
487	10:30:51	34.00	77.37	38.06	
488	10:30:53	34.13	77.44	38.06	
489	10:30:54	33.94	77.5	38	
490	10:30:56	33.94	77.56	38.19	
491	10:30:57	34.06	77.62	-48.69	
492	10:30:59	34.06	77.69	-48.69	
493	10:31:01	34.06	77.69	-48.56	
494	10:31:02	34.06	77.75	38.13	
495	10:31:04	34.06	77.87	38.13	
496	10:31:05	34.13	77.94	38.19	
497	10:31:07	34.00	78	38.19	
498	10:31:08	34.00	78.06	38.25	
499	10:31:10	34.06	78.12	38.19	

Gambar 4.18 Sample Data Temperatur Air pada waktu 10 menit selanjutnya

	A	B	C	D	E
655	10:35:15	36.13	86.19	40.25	
656	10:35:16	36.13	86.19	40.25	
657	10:35:18	36.13	86.25	40.25	
658	10:35:19	36.00	86.31	40.31	
659	10:35:21	36.13	86.31	40.25	
660	10:35:23	36.19	86.37	40.38	
661	10:35:24	36.13	86.44	40.31	
662	10:35:26	36.06	86.5	40.38	
663	10:35:27	36.19	86.5	40.38	
664	10:35:29	36.19	86.56	40.31	
665	10:35:30	36.13	86.62	40.44	
666	10:35:32	36.13	86.62	40.38	
667	10:35:34	36.19	86.69	40.44	
668	10:35:35	36.13	86.69	40.5	
669	10:35:37	36.19	86.75	40.38	
670	10:35:38	36.19	86.75	40.38	
671	10:35:40	36.19	86.81	40.44	
672	10:35:41	36.31	86.87	40.44	
673	10:35:43	36.25	86.94	40.44	
674	10:35:45	36.19	86.94	40.44	
675	10:35:46	36.19	86.94	40.44	
676	10:35:48	36.25	87	40.5	
677	10:35:49	36.31	87.06	40.5	
678	10:35:51	36.38	87.06	40.5	
679	10:35:52	36.38	87.12	40.5	
680	10:35:54	36.31	87.12	40.5	
681	10:35:56	36.38	87.19	40.5	
682	10:35:57	36.44	87.25	40.63	
683	10:35:59	36.50	87.25	40.63	
684	10:36:00	36.44	87.31	40.56	

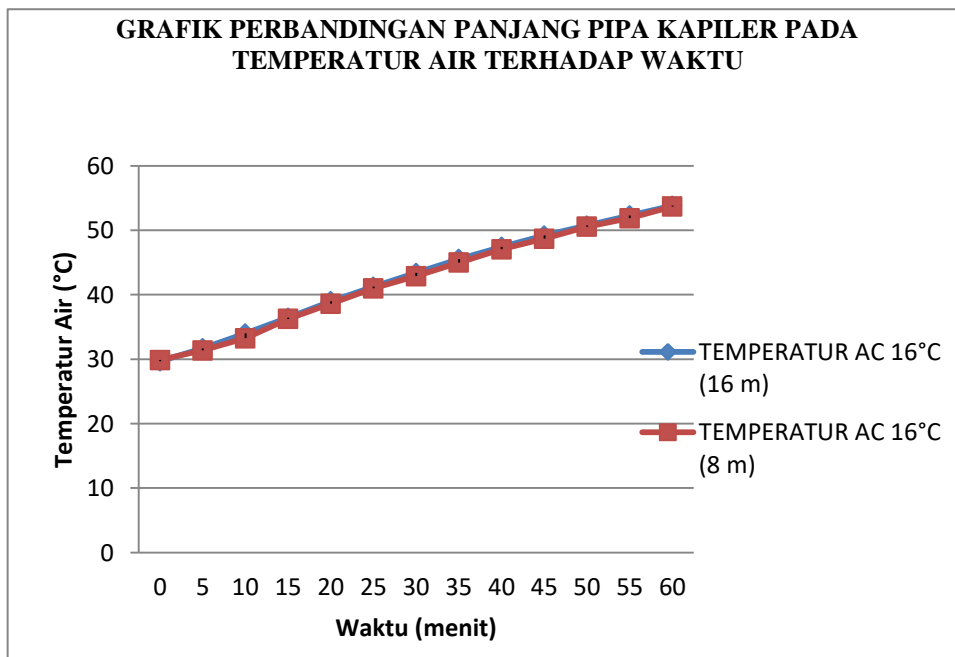
Gambar 4.19 Sample Data Temperatur Air pada waktu 15 menit selanjutnya

Selanjutnya sampel data hingga sampai waktu 1 jam (60 menit) akan disajikan selengkapnya dalam bentuk table 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Air

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (16 meter)	Temperatur AC 16°C (8 meter)	Temperatur AC 18°C (16 meter)	Temperatur AC 18°C (8 meter)	Temperatur AC 20°C (16 meter)	Temperatur AC 20°C (8 meter)
0	29.69	29.87	29.81	29.81	29.75	29.75
5	31.69	31.37	31.81	30.94	30.62	31.62
10	34	33.25	33.50	32.75	31.87	33.69
15	36.44	36.25	35.69	34.38	33.44	36.19
20	39	38.63	38	36.38	34.94	37.75
25	41.25	41	40.25	37.94	36.38	39.44
30	43.38	42.88	42.06	40.19	38.38	41.5
35	45.56	45	43.88	42.25	39.94	43.06
40	47.44	47.06	45.75	43.56	41.44	44.69
45	49.19	48.69	47.13	45.38	42.56	45.81
50	50.75	50.56	48.75	46.81	43.75	47.06
55	52.31	51.88	49.88	48.38	44.81	48.13
60	53.81	53.69	51	49.94	46.81	49.06

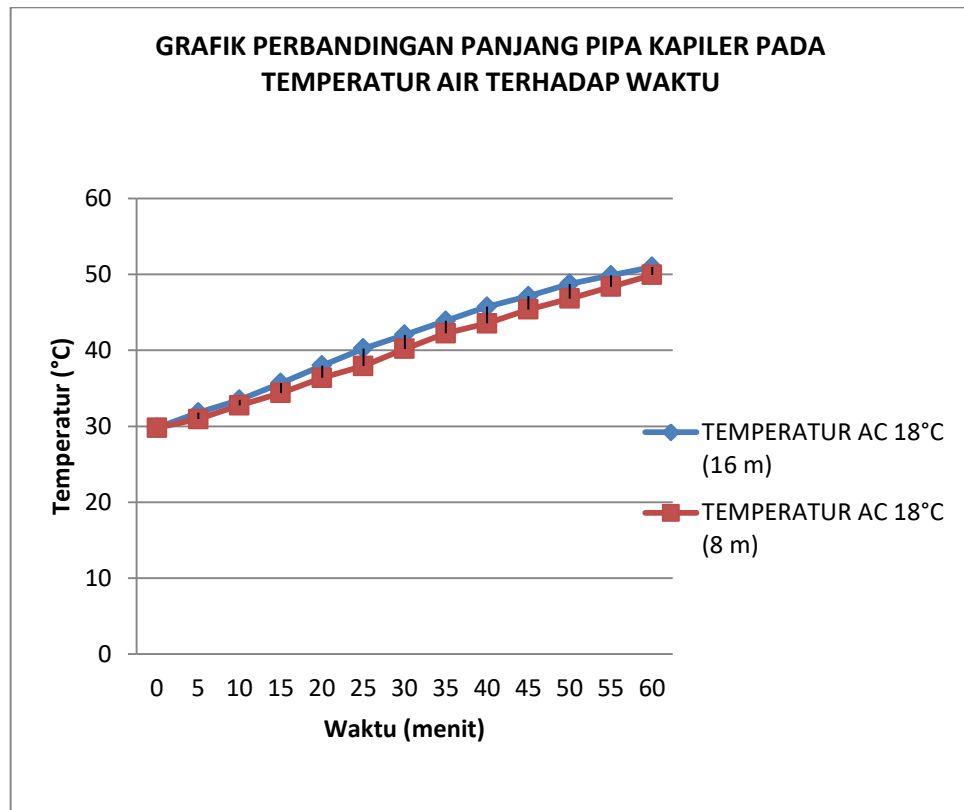
Adapun grafik perbandingannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.20 Perbandingan Pipa Kapiler Terhadap Temperatur Air

Pada gambar 4.20 Gambar diatas adalah grafik temperature air pada temperature AC 16°C, temperatur tertinggi suhu air adalah pada pipa kapiler dengan panjang 16 m yaitu sebesar 53.81°C

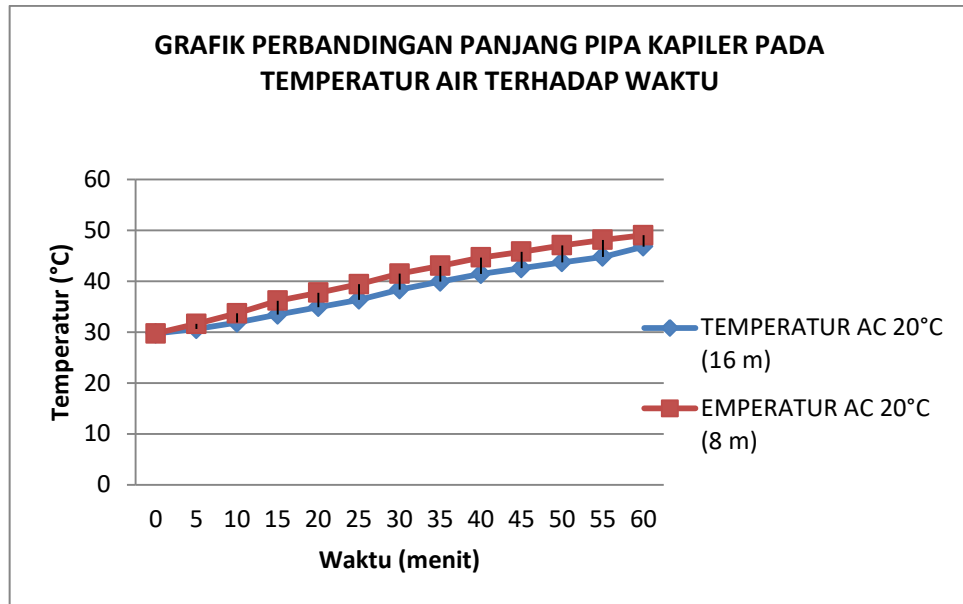
Grafik perbandingan temperature air terhadap waktu pada Temperatur AC 18°C pada helical coil penuh dan setengah bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan temperature air terhadap waktu

Gambar diatas adalah grafik temperature air pada temperature AC 18°C, temperatur tertinggi suhu air adalah pada pipa kapiler dengan panjang 16 m yaitu sebesar 51°C.

Grafik perbandingan temperature air terhadap waktu pada helical coil penuh dan setengah pada temperature AC 20°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.22 Grafik perbandingan temperature air terhadap waktu

Pada gambar diatas, terjadi penurunan temperature air pada temperature AC 20°C pada helical coil dengan pipa kapiler 16 m dibandingkan dengan temperature AC sebelumnya. Dimana pada temperature AC 20°C, *helical coil* dengan panjang pipa kapiler 8 m lebih tinggi hasil pemanasan airnya yaitu sebesar 49.06°C ketimbang dengan pipa kapiler dengan panjang 16 m yaitu sebesar 46.81°C.

4.4.2 Data Pengujian Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor

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

	TEMPERATUR AIR	TEMPERATUR KELUAR KOMPRESOR	TEMPERATUR MASUK KONDENSOR
1			
2	10:18:15	29.44	28.5
3	10:18:17	29.44	28
4	10:18:18	29.37	28.62
5	10:18:20	29.37	28.62
6	10:18:21	29.50	28.62
7	10:18:23	29.37	28.56
8	10:18:24	29.37	28.56
9	10:18:26	29.44	28.62
10	10:18:37	29.50	28.62
11	10:18:37	29.37	28.62
12	10:18:38	29.37	28.62
13	10:18:38	29.44	28.62
14	10:18:38	29.37	28.62
15	10:18:38	29.37	28.56
16	10:18:38	29.37	28.56
17	10:18:38	29.44	28.62
18	10:18:48	29.31	28.56
19	10:18:48	29.50	28.56
20	10:18:48	29.44	28.56
21	10:18:48	29.37	28.56
22	10:18:48	29.37	28.56
23	10:18:48	29.44	28.56
24	10:18:49	29.50	28.56
25			
26	10:19:00	29.37	28.62
27	10:19:00	29.44	28.62
28	10:19:00	29.44	28.56

Gambar 4.23. Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu mulai (0 menit)

	A	B	C	D	E
295	10.25:51	31.62	62.63	35.5	
296	10.25:53	31.56	62.75	35.5	
297	10.25:54	31.62	62.81	35.5	
298	10.25:56	31.56	62.88	35.5	
299	10.25:57	31.62	63	35.5	
300	10.25:59	31.62	63.06	35.56	
301	10.26:00	31.75	63.13	35.56	
302	10.26:02	31.62	63.25	35.56	
303	10.26:03	31.62	63.31	35.63	
304	10.26:05	31.62	63.44	35.56	
305	10.26:07	31.69	63.5	35.63	
306	10.26:08	31.69	63.56	35.69	
307	10.26:10	31.62	63.63	35.63	
308	10.26:11	31.69	63.75	35.75	
309	10.26:13	31.69	63.81	35.63	
310	10.26:14	31.69	63.88	35.69	
311	10.26:16	31.69	64	35.69	
312	10.26:18	31.81	64.06	35.56	
313	10.26:19	31.69	64.12	35.75	
314	10.26:21	31.81	64.25	35.69	
315	10.26:22	31.75	64.31	35.69	
316	10.26:24	31.69	64.44	35.75	
317	10.26:25	31.81	64.5	35.63	
318	10.26:27	31.75	64.56	35.75	
319	10.26:28	31.81	64.69	35.75	
320	10.26:30	31.69	64.69	35.81	
321	10.26:32	31.81	64.81	35.81	
322	10.26:33	31.87	64.87	35.75	
323	10.26:35	31.69	65	35.81	
324	10.26:36	31.75	65.06	35.75	

Gambar 4.24. Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 5 menit berikutnya

	A	B	C	D	E
473	10.30:29	33.69	76.44	37.94	
474	10.30:31	33.81	76.5	37.94	
475	10.30:32	33.94	76.56	37.94	
476	10.30:34	33.75	76.62	37.94	
477	10.30:36	33.88	76.69	38	
478	10.30:37	33.88	76.75	38	
479	10.30:39	33.94	76.87	37.94	
480	10.30:40	33.94	76.94	37.94	
481	10.30:42	34.00	77	37.94	
482	10.30:43	34.00	77.06	37.94	
483	10.30:45	33.94	77.12	38	
484	10.30:47	34.00	77.19	38.06	
485	10.30:48	33.94	77.25	38	
486	10.30:50	34.00	77.31	38.13	
487	10.30:51	34.00	77.37	38.06	
488	10.30:53	34.13	77.44	38.06	
489	10.30:54	33.94	77.5	38	
490	10.30:56	33.94	77.56	38.19	
491	10.30:57	34.06	77.62	-48.69	
492	10.30:59	34.06	77.69	-48.69	
493	10.31:01	34.06	77.69	-48.56	
494	10.31:02	34.06	77.75	38.13	
495	10.31:04	34.06	77.87	38.13	
496	10.31:05	34.13	77.94	38.19	
497	10.31:07	34.00	78	38.19	
498	10.31:08	34.00	78.06	38.25	
499	10.31:10	34.06	78.12	38.19	
500	10.31:12	34.06	78.19	-48.38	
501	10.31:13	34.06	78.25	-48.31	
502	10.31:15	34.06	78.31	38.31	

Gambar 4.25. Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 10 menit berikutnya

	A	B	C	D
622	10.34:23	35.69	84.75	39.88
623	10.34:24	35.63	84.81	39.88
624	10.34:26	35.69	84.87	39.88
625	10.34:28	35.75	84.87	39.88
626	10.34:29	35.75	84.94	39.88
627	10.34:31	35.75	85	39.94
628	10.34:32	35.75	85	39.88
629	10.34:34	35.75	85.06	39.94
630	10.34:35	35.81	85.12	39.94
631	10.34:37	35.81	85.12	39.94
632	10.34:39	35.81	85.19	39.88
633	10.34:40	35.81	85.25	39.94
634	10.34:42	35.81	85.31	40
635	10.34:43	35.81	85.37	40
636	10.34:45	35.81	85.37	40.06
637	10.34:46	35.81	85.44	40.06
638	10.34:48	35.88	85.5	40
639	10.34:50	35.81	85.56	40
640	10.34:51	35.88	85.62	40.06
641	10.34:53	35.88	85.62	40.06
642	10.34:54	35.94	85.69	40.13
643	10.34:56	36.00	85.69	40.06
644	10.34:57	36.13	85.75	40.19
645	10.34:59	36.34	85.75	40.13
646	10.35:01	35.94	85.81	40.13
647	10.35:02	35.94	85.81	40.13
648	10.35:04	36.00	85.87	40.13
649	10.35:05	36.06	85.94	40.13
650	10.35:07	36.13	85.94	40.19
651	10.35:08	36.00	86.06	40.19

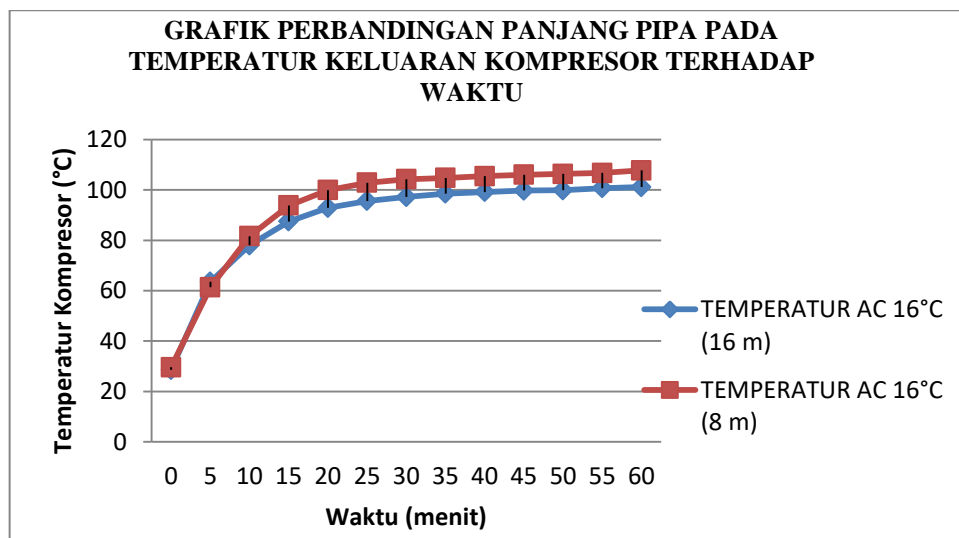
Gambar 4.26. Data Temperatur keluaran kompresor pada waktu 15 menit berikutnya

Selanjutnya sampel data hingga sampai waktu 1 jam (60 menit) akan disajikan selengkapnya dalam bentuk table 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor

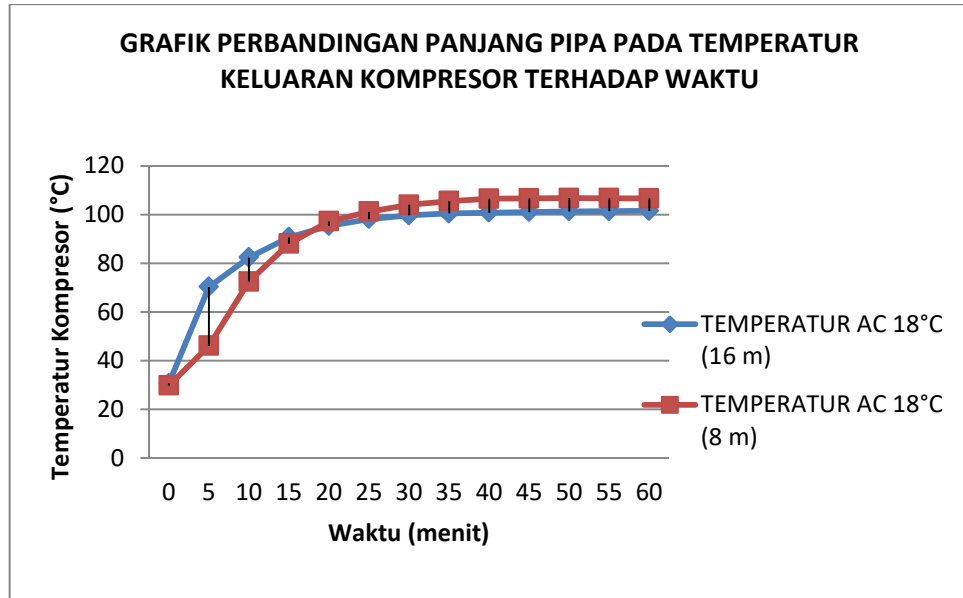
Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (16 meter)	Temperatur AC 16°C (8 meter)	Temperatur AC 18°C (16 meter)	Temperatur AC 18°C (8 meter)	Temperatur AC 20°C (16 meter)	Temperatur AC 20°C (8 meter)
0	28.56	29.56	30.62	29.81	27.81	32.56
5	63.50	61.37	70.31	46.13	73.62	86.31
10	78	81.62	82.37	72.44	85.19	93.75
15	87.44	93.81	90.69	88.06	92.94	101.31
20	92.87	99.94	95.37	97.25	97.50	103.87
25	95.62	102.82	98.18	101.19	100.44	105.31
30	97.19	104.25	99.69	104.06	101.31	106.06
35	98.56	104.75	100.50	105.56	101.81	106.25
40	99.19	105.44	100.81	106.5	101.94	106.37
45	99.75	106	101.06	106.69	101.87	106.44
50	99.87	106.37	101.31	106.81	102	106.25
55	100.69	106.75	101.37	106.75	102.25	106.12
60	101.12	107.75	101.56	106.69	102.81	106

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



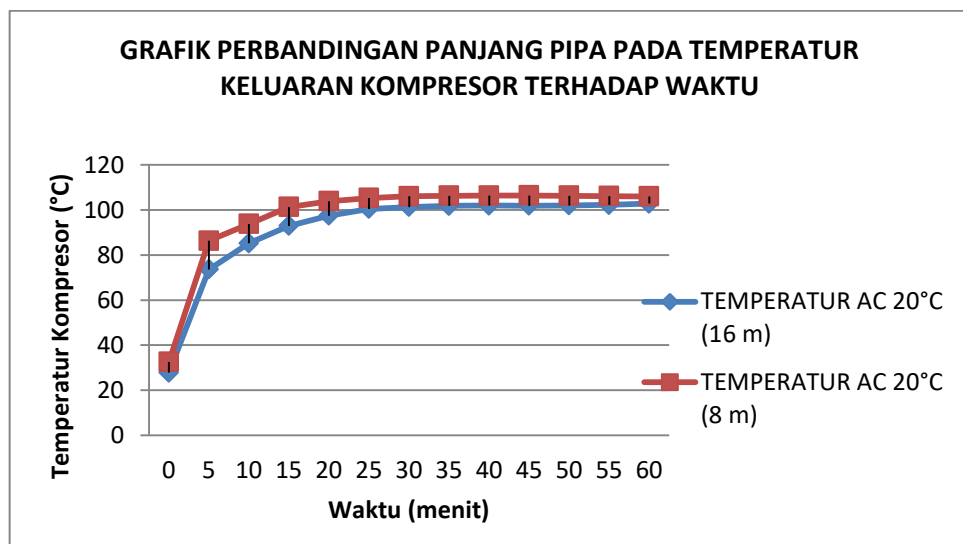
Gambar 4.27. Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Keluaran Kompresor

Pada gambar 4.27 dihasilkan grafik perbandingan waktu terhadap temperature refrigerant keluaran kompresor. Temperatur tertinggi dihasilkan oleh pipa kapiler 8 m dengan suhu 107.75°C.



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Temperatur Refrigeran Keluaran Kompresor Terhadap Waktu

Pada gambar 4.28 diatas adalah perbandingan temperature refrigerant keluaran kompresor pada temperature AC 18°C. temperatur tertinggi yang dihasilkan oleh pipa kapiler dengan panjang 8 m yaitu sebesar 106.69°C.



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Refrigeran Keluaran Kompresor Terhadap Waktu

4.4.3. Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigeran* Masuk Kondensor

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

	A	B	C	D	E
1	Connect using "PLX-DAQ Simple Test"	TEMPERATUR AIR	TEMPERATUR KELUAR KOMPRESOR	TEMPERATUR MASUK KONDENSOR	
2	10:18:15	29.44	28.5	28	
3	10:18:17	29.44	28.62	27.94	
4	10:18:18	29.37	28.62	28	
5	10:18:20	29.37	28.62	28	
6	10:18:21	29.50	28.62	28	
7	10:18:23	29.37	28.56	27.87	
8	10:18:24	29.37	28.56	27.94	
9	10:18:26	29.44	28.62	28	
10	10:18:37	29.50	28.69	28	
11	10:18:37	29.37	28.62	28	
12	10:18:38	29.37	28.62	28	
13	10:18:38	29.44	28.62	27.87	
14	10:18:38	29.37	28.62	28	
15	10:18:38	29.37	28.56	28	
16	10:18:38	29.37	28.56	28.06	
17	10:18:38	29.44	28.62	28	
18	10:18:48	29.31	28.56	28	
19	10:18:48	29.50	28.62	27.81	
20	10:18:48	29.44	28.56	28	
21	10:18:48	29.37	28.56	28	
22	10:18:48	29.37	28.56	27.81	
23	10:18:48	29.44	28.56	28	
24	10:18:49	29.50	28.56	28	
25					
26	10:19:00	29.37	28.62	27.87	
27	10:19:00	29.44	28.62	28	
28	10:19:00	29.44	28.56	28	

Gambar 4.30. Data Temperatur masuk kondensor pada waktu mulai (0 menit)

	A	B	C	D	E
295	10:25:51	31.62	62.63	35.5	
296	10:25:53	31.56	62.75	35.5	
297	10:25:54	31.62	62.81	35.5	
298	10:25:56	31.56	62.88	35.5	
299	10:25:57	31.62	63	35.5	
300	10:25:59	31.62	63.06	35.56	
301	10:26:00	31.75	63.13	35.56	
302	10:26:02	31.62	63.25	35.56	
303	10:26:03	31.62	63.31	35.63	
304	10:26:05	31.62	63.44	35.56	
305	10:26:07	31.69	63.5	35.63	
306	10:26:08	31.69	63.56	35.69	
307	10:26:10	31.62	63.63	35.63	
308	10:26:11	31.69	63.75	35.75	
309	10:26:13	31.69	63.81	35.63	
310	10:26:14	31.69	63.88	35.69	
311	10:26:16	31.69	64	35.69	
312	10:26:18	31.81	64.06	35.56	
313	10:26:19	31.69	64.12	35.75	
314	10:26:21	31.81	64.25	35.69	
315	10:26:22	31.75	64.31	35.69	
316	10:26:24	31.69	64.44	35.75	
317	10:26:25	31.81	64.5	35.63	
318	10:26:27	31.75	64.56	35.75	
319	10:26:28	31.81	64.69	35.75	
320	10:26:30	31.69	64.69	35.81	
321	10:26:32	31.81	64.81	35.81	
322	10:26:33	31.87	64.87	35.75	
323	10:26:35	31.69	65	35.81	
324	10:26:36	31.75	65.06	35.75	

Gambar 4.31. Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 5 menit berikutnya

	A	B	C	D	E
494	10:31:02	34.06	77.75	38.13	
495	10:31:04	34.06	77.87	38.13	
496	10:31:05	34.13	77.94	38.19	
497	10:31:07	34.00	78	38.19	
498	10:31:08	34.00	78.06	38.25	
499	10:31:10	34.06	78.12	38.19	
500	10:31:12	34.06	78.19	-48.38	
501	10:31:13	34.06	78.25	-48.31	
502	10:31:15	34.06	78.31	38.31	
503	10:31:16	34.00	78.31	38.25	
504	10:31:18	34.00	78.44	38.19	
505	10:31:19	34.06	78.5	38.19	
506	10:31:21	34.00	78.5	38.19	
507	10:31:23	34.00	78.56	38.19	
508	10:31:24	34.00	78.62	38.38	
509	10:31:26	34.06	78.69	38.38	
510	10:31:27	34.06	78.75	-48.31	
511	10:31:29	34.06	78.81	38.25	
512	10:31:30	34.06	78.87	-48	
513	10:31:32	34.13	78.94	38.44	
514	10:31:34	34.13	79	38.31	
515	10:31:35	34.19	79.06	38.44	
516	10:31:37	34.13	79.12	38.38	
517	10:31:38	34.19	79.19	38.5	
518	10:31:40	34.19	79.25	38.44	
519	10:31:41	34.19	79.31	38.44	
520	10:31:43	34.25	79.37	38.56	
521	10:31:44	34.31	79.44	38.56	
522	10:31:46	34.25	79.44	38.44	
523	10:31:48	34.38	79.5	-47.75	

Gambar 4.32. Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 10 menit berikutnya

	A	B	C	D	E
663	10:35:27	36.19	86.5	40.38	
664	10:35:29	36.19	86.56	40.31	
665	10:35:30	36.13	86.62	40.44	
666	10:35:32	36.13	86.62	40.38	
667	10:35:34	36.19	86.69	40.44	
668	10:35:35	36.13	86.69	40.5	
669	10:35:37	36.19	86.75	40.38	
670	10:35:38	36.19	86.75	40.38	
671	10:35:40	36.19	86.81	40.44	
672	10:35:41	36.31	86.87	40.44	
673	10:35:43	36.25	86.94	40.44	
674	10:35:45	36.19	86.94	40.44	
675	10:35:46	36.19	86.94	40.44	
676	10:35:48	36.25	87	40.5	
677	10:35:49	36.31	87.06	40.5	
678	10:35:51	36.38	87.06	40.5	
679	10:35:52	36.38	87.12	40.5	
680	10:35:54	36.31	87.12	40.5	
681	10:35:56	36.38	87.19	40.5	
682	10:35:57	36.44	87.25	40.63	
683	10:35:59	36.50	87.25	40.63	
684	10:36:00	36.44	87.31	40.56	
685	10:36:02	36.50	87.37	40.63	
686	10:36:03	36.38	87.44	40.63	
687	10:36:05	36.44	87.44	40.63	
688	10:36:07	36.44	87.44	40.63	
689	10:36:08	36.31	87.5	40.69	
690	10:36:10	36.38	87.56	40.63	
691	10:36:11	36.38	87.56	40.63	
692	10:36:13	36.38	87.62	40.69	

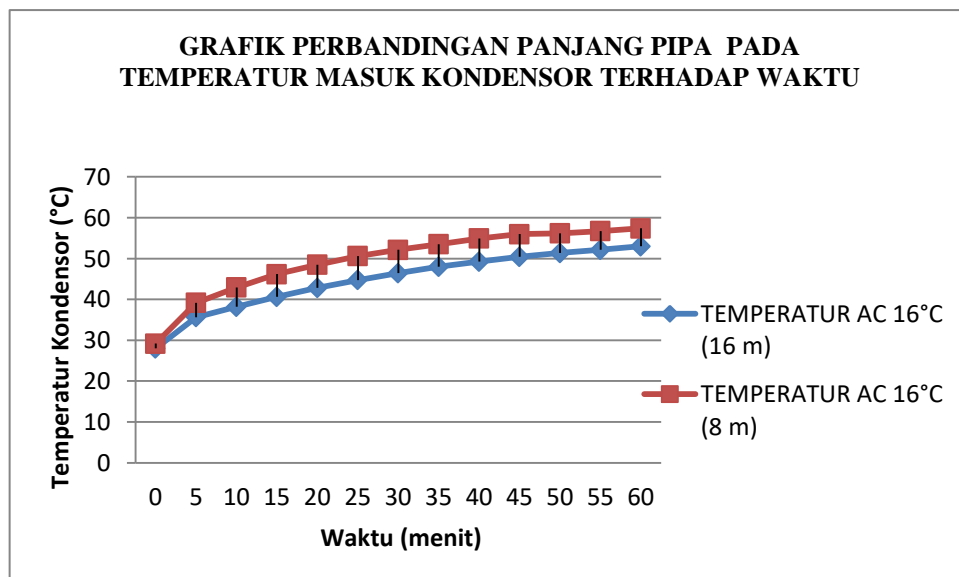
Gambar 4.33. Data Temperatur masuk kondensor pada waktu 15 menit berikutnya

Selanjutnya sampel data hingga sampai waktu 1 jam (60 menit) akan disajikan selengkapnya dalam bentuk table 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3. Data Hasil Pengujian Temperatur Refrigeran Masuk Kondensor

WAKTU (MENIT)	Temperatur AC 16°C (16 meter)	Temperatur AC 16°C (8 meter)	Temperatur AC 18°C (16 meter)	Temperatur AC 18°C (8 meter)	Temperatur AC 20°C (16 meter)	Temperatur AC 20°C (8 meter)
0	28	29.17	29	29	27.06	30.06
5	35.63	39.19	35.69	36.75	26.87	40.38
10	38.19	42.94	37.69	40.78	32.06	41.94
15	40.63	46.19	39.56	42.63	33.75	43.75
20	42.81	48.5	41.38	44.25	34.81	44.94
25	44.75	50.63	43.06	45.44	35.75	45.94
30	46.44	52.13	44.50	46.81	36.63	46.79
35	48	53.5	45.88	48	37.56	47.63
40	49.25	54.94	46.81	49	38.31	48.25
45	50.44	55.98	47.75	50	39	48.69
50	51.38	56.19	48.63	50.81	39.75	49.13
55	52.13	56.75	49.05	51.63	40.63	49.5
60	53	57.38	50	52.19	41.25	49.08

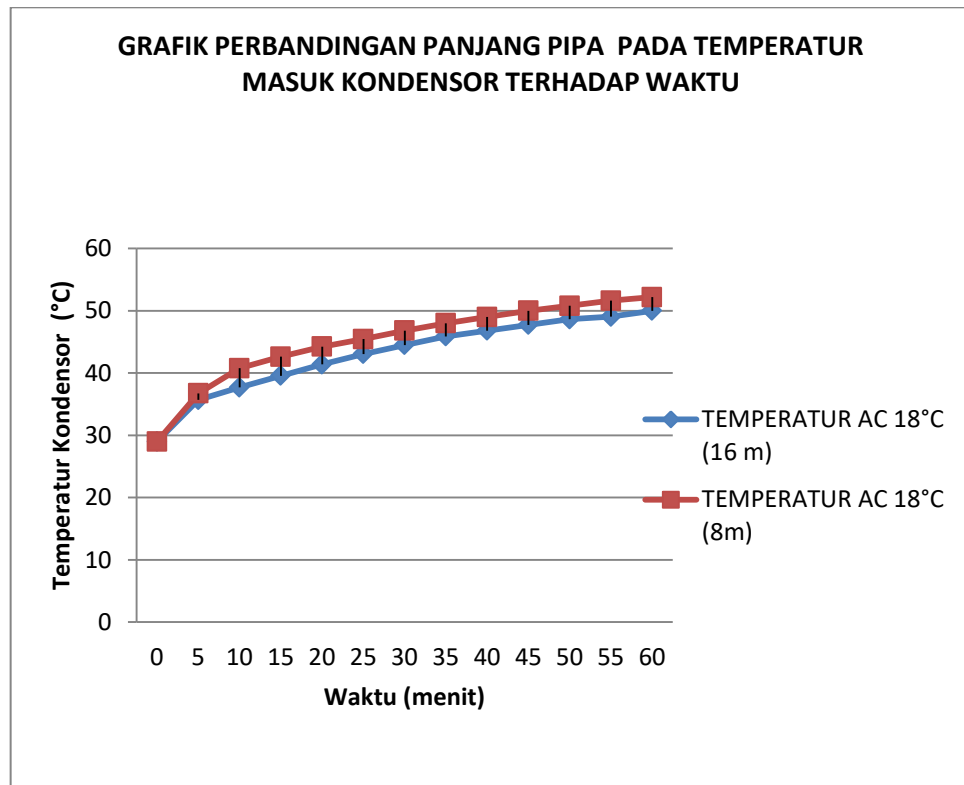
Adapun grafik perbandingannya bisadilihat pada gambar dibawah berikut ini :



Gambar 4.34. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Terhadap Waktu

Gambar 4.34 merupakan grafik dari perbandingan temperature refrigerant masuk kondensor terhadap waktu pada temperature AC 16°C. Temperatur tertinggi dihasilkan oleh pipa kapiler dengan panjang 8 m, yaitu sebesar 57.38°C.

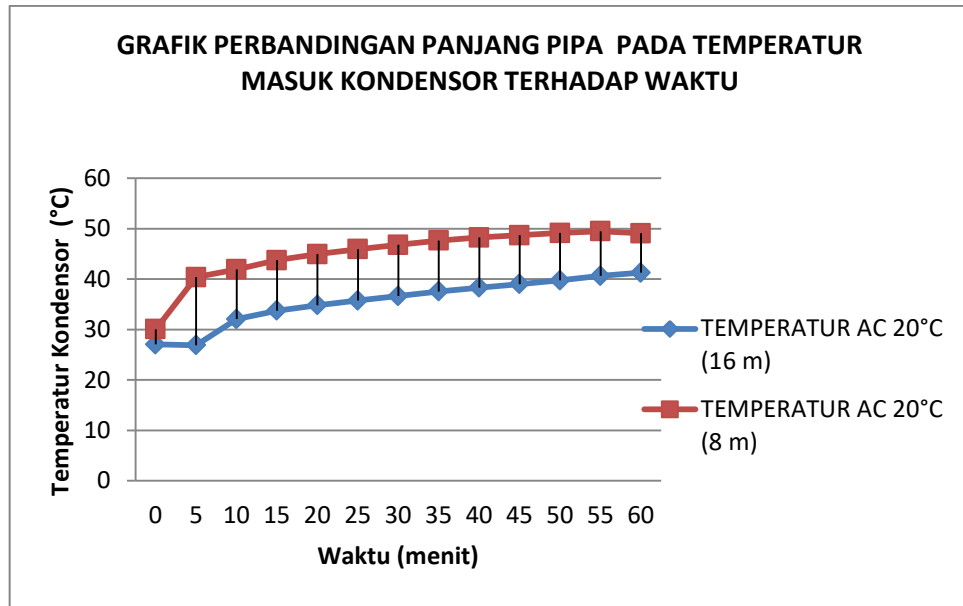
Grafik perbandingan pada temperature AC 18°C dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.35. Grafik Perbandingan Temperatur Masuk Kondensor Terhadap Waktu

Gambar diatas adalah grafik perbandingan temperature refrigerant masuk kondensor terhadap waktu pada temperature AC 18°C. Temperatur tertinggi dihasilkan oleh helical coil dengan panjang pipa 8 m, yaitu sebesar 52.19 °C.

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



Gambar 4.36. Grafik Perbandingan Temperatur Refrigeran Masuk Kondensor Terhadap Waktu

Gambar diatas adalah grafik dari perbandingan temperature refrigerant masuk kondensor terhadap waktu pada temperature AC 20°C. Temperatur tertinggi dihasilkan oleh helical coil dengan panjang pipa 8 m, yaitu sebesar 49.08 °C.

4.5. Perhitungan dan Pengolahan Data

Perhitungan Perpindahan Panas Dari *Helical Coil* Ke air

4.5.1 Perhitungan pada temperatur evaporator AC 16°C (Panjang pipa 8 meter)

Pada saat proses pengujian diketahui data sebagai berikut:

Dik: Volume air (V)	= 60 liter = 60 kg
Diameter dalam pipa (d_i)	= 5,53 mm = 0,00553 m
Diameter luar pipa (d_o)	= 6,35 mm = 0,00635 m
Panjang pipa (L)	= 8 m
Temperatur awal air (T_{ai})	= 29,87 °C
Temperatur akhir air (T_{ao})	= 53,69 °C
ΔT_{air}	= 23,82 °C
Temperatur masuk tangki (T_{ci})	= 93,15 °C
Temperatur keluar tangki (T_{co})	= 49,49 °C
ΔT_{coil}	= 43,66 °C

$$\text{Waktu pemanasan } (\Delta t) = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ detik}$$

$$\text{Daya kompresor } (W_c) = 880 \text{ W} = 0,88 \text{ Kw}$$

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{29,87 + 53,69}{2} = 41,78^\circ C$$

Didapat dari table propertis of water

Tabel 4.4 propertis water

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

Interpolasi nilai C_{air} :

$$C_{\text{air}} = 4.174 + \frac{(4.174 - 4.174)}{(43.33 - 37.78)} \times (41.78 - 37.78)$$

$$C_{\text{air}} = 4.174 + (0) \times (4)$$

$$C_{\text{air}} = 4.174 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} \cdot ^\circ C} = 4174 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ C}$$

Maka didapat energy (W) :

$$W = 60 \text{ kg} \times 4174 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ C} \times 23.82^\circ C$$

$$W = 5965480.8 \text{ J} = 5.96 \text{ MJ}$$

Untuk menghitung Koefisien perpindahan panas pada sisi luar coil (h_o) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h_o = \frac{W}{\pi \times \Delta T_{\text{air}} \times \Delta T} = \frac{W}{\pi \times d_o \times L \times \Delta T \times \Delta t}$$

$$h_o = \frac{5965480.8 \text{ j}}{\pi \times 0.00635 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 23.82^\circ C \times 3600 \text{ s}}$$

$$h_o = \frac{5965480.8}{13678.47} = 436.12 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ C$$

Untuk menghitung Kapasitas penukar pakar (Q_{coil}) digunakan rumus berikut:

$$Q_{coil} = \dot{m} \cdot C_f \cdot (\Delta T_{coil})$$

Dimana: C_f = panas jenis Freon

\dot{m} = laju aliran massa freon

Terlebih dahulu mencari laju aliran massa menggunakan rumus dibawah ini :

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

Dimana : H_o = Entalpy keluar tangki

H_i = Entalpy masuk tangki

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

Didapat dari table:

Tabel 4.5 properties Of Water refrigerant R22

T	H_o
48	417.27
49.49	417.40
50	417.44

Interpolasi nilai H_o

$$H_o = 417.27 + \frac{(417.44 - 417.27)}{(50 - 48)} \times (49.49 - 48)$$

$$H_o = 417.27 + (0.085) \times (1.49)$$

$$H_o = 417.4 \text{ } \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

$$T_{ci} = 93,15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Didapat dari table :

Tabel 4.6 properties of water refrigerant R22

T	H_i
90	401,87
93.15	392.68
95	387,28

Interpolasi nilai H_i

$$H_i = 401.87 + \frac{(387.28 - 401.87)}{(95 - 90)} \times (93.15 - 90)$$

$$H_i = 401.87 + (-2.91) \times (3.15)$$

$$H_i = 392.68 \text{ Kj/Kg}$$

Maka didapat :

$$\dot{m} = \frac{0.88}{(417.4 - 392.68)}$$

$$\dot{m} = 0.035 \text{ Kg/s}$$

$$T_{rc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{93.15 + 49.49}{2} = 71.32^\circ \text{C}$$

Didapat dari table propertis refrigerant R22

Tabel 4.7 properties refrigerant R22

T	C _{freon}
70	1,584
71.32	1.649
75	1.832

Interpolasi nilai C_{freon} :

$$C_{freon} = 1.584 + \frac{(1.832 - 1.584)}{(75 - 70)} \times (71.32 - 70)$$

$$C_{freon} = 1.584 + (0.0496) \times (1.32)$$

$$C_{freon} = 1.649 \text{ Kj/Kg} = 1649 \text{ j/Kg} \cdot ^\circ \text{C}$$

Maka didapat kapasitas penukar panas Q_{coil} yaitu :

$$Q_{coil} = \dot{m} \times C_f \times (\Delta T_{coil})$$

$$Q_{coil} = 0.035 \text{ Kg/s} \times 1649 \text{ j/Kg} \cdot ^\circ \text{C} \times 43.66^\circ \text{C}$$

$$Q_{coil} = 2519.83 \text{ W}$$

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

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho(0.25 \times \pi \times d_i^2)}$$

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

Didapat dari table :

Tabel 4.8. Properties refrigerant R22

T	ρ_{freon}
70	969.7
71.32	960.3
75	934.4

Interpolasi nilai ρ_{freon} :

$$\rho_{freon} = 969.7 + \frac{(934.4 - 969.7)}{(70 - 75)} \times (71.32 - 70)$$

$$\rho_{freon} = 969.7 + (-7.06) \times (1.32)$$

$$\rho_{freon} = 960.3 \text{ Kg/m}^3$$

Maka laju refrigerant (v) :

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho(0.25 \times \pi \times d_i^2)}$$

$$v = \frac{0.035 \text{ Kg/s}}{960.3 \text{ Kg/m}^3 \times (0.25 \times \pi \times 0.00553^2 \text{ m}^2)}$$

$$v = \frac{0.035}{0.0230549} = 1.522 \text{ m/s}$$

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

$$\text{Re} = \frac{\rho \times v \times d_i}{\mu}$$

Dimana: μ = viskositas Freon

Didapat dari table propertis refrigerant R22

Tabel 4.9. Properties refrigerant R22

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
70	16.02
71.32	16.19
75	16.70

Interpolasi nilai μ_{freon} :

$$\mu_{freon} = 16.02 + \frac{(16.70 - 16.02)}{(75 - 70)} \times (71.32 - 70)$$

$$\mu_{freon} = 16.02 + (0.136) \times (1.32)$$

$$\mu_{freon} = 16.19 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

Maka bilangan Reynold (Re) :

$$\text{Re} = \frac{\rho \times v \times d_i}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{960.381 \text{ kg/m}^3 \times 1.52 \text{ m/s} \times 0.00553 \text{ m}}{16.19 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$

$$\text{Re} = \frac{8.072}{16.19 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}} = 49857.93 > 23000 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk mencari bilangan nusselt (Nu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Nu = 0.023 \times \text{Re}^{\frac{4}{5}} \times \text{Pr}^{0.4} \times \left(\frac{d_i}{D}\right)^{0.1}$$

Dimana: D = diameter apk = 0,15

Pr = bilangan prandalt

Untuk mencari bilangan prandalt, digunakan rumus :

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

Dimana: K_{freon} = konduktivitas termal Freon

Didapat dari table properties refrigerant R22

Tabel 4.10 Propertis refrigerant R22

T	K
70	19.16
71.78	19.688
75	21.16

Interpolasi nilai K :

$$K_{freon} = 19.16 + \frac{(21.16 - 19.16)}{(75 - 70)} \times (71.32 - 70)$$

$$K_{freon} = 19.16 + (0.4) \times (1.32)$$

$$K_{freon} = 19.688 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{C}$$

Maka bilangan prandalt (Pr)

$$Pr = \frac{C_{freon} \times \mu}{K_{freon}}$$

$$Pr = \frac{1649 \text{ j/kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 16.19 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{19.688 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$Pr = \frac{0.2669}{19.688} = 0.0135$$

Maka bilangan Nusselt (Nu) :

$$Nu = 0.023 \times Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{0.4} \times \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0.1}$$

$$Nu = 0.023 \times 49857.93^{\frac{4}{5}} \times 0.0135^{0.4} \times (0.00553 \text{ m} / 0.15 \text{ m})^{0.1}$$

$$Nu = 0.023 \times 5730.4 \times 0.1787 \times 0.7188915 = 16.65$$

Untuk mencari koefisien perpindahan panas sisi dalam coil (h_i) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h_i = \frac{Nu \times K_{freon}}{d_i}$$

$$h_i = \frac{16.65 \times 19.688 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{C}}{0.00553 \text{ m}} = 59253.52 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Untuk menghitung resistensi thermal (R_{th}) digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_{th} = \frac{1}{A_i \times h_i} + \frac{1}{A_o \times h_o} + \frac{\ln\left(\frac{d_i}{D}\right)}{2 \times \pi \times K \times L}$$

Dimana: K = konduktivitas thermal tembaga = 385 w/m.°C

$$R_{th} = \frac{1}{\pi \times 0.00553 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 59253.52 \text{ w/m} \cdot \text{°C}} + \frac{1}{\pi \times 0.00635 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 436.12 \text{ w/m} \cdot \text{°C}}$$

$$+ \frac{\ln(0.00553 \text{ m}/0.15)}{2 \times \pi \times 385 \text{ w/m} \cdot \text{°C} \times 16 \text{ m}}$$

$$R_{th} = \frac{1}{8231.11} + \frac{1}{69.596} + \frac{-3.300}{38684.8} = 0.0144 \text{ °C/w}$$

Untuk menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) digunakan rumus sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{59253.52 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}} + \frac{1}{436.12 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}}}$$

$$U = \frac{1}{(1.6876 \times 10^{-5}) + (0.00229)} = 433.48 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Jadi laju perpindahan panas dari helical coil ke air (Q) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = U \times A_o \times \Delta T_{air}$$

$$Q = 433.48 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C} \times \pi \times 0.00635 \text{ mm} \times 8 \text{ m} \times 23.82 \text{ °C}$$

$$Q = \underline{1647.04 \text{ W}}$$

4.5.2 Perhitungan pada temperatur evaporator AC 16°C (Panjang pipa 16 meter)

Pada saat proses pengujian diketahui data sebagai berikut:

Dik: Volume air (V)	= 60 liter = 60 kg
Diameter dalam pipa (d _i)	= 5,53 mm = 0,00553 m
Diameter luar pipa (d _o)	= 6,35 mm = 0,00635 m
Panjang pipa (L)	= 16 m
Temperatur awal air (T _{ai})	= 29,69 °C
Temperatur akhir air (T _{ao})	= 53,81 °C
ΔT _{air}	= 24,12 °C

Temperatur masuk tangki (T_{ci})	= 95.19 °C
Temperatur keluar tangki (T_{co})	= 48.38 °C
ΔT_{coil}	= 46,81 °C
Waktu pemanasan (Δt)	= 1 jam = 3600 detik
Daya kompresor (\dot{W}_c)	= 880 W = 0,88 Kw

Untuk menghitung energi (W) digunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana: C_{air} = panas jenis air

$$T_{ra} = \frac{T_{ai} + T_{ao}}{2} = \frac{29.69 + 53.81}{2} = 41.75^\circ C$$

Didapat dari table propertis water

Tabel 4.11 propertis water

T	C_{air}
37,78	4,174
41,75	
43,33	4,174

Interpolasi nilai C_{air} :

$$C_{air} = 4.174 + \frac{(4.174 - 4.174)}{(43.33 - 37.78)} \times (41.75 - 37.78)$$

$$C_{air} = 4.174 + (0) \times (3.97)$$

$$C_{air} = 4.174 \frac{Kj}{Kg \cdot ^\circ C} = 4174 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C}$$

Maka didapat energy (W) :

$$W = 60kg \times 4174 \frac{J}{Kg \cdot ^\circ C} \times 24.12^\circ C$$

$$W = 6040612.8J = 6.04MJ$$

Untuk menghitung Koefisien perpindahan panas pada sisi luar coil (h_o) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h_o = \frac{W}{\pi \times \Delta T_{air} \times \Delta T} = \frac{W}{\pi \times d_o \times L \times \Delta T \times \Delta t}$$

$$h_o = \frac{6040612.8 \text{ j}}{\pi \times 0.00635 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 24.12^\circ\text{C} \times 3600 \text{ s}}$$

$$h_o = \frac{6040612.8}{27701.491} = 218.06 \text{ w/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Untuk menghitung Kapasitas penukar paku (Q_{coil}) digunakan rumus berikut:

$$Q_{coil} = \dot{m} \cdot C_f \cdot (\Delta T_{coil})$$

Dimana: C_f = panas jenis Freon

\dot{m} = laju aliran massa freon

Terlebih dahulu mencari laju aliran massa menggunakan rumus dibawah ini :

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

Dimana : H_o = Entalpy keluar tangki

H_i = Entalpy masuk tangki

$$T_{co} = 48.38 \text{ }^\circ\text{C}$$

Didapat dari table:

Tabel 4.12 properties Of Water refrigerant R22

T	H _o
48	417.27
48.38	417.30
50	417.44

Interpolasi nilai H_o

$$H_o = 417.27 + \frac{(417.44 - 417.27)}{(50 - 48)} \times (48.38 - 48)$$

$$H_o = 417.27 + (0.085) \times (0.38)$$

$$H_o = 417.30 \text{ Kj/Kg}$$

$$T_{ci} = 95.19^\circ\text{C}$$

Didapat dari table :

Tabel 4.13 properties of water refrigerant R22

T	H_i
95	387.28
95.19	383.91
96.15	366.90

Interpolasi nilai H_i

$$H_i = 387.28 + \frac{(366.90 - 387.28)}{(96.15 - 95)} \times (95.19 - 95)$$

$$H_i = 387.28 + (17.72) \times (0.19)$$

$$H_i = 383.91 \text{ Kj/Kg}$$

Maka didapat :

$$\dot{m} = \frac{0.88}{(417.30 - 383.91)}$$

$$\dot{m} = 0.026 \text{ Kg/s}$$

$$T_{rc} = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{95.19 + 48.38}{2} = 71.78^\circ \text{C}$$

Didapat dari table propertis refrigerant R22

Tabel 4.14 properties refrigerant R22

T	C_{freon}
70	1,584
71.78	1.672
75	1.832

Interpolasi nilai C_{freon} :

$$C_{\text{freon}} = 1.584 + \frac{(1.832 - 1.584)}{(75 - 70)} \times (71.78 - 70)$$

$$C_{\text{freon}} = 1.584 + (0.0496) \times (1.78)$$

$$C_{\text{freon}} = 1.672 \text{ Kj/Kg} = 1672 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ \text{C}$$

Maka didapat kapasitas penukar panas Q_{coil} yaitu :

$$Q_{coil} = \dot{m} \times C_f \times (\Delta T_{coil})$$

$$Q_{coil} = 0.026 \text{ Kg/s} \times 1672 \text{ j/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 46.81^\circ\text{C}$$

$$Q_{coil} = 2034.9 \text{ W}$$

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

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho(0.25 \times \pi \times d_i^2)}$$

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

Didapat dari table :

Tabel 4.15 Properties refrigerant R22

T	ρ_{freon}
70	969.7
71.78	
75	934.4

Interpolasi nilai ρ_{freon} :

$$\rho_{freon} = 969.7 + \frac{(934.4 - 969.7)}{(70 - 65)} \times (71.78 - 70)$$

$$\rho_{freon} = 969.7 + (-7.06) \times (1.78)$$

$$\rho_{freon} = 957.13 \text{ Kg/m}^3$$

Maka laju refrigerant (v) :

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho(0.25 \times \pi \times d_i^2)}$$

$$v = \frac{0.026 \text{ Kg/s}}{957.13 \text{ Kg/m}^3 \times (0.25 \times \pi \times 0.00553^2 \text{ m})}$$

$$v = \frac{0.026}{0.022976869} = 1.131 \text{ m/s}$$

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

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_i}{\mu}$$

Dimana: μ = viskositas Freon

Didapat dari table propertis refrigerant R22

Tabel 4.16 Properties refrigerant R22

T	$\mu \cdot 10^{-5}$
70	16.02
71.78	16.26
75	16,70

Interpolasi nilai μ_{freon} :

$$\mu_{freon} = 16.02 + \frac{(16.70 - 16.02)}{(75 - 70)} \times (71.78 - 70)$$

$$\mu_{freon} = 16.02 + (0.136) \times (1.78)$$

$$\mu_{freon} = 16.26 \times 10^{-5} \text{ Kg/m.s}$$

Maka bilangan Reynold (Re) :

$$Re = \frac{\rho \times v \times d_i}{\mu}$$

$$Re = \frac{957.13 \text{ kg/m}^3 \times 1.131 \text{ m/s} \times 0.00553 \text{ m}}{16.26 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}}$$

$$Re = \frac{5.986302}{16.26 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}} = 36816.12 > 23000 (\text{Turbulen})$$

Untuk mencari bilangan nusselt (Nu) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Nu = 0.023 \times Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{0.4} \times \left(\frac{d_i}{D} \right)^{0.1}$$

Dimana: D = diameter apk = 0,15

Pr = bilangan prandalt

Untuk mencari bilangan prandalt, digunakan rumus :

$$Pr = \frac{C_{freon} \times \mu}{K_{freon}}$$

Dimana: K_{freon} = konduktivitas termal Freon

Didapat dari table properties refrigerant R22

Tabel 4.17 Propertis refrigerant R22

T	K
70	19.16
71.78	19.87
75	21.16

Interpolasi nilai K :

$$K_{freon} = 19.16 + \frac{(21.16 - 19.16)}{(75 - 70)} \times (71.78 - 70)$$

$$K_{freon} = 19.16 + (0.4) \times (1.78)$$

$$K_{freon} = 19.87 \text{ w/m} \cdot \text{°C}$$

Maka bilangan prandalt (Pr)

$$Pr = \frac{C_{freon} \times \mu}{K_{freon}}$$

$$Pr = \frac{1672 \text{ j/kg} \cdot \text{°C} \times 16.26 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{s}}{19.87 \text{ w/m} \cdot \text{°C}}$$

$$Pr = \frac{0.271867}{19.87} = 0.013682$$

Maka bilangan Nusselt (Nu) :

$$Nu = 0.023 \times Re^{\frac{4}{5}} \times Pr^{0.4} \times \left(\frac{d_i}{D}\right)^{0.1}$$

$$Nu = 0.023 \times 36816.12^{\frac{4}{5}} \times 0.013682^{0.4} \times (0.00553m/0.15m)^{0.1}$$

$$Nu = 0.023 \times 4496 \times 0.179663 \times 0.7188915 = 13.35$$

Untuk mencari koefisien perpindahan panas sisi dalam coil (h_i) digunakan rumus sebagai berikut:

$$h_i = \frac{Nu \times K_{freon}}{d_i}$$

$$h_i = \frac{13.35 \times 19.87 \text{ w/m} \cdot \text{°C}}{0.00553m} = 47968.2 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Untuk menghitung resistensi thermal (R_{th}) digunakan rumus sebagai berikut:

$$R_{th} = \frac{1}{A_i \times h_i} + \frac{1}{A_o \times h_o} + \frac{\ln\left(\frac{d_i}{D}\right)}{2 \times \pi \times K \times L}$$

Dimana: K = konduktivitas thermal tembaga = 385 w/m.°C

$$R_{th} = \frac{1}{\pi \times 0.00553m \times 16m \times 47968.2 \text{ w/m} \cdot \text{°C}} + \frac{1}{\pi \times 0.00635m \times 16m \times 218.06 \text{ w/m} \cdot \text{°C}} + \frac{\ln(0.00553m/0.15)}{2 \times \pi \times 385 \text{ w/m} \cdot \text{°C} \times 16m}$$

$$R_{th} = \frac{1}{13326.8} + \frac{1}{60.582} + \frac{-3.300}{38684.8} = 0.016496 \text{ °C/w}$$

Untuk menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) digunakan rumus sebagai berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{47968.2 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}} + \frac{1}{218.06 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}}}$$

$$U = \frac{1}{(2.0847 \times 10^{-5}) + (0.0045858)} = 217.07 \text{ w/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Jadi laju perpindahan panas dari helical coil ke air (Q) digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = U \times A_o \times \Delta T_{air}$$

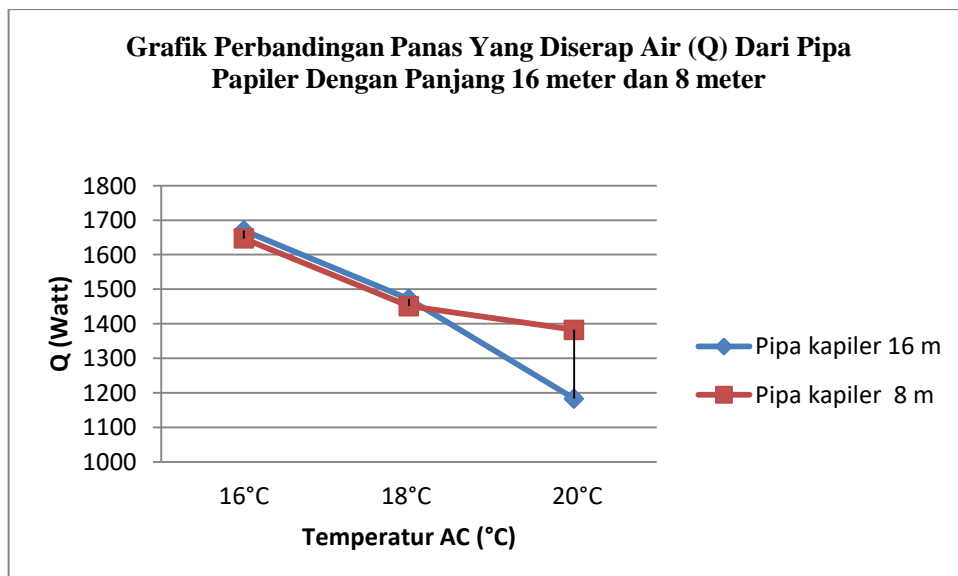
$$Q = 217.072 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C} \times \pi \times 0.00635 \text{ m} \times 16 \text{ m} \times 24.12 \text{ °C}$$

$$Q = \underline{1670.32 \text{ W}}$$

Tabel 4.18. Hasil perhitungan panas yang diserap air dari *helical coil* dengan pipa 16 meter dan pipa 8 meter pada temperature AC 16°C dan juga temperature AC 20°C dapat dilihat pada table dibawah ini :

Kalor diserap air (Watt)	Temperatur AC 16°C (16 m)	Temperatur AC 16°C (8 m)	Temperatur AC 18°C (16 m)	Temperatur AC 18°C (8 m)	Temperatur AC 20°C (16 m)	Temperatur AC 20°C (8 m)
Q (W)	1670.3W	1647.04W	1471.8W	1450.8W	1183.1W	1382.1W

Grafik perbandingan dari kalor yang diserap air dari *helical coil* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.37. Grafik perbandingan Q dari *helical coil* Ke Air

Dari gambar diatas bisa dilihat bahwa panas tertinggi yang diserap oleh air dari *helical coil* yaitu pada temperature evaporator AC 16 °C *helical coil* dengan panjang pipa 16 meter dan jumlah 30 lilitan dengan nilai sebesar 1670.32 Watt.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil penelitian dan pengujian pada ACWH (*Air Conditioning Water Heater*), *helical coil* dengan menggunakan panjang pipa kapiler 16 meter dan jumlah lilitan sebanyak 30 lilitan lebih efektif untuk memanaskan air, dibandingkan dengan pipa dengan panjang 8 meter dengan 15 lilitan.
2. Hasil akhir temperatur pemanasan air menggunakan APK dengan panjang pipa 16 meter pada temperatur evaporator AC 16°C sebesar 53.81°C, pada temperatur evaporator AC 18°C sebesar 51°C, dan pada temperatur evaporator AC 20°C sebesar 46.81°C.
3. Hasil akhir temperatur pemanasan air menggunakan APK dengan panjang pipa 8 meter pada temperatur evaporator AC 16°C sebesar 53.69°C, pada temperatur evaporator AC 18°C sebesar 49.94°C, dan pada temperatur evaporator AC 20°C sebesar 49.06°C.
4. Perpindahan panas tertinggi yang diserap oleh air dari *helical coil* yaitu pada temperature evaporator AC 16 °C *helical coil* dengan panjang pipa 16 meter dan jumlah 30 lilitan dengan nilai sebesar 1670.32 Watt

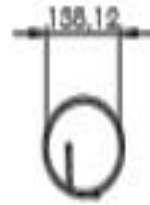
5.2. Saran

Demi penyempurnaan alat dan riset, maka diperlukan penelitian-penelitian lanjutan seperti dengan simulasi menggunakan software dan juga perlu pengembangan mengenai ACWH ini agar semakin komplit dan juga berinovasi.

DAFTAR PUSTAKA

- A, A. Ayare., S, D. Anjarlekar., M, N. T., & S, S. Wamane. (2017). Eksperimental Study On Helical Coil Heat Exchanger. *International Journal Of Scientific and Research Publications*, Vol.7.ISSN 2250-3153, 56-59.
- ASHRAE Handbook. (2005). *Thermophysical Properties of Refrigerants R22*. ASHRAE
- Bergman, T. L., Incropera, F. P., Dewitt, D. P., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamental Of Heat and Mass Transfer*. New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Holman, J. P. (2010). *Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill.
- Huang, B. J., & Lee, C. P. (2003). Long-Term Performance Of Solar Assisted Heat Pump Water Heater. *Renewable Energy*, 633-639.
- Santoso, D., & Setiaji, F. D. (2013). Pemanfaatan Gas Buang Pengkondisi Udara Sebagai Pemanas Air Dengan Menggunakan Penukar Panas Helical. *Techne Jurnal Ilmiah Elektronika Vol.12 No.2*, 129-140.
- Sibagariang, Y. P. (2018). *Analisa Performansi AC Split 1/2 PK Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe Selongsong*. Medan: Departemen Teknik Mesin USU
- Sitompul, M. T. (1997). *Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Soekardi, C. (2015). *Termodinamika Dasar Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Andi.
- Stoecker, W. F., Jones, J. W., & Hara, S. (1992). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta: Erlangga.
- Table A-9 Properties of Water. In J. P. Holman, *Heat Transfer*. (2010). New York: McGraw-Hill.
- Wilis, G. R. (2017). Perencanaan Tabung Water Heater pada Aplikasi Air Conditioning (AC) Double System 1 PK. *Volume 14 No.1*, 1-6.
- Wong, S., Muneer, W., & Priuer, A. (2013). Designing, Operating, and Simulating Electric Water Heater Population For Smart Grid. *RPTEC No.411*.
- Yoga, N. G., & Outri, A. M. (2018). Studi Eksperimen Variasi Panjang dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi Terbit II. E-ISSN: 2622-5565*, 85-89.

LAMPIRAN



LALDI SHAFI/BERPONDOK DIVISI/DEPT/LOKASI SURABAYA/INDONESIA UNIT/NO			RUMAH		DESAIN/REVISI SHEET/NO		DD/BB/SS/AA/BB/AA/BB		NO/0000		
NAMA			SIGNATURE		DATE		TITLE		<h1 style="text-align: center;">Helical Coil</h1>		
DESAIN/REVISI			SIGNATURE		DATE		TITLE				
DESAIN/REVISI			SIGNATURE		DATE		TITLE				
DESAIN/REVISI			SIGNATURE		DATE		TITLE				
DESAIN/REVISI			SIGNATURE		DATE		TITLE				
D.A.			MATERIAL Pipa Tembaga		SHEET NO. 1		A4				
UNIT/NO			DD/BB/SS/AA/BB/AA/BB		SHEET/NO		NO/0000				

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}			

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

Temp., °C	Pres- sure, MPa	Density, Volume, kg/m ³ , m ³ /kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/(kg·K)		Specific Heat c _p , kJ/(kg·K)		c _p /c _v	Velocity of Sound, m/s		Viscosity, 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	Liquid	Vapor		
-100.00	0.00201	1571.3	8.26600	90.71	358.97	0.5050	2.0543	1.061	0.497	1.243	1127	143.6	845.8	7.25	143.1	4.46	28.12	-100.00
-90.00	0.00481	1544.9	3.64480	101.32	363.85	0.5646	1.9980	1.061	0.512	1.237	1080	147.0	699.4	7.67	137.8	4.84	26.36	-90.00
-80.00	0.01037	1518.2	1.77820	111.94	368.77	0.6210	1.9508	1.062	0.528	1.233	1033	150.3	591.0	8.09	132.6	5.25	24.63	-80.00
-70.00	0.02047	1491.2	0.94342	122.58	373.70	0.6747	1.9108	1.065	0.545	1.231	986	153.3	507.6	8.52	127.6	5.68	22.92	-70.00
-60.00	0.03750	1463.7	0.53680	133.27	378.59	0.7260	1.8770	1.071	0.564	1.230	940	156.0	441.4	8.94	122.6	6.12	21.24	-60.00
-50.00	0.06453	1435.6	0.32385	144.03	383.42	0.7752	1.8480	1.079	0.585	1.232	893	158.3	387.5	9.36	117.8	6.59	19.58	-50.00
-48.00	0.07145	1429.9	0.29453	146.19	384.37	0.7849	1.8428	1.081	0.589	1.233	884	158.7	377.8	9.45	116.9	6.69	19.25	-48.00
-46.00	0.07894	1424.2	0.26837	148.36	385.32	0.7944	1.8376	1.083	0.594	1.234	875	159.1	368.6	9.53	115.9	6.79	18.92	-46.00
-44.00	0.08705	1418.4	0.24498	150.53	386.26	0.8039	1.8327	1.086	0.599	1.235	865	159.5	359.6	9.62	115.0	6.89	18.59	-44.00
-42.00	0.09580	1412.6	0.22402	152.70	387.20	0.8134	1.8278	1.088	0.603	1.236	856	159.9	351.0	9.70	114.0	6.99	18.27	-42.00
-40.81 ^b	0.10132	1409.2	0.21260	154.00	387.75	0.8189	1.8250	1.090	0.606	1.236	851	160.1	346.0	9.75	113.5	7.05	18.08	-40.81
-40.00	0.10523	1406.8	0.20521	154.89	388.13	0.8227	1.8231	1.091	0.608	1.237	847	160.3	342.6	9.79	113.1	7.09	17.94	-40.00
-38.00	0.11538	1401.0	0.18829	157.07	389.06	0.8320	1.8186	1.093	0.613	1.238	838	160.6	334.5	9.87	112.2	7.19	17.62	-38.00
-36.00	0.12628	1395.1	0.17304	159.27	389.97	0.8413	1.8141	1.096	0.619	1.239	828	160.9	326.7	9.96	111.2	7.29	17.30	-36.00
-34.00	0.13797	1389.1	0.15927	161.47	390.89	0.8505	1.8098	1.099	0.624	1.241	819	161.2	319.1	10.04	110.3	7.40	16.98	-34.00
-32.00	0.15050	1383.2	0.14682	163.67	391.79	0.8596	1.8056	1.102	0.629	1.242	810	161.5	311.7	10.12	109.4	7.51	16.66	-32.00
-30.00	0.16389	1377.2	0.13553	165.88	392.69	0.8687	1.8015	1.105	0.635	1.244	800	161.8	304.6	10.21	108.5	7.61	16.34	-30.00
-28.00	0.17819	1371.1	0.12528	168.10	393.58	0.8778	1.7975	1.108	0.641	1.246	791	162.0	297.7	10.29	107.5	7.72	16.02	-28.00
-26.00	0.19344	1365.0	0.11597	170.33	394.47	0.8868	1.7937	1.112	0.646	1.248	782	162.3	291.0	10.38	106.6	7.83	15.70	-26.00
-24.00	0.20968	1358.9	0.10749	172.56	395.34	0.8957	1.7899	1.115	0.653	1.250	772	162.5	284.4	10.46	105.7	7.94	15.39	-24.00
-22.00	0.22696	1352.7	0.09975	174.80	396.21	0.9046	1.7862	1.119	0.659	1.253	763	162.7	278.1	10.55	104.8	8.06	15.07	-22.00
-20.00	0.24531	1346.5	0.09268	177.04	397.06	0.9135	1.7826	1.123	0.665	1.255	754	162.8	271.9	10.63	103.9	8.17	14.76	-20.00
-18.00	0.26479	1340.3	0.08621	179.30	397.91	0.9223	1.7791	1.127	0.672	1.258	744	163.0	265.9	10.72	103.0	8.29	14.45	-18.00
-16.00	0.28543	1334.0	0.08029	181.56	398.75	0.9311	1.7757	1.131	0.678	1.261	735	163.1	260.1	10.80	102.1	8.40	14.14	-16.00
-14.00	0.30728	1327.6	0.07485	183.83	399.57	0.9398	1.7723	1.135	0.685	1.264	726	163.2	254.4	10.89	101.1	8.52	13.83	-14.00
-12.00	0.33038	1321.2	0.06986	186.11	400.39	0.9485	1.7690	1.139	0.692	1.267	716	163.3	248.8	10.98	100.2	8.65	13.52	-12.00
-10.00	0.35479	1314.7	0.06527	188.40	401.20	0.9572	1.7658	1.144	0.699	1.270	707	163.3	243.4	11.06	99.3	8.77	13.21	-10.00
-8.00	0.38054	1308.2	0.06103	190.70	401.99	0.9658	1.7627	1.149	0.707	1.274	697	163.4	238.1	11.15	98.4	8.89	12.91	-8.00
-6.00	0.40769	1301.6	0.05713	193.01	402.77	0.9744	1.7596	1.154	0.715	1.278	688	163.4	233.0	11.24	97.5	9.02	12.60	-6.00
-4.00	0.43628	1295.0	0.05352	195.33	403.55	0.9830	1.7566	1.159	0.722	1.282	679	163.4	227.9	11.32	96.6	9.15	12.30	-4.00
-2.00	0.46636	1288.3	0.05019	197.66	404.30	0.9915	1.7536	1.164	0.731	1.287	669	163.4	223.0	11.41	95.7	9.28	12.00	-2.00
6.00	0.60259	1260.8	0.03913	207.09	407.20	1.0254	1.7422	1.187	0.766	1.307	632	163.0	204.4	11.77	92.2	9.84	10.81	6.00
8.00	0.64088	1253.8	0.03683	209.47	407.89	1.0338	1.7395	1.193	0.775	1.313	622	162.8	200.0	11.86	91.3	9.99	10.51	8.00
10.00	0.68095	1246.7	0.03470	211.87	408.56	1.0422	1.7368	1.199	0.785	1.319	613	162.6	195.7	11.96	90.4	10.14	10.22	10.00
12.00	0.72286	1239.5	0.03271	214.28	409.21	1.0505	1.7341	1.206	0.795	1.326	603	162.4	191.5	12.05	89.5	10.29	9.93	12.00
14.00	0.76668	1232.2	0.03086	216.70	409.85	1.0589	1.7315	1.213	0.806	1.333	594	162.2	187.3	12.14	88.6	10.45	9.64	14.00
16.00	0.81244	1224.9	0.02912	219.14	410.47	1.0672	1.7289	1.220	0.817	1.340	584	161.9	183.2	12.24	87.7	10.61	9.35	16.00
18.00	0.86020	1217.4	0.02750	221.59	411.07	1.0755	1.7263	1.228	0.828	1.348	575	161.6	179.2	12.33	86.8	10.77	9.06	18.00
20.00	0.91002	1209.9	0.02599	224.06	411.66	1.0838	1.7238	1.236	0.840	1.357	565	161.3	175.3	12.43	85.9	10.95	8.78	20.00
22.00	0.96195	1202.3	0.02457	226.54	412.22	1.0921	1.7212	1.244	0.853	1.366	555	161.0	171.5	12.53	85.0	11.12	8.50	22.00
24.00	1.01600	1194.6	0.02324	229.04	412.77	1.1004	1.7187	1.252	0.866	1.375	546	160.6	167.7	12.63	84.1	11.30	8.22	24.00
26.00	1.07240	1186.7	0.02199	231.55	413.29	1.1086	1.7162	1.261	0.879	1.385	536	160.2	163.9	12.74	83.2	11.49	7.94	26.00
28.00	1.13090	1178.8	0.02082	234.08	413.79	1.1169	1.7136	1.271	0.893	1.396	527	159.7	160.3	12.84	82.3	11.69	7.66	28.00
30.00	1.19190	1170.7	0.01972	236.62	414.26	1.1252	1.7111	1.281	0.908	1.408	517	159.2	156.7	12.95	81.4	11.89	7.38	30.00
32.00	1.25520	1162.6	0.01869	239.19	414.71	1.1334	1.7086	1.291	0.924	1.420	507	158.7	153.1	13.06	80.5	12.10	7.11	32.00
34.00	1.32100	1154.3	0.01771	241.77	415.14	1.1417	1.7061	1.302	0.940	1.434	497	158.2	149.6	13.17	79.6	12.31	6.84	34.00
36.00	1.38920	1145.8	0.01679	244.38	415.54	1.1499	1.7036	1.314	0.957	1.448	487	157.6	146.1	13.28	78.7	12.54	6.57	36.00
38.00	1.46010	1137.3	0.01593	247.00	415.91	1.1582	1.7010	1.326	0.976	1.463	478	157.0	142.7	13.40	77.8	12.77	6.30	38.00
40.00	1.53360	1128.5	0.01511	249.65	416.25	1.1665	1.6985	1.339	0.995	1.480	468	156.4	139.4	13.52	76.9	13.02	6.04	40.00
42.00	1.60980	1119.6	0.01433	252.32	416.55	1.1747	1.6959	1.353	1.015	1.498	458	155.7	136.1	13.64	76.0	13.28	5.77	42.00
44.00	1.68870	1110.6	0.01360	255.01	416.83	1.1830	1.6933	1.368	1.037	1.517	448	155.0	132.8	13.77	75.1	13.55	5.51	44.00
46.00	1.77040	1101.4	0.01291	257.73	417.07	1.1913	1.6906	1.384	1.061	1.538	437	154.2	129.5	13.90	74.1	13.83	5.25	46.00
48.00	1.85510	1091.9	0.01226	260.47	417.27	1.1997	1.6879	1.401	1.086	1.561	427	153.4	126.3	14.04	73.2	14.13	5.00	48.00
50.00	1.94270	1082.3	0.01163	263.25	417.44	1.2080	1.6852	1.419	1.113	1.586	417	152.6	123.1	14.18	72.3	14.45	4.74	50.00
52.00	2.03330	1072.4	0.01104	266.05	417.56	1.2164	1.6824	1.439	1.142	1.614	407	151.7	120.0	14.32	71.4	14.78	4.49	52.00
54.00	2.12700	1062.3	0.01048	268.89	417.63	1.2248	1.6795	1.461	1.173	1.644	396	150.8	116.9	14.47	70.4	15.14	4.24	54.00
56.00	2.22390	1052.0	0.00995	271.76	417.66	1.2333	1.6766	1.485	1.208	1.677	386	149.8	113.8	14.63	69.5	15.52	4.00	56.00
58.00	2.32400	1041.3	0.00944	274.66	417.63	1.2418	1.6736	1.511	1.246	1.714	375	148.8	110.7	14.80	68.6	15.92	3.75	58.00
60.00	2.42750	1030.4	0.00896	277.61	417.55	1.2504	1.6705	1.539	1.287	1.755	364	147.7	107.6	14.98	67.6	16.36	3.51	60.00
65.00	2.70120	1001.4	0.00785	285.18	417.06	1.2722	1.6622	1.626</										

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat Penukar Panas Tipe *Shell Helical Coil*

Nama : AndriKurniawan
 NPM : 1507230193

DosenPembimbing1 : Chandra A Siregar, S.T., M.T
 DosenPembimbing2 : Ahmad MarabdiSiregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Selasa Sabtu 4/10/2019	perbaiki bab I	g
2.	Sabtu 5/10/2019	perbaiki bab II	g
3.	Sabtu 29/8 2019	unjukakan pembuatan alat / setup alat uji	g
4.	Rabu 23/10 - 2019	lansutkan ke pembimbing II	g
5.	Senin 4/11 2019 :	perbaiki prosedur di Bab-3	} AH .
6.	Selasa 5/11 2019 :	perbaiki lagi prosedur buat poin per poin	
7.	Senin 11/11 2019 :	perbaiki Bab-4	AH .
8.	Sabtu 16/11 2019 :	Tambahkan jbr. saat pengumpulan data	} AH .
9.	Rabu 20/11 2019 :	kembali ke pembimbing I	AH .
10.	Senin 13/11 - 2019	All seminar	g



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

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6022400 - EXT. 12
 Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 603/3AU/UMSU-07/F/2019

Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas
 Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 25 April 2019 dengan ini Menetapkan :

- : ANDRI KURNIAWAN
- : 1507230193
- : TEKNIK Mesin
- : V111 (Delapan)
- : PENGARUH PANJANG DAN DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP
- : EFEKTIFITAS ALAT PENUKAR PANAS TIPE HELICAL COIL
- : CHANDRA A SIREGAR ST. MT
- : AHMAD MARABDI SIREGAR ST. MT

1. Bila Judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti Oleh Dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari program Studi Teknik Mesin
 2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.
- Surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
 Medan 21 Sya'ban 1440 H
 26 April 2019 M
 Dekan



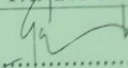
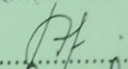
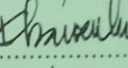
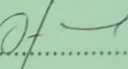
(Handwritten signature)

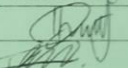
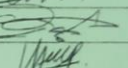
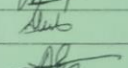
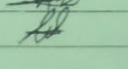
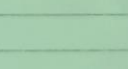

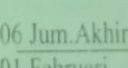
Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
 NIDN: 0101017202

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

Peserta Seminar

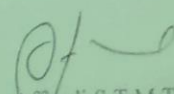
Nama : Andri Kurniawan
 NPM : 1507230193
 Judul Tugas Akhir : Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas
 Alat Penukar Kalor Tipe Shell helical Coil.

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230178	DANA SETIAWAN	
2	1507230084	HUSEIN ERENID	
3	1607230079	M. KAMALUDDIN WAHDANI	
4	1607230046	M. URIP MAULANA	
5	1607230062	ALDI TRISNA IRWAN	
6	1607230080	M. ALFA APRIAN ISMARA	
7	1607230069	BAYU AZHARY	
8			
9			
10			

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

Ketua Prodi. T.Mesin


 Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : Andri Kurniawan
NPM : 1507230193
Judul T.Akhir : Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat
Penukar Kaolor Tipe Shell Helical Coil.

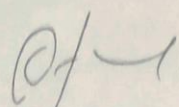
Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

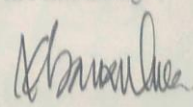
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
*latur belah turjana, pustaka
Metrik, Anotasi, dan kelengkapan*
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I


Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Andri Kurniawan
NPM : 1507230193
Judul T.Akhir : Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Alat
Penukar Kaolor Tipe Shell Helical Coil.

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

KEPUTUSAN

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

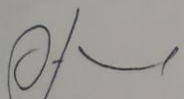
.....
Lihat buku tugas akhir
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

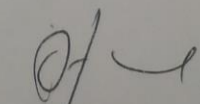
.....
.....
.....
.....

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H
01 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II


Affandi S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

- | | |
|--------------------------|---|
| 1. Nama | : ANDRI KURNIAWAN |
| 2. Jenis Kelamin | : Laki-Laki |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : Medan, 14 -11 - 1996 |
| 4. Kewarganegaraan | : Indonesia |
| 5. Status | : Belum Kawin |
| 6. Agama | : Islam |
| 7. Alamat | : JL. Marelan 7 Pasar 1 Tengah Gg. Famili |
| 8. No. Hp | : 0813-9338-4495 |
| 9. Email | : kurniawanandri1996@yahoo.com |

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- | | |
|--------------|--|
| 1. 2003-2009 | : SD PAB 27 |
| 2. 2009-2012 | : SMP NEGERI 43 MEDAN |
| 3. 2012-2015 | : SMA SWASTA LAKSAMANA
MARTADINATA |
| 4. 2015-2020 | : TEKNIK MESIN UNIVERSITAS
MUHMMADIYAH SUMATERA UTARA |