

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ACWH (*AIR CONDITIONER WATER HEATER*) DENGAN ALAT PENUKAR KALOR *SHELL AND HELICAL-COIL*

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

Disusun Oleh:

SETIAWAN HADI
1507230197



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

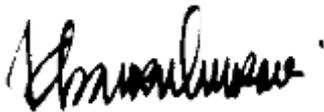
Nama : Setiawan Hadi
NPM : 1507230197
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Rancang Bangun ACWH (*Air Conditioner Water Heater*)
Dangan Alat Penukar Kalor *Shell And Helical-Coil*
Bidang ilmu : Konversi Energi

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



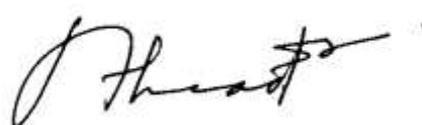
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III

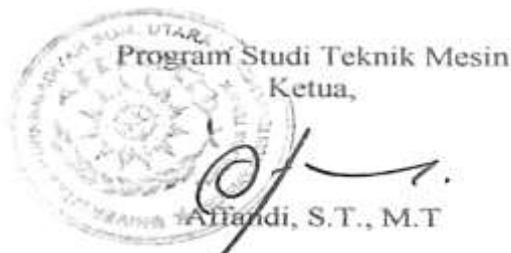


Chandra A Siregar, S.T., M.T

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 : Setiawan Hadi
Tempat /Tanggal Lahir : Medan /24 Februari 1997
NPM : 1507230197
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Rancang Bangun ACWH (*Air Conditioner Water Heater*) Dengan Alat Penukar Kalor *Shell And 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,

Saya yang menyatakan,

Setiawan Hadi



ABSTRAK

Air Conditioner Water Heater (ACWH) merupakan pemanfaatan kembali energi yang terbuang dari kompresor pada sistem AC yang dimodifikasi untuk menghasilkan 2 fungsi yaitu sebagai pendingin ruangan dan juga sebagai pemanas air. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang ACWH dengan alat penukar kalor *Shell and Helical Coil*, untuk menentukan material yang digunakan pada ACWH dan untuk membuat ACWH dengan alat penukar kalor *shell and Helical Coil*. Pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap yaitu perancangan, pemilihan bahan dan pembuatan. Perancangan menggunakan *software solidworks 2013* yang meliputi perancangan rangka, perancangan tangki, perancangan alat penukar kalor *Helical-Coil* dan tahap penyatuan komponen-komponen yang dirancang untuk bisa mengalirkan panas refrigerant ke air. Tahap pembuatan alat mengikuti dari rancangan yang telah dibuat yaitu rangka menggunakan besi siku (L) dengan dimensi 750mm x 390mm x 1500mm, tangki menggunakan plat besi galvanis dengan kapasitas 60 liter dan perombakan jalur aliran keluar kompresor yang dialirkan menuju alat penukar kalor *Helical-Coil* berbahan tembaga berdiameter 6,35mm dengan dimensi APK 150mm x 300mm atau setengah dari tinggi tangki. Dari hasil pengujian, ACWH dapat bekerja dengan baik yang dibuktikan dengan peningkatan temperatur air mencapai 53,69°C dalam waktu 60 menit.

Kata kunci: Pemanas air, Energi yang terbuang, *Helical-Coil*, Tembaga

ABSTRACT

Air Conditioner Water Heater (ACWH) is the reuse of energy wasted from the compressor on an AC system that is modify to produce 2 function, namely as an air conditioner and also as a water heater. The purpose of this study was to design ACWH with a Shell and Helical Coil heat exchanger, to determine the material used in ACWH and to make ACWH with a Shell and Helical Coil heat exchanger. In this study divided into several stages, namely design, selection of materials and manufacture. The design use the solidworks 2013 software which includes the design of the framework, the design of the tank, the design of the Helical-Coil heat exchanger and the component integration stage which is design to be able to transfer refrigerant heat to water. The manufacturing stage follows from the design that has been made, namely the frame using angle iron (L) with dimension of 750mm x 390mm x 1500, the tank uses galvanized iron plate with a capacity of 60 liters and an overhaul of the compressor outflow path which is directed toward the Helical-Coil heat exchanger made from 6,35mm diameter copper with HE dimension of 150mm x 300mm or half the height of the tank. From the test result, ACWH can work well as evidence by an increase in water temperature reaching 53,69 °C in 60 minutes.

Keywords: Water heater, Wasted energy, Helical-Coil, Copper

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun ACWH (Air Conditioner Water Heater) Dengan Alat Penukar Kalor tipe *Shell and 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, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Orang tua penulis: Syamsuddin dan Ngatini, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat penulis: Arifin Handrianto, Andri Kurniawan, Ulil Amri, Yogi Pranata, Fadli Umri Pratama, Febry Andrian, Dana Setiawan dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 14 Februari 2020



Setiawan Hadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
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. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Perancangan (<i>Design</i>)	5
2.2.1. Karakteristik Perancangan	6
2.3. Dasar-Dasar Pemilihan Bahan	8
2.3.1. Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan	10
2.4. Pengelasan Busur	12
2.5. <i>Air Conditioning Water Heater</i>	14
2.6. Siklus Refrigerasi	14
2.7. Perpindahan Panas	17
2.7.1. Perpindahan Panas Konduksi	17
2.7.2. Konduktivitas Termal	18
2.7.3. Perpindahan Panas Konveksi	19
2.7.4. Perpindahan Panas Radiasi	19
2.8. Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	20
2.9. <i>Helical-coil</i>	21
2.10 <i>Road Map</i> Penelitian	22
BAB 3 METODOLOGI	23
3.1 Tempat dan Waktu	23
3.1.1. Tempat	23
3.1.2. Waktu	23
3.2 Bahan dan Alat	23
3.2.1. Bahan	23
3.2.2. Alat	28
3.3 Bagan Alir Penelitian	33

3.3.1.	Penjelasan Diagram Alir	34
3.4	Prosedur Perancangan	34
3.5	Tahap Perancangan Konsep, Komponen dan Rangka ACWH	35
3.5.1.	Konsep Rancangan	35
3.5.2.	Pemilihan Konsep Rancangan	36
3.5.3.	Hasil Pemilihan Konsep ACWH	36
3.6	Rancangan Komponen-Komponen ACWH	36
3.6.1.	Perancangan Rangka ACWH	37
3.6.2.	Perancangan Tangki	37
3.6.3.	Perancangan <i>Helical-Coil</i>	37
3.6.4.	Tahap <i>Assembly</i> / Perakitan Komponen	38
3.7	Prosedur Pembuatan	38
3.8	Pembuatan Komponen-Komponen ACWH	38
3.8.1.	Pembuatan Rangka	38
3.8.2.	Pembuatan dan Pelapisan Tangki	39
3.8.3.	Pembuatan <i>Helical-Coil</i>	39
3.8.4.	Perombakan Jalur Keluaran Kompresor	39
3.8.5.	Proses Pemasangan Sensor	39
3.8.6.	Proses Perakitan Komponen	39
3.8.7.	Proses Pengujian ACWH	39
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil Perancangan Komponen-komponen ACWH	41
4.1.1.	Perancangan Rangka ACWH	41
4.1.1.1.	Perhitungan Kelayakan Rangka	41
4.1.1.2.	Perhitungan Sambungan Las	43
4.1.2.	Perancangan Tangki	44
4.1.3.	<i>Perancangan Helical-Coil</i>	45
4.1.4.	Tahap <i>Assembly</i> / Perakitan Komponen	46
4.1.5.	Hasil Perancangan	47
4.1.6.	Bagian-Bagian Komponen ACWH	47
4.1.7.	Siklus Kerja ACWH	48
4.2	Hasil Pembuatan Komponen-Komponen ACWH	49
4.2.1.	Pembuatan Rangka ACWH	49
4.2.2.	Pembuatan dan Pelapisan Tangki	51
4.2.3.	Pembuatan <i>Helical-Coil</i>	52
4.2.4.	Perombakan Jalur Keluaran Kompresor	53
4.2.5.	Pemasangan Sensor	54
4.2.6.	Perakitan Komponen	56
4.2.7.	Hasil Pembuatan	56
4.2.8.	Proses Pengujian ACWH	57
4.3	Hasil Pengujian	58
4.3.1.	Hasil Pengujian Waktu Terhadap Temperatur Air	59
4.3.2.	Hasil Pengujian Waktu Terhadap Temperatur <i>Refrigerant</i> Keluar Kompresor	59
4.3.3.	Hasil Pengujian Waktu Terhadap Temperatur <i>Refrigerant</i> Masuk Kondensor	61

BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	63
	5.1. Kesimpulan	63
	5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN		
LEMBAR ASISTENSI		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Harga Tegangan Dasar	13
Tabel 2.2.	Temperatur Penguapan dan Tekanan Penguapan Dari Beberapa Refrigeran	15
Tabel 2.3.	Temperatur Penguapan dan Tekanan Pengembunan Dari Beberapa Refrigeran	16
Tabel 2.4.	Konduktivitas Taermal	19
Tabel 2.5.	<i>Road Map</i> Penelitian ACWH	22
Tabel 3.1.	Jadwal dan Kagiatan Saat Melakukan Penelitian	23
Tabel 4.1.	Data Hasil Pengujian Temperatur Air	59
Tabel 4.2.	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigeran</i> Keluar Kompresor	60
Tabel 4.3.	Data Hasil Pengujian Temperatur <i>Refrigeran</i> Masuk Kondensor	61

GAMBAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Shell and Helical Coil</i>	5
Gambar 2.2.	Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan	10
Gambar 2.3.	Pengelasan Busur	13
Gambar 2.4.	<i>Air Conditioning Water Heater</i>	14
Gambar 2.5.	Siklus Refrigerasi	15
Gambar 2.6.	Laju Perpindahan Panas Konduksi	18
Gambar 2.7.	Perpindahan Panas Konveksi	19
Gambar 2.8.	Perpindahan panas Radiasi	20
Gambar 2.9.	<i>Helical Coil</i>	21
Gambar 3.1.	Unit <i>Indoor AC</i>	24
Gambar 3.2.	Unit <i>Outdoor AC</i>	24
Gambar 3.3.	Besi Siku	24
Gambar 3.4.	Plat Besi Galvanis	25
Gambar 3.5.	Pipa Tembaga	25
Gambar 3.6.	Elektroda	26
Gambar 3.7.	Kawat Las Perak	26
Gambar 3.8.	Kawat Las Kuningan	26
Gambar 3.9.	<i>insulflex</i>	27
Gambar 3.10.	Plat aluminium	27
Gambar 3.11.	Freon	27
Gambar 3.12.	Mesin Las Listrik	28
Gambar 3.13.	<i>Portable Gas</i>	28
Gambar 3.14.	<i>Pipe Cutter</i>	29
Gambar 3.15.	<i>Flaring Tool</i>	29
Gambar 3.16.	<i>Manifold Gauge</i>	29
Gambar 3.17.	Meteran	30
Gambar 3.18.	Gerinda	30
Gambar 3.19.	Mesin Bor	30
Gambar 3.20.	Sensor Suhu	31
Gambar 3.21.	Arduino	31
Gambar 3.22.	Kunci Pas	31
Gambar 3.23.	Kunci L	32
Gambar 3.24.	Nepel	32
Gambar 3.25.	Laptop	32
Gambar 3.26.	Diagram Alir Rancang Bangun	33
Gambar 3.27.	Konsep Perancangan (A) dan Konsep Perancangan (B) ACWH	35
Gambar 3.28.	Desain Beserta Komponen dan Ukuran ACWH	36
Gambar 4.1.	Perancangan Rangka ACWH	41
Gambar 4.2.	Perancangan Tangki	45
Gambar 4.3.	Perancangan <i>Halical Coil</i>	46
Gambar 4.4.	Tahap Assembly	46
Gambar 4.5.	Hasil Rancangan ACWH	47
Gambar 4.6.	Bagian-bagian Komponen ACWH	47

Gambar 4.7.	Siklus Kerja ACWH	49
Gambar 4.8.	Pengukuran	49
Gambar 4.9.	Pemotongan	50
Gambar 4.10.	Pengelasan	50
Gambar 4.11.	Rangka ACWH	50
Gambar 4.12.	Pelapisan Tangki	51
Gambar 4.13.	Tangki	51
Gambar 4.14.	Pembuatan Lilitan	52
Gambar 4.15.	Pengelasan <i>Helical Coil</i>	52
Gambar 4.16.	<i>Helical-Coil</i>	53
Gambar 4.17.	Peletakan <i>Helical Coil</i> ke Dalam Tangki	53
Gambar 4.18.	Perombakan Jalur Keluaran Kompresor	54
Gambar 4.19.	Pemasangan Sensor pada Jalur <i>Refrigerant</i>	54
Gambar 4.20.	Pemasangan Sensor Pada Tangki	55
Gambar 4.21.	Bahasa Program Sensor DS18B20	55
Gambar 4.22.	Pemasangan Kabel Sensor	56
Gambar 4.23.	Perakitan Komponen	56
Gambar 4.24.	Hasil Pembuatan ACWH	56
Gambar 4.25.	Penyambungan Pipa Tembaga	57
Gambar 4.26.	Pengisian Freon	57
Gambar 4.27.	Pengisian Air	58
Gambar 4.28.	Pengambilan Data	58
Gambar 4.29.	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Air	59
Gambar 4.30.	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Temperatur <i>Refrigerant</i> Keluar Kompresor	60
Gambar 4.31.	Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Temperatur <i>Refrigerant</i> Masuk Kondensor	61
Gambar 4.32.	Grafik Perbandingan Laju Perpindahan Panas Terhadap Temperatur AC	62

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	satuan
τ_g	Tegangan geser	(N/mm ²)
F	Gaya	(N)
t	Tebal	(mm)
l	Panjang	(mm)
q _{cond}	Laju Perpindahan Panas Konduksi	(Joule)
K	Konduktivitas Termal	(W/M.K)
A	Luas Penampang	(m ²)
T ₁	Temperatur Awal	(°C)
T ₂	Temperatur Akhir	(°C)
L	Panjang	(m)
Δ_t	Perbedaan Temperatur	(°C)
q	Laju Perpindahan Panas	(Joule)
h	Koefisien Perpindahan Panas	(W/m ² .K)
T _w	Temperatur Awal	(°C)
T _∞	Temperatur Akhir	(°C)
F	Daya yang diradiasikan	(Watt)
δ	Konstanta stefan Boltzman	(W/m ² .K ⁴)
V	Volume	(m ³)
t	Tinggi	(m)
d	Diameter Atas	(m)
D	Diameter bawah	(m)
σ_b	Tegangan Bengkok	(N/mm ²)
Mb	Momen bengkok	(kg.mm)
Wb	Momen Tahanan Bengkok	(mm ³)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air Conditioner (AC) sudah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan modern ini, penggunaan mesin refrigrasi sebagai pengkondisian udara untuk gedung atau bangunan yang berukuran kecil sampai sedang umumnya menggunakan mesin refrigrasi jenis terpisah (*AC split*) dengan kapasitas pendinginan yang tidak terlalu besar. Sedangkan penggunaan mesin refrigrasi sebagai pengkondisian udara untuk gedung atau bangunan berukuran sedang dan besar biasanya menggunakan mesin refrigrasi jenis terpusat (*AC central*) yang memiliki kapasitas pendinginan yang cukup besar.

Pada umumnya dalam penggunaan AC (*Air Conditioner*) dengan kapasitas pendinginan kecil sedang maupun besar kalor yang dibuang oleh panas yang dihasilkan dari *kompresor* AC yang bertemperatur tinggi, biasanya dibiarkan dibuang percuma. Kalor ini dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air, sehingga didapat air panas tanpa perlu menggunakan elemen listrik untuk memanaskan air. Pemanfaatan panas buang kompresor AC ini akan menghemat energi listrik untuk keperluan air panas.

Pemanfaatan kembali energi yang terbuang pada sistem AC adalah dengan ACWH (*Air Conditioner Water Heater*). Sistem ini bekerja dengan menggunakan alat penukar kalor yang dipasang pada sistem AC sehingga tidak membutuhkan energi tambahan. Terdapat beberapa keuntungan dengan menggunakan sistem ACWH yaitu efek pendinginan udara, efek pemanasan air hemat energi dan juga bisa melakukan penghematan baik dalam energi maupun biaya. Dalam hal ini alat penukar kalor yang cocok digunakan untuk memanfaatkan kalor yang terbuang dari *kompresor* AC adalah penukar kalor *Shell and Helical-Coil* dengan bahan dasar tembaga (*copper*). *Shell and Helical-Coil* mempunyai kelebihan diantara jenis penukar panas lainnya, yaitu penggunaan ruang yang sangat efisien, dapat digunakan untuk memiliki jejak yang lebih kecil, penurunan tekanan yang lebih sedikit dan *effisiensi thermal* yang tinggi. Dari kelebihan diatas maka dapat dipastikan bahwa alat penukar kalor yang cocok digunakan untuk ACWH (*Air Conditioner Water Heater*) adalah alat penukar panas *Shell and Helical-Coil*.

Penelitian untuk memanfaatkan panas refrigerant keluaran kompresor untuk memanaskan air sudah pernah dibuat. Pada penelitian tersebut digunakan APK tipe helix dengan jumlah 3 lilitan dimasukkan dalam tabung dengan dimensi diameter 34 cm, dan tinggi 37 cm volume air yang bisa ditampung 30 liter dengan suhu air mencapai 60°C. Kesimpulannya adalah AC dapat dirancang dan diaplikasikan sebagai water heater dengan memanfaatkan panas pada sistem tersebut dan suhu air yang dicapai adalah 40 °C dalam jangka waktu 150 menit.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk memanaskan air dengan volume air 30 liter masih terlalu lama, dan volume air yang dipanaskan juga sedikit. Maka pada penelitian ini akan dibuat ACWH yang akan memanaskan air lebih cepat dan menampung lebih banyak air untuk dipanaskan.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana membuat ACWH dengan alat penukar kalor *shell and helical coil*?

1.3. Ruang Lingkup

Lingkup dari rancang bangun ini adalah memanfaatkan panas buang kompresor AC menggunakan alat penukar kalor tipe *Shell And Helical-Coil*. Spesifikasi dari penelitian ini adalah:

1. Perancangan ACWH menggunakan *software solidworks 2013*
2. Unit *air conditioning* (AC) yang digunakan adalah jenis AC split;
3. Media pemanasan adalah keluaran *refrigerant* kompresor AC;

1.4. Tujuan

Melalui rancang bangun ini diharapkan dapat dicapai berbagai tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk merancang ACWH dengan APK *shell and helical coil* untuk kebutuhan air panas.
2. Untuk menentukan material yang digunakan pada ACWH untuk kebutuhan air panas.
3. Untuk membuat ACWH dengan APK *shell and helical coil* untuk kebutuhan air panas.

1.5. Manfaat

Penulisan ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai pedoman untuk melakukan rancang bangun ACWH dengan alat penukar kalor *shell And Helical-Coil*;
2. Memberikan informasi mengenai sifat dan karakteristik dari ACWH dengan alat penukar kalor *Shell And Helical-Coil*;
3. Memberikan informasi tentang penggunaan alat penukar kalor dan kaitannya dengan *air condotioner* (AC).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

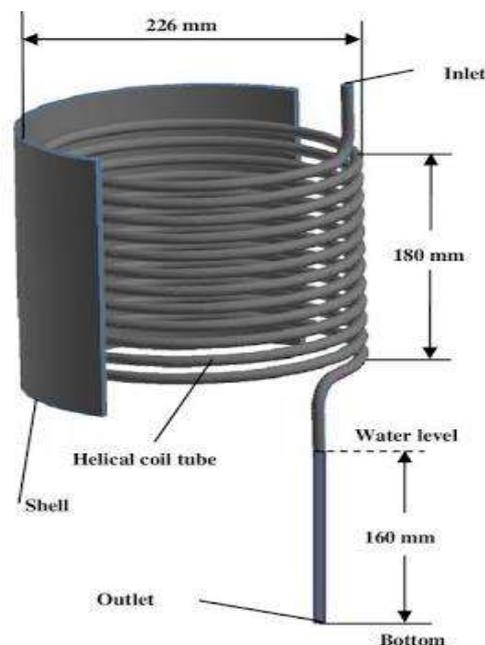
Azridjal Aziz, dkk (2015) melakukan penelitian tentang potensi pemanfaatan energi panas terbuang pada kondensor AC sentral untuk pemanas air hemat energi yang bertujuan untuk memanfaatkan energi panas yang terbuang dari kondensor sebagai pemanas air hemat energi. Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa total kalor spesifik yang terbuang di kondensor yang berpotensi sebagai pemanas air adalah sebesar 920,4246 kJ/kg dengan total daya atau kalor yang terbuang sebesar 228,318 KW. Temperatur buang kompresor maksimum yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air adalah sebesar 57,78 °C. Karena kalor yang dibuang kondensor cukup besar maka pemanfaatan energi panas buang kondensor AC tersebut cukup efektif untuk memanaskan air untuk kebutuhan perhotelan.

Binar Kusuma Bagja dan Djatmiko Ichani (2016) melakukan penelitian tentang rancang bangun dan studi eksperimen alat penukar panas untuk memanfaatkan energi refrigerant keluar kompresor AC sebagai pemanas air pada ST/D=4 dengan variasi volume air. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan volume air dalam tangki yaitu sebesar 75 liter, 85 liter, dan 100 liter. Hasil simulasi numerik diperoleh bahwa pola aliran kecepatan dengan nilai tertinggi berada pada daerah sekitaran tube inlet dikarenakan temperatur yang paling tinggi dibandingkan tube lainnya sehingga menimbulkan perbedaan temperatur dan juga densitas pada sekitaran tube inlet. Hasil eksperimen diperoleh bahwa volume air yang besar yaitu 100 liter memiliki COP tertinggi, yaitu sebesar 4,590. Hasil eksperimen diperoleh bahwa volume air yang rendah yaitu sebesar 75 liter memiliki waktu pemanasan air paling cepat yaitu selama 180 menit.

Hendradinata, dkk (2018) melakukan penelitian tentang rancang bangun *water heater* dengan memanfaatkan panas *air conditioning*, APK yang digunakan adalah tipe helix dengan jumlah 3 lilitan dimasukkan dalam tabung dengan dimensi diameter 34 cm, dan tinggi 37 cm volume air yang bisa ditampung 30 liter dengan suhu air mencapai 60 °C. Kesimpulannya adalah AC dapat dirancang

dan diaplikasikan sebagai water heater dengan memanfaatkan panas pada sistem tersebut dan suhu air yang dicapai adalah 40 °C.

Sameh A Nada, dkk melakukan penelitian tentang APK *shell and helical coil*. Perpindahan panas konveksi pada shell dan helical heat exchanger secara eksperimental diselidiki untuk diperelajari pengaruh diameter cangkang pada koefisien perpindahan panas rata-rata dan nomor nusselt. Konveksi pada permukaan luar tabung melingkar heliks diselidiki dengan fluks panas dinding yang konstan. Refrigerant R-12 melewati tabung didalam dan air melewati coil. Efek dari berbagai parameter di shell dan helical heat exchanger seperti efek diameter shell yang diuji. 4 shell dengan berbeda diameter diuji dalam penelitian ini. Pengaturan eksperimental dirancang untuk memungkinkan memvariasikan dan mengendalikan laju aliran air dan daya input shell. Parameter yang diukur seperti, suhu aliran, volt dan ampere. Pengukuran ini memungkinkan mempelajari efek parameter aliran tanpa dimensi seperti bilangan reynold, bilangan Grashoff dan diameter shell ke diameter helical pada karakteristik perpindahan panas.



Gambar 2.1 *Shell and Helical Coil* (konstantin, 2008)

2.2 Perancangan (*Design*)

Perancangan adalah suatu proses yang bertujuan untuk menganalisis, menilai memperbaiki dan menyusun suatu sistem, baik sistem fisik maupun non fisik yang optimum untuk waktu yang akan datang dengan memanfaatkan informasi yang ada. Perancangan (*design*) secara umum dapat didefinisikan

sebagai formulasi suatu rencana untuk memenuhi kebutuhan manusia. Sehingga secara sederhana perancangan dapat diartikan sebagai kegiatan pemetaan dari ruang fungsional (tidak kelihatan/imajiner) kepada ruang fisik (kelihatan) untuk memenuhi tujuan akhir perancang secara spesifik atau objektif. (Dermawan 2004)

2.2.1 Karakteristik perancangan

Dalam membuat suatu perancangan produk atau alat, kita perlu mengetahui karakteristik perancangan dan perancangnya.

A. Karakteristik Perancangan

Beberapa karakteristik perancangan sebagai berikut :

1. Berorientasi pada tujuan

2. *Variform*

Suatu anggapan bahwa terdapat sekumpulan solusi yang mungkin terbatas, tetapi harus dapat memilih salah satu ide yang diambil.

3. Pembatas

Dimana pembatas ini membatasi jumlah solusi pemecahan diantaranya:

- a. Hukum alam seperti ilmu fisika, ilmu kimia dan seterusnya.
- b. Ekonomis, pembiayaan atau ongkos dalam meralisir rancangan yang telah dibuat.
- c. Perimbangan manusia, sifat, keterbatasan dan kemampuan manusia dalam merancang dan memakainya.
- d. Faktor-faktor legalisasi: mulai dari model, bentuk sampai hak cipta.
- e. Fasilitas produksi: saran dan prasarana yang dibutuhkan untuk menciptakan rancangan yang telah dibuat.
- f. *Evolutif*, berkembang terus/mampu mengikuti perkembangan zaman.
- g. Perbandingan nilai: membandingkan dengan tatanan nilai yang telah ada.

B. Karakteristik Perancang

Sedaangkan karakteristik perancang merupakan karakteristik yang harus dipunyai oleh seorang perancang, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai kemampuan untuk mengidentifikasi masalah.
2. memiliki imajinasi untuk meramalkan masalah yang mungkin akantimbul.
3. Berdaya cipta.

4. Mempunyai kemampuan untuk menyederhanakan persoalan.
5. Mempunyai keahlian dalam bidang matematika, fisika atau kimiatergantung jenis rancangan yang dibuat.
6. Dapat mengambil keputusan terbaik berdasarkan analisa dan prosedur yang benar.
7. Mempunyai sifat yang terbuka (*open minded*) terhadap kritik dan saran dari orang lain.

Proses perancangan yang merupakan tahapan umum teknik perancangan dikenal dengan sebutan NIDA, yang merupakan kepanjangan dari *Need, Idea, Decision* dan *Action*. Artinya tahap pertama seorang perancang menetapkan dan mengidentifikasi kebutuhan (*need*). Kemudian dilanjutkan dengan pengembangan ide-ide (*idea*) yang akan melahirkan berbagai alternatif untuk memenuhi kebutuhan tadi dilakukan suatu penilaian dan penganalisaan terhadap berbagai alternatif yang ada. Dan pada akhirnya dilakukan suatu proses pembuatan (*action*). Perancangan suatu peralatan kerja dengan berdasarkan data antropometri pemakainya bertujuan untuk mengurangi tingkat kelelahan kerja, meningkatkan performansi kerja dan minimasi potensi kecelakaan kerja.

Tahapan perancangan sistem kerja menyangkut *work space design* dengan memperhatikan faktor antropometri secara umum adalah sebagai berikut :

1. Menentukan kebutuhan perancangan dan kebutuhannya (*establish requirement*).
2. Mendefinisikan dan mendeskripsikan populasi pemakai.
3. pemilihan sampel yang akan diambil datanya.
4. Penentuan kebutuhan data (dimensi tubuh yang akan diambil).
5. Penentuan sumber data (dimensi tubuh yang akan diambil) dan pemilihan persentil yang akan dipakai
6. Penyiapan alat ukur yang akan dipakai.
7. Pengambilan data.
8. Pengolahan data.
9. Visualisasi rancangan

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam membuat suatu rancangan selain faktor manusia antara lain:

1. Analisa Teknik
2. Banyak berhubungan dengan ketahanan, kekuatan, dan seterusnya.
3. Analisa Ekonomiberhubungan perbandingan biaya yang harus dikeluarkan dan manfaatyang akan diperoleh.
4. Analisa LegalisasiBerhubungan dengan segi hukum atau tatanan hukum yang berlakudan dari hak cipta.
5. Analisa PemasaranBerhubungan dengan jalur distribusi produk/hasil rancangan sehinggadapat sampai kepada konsumen.

6. Analisa Nilai

Analisa adalah suatu prosedur untuk mengidentifikasi ongkosongkosyang tidak ada gunanya.

Sesuai dengan perkembangan jaman analisa nilai tinggi atas 4 kategori yaitu :

1. *Uses Value*

Berhubungan dengan nilai kegunaan.

2. *Esteen Value*

Berhubungan dengan nilai keindahan atau estetika.

3. *Cost Value*

Berhubungan dengan pembiayaan.

4. *Excange Value*

Berhubungan dengan kemampuan tukar.Terdapat tiga tipe perancangan, yaitu :

1. perancangan untuk pemakaian nilai ekstrimData dengan persentil ekstrim minimum 5% dan ekstrim maksimum 95%.
2. Perancangan untuk pemkaian rata-rataData dengan persentil 50%.
3. Perancangan untuk pemakaian yang disesuaikan (*adjustable*)(Veteran, UNP).

2.3. Dasar-Dasar Pemilihan Bahan

Di dalam merencanakan suatu alat perlu sekali memperhitungkan dan memilih bahan-bahan yang akan digunakan, apakah bahan tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan baik itu secara dimensi ukuran ataupun secara sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan. Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai maka akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut,

ataupun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan yaitu: (Lawrence H. Van Vlack.(1980) Elements of materials science and engineering).

1. Fungsi Dari Komponen

Dalam perencanaan ini, komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. yang dimaksud dengan fungsinya adalah bagian-bagian utama perencanaan atau bahan yang akan dibuat dan dibeli harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing. Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang mendapat beban yang lebih besar, bahan yang dipakai tentunya lebih keras. Oleh karena itu penulis memperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu untuk diperhatikan.

2. Sifat Mekanis Bahan

Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari bahan maka akan diketahui pula kekuatan dari bahan tersebut. Dengan demikian akan mempermudah dalam perhitungan kekuatan atau kemampuan bahan yang akan dipergunakan pada setiap komponen. Tentu saja hal ini akan berhubungan dengan beban yang akan diberikan pada komponen tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas dan sebagainya.

3. Sifat Fisis Bahan

Sifat fisis bahan juga perlu diketahui untuk menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat fisis yang dimaksud disini seperti : kekasaran, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap korosi, tahan terhadap gesekan dan lain sebagainya.

4. Bahan Mudah Didapat

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk komponen suatu mesin yang akan direncanakan hendaknya diusahakan agar mudah didapat dipasaran, karena apabila nanti terjadi kerusakan akan mudah dalam penggantinyaannya. Meskipun bahan yang akan direncanakan telah diperhitungkan dengan baik, akan tetapi jika tidak didukung oleh persediaan bahan yang ada di pasaran, maka pembuatan suatu alat tidak dapat terlaksana dengan baik, karena

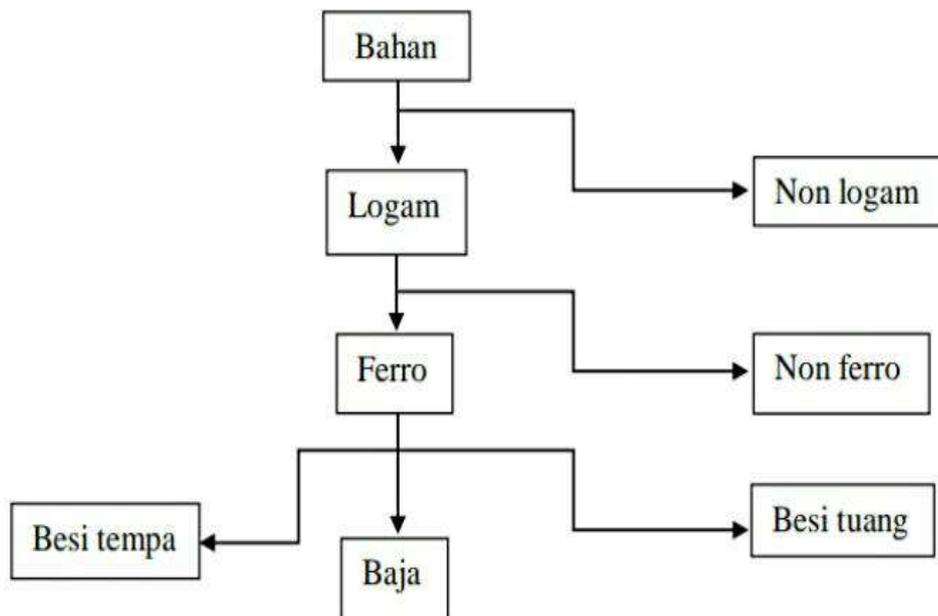
terhambat oleh pengadaan bahan yang sulit. Oleh karena itu perencanaan harus mengetahui bahan-bahan yang ada dan banyak dipasaran.

5. Harga Relatif Murah

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan.

2.3.1 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan

Perancangan suatu elemen mesin mempunyai beberapa aspek yang harus diperhatikan. Salah satu aspek tersebut adalah pemilihan jenis bahan teknik yang akan digunakan. pemilihan bahan untuk elemen atau komponen sangat berpengaruh terhadap kekuatan elemen tersebut. Penentuan bahan yang tepat pada dasarnya merupakan kompromi antara berbagai sifat, lingkungan dan cara penggunaan sampai dimana sifat bahan dapat memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Dalam perencanaan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari bahan maka akan diketahui pula kekuatan dari bahan tersebut. Dengan demikian akan mempermudah dalam perhitungan kekuatan atau kemampuan bahan yang akan dipergunakan pada setiap komponen. Klarifikasi bahan dan paduannya seperti gambar 2.2



Gambar 2.2 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan (Surdia, T dan Saito, S, 2017)

Ada beberapa tata cara pemilihan bahan dan proses antara lain, ditinjau dari :

1. Sifat Material

Secara garis besar material mempunyai sifat-sifat yang mencirikan, pada bidang teknik mesin umumnya sifat tersebut di bagi menjadi tiga sifat. Sifat-sifat itu akan mendasari dalam pemilihan material.

2. Sifat Mekanik

Secara mekanik material merupakan salah satu faktor terpenting yang mendasari pemilihan bahan dalam suatu perancangan. Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya. Dalam prakteknya pembebanan pada material terbagi dua yaitu beban static dan beban dinamik. Perbedaan antara keduanya hanya pada fungsi waktu dimana beban static tidak dipengaruhi oleh fungsi waktu sedangkan beban dinamik dipengaruhi oleh fungsi waktu. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (destructive test) dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan material tersebut. Setiap material yang dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis komposisi dan perlakuan yang sama. Pengujian yang tepat hanya didapatkan pada material uji yang memenuhi aspek ketetapan pengukuran, kemampuan mesin, kualitas atau jumlah cacat pada material dan ketelitian dalam membuat spesimen. Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain : kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impact, kekuatan mulur, kekuatan leleh dan sebagainya. Sifat-sifat mekanik material yang perlu diperhatikan :

- Tegangan yaitu gaya diserap oleh material selama berdeformasi persatuan luas.
- Regangan yaitu besar deformasi persatuan luas.
- Modulus elastisitas yang menunjukkan ukuran kekuatan material.
- Kekuatan yaitu besarnya yaitu tegangan untuk mendeformasi material atau kemampuan material untuk menahan deformasi.

- Kekuatan luluh yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk mendeformasi plastis.
- Kekuatan tarik adalah kekuatan maksimum yang berdasarkan pada ukuran mula.
- Keuletan yaitu besar deformasi plastis sampai terjadi patah.
- Ketangguhan yaitu besar energi yang diperlukan sampai terjadi perpatahan.
- Kekerasan yaitu kemampuan material menahan deformasi plastis lokal akibat penetrasi pada permukaan.

Sifat penting yang kedua dalam pemilihan material adalah sebagai berikut :

- Sifat Fisik

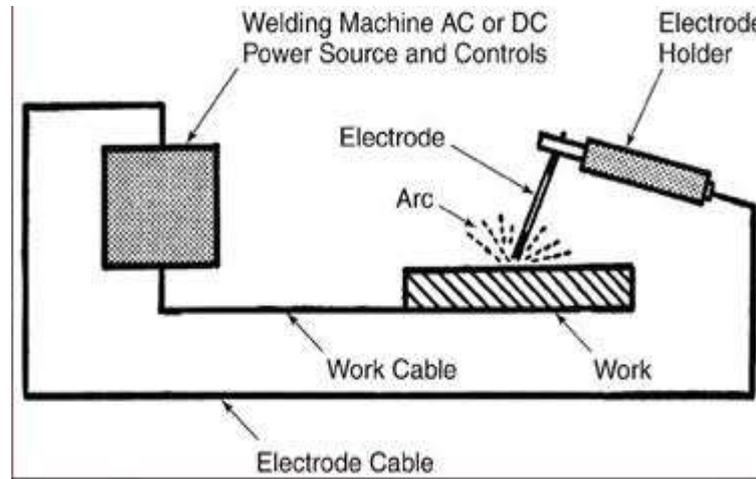
Sifat Fisik adalah kekuatan atau sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material. Sifat fisik material antara lain: temperatur cair, konduktivitas panas dan panas spesifik. Struktur material sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik. Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan material bahkan penemuan material baru.

- Sifat Teknologi

Selanjutnya sifat yang sangat berperan dalam pemilihan material adalah sifat teknologi yaitu kemampuan material untuk dibentuk atau diproses. Produk dengan kekuatan tinggi dapat dibuat dengan proses pembentukan, misalnya dengan pengerolan atau penempaan. Produk dengan bentuk yang rumit dapat dibuat dengan proses pengecoran. Sifat-sifat teknologi diantaranya sifat mampu las, sifat mampu cor, sifat mampu mesin dan sifat mampu bentuk. Sifat material terdiri dari sifat mekanik yang merupakan sifat material terhadap pengaruh yang berasal dari luar serta sifat-sifat fisik yang ditentukan oleh komposisi yang dikandung oleh material itu sendiri. (Surdia, T dan Saito, S, 2017)

2.4 Pengelasan Busur

Pengelasan busur adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik, secara umum ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Pengelasan Busur (Wiki, 2018)

Busur listrik timbul karena adanya pelepasan muatan listrik melewati celah dalam rangkaian, dan panas yang dihasilkan akan menyebabkan gas pada celah tersebut mengalami ionisasi (plasma). Untuk menghasilkan busur dalam pengelasan busur elektroda disentuhkan dengan benda kerja dan secara cepat dipisahkan dalam jarak yang pendek.

Energi listrik dari busur dapat menghasilkan panas dengan suhu 10.000 °F (5500 °C) atau lebih, cukup panas untuk melebur logam. Genangan logam cair, terdiri atas logam dasar dan logam pengisi (bila digunakan), terbentuk di dekat ujung elektroda. (Rudi Siswanto, 2018)

Untuk mencari tegangan geser pada penampang las digunakan rumus seperti persamaan 2.1

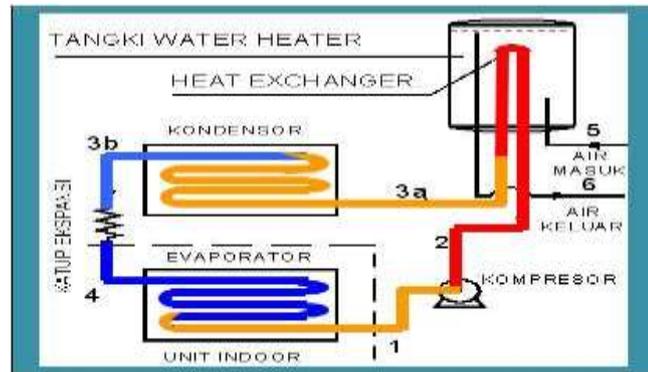
$$\tau_g = \frac{F}{\sqrt{2.t.l}} \tag{2.1}$$

Tabel 2.1 Harga Tegangan Dasar

Macam Baja	Tegangan Leleh σ_l		Tegangan Dasar $\bar{\sigma}$		Tegangan Bengkok σ_b	
	Kg/cm ²	Mpa	Kg/cm ²	Mpa	Kg/cm ²	Mpa
Bj 37	2400	240	1600	160	3400	340
Bj 41	2500	250	1666	166,6	3600	360
Bj 50	2900	290	1923	193,3	4200	420
Bj 52	3600	360	2400	240	4300	430

2.5 Air Conditioning Water Heater

Air conditioning water heater adalah pemanas air dengan memanfaatkan panas freon dari AC yang biasanya terbuang. Freon panas dialirkan ke *heat exchanger* (alat penukar kalor) yang akan memanaskan air di tangki penampungan. (Aziz, 2014)



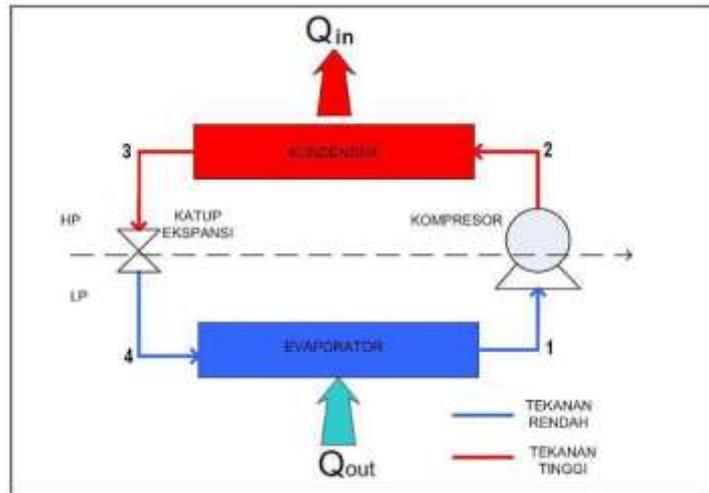
Gambar 2.4 Air Conditioning Water Heater (Putra, 2014)

2.6 Siklus Refrigrasi

Sebagai contoh, siklus refrigrasi dari penyegar udara akan diterangkan sebagai berikut. Seperti gambar 2.5

1). Penguapan

Evaporator (penguap) yang dipakai berbentuk pipa bersirip plat. Tekanan refrigeran yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata kedalam pipa evaporator, oleh distributor refrigeran. Dalam hal tersebut refrigeran akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan pipa evaporator. Apabila udara didinginkan (di bawah titik embun), maka air yang ada didalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Jadi, cairan refrigeran diupkan secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan, selama mengalir didalam setiap pipa dari koil evaporator. Selama proses penguapan itu, didalam pipa akan terdapat campuran refrigeran dalam fasa cair dan gas. Dalam keadaan tersebut, tekanan (tekanan penguapan) dan temperaturnya (temperatur penguapan) konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanan refrigeran yang ada di evaporator. Dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Siklus Refrigrasi (Tri Ayodha, 2010)

Tabel 2.4 menunjukkan hubungan antara temperatur penguapan dan tekanan penguapan. Uap refrigeran (uap jenuh kering) yang terjadi karena penguapan sempurna didalam pipa, dikumpulkan didalam sebuah penampung uap (header). Selanjutnya uap tersebut diisap oleh kompresor. (Wiranto, 1981)

Tabel 2.2 Temperatur penguapan dan tekanan penguapan dari beberapa refrigeran(Wiranto, 1981)

Temperatur Penguapan (°C)	Tekanan (lebih) penguapan (kg/cm ²)			
	R12	R22	R500	R502
5	2,67	4,97	3,31	5,75
6	2,78	5,15	3,46	5,96
7	2,91	5,35	3,61	6,17

2) Kompresi

Kompresor mengisap refrigeran dari ruang penampung uap. Didalam penampung uap, tekanannya diusahakan supaya tetap rendah, supaya refrigeran senantiasa berada dalam keadaan uap dan bertemperatur rendah. Didalam kompresor, tekanan refrigeran dinaikkan sehingga memudahkan pencairan kembali. Energi yang diperlukan untuk kompresi diberikan oleh motor listrik yang menggerakkan kompresor. Jadi, dalam proses kompresi kompresi energi diberikan kepada uap refrigeran.

Pada waktu uap refrigeran diisap masuk kedalam kompresor, temperaturnya masih rendah. Tetapi, selama proses kompresi berlangsung temperaturnya naik. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi dalam siklus refrigrasi tergantung pada jumlah uap yang diisap masukm kedalam kompresor. (Wiranto, 1981)

3) Pengembunan (kondensasi)

Uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin atau dengan udara pendingin pada sistem dengan pendinginan udara yang ada pada temperatur normal. Jadi, karena air (udara) pendingin menyerap panas dari refrigeran, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor.

Selama refrigeran mengalami perubahan dari fase uap ke fase cair, dimana terdapat campuran refrigeran dalam fasa uap dan cair, tekanan (tekanan pengembunan) dan temperaturnya (temperatur pengembunan) konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanannya. Tabel 2.2 menunjukkan hubungan antara temperatur pengembunan (kondensasi) dan tekanan pengembunan (kondensasi). (Wiranto, 1981)

Tabel 2.3 Temperatur penguapan dan tekanan pengembunan dari beberapa refrigeran (Wiranto, 1981)

Temperatur Penguapan (°C)	Tekanan (lebih) pengembunan (kg/cm ²)			
	R12	R22	R500	R502
30	6,55	11,23	7,94	14,04
35	7,60	12,92	9,19	15,93
40	8,74	14,76	12,06	17,99

Kalor yang dikeluarkan didalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendinginan), dan kerja (energi), yang diberikan oleh kompresor kepada fluida kerja. Dalam hal penyegaran udara, jumlah kalor tersebut kira-kira sama dengan 1,2 kali kapasitas pendinginannya.

Uap refrigeran menjadi cair sempurna kondensor, kemudian dialirkan kedalam pipa evaporator melalui katup ekspansi. Dalam hal ini, temperatur refrigeran cair biasanya 2-3°C lebih rendah dari pada temperatur refrigeran cair jenuh pada tekanan kondensasinya. Temperatur tersebut menyatakan besarnya derajat pendinginan lanjut (*degree of subcooling*). (Wiranto 1981)

4) Ekspansi

Untuk menurunkan tekanan dari refrigeran cair (tekanan tinggi) yang dicairkan didalam kondensor, supaya dapat mudah menguap, maka dipergunakan alat yang dinamai katup ekspansi atau pipa kapiler.

Katup ekspansi yang biasa dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran, yaitu agar derajat super panas uap refrigeran didalam evaporator diusahakan tetap konstan. Dalam penyegar udara yang kecil, dipergunakan pipa kapiler sebagai pengganti katup ekspansi. Diameter dalam dan panjang dari pipa kapiler tersebut ditentukan berdasarkan besarnya perbedaan tekanan yang diinginkan. Cairan refrigeran mengalir kedalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur-angsur. Selanjutnya, proses siklus tersebut diulangi berulang-ulang. (Wiranto, 1981)

2.7 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang berupaya memprediksi perpindahan energi yang mungkin terjadi antara badan material sebagai akibat dari perbedaan suhu. Termodinamika mengajarkan bahwa transfer energi ini sebagai panas. Ilmu perpindahan panas tidak hanya mencari untuk menjelaskan bagaimana energi panas dapat ditransfer, tetapi juga untuk memprediksi tingkat dimana pertukaran akan berlangsung dalam kondisi tertentu yang ditentukan.

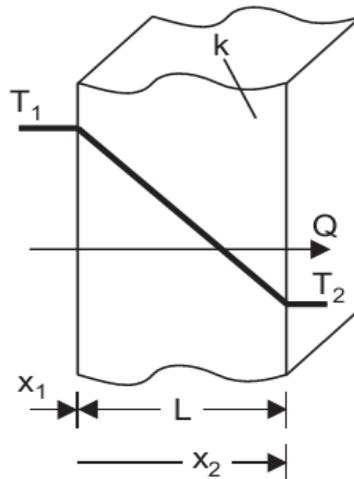
Fakta bahwa perpindahan panas tingkat adalah tujuan yang diinginkan dari analisis yang menunjukkan perbedaan antara perpindahan panas dan termodinamika. Termodinamika berkaitan dengan sistem dalam kesetimbangan, itu dapat digunakan untuk memprediksi jumlah energi yang diperlukan untuk mengubah suatu sistem dari satu keadaan keseimbangan ke yang lain, dan tidak dapat digunakan untuk memprediksi seberapa cepat perubahan akan terjadi sejak sistem tidak dalam keseimbangan selama proses.

Suplemen transfer panas yang pertama dan kedua prinsip-prinsip termodinamika dengan memberikan aturan eksperimental tambahan yang dapat digunakan untuk menetapkan tingkat transfer energi. Seperti dalam ilmu termodinamika, aturan eksperimental yang digunakan sebagai dasar subjek perpindahan panas sederhana dan mudah diperluas. (JP.Holman, 2010)

2.7.1 Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas secara konduksi adalah suatu proses perpindahan energi panas dimana energi panas tersebut mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium pada atau fluida diam atau perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya. persamaan umum konduksi untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum fourier seperti dibawah:

$$q_{cond} = KA \frac{T_1 - T_2}{L} = -KA \frac{\Delta_t}{L} \quad (2.2)$$



Gambar 2.6 Laju Perpindahan Panas Konduksi (Rokhman, 2014)

2.7.2 Konduktivitas Termal

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

Tabel 2.4 Konduktivitas Termal (JP.Holman, 2010)

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

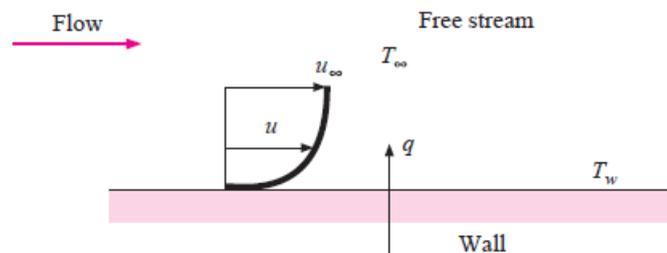
2.7.3 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah mode perpindahan panas pada kondisi dimana energi sebagai panas dipindahkan ke fluida yang mengalir pada permukaan diatas aliran yang terjadi. Mode ini pada dasarnya adalah konduksi di lapisan cairan yang sangat tipis pada permukaan dan kemudian bercampur disebabkan oleh aliran tersebut. Perpindahan energinya adalah dengan memadukan difusi molekul dan aliran massa.

Konveksi bukan murni mode sebagai konduksi atau radiasi dan karenanya melibatkan beberapa parameter. Jika aliran ini disebabkan pengaruh eksterna kipas atau pompa, maka mode ini dikena sebagai konveksi paksa. Namun apabila aliran ini dosebabkan oleh perbedaan suhu pada aliran itu sendiri, maka mode ini dikenal sebagai konveksi alami. (JP.Holman, 2010)

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

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



Gambar 2.7 Perpindahan Panas Konveksi (JP.Holman, 2010)

2.7.4 Perpindahan Panas Radiasi

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

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

$$q = F \delta A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

(JP.Holman, 2010)



Gambar 2.8 Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman, 2010)

2.8 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

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

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

Peralatan yang masuk pada kelompok pertama (langsung) adalah jet condensor, pesawat desuperheater, pada ketel (water injection desuperheater),

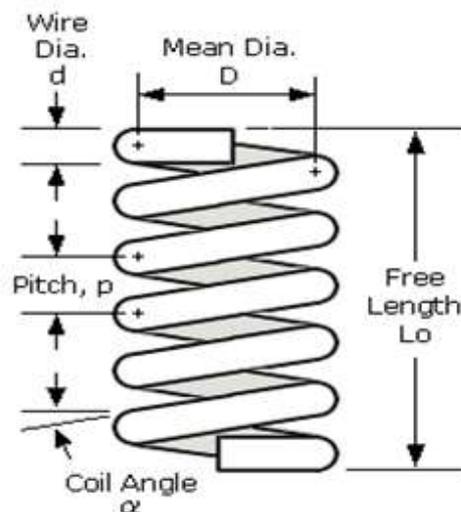
pesawat deaerator, dan lain-lain. Sedangkan jenis yang kedua (tidak langsung) adalah kondensor pada turbin uap, pesawat pemanas uap lanjut pada ketel, pemanas air pendahuluan pada ketel (ekonomiser), pemanas udara pembakaran (air preheater) dan lain-lain. (Tunggul, 1997)

2.9 Helical-Coil

Perpindahan panas dalam industri proses adalah operasi unit esensial. Hampir semua prosesnya menggunakan transfer energi panas dalam satu cara atau yang lain. Untuk proses perpindahan panas diperlukan tempat, peralatan atau bagian unit yang terdiri dari seluruh proses harus dapat dihapus atau ditambah panas dari sumber tertentu dengan konduksi, mode konveksi atau radiasi perpindahan panas.

Salah satu alat penukar kalor yang dipilih untuk studi adalah “*Helical Coil Heat Exchanger*”. Gulungan penukar kalor digunakan untuk pemanasan dan pendinginan cairan dalam berbagai industri. Kumputan adalah biasa digunakan dalam reaktor kimia, kapal dan tangki penyimpanan untuk memanaskan dan mendinginkan bahan mulai dari bahan kimia hingga produk susu serta minyak.

Dibuat dengan menggulung panjang tembaga, baja atau paduan tabung menjadi heliks ganda dimana inlet dan *exit* terletak disamping sisi. Kumputan heliks dari kedua jenis sering dipasang dalam bejana silindris vertikal dengan atau tanpa agitator, meskipun ruang kosong disediakan antara kumputan dan dinding untuk sirkulasi. Seperti pada gambar (Reddy, 2016)



Gambar 2.9 Helical Coil (Arvind Kumar, 2017)

2.10 Road Map Penelitian

Tabel 2.5 *Road Map* Penelitian ACWH di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

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

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dalam pengerjaan rancang bangun ACWH dengan alat penukar kalor *shell and helical coil* ini adalah di Laboraturium Proses Produksi dan Laboraturium Prestasi Mesin Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Kapten Mukhtar 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	Menentukan rancangan			■	■				
3	Penyediaan material			■	■	■			
4	Membangun ACWH				■	■	■		
5	Pengujian dan pengambilan data tugas akhir						■	■	
6	Analisa data							■	■
7	Penulisan laporan akhir							■	■
8	Seminar hasil dan sidang sarjana								■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Unit Indoor AC split*

Unit indor AC yang digunakan dalam rancang bangun ini menggunakan unit indoor seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Unit *Indoor AC Split*

Kapasitas AC : 1 PK

Input daya : 880 W

2. *Unit Outdoor AC Split*

Unit outdoor yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat dalam gambar 3.2



Gambar 3.2 Unit *Outdoor AC Split*

Arus kompresor : 16,5 A

Tegangan : 220 V

Daya : 1-fase a.c

3. Besi Siku

Besi siku ST37 digunakan sebagai rangka dari rangkaian ACWH. Adapun besi siku yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat dalam gambar 3.3.



Gambar 3.3 Besi Siku

Dimensi : 36mm x 36mm x 1.8mm x 3m

4. PlatBesi *Galvanis*

Plat besi *galvanis* digunakan untuk pembuatan tangki dari ACWH. Adapun plat besi *galvanis* yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Plat Besi *Galvanis*

Dimensi : 1,2m x 2,4m x 2mm

5. Pipa Tembaga

Pipa tembaga digunakan untuk pembuatan alat penukar kalor *helical coil* dari ACWH. Pipa tembaga yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Pipa Tembaga

Merk : NSC

Diameter luar : 6,35 mm

Diameter dalam : 5,53 mm

Panjang : 8 m

6. Elektroda

Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari tang elektroda ke benda yang ingin dilas dan sebagai bahan tambah dalam pengelasan. Adapun elektroda yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Elektroda

Merk : ENKA

Diameter : 2,6 mm

Panjang : 350 mm

7. Kawat Las Perak

Kawat las perak berfungsi sebagai bahan tambah untuk pengelasan tembaga dengan tembaga. Kawat las tembaga yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Kawat Las Perak

8. Kawat Las Kuningan

Kawat las perak berfungsi sebagai bahan tambah untuk pengelasan tembaga dengan besi atau penyambungan *helical coil* dengan tangki. Kawat las perak yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Kawat Las Kuningan

9. *Insulflex*

Insulflex berfungsi sebagai pelapis atau isolasi thermal bagi tangki ACWH. *Insulflex* yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 *Insulflex*

Dimensi : 2,5cm x 90cm x 120cm

10. Plat Aluminium

Plat aluminium berfungsi sebagai pelapis dari insulflex untuk mencegah dari goresan. Plat aluminium yang digunakan pada rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Plat Aluminium

Dimensi : 0,4mm x 1m x 2m

11. Freon

Freon berfungsi sebagai bahan pendingin pada AC sekaligus pemanas yang di alirkan melalui APK *Helical coil*. Adapun freon yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Freon

Tipe : *Refrigerant R-22*

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin Las Listrik

Mesin las berfungsi untuk menyambung besi siku dalam pembuatan kerangka dari rangkaian ACWH. Mesin las yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Mesin Las Listrik

Merk : Krisbow

Input : 20,4 A

Output : 5 ~ 200 A

2. *Portable Gas*

Portable gas berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dalam rangkaian ACWH. *Portable gas* yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Portable Gas*

3. *Pipe Cutter* (Pemotong Pipa)

Pipe cutter (pemotong pipa) berfungsi untuk memotong pipa tembaga. Adapun *pipe cutter* yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.14



Gambar 3.14 *Pipe Cutter*

4. *Flaring Tool*

Flaring tool berfungsi untuk mengembangkan ujung pipa tembaga agar dapat disambungkan dengan pipa tembaga lainnya. Flaring tool yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Flaring Tool*

5. *Manifold Gauge*

Manifold gauge berfungsi untuk mengetahui tekanan freon pada AC, alat ini bisa juga digunakan untuk mengisi freon AC. Adapun manifold gauge yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 *Manifold Gauge*

6. *Meteran*

Meteran berfungsi untuk mengukur besi siku atau pipa tembaga yang diinginkan untuk dipotong sesuai ukuran. Meteran yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Meteran

Lebar : 25 mm

Panjang max : 7,5 m

7. Gerinda

Gerinda berfungsi untuk memotong dan menghaluskan besi. Gerinda yang digunakan padarancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 Gerinda

8. Mesin Bor

Mesin bor berfungsi untuk melubangi besi sebagai dudukan baut. Mesin bor yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 Mesin Bor

9. Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi untuk mengetahui suhu kompresor, kondensor dan air. Sensor suhu yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Sensor Suhu

Tipe : DS18B20

Suhu max : 135 °C

Suhu min : -35 °C

10. Arduino

Arduino berfungsi untuk membuat bahasa program dari sensor suhu yang digunakan. Arduino yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Arduino

Tipe : Arduino UNO

Operating voltage: 5 V

Input voltage : 6 – 20 V

11. kunci pas

Kunci pas berfungsi untuk mengencangkan dan membuka baut yang ada dalam rangkaian ACWH. Adapun kunci pas yang digunakan pada rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Kunci Pas

12. Kunci L

Kunci L berfungsi untuk membuka dan menutup tube yang ada pada tabung penyimpanan freon. Kunci L yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 Kunci L

13. Nepel

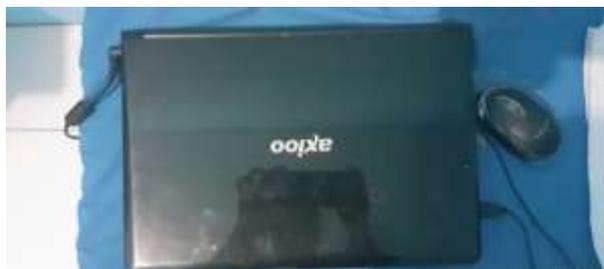
Nepel berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dan menahan kebocoran pada pipa tembaga. Adapun nepel yang digunakan pada rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 Nepel

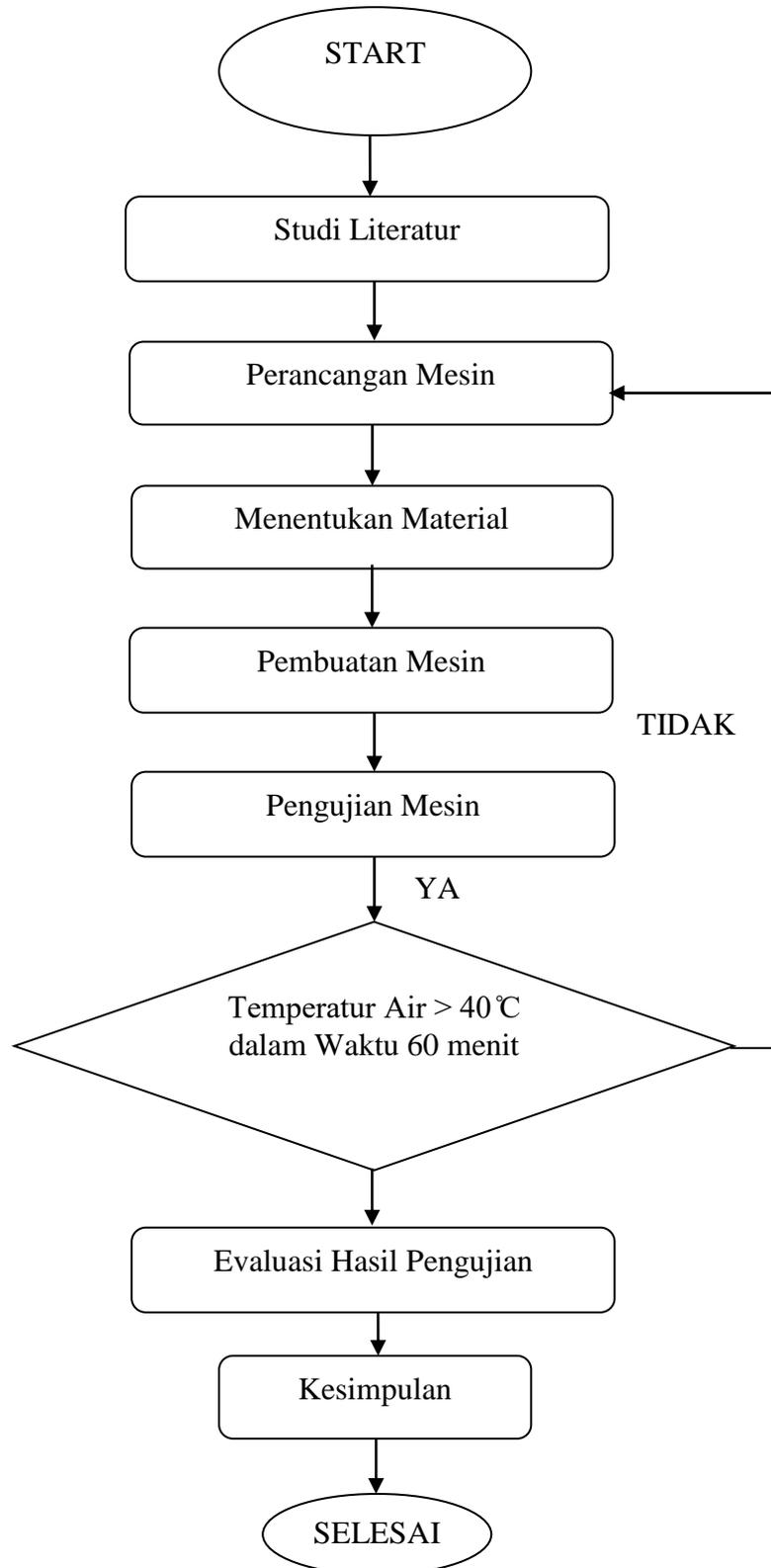
14. Laptop

Laptop berfungsi untuk menggambar rancangan menggunakan aplikasi solidworks dan untuk menjalankan sensor suhu yang ada dalam sistem ACWH rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.25.



Gambar 3.25 Laptop

3.3 Diagram Alir Rancang Bangun



Gambar 3.26 Diagram Alir Rancang Bangun

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

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 sistem.
3. Menentukan material adalah proses pemilihan material dan komponen yang sesuai dengan rancangan alat. Meliputi : jenis material, kekuatan dan harga material yang digunakan.
4. Pembuatan adalah proses pembuatan mesin dari perancangan yang telah dibuat.
5. Pengujian adalah proses pengujian mesin yang sudah dirancang dan dibuat untuk mengetahui apakah alat berkerja sesuai dengan yang diinginkan.
6. Temperatur air yang diinginkan adalah lebih dari 40°C dalam jangka waktu 60 menit.
7. Evaluasi hasil dari ACWH adalah untuk menghitung kalor yang dihantarkan helical coil ke air (kalor yang diserap oleh air) dan mengetahui efektivitas dari apk helical coil dalam menghantarkan panas.
8. Kesimpulan adalah data-data yang didapat dari hasil rancang bangun mesin (jenis material, komponen yang digunakan, perancangan, dan efektivitas apk).

3.4 Prosedur Perancangan

1. Tentukan konsep rancangan yang akan dipilih / direncanakan.
2. Siapkan perlengkapan pembuatan rancangan (komponen dan software solidworks).
3. Siapkan hasil-hasil pengukuran konsep rancangan.
4. Gambarkan komponen-komponen alat sesuai ukuran konsep rancangan.

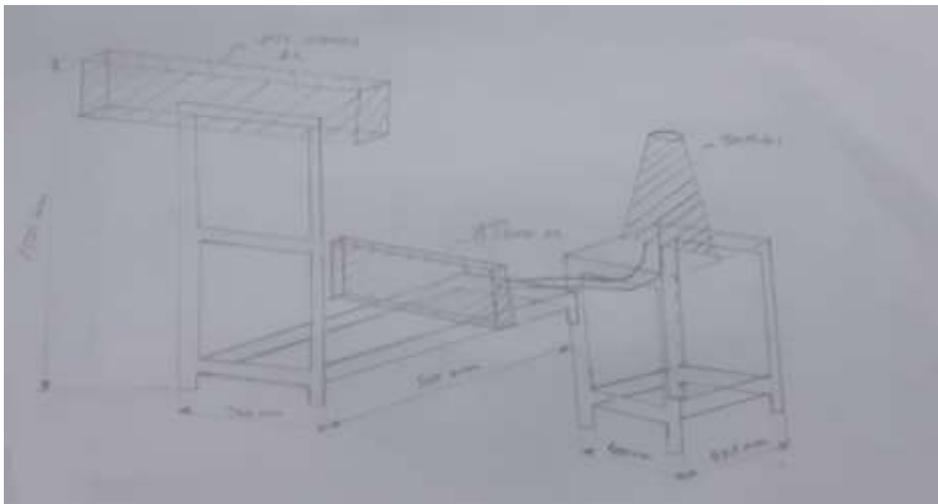
5. Satukan komponen yang telah dirancang dengan proses assembly pada software solidworks.

6. Selesai dan didapat hasil rancangan.

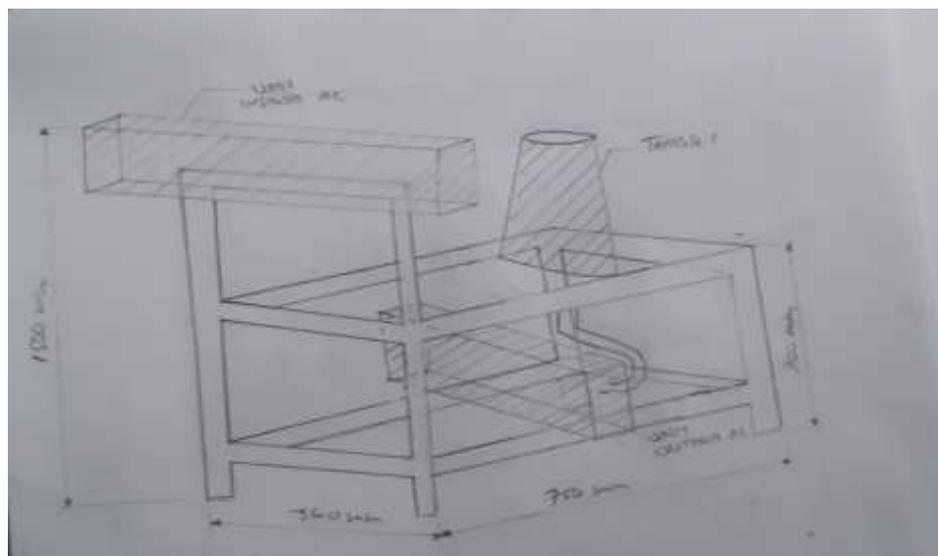
3.5 Tahap Perancangan Konsep, Komponen, dan rangka ACWH

3.5.1 Konsep Rancangan

Konsep rancangan ini dibuat berdasarkan kebutuhan atau jenis mesin yang akan dirancang. Konsep A dan konsep B adalah konsep dari dua jenis ACWH yang berbeda tetapi memiliki fungsi yang sama yaitu untuk memanaskan air. Terlihat pada gambar 3.28



(A)



(B)

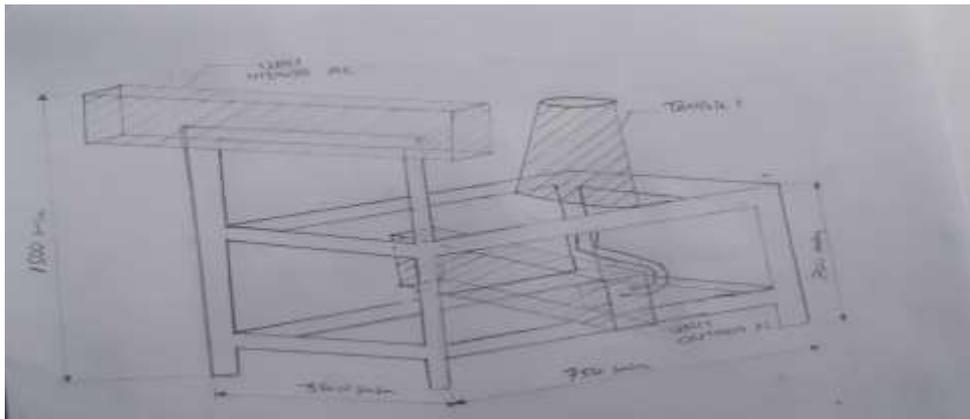
Gambar 3.27 Konsep Prancangan (A) dan Konsep Perancangan (B) ACWH

3.5.2 Pemilihan Konsep Rancangan

- Konsep A memiliki dimensi 360mm x 500mm x 1500mm, pada konsep A mempunyai rangka tangki yang terpisah dengan dimensi 400mm x 400mm x 600mm. Kelebihan dari konsep A adalah bisa mengatur panjang pendeknya jarak dari unit outdoor AC ke tangki sesuai jarak yang diinginkan, dan kekurangannya adalah memiliki dimensi yang lebar sehingga memakan banyak tempat dan juga boros pada biaya produksi karena harus membuat 2 rangka yang berbeda.
- Konsep B memiliki dimensi 360mm x 750mm x 1500mm, pada konsep B tangki dibuat satu rangka dengan unit lain sehingga tidak memakan banyak tempat serta mempunyai bentuk rangka yang simpel.
- Penjelasan kedua konsep diatas yang lebih baik adalah konsep B. Karena konsep B lebih sesuai dengan yang diinginkan. Untuk rangka menggunakan material besi siku (L) yang memiliki ketebalan 2mm yang mampu menahan semua Unit dari ACWH.

3.5.3 Hasil Pemilihan Konsep ACWH

Desain pertama pada desain pertama ini digambarkan secara manual keseluruhan desain yang akan dirancang. Tetapi pada desain pertama ini hanya menentukan dimensi utama pada ACWH dan belum diberikan ukuran pada setiap komponen mesin. Dapat dilihat pada gambar 3.29



Gambar 3.28 Desain Beserta Komponen dan ukuran ACWH

3.6 Rancangan Komponen-komponen ACWH

Pembuatan rancangan alat menggunakan *software solidworks 2013* dibuat dengan contoh sebagai berikut:

3.6.1 Perancangan rangka ACWH

Rangka ACWH menggunakan material seperti besi siku (L) yang memiliki ketebalan 1,8mm dengan dimensi 3,6mm x 3,6mm x 3m, digunakan besi siku karena beban yang ada pada rangka nantinya tidak terlalu berat sehingga tidak dibutuhkan besi terlalu tebal. Tujuan dari pembuatan rangka mesin ACWH adalah untuk menopang komponen-komponen dari rangkaian ACWH dan menahan gaya-gaya yang timbul pada saat mesin beroperasi dengan tujuan agar bisa mendukung proses kerja dari mesin ACWH tersebut.

3.6.2 Perancangan Tangki

Tangki menggunakan material seperti plat besi *galvanis* yang memiliki ketebalan 2mm dan dimensi 1,2m x 2,4m dipilih pal besi *galvanis* karena telah banyak digunakan sebagai pipa saluran air, tahan korosi/karat dan pengerjaannya yang lebih mudah dibanding plat *stainless*. Tangki berfungsi sebagai wadah penampung air dan sebagai tempat untuk memanaskan air. Pada perancangan ini volume tangki yang diinginkan adalah 60 liter, diameter atas 30 cm dan diameter bawah 40 cm. Karena ukuran diameter atas dan bawah berbeda maka untuk mencari tinggi tangki tersebut digunakan persamaan kerucut terpancung.

$$\text{Volume (V)} \quad : 60 \text{ L} = 0,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter atas (d)} \quad : 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Diameter bawah (D)} \quad : 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Dimana :

$$V = \frac{1}{3}\pi R^2 t - \frac{1}{3}\pi r_1^2 t_1$$

$$V = \frac{1}{3}\pi t(r \cdot R + r^2 + R^2)$$

$$0,06 = \frac{1}{3}\pi t(0,015 \cdot 0,20 + 0,15^2 + 0,20^2)$$

$$t = \frac{0,06}{0,098}$$

$$t = 0,61 \text{ m} \approx 61 \text{ cm}$$

Jadi tinggi dari tangki ACWH tersebut adalah 61 cm

Dibuat demikian agar rambat panas akan cepat merambat keatas.

3.6.3 Perancangan *Helical coil*

Helical Coil menggunakan material seperti pipa tembaga yang memiliki diameter luar 6,35mm, diameter dalam 5,54mm dan panjang 8m, dipilih pipa tembaga karena memiliki konduktivitas termal yang baik dan mudah didapat. *Helical coil* ini akan diletakkan didalam tangki dan mempunyai fungsi sebagai penghantar panas dari *refrigerant* keluaran kompresor yang akan diserap oleh air yang berada didalam tangki. Dimensi 1 lilitan pipa / $p = 53,3$ cm, $d = 15$ cm, dibuat menjadi 15 lilitan dengan panjang total 800 cm. Adapun luas permukaan helical coil dapat dihitung sebagai berikut:

Luas permukaan:

$$\begin{aligned}
 &= 2\pi(r^2 + (r \times t)) \\
 &= 2 \times \pi(0,075^2 + (0,075 \times 8)) \\
 &= 6,28(0,005625 + (0,6)) \\
 &= 6,28(0,6056) \\
 &= 3,8031m^2
 \end{aligned}$$

3.6.4 Tahap *Assembly* / Perakitan Komponen

Tahap ini berfungsi untuk menyatukan / menggabungkan tiap-tiap komponen yang dibuat.

3.7 Prosedur Pembuatan

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Membuat rangka ACWH.
3. Membuat dan melapisi tangki.
4. Membuat Helical-Coil.
5. Merombak jalur keluaran kompresor.
6. Memasang sensor pada tangki, jalur keluaran kompresor dan jalur masuk kondensor.
7. Merakit komponen.
8. Pengujian alat ACWH.

3.8 Pembuatan Komponen-komponen ACWH

3.8.1 Pembuatan Rangka

Proses ini dikerjakan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Rangka dibuat menggunakan besi siku dengan dimensi 36 mm x 36 mm dan tebal 1,8 mm penyambungan besi dilakukan dengan cara pengelasan menggunakan las listrik.

Rangka berguna untuk menopang komponen-komponen dari ACWH dan menahan gaya-gaya yang timbul pada saat mesin beroperasi.

3.8.2 Pembuatan dan Pelapisan Tangki

Tangki dikerjakan sesuai rancangan yang telah dibuat. Tangki dibuat menggunakan plat besi *galvanis* dengan dimensi 1,2 m x 2,4 m dan tebal 2 mm. Tangki itu sendiri mempunyai panjang 61 cm diameter atas 30 cm dan diameter bawah 40 cm. Setelah tangki selesai dibuat proses selanjutnya adalah pelapisan tangki dengan insulflex dan plat aluminium dengan tujuan menahan panas yang ada didalam tangki. Fungsi dari tangki tersebut adalah sebagai media penampung air dan tempat untuk memanaskan air.

3.8.3 Pembuatan *Helical-Coil*

Proses ini dikerjakan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. *Helical coil* dibuat menggunakan pipa tembaga dengan ukuran diameter luar 6,35 mm dan diameter dalam 5,53 mm. *Helical coil* ini sendiri mempunyai panjang 300 mm dan diameter 150 mm. Setelah selesai *Helical Coil* akan dimasukkan ke dalam tangki. *Helical Coil* mempunyai fungsi sebagai media penghantar panas dari kompresor yang diteruskan ke tangki yang berisi air.

3.8.4 Perombakan Jalur Keluaran Kompresor

Proses ini bertujuan untuk mengalirkan refrigerant dari kompresor ke dalam helical coil dan dialirkan kembali ke kondensor.

3.8.5 Proses Pemasangan Sensor

Pemasangan sensor bertujuan untuk mengetahui temperatur yang ada pada rangkaian ACWH. Sensor yang terpasang didalam ACWH ada 3 yaitu didalam tangki, di jalur keluaran kompresor dan di jalur masuk kondensor. Temperatur di sensor tersebut akan langsung terbaca di laptop dengan menggunakan software Arduino dan PLX-DAQ.

3.8.6 Proses Perakitan Komponen

Proses ini bertujuan untuk merakit komponen-komponen dari ACWH yang telah selesai dibuat.

3.8.7 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 mesin harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil rancangan Komponen-komponen ACWH

Pada perancangan menggunakan *solidworks* 2013 didapat hasil dari perancangan komponen-komponen ACWH yaitu sebagai berikut:

4.1.1 Perancangan Rangka ACWH

Rangka mesin ACWH hanya menggunakan satu material yaitu besi siku yang memiliki ketebalan 1,8 mm dengan dimensi 36 mm x 36 mm x 3000 mm dan rangka memiliki dimensi 360mm x 750mm x 1500mm. Perancangan rangka ini dirancang karena belum ada desain rangka ACWH seperti pada gambar 4.1. Selain itu juga rangka ini dirancang seringkasan mungkin untuk mengurangi beban berlebih pada rangka. Dengan alternatif rangka yang ada, ini merupakan alternatif yang terbaik karena untuk pembuatannya tidak terlalu banyak penyambungan. Dan satu rangka ini menjadi satu rangka utama yang akan menopang komponen-komponen dari ACWH.



Gambar 4.1 Perancangan Rangka ACWH

4.1.1.1 Perhitungan Kelayakan Rangka

Perhitungan dibagi menjadi 3 titik, disebabkan beban yang diterima oleh rangka tersebut terbagi di 3 titik, yaitu titik 1 bagian depan rangka, titik 2 bagian atas rangka dan titik 3 bagian bawah rangka. Tegangan yang terjadi pada rangka adalah tegangan bengkok.

Untuk mencari tegangan bengkok pada titik 1 bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb}$$

Terlebih dahulu mencari momen bengkok dengan menggunakan rumus seperti dibawah:

$$Mb = \frac{f.l}{2}$$

Dengan: f = beban komponen yang diterima oleh rangka (f = 8 kg), karena beban rangka ditahan oleh 7 potong maka f = 8 : 7 = 1,14 kg, l panjang rangka utama (l = 1500 mm).

$$Mb = \frac{1,14.1500}{2} = 855kg.mm$$

Jadi, momen bengkok yang terjadi pada titik 1 yaitu 855 kg.mm. setelah momen bengkok maksimal sudah diketahui kemudian mencari momen tahan bengkok. Bahan yang digunakan untuk rangka yaitu besi siku 36mm x 36mm x 1,8mm. Berikut adalah perhitungan untuk mencari momen tahanan bengkok adalah sebagai berikut:

$$Wb = \frac{\frac{1}{6}(b.h^3 - b1.h1^3)}{h}$$

$$Wb = \frac{\frac{1}{6}(36.36^3 - 34,2.34,2^3)}{36} = 1442,4mm^3$$

Setelah mencari momen tahan bengkok kemudian menghitung tegangan bengkok di titik 1 pada rangka.

$$\sigma_b = \frac{855}{1442,4} = 0,593kg/mm^2$$

Jika 1 kg/mm² = 10 N/mm², maka $\sigma_b = 0,593kg/mm^2 \times 10 = 5,93N/mm^2$.

Dengan metode yang sama seperti pada titik 1 didapat tegangan bengkok pada titik 2 dan titik 3 yaitu:

Titik 2: $\sigma_b = 19,49N/mm^2$

Titik 3: $\sigma_b = 12,99N/mm^2$

Kemudian bahan yang digunakan untuk membuat rangka adalah baja ST 37, dengan $\sigma_b = 340 \text{ N/mm}^2$, faktor keamanan (sf) yang dipakai untuk menahan beban yaitu 5-10.

Tegangan bengkok yang diijinkan

$$\frac{\sigma_b}{sf} = \frac{340}{10} = 34 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga didapat $\sigma_b < \sigma_b$ ijin

Titik 1: $5,93 \text{ N/mm}^2 < 34 \text{ N/mm}^2$

Titik 2: $19,49 \text{ N/mm}^2 < 34 \text{ N/mm}^2$

Titik 3: $12,99 \text{ N/mm}^2 < 34 \text{ N/mm}^2$

Dengan demikian rangka aman untuk menopang beban komponen-komponen dari ACWH.

4.1.1.2 Perhitungan Sambungan Las

Perhitungan las pada sambungan dititik 1 beban yang diterima rangka adalah 8 kg didapat dari beban komponen unit *indoor* AC. Karena pengelasan sambungan pada titik 1 ada 6 titik pengelasan, termasuk titik pengelasan bagian penguat rangka depan, maka beban keseluruhan dibagi 6 yaitu $8 : 6 = 0,48 \text{ kg}$.

Mencari panjang las bersih:

Tebal las = 4mm

$$BD = a = \frac{t}{\sqrt{2}}$$

$$BD = a = \frac{4}{1,414} = 2,829 \text{ mm}$$

$$l_{bersih} = l_{kotor} - 2.a$$

$$l_{bersih} = 72 - 4.2.2,829 = 49,368 \text{ mm}$$

Mencari gaya (F)

$$F = m.g$$

$$F = 0,48.10 = 4,8 \text{ N}$$

Mencari tegangan geser pada penampang las:

$$\tau_g = \frac{F}{\sqrt{2}.t.l}$$

$$\tau_g = \frac{4,8}{\sqrt{2 \cdot 4.49,368}} = 0,017 \text{ N/mm}^2$$

Dengan metode yang sama seperti pada titik 1 didapat tegangan geser pada titik 2 dan titik 3 yaitu:

$$\text{Titik 2: } \tau_g = 0,268 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Titik 3: } \tau_g = 0,149 \text{ N/mm}^2$$

Dari tegangan geser yang diijinkan untuk bahan jenis ST 37 yang memiliki tegangan geser maksimal 160 N/mm², dengan angka keamanan (sf) untuk beban kejut yaitu 10.

$$\tau_{s,ijin} = \frac{\tau_g}{sf}$$

$$\tau_{s,ijin} = \frac{160}{10} = 16 \text{ N/mm}^2$$

Sehingga τ_g penampang las < τ_g ijin

$$0,017 \text{ N/mm}^2 < 16 \text{ N/mm}^2$$

$$0,268 \text{ N/mm}^2 < 16 \text{ N/mm}^2$$

$$0,149 \text{ N/mm}^2 < 16 \text{ N/mm}^2$$

Kekuatan sambungan las rangka ACWH aman untuk menahan beban seluruh komponen ACWH.

4.1.2 Perancangan Tangki

Perancangan tangki menggunakan jenis plat besi *galvanis* yang mempunyai dimensi 1200 mm x 2400 mm dan tebal 2mm, lalu dilapisi dengan insulflex dan plat aluminium dengan tujuan menahan panas yang ada didalam tangki. Lalu ditengah tangki di bor untuk dudukan apk yang mempunyai diameter 6.3 mm. Pada perancangan ini volume tangki yang diinginkan adalah 60 liter, diameter atas 30 cm dan diameter bawah 40 cm. Karena ukuran diameter atas dan bawah berbeda maka untuk mencari tinggi tangki tersebut digunakan persamaan kerucut terpancung.

$$\text{Volume (V)} \quad : 60 \text{ L} = 0,06 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter atas (d)} \quad : 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$$

Diameter bawah (D) : 40 cm = 0,4 m

Dimana :

$$V = \frac{1}{3}\pi R^2 t - \frac{1}{3}\pi r_1^2 t_1$$

$$V = \frac{1}{3}\pi t(r \cdot R + r^2 + R^2)$$

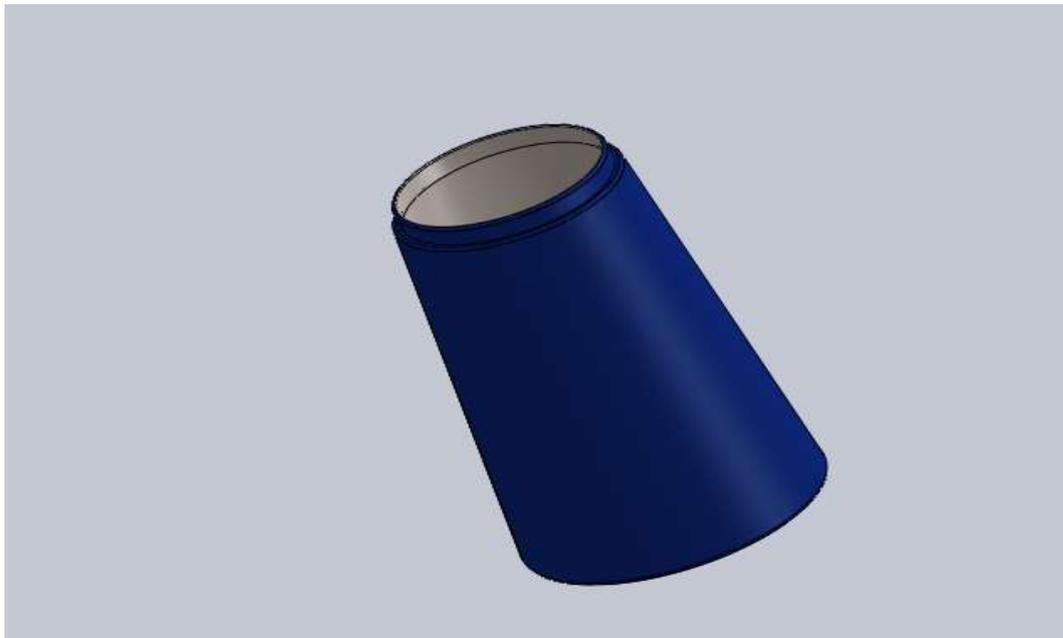
$$0,06 = \frac{1}{3}\pi t(0,015 \cdot 0,20 + 0,15^2 + 0,20^2)$$

$$t = \frac{0,06}{0,098}$$

$$t = 0,61m \approx 61cm$$

Jadi tinggi dari tangki ACWH tersebut adalah 61 cm

Dibuat demikian agar rambat panas akan cepat merambat keatas. Karena semakin kecil diameter suatu benda maka semakin besar koefisien perpindahan panas yang terjadi.



Gambar 4.2 Perancangan Tangki

4.1.3 Perancangan *Helical Coil*

Perancangan *helical coil* menggunakan jenis pipa tembaga. Untuk pipa tembaga mempunyai diameter luar 6,35 mm diameter dalam 5,53 mm dan panjang 8 m. Dimensi 1 lilitan pipa / p = 53,3 cm, d = 15 cm, dibuat menjadi 15

lilitan dengan panjang total 800 cm. Adapun luas permukaan helical coil dapat dihitung sebagai berikut:

Luas permukaan:

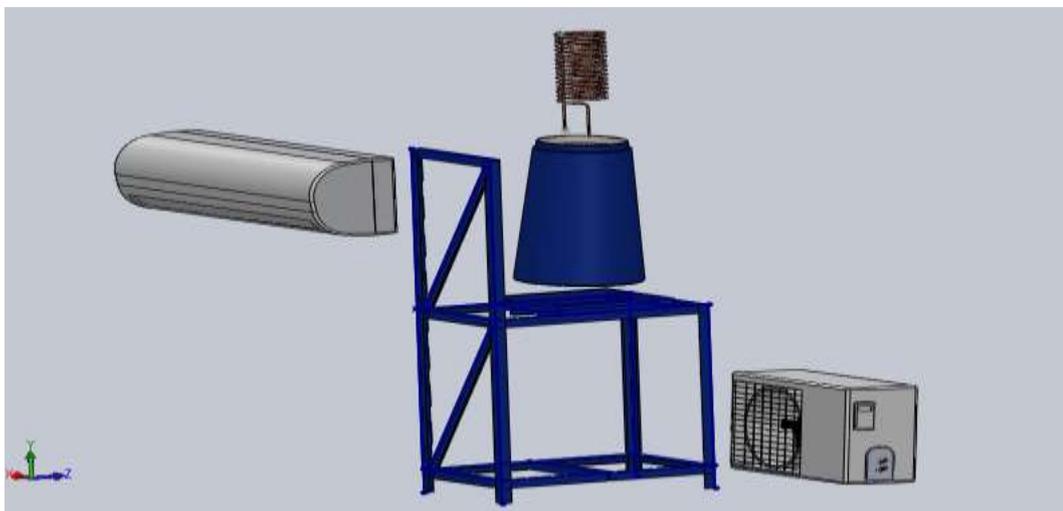
$$\begin{aligned} &= 2\pi(r^2 + (r \times t)) \\ &= 2 \times \pi(0,075^2 + (0,075 \times 8)) \\ &= 6,28(0,005625 + (0,6)) \\ &= 6,28(0,6056) \\ &= 3,8031m^2 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Perancangan *Helical Coil*

4.1.4 Tahap *Assambly*/ Perakitan Komponen

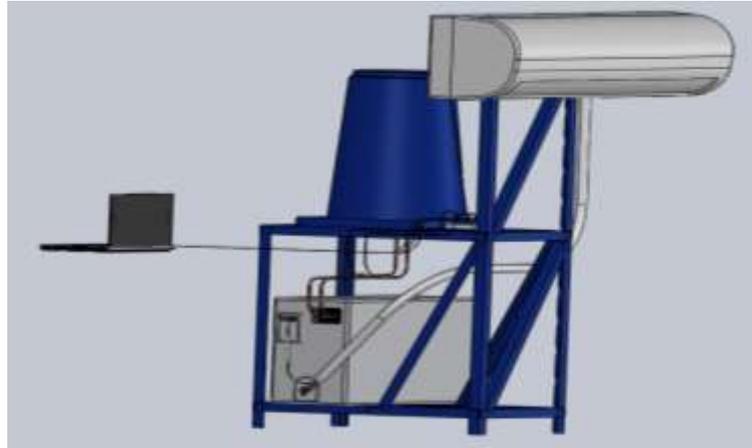
Tahap ini berfungsi untuk menyatukan / menggabungkan tiap-tiap komponen yang dibuat.



Gambar 4.4 *Tahap Assambly*

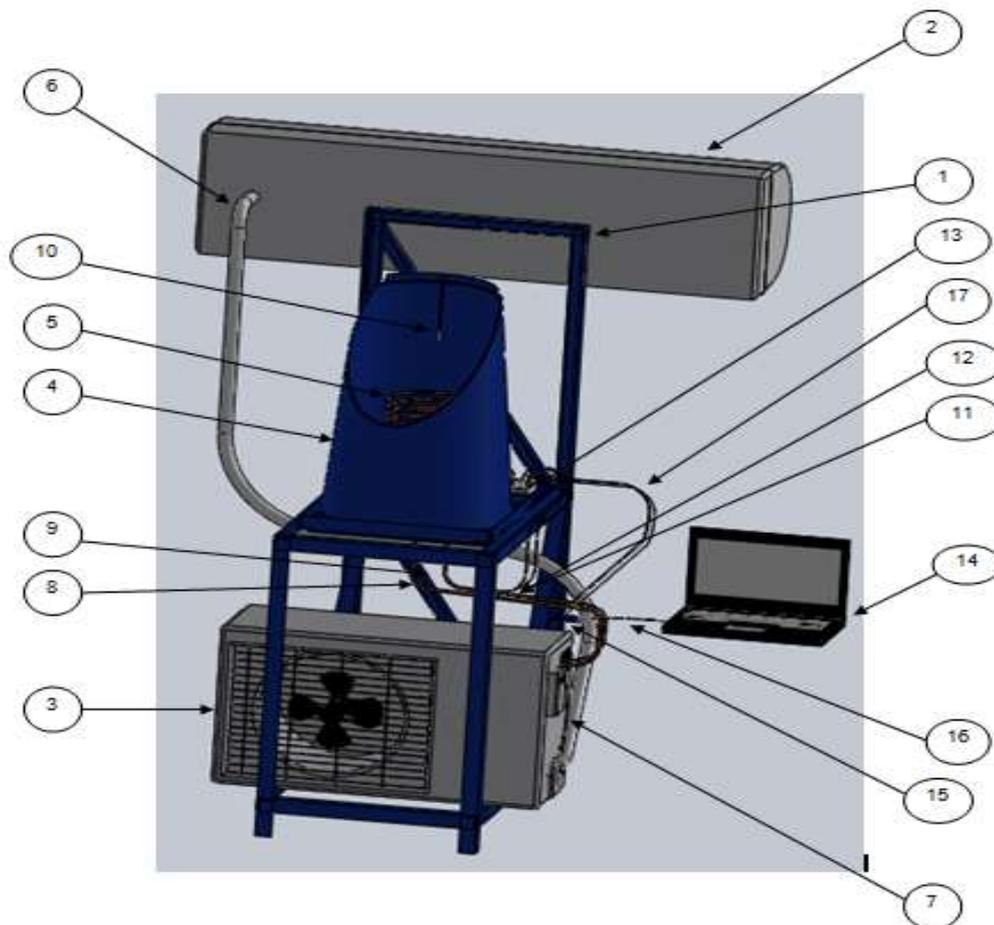
4.1.5 Hasil Perancangan

Penggabungan atau perakitan bahan-bahan rancangan dilakukan menggunakan *solidworks* 2013 dengan proses *assembly*, yaitu proses menggabungkan komponen-komponen rancangan menjadi satu.



Gambar 4.5 Hasil Rancangan ACWH

4.1.6 Bagian-Bagian Komponen ACWH



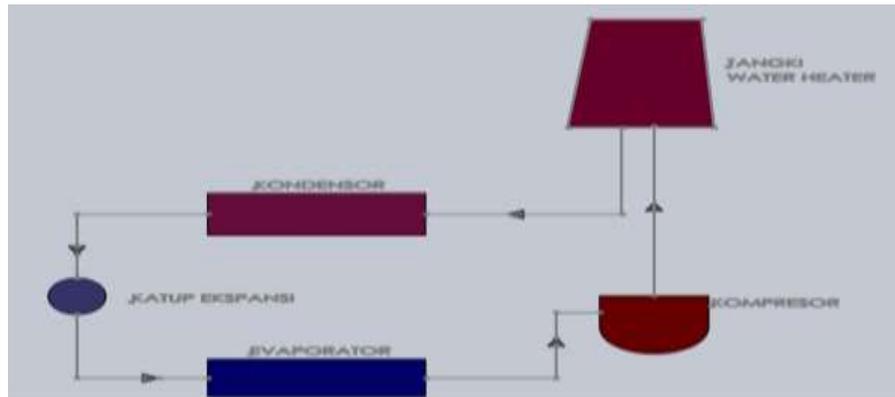
Gambar 4.6 Bagian-Bagian Komponen ACWH

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
14. Laptop
15. Arduino UNO
16. Kabel Jumper

4.1.7 Siklus Kerja ACWH

Cara kerja water heater dapat dilihat dari diagram siklus kerja ACWH pada gambar 4.7 misalnya refrigeran masuk ke kompresor melalui pipa tembaga dalam bentuk uap, dalam kompresor refrigeran ditekan sehingga refrigeran keluar berbentuk uap yang sangat panas (*vapour superheated*) dan bertekanan tinggi. Uap bertekanan dalam siklus *Air Conditioning* masuk kedalam kondensor, akan tetapi dalam ACWH ini panas refrigeran tidak langsung masuk kondensor melainkan masuk ke wadah yang berisi air untuk dipanaskan, barulah dari wadah tersebut refrigeran masuk ke dalam kondensor. Cairan refrigeran masuk ke pipa kapiler dan mengalami penurunan tekanan secara drastis sehingga terjadi *flash evaporation* seterusnya masuk ke evaporator untuk diubah lagi menjadi uap.



Gambar 4.7 Siklus Kerja ACWH

4.2 Hasil Pembuatan Komponen-Komponen ACWH

Pada pembuatan yang telah dilaksanakan di Laboraturium Proses produksi, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, didapat hasil dari pembuatan ACWH. Selanjutnya dibawah ini adalah proses dari pembuatan komponen-komponen ACWH.

4.2.1 Pembuatan Rangka ACWH

Proses ini dikerjakan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Rangka dibuat menggunakan besi siku dengan dimensi 36 mm x 36 mm dan tebal 1,8 mm penyambungan besi dilakukan dengan cara pengelasan menggunakan las listrik. Selanjutnya dibawah ini adalah tahap-tahap dari pembuatan rangka adalah sebagai berikut:

1. Pengukuran

Proses ini bertujuan untuk mengukur besi yang akan dipotongsesuai dengan ukuran dari perancangan rangka yang dibuat sebelumnya.



Gambar 4.8 Pengukuran

2. Pemotongan

Proses ini dilakukan setelah proses pengukuran, pemotongan dilakukan sesuai tanda yang diberikan pada besi dan pemotongan tersebut menggunakan gerinda tangan.



Gambar 4.9 Pemotongan

3. Pengelasan

Proses terakhir dari pembuatan rangka adalah pengelasan. Pengelasan bertujuan untuk menyambung atau meyatukan besi yang telah dipotong.



Gambar 4.10 Pengelasan

4. Hasil pembuatan rangka

Hasil dari pembuatan rangka dapat dilihat pada gambar 4.11. Fungsi dari rangka adalah sebagai tempat untuk menyatukan komponen-komponen dari ACWH.



Gambar 4.11 Rangka ACWH

4.2.2 Pembuatan dan Pelapisan Tangki

1. Pelapisan Tangki.

Pada proses ini tangki sudah terpasang (sudah jadi), dengan dimensi plat 1,2 m x 2.4 m dan tebal 2 mm, namun belum dilakukan pelapisan terhadap tangki tersebut. Tangki itu sendiri mempunyai tinggi 61 cm, diameter atas 30 cm dan diameter bawah 40 cm. Setelah tangki selesai dibuat proses selanjutnya adalah pelapisan tangki dengan insulflex dan plat aluminium dengan tujuan menahan panas yang ada didalam tangki.



Gambar 4.12 Pelapisan Tangki

2. Hasil Pembuatan Tangki.

Hasil dari pembuatan tangki dapat dilihat pada gambar 4.13. fungsi dari tangki adalah sebagai tempat penampungan dan memanaskan air dari ACWH.



Gambar 4.13 Tangki

4.2.3 Pembuatan *Helical Coil*

Proses ini dikerjakan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. *Helical coil* dibuat menggunakan pipa tembaga dengan ukuran diameter luar 6,35 mm dan diameter dalam 5,53 mm. *Helical coil* ini sendiri mempunyai panjang 300 mm dan diameter 150 mm. Adapun proses dari pembuatan *helical coil* adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan lilitan

Pembuatan lilitan dikerjakan manual dengan menggunakan kaleng bekas dengan diameter lekukan yang diinginkan adalah 15 cm, panjang pipa tembaga adalah 8 m dan akan dibuat menjadi 15 lilitan.



Gambar 4.14 Pembuatan Lilitan

2. Pengelasan *Helical Coil*

Setelah melakukan pembuatan lilitan, selanjutnya dilakukan pengelasan terhadap *helical coil*, fungsi dari pengelasan tersebut adalah untuk menyambungkan *helical coil* dengan pipa keluaran kompresor dan masuk kondensor.



Gambar 4.15 Pengelasan *Helical- Coil*

3. Hasil pembuatan *Helical-Coil*

Hasil dari pembuatan *Helical-Coil* dapat dilihat pada gambar 4.16. fungsi dari *Helical-Coil* adalah sebagai media penukar kalor dari sistem ACWH, panas yang di peroleh oleh *Helical-Coil* adalah dari panas keluaran *refrigerant* kompresor AC.



Gambar 4.16 *Helical-Coil*

4. Peletakan *Helical Coil* ke Dalam Tangki

Proses terakhir adalah peletakan *helical coil* ke dalam tangki, dengan melubangi bagian tengah dari tangki untuk saluran masuk dan keluar aliran dari *helical coil* tersebut.



Gambar 4.17 Peletakan *Helical Coil* ke Dalam Tangki

4.2.4 Perombakan Jalur Keluaran Kompresor

Proses ini bertujuan untuk mengalirkan refrigerant dari kompresor ke dalam helical coil dan dialirkan kembali ke kondensor.



Gambar 4.18 Perombakan Jaluar keluaran Kompresor

4.2.5 Pemasangan Sensor

Sensor yang dipakai pada penelitian ini adalah sensor suhu DS18B20, pemasangan sensor bertujuan untuk mengetahui temperatur yang ada pada rangkaian ACWH. Sensor yang terpasang didalam ACWH ada 3 yaitu didalam tangki, di jalur keluaran kompresor dan di jalur masuk kondensor. Temperatur di sensor tersebut akan langsung terbaca di laptop dengan menggunakan software Arduino dan PLX-DAQ. Adapun tahap-tahap dari pemasangan sensor adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan sensor pada jalur keuaran *refrigerant* kompresor dan *refrigerant* masuk kondensor.

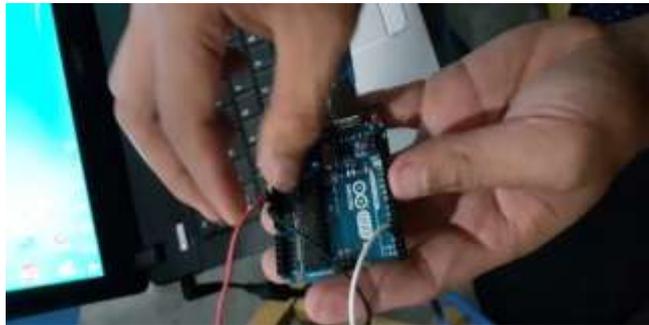
Proses ini dilakukan dengan cara meletakkan bagian dari sensor kedalam pipa tembaga yang mengalir didalamnya refrigeran agar mengetahui temperatur dari refrigeran keluaran dari kompresor dan masuk kondensor.



Gambar 4.19 Pemasangan Sensor Pada Jalur *Refrigerant*

2. Pemasangan sensor pada tangki

Pemasangan kabel bertujuan untuk menghubungkan sensor ke bahasa program yang sudah dibuat agar sensor bisa bekerja.



Gambar 4.22 Pemsangan Kabel Sensor

4.2.6 Perakitan Komponen

Perakitan ini bertujuan untuk menyatukan komponen-komponen dari ACWH yang telah selesai dibuat.



Gambar 4.23 Perakitan Komponen

4.2.7 Hasil Pembuatan

Dari proses pembuatan yang telah dilakukan, maka didapat hasil dari pembuatan ACWH seperti pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Hasil Pembuatan ACWH

4.2.8 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 mesin harus diperbaiki lagi sampai kondisi mesin benar-benar siap untuk pengambilan data dan penelitian. Adapun tahap-tahap untuk melakukan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Penyambungan pipa tembaga dari kompresor ke APK

Penyambungan ini bertujuan untuk mengalirkan refrigerant dari kompresor ke APK sebagai pemanas air lalu dilanjutkan ke kondensor. Penyambungan ini dilakukan menggunakan nepel ukuran $\frac{1}{4}$ inch yang dikunci dengan kuat.



Gambar 4.25 Penyambungan Pipa Tembaga

2. Pengisian Freon

Pengisian freon dilakukan dengan menggunakan pressure gauge, dan pengisian dilakukan sampai tekanan 80 psi. Setelah pengisian freon, tunggu beberapa menit sampai tekanan stabil.



Gambar 4.26 Pengisian Freon

3. Pengisian Air

Pengisian air kedalam tangki dilakukan dengan menggunakan literan untuk membuktikan bahwa volume tangki benar-benar 60 liter. Seperti ditunjukkan pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Pengisian Air

3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada saat pertama kali AC dihidupkan sampai 1 jam (60 menit). Data yang terbaca pada ARDUINO akan *terecord* otomatis dengan menggunakan aplikasi PLX-DAQ.

A screenshot of a data acquisition software interface, likely PLX-DAQ. The main window displays a large table with multiple columns and rows of numerical data. The table is organized into several columns, with the first column containing a list of identifiers or channel numbers. The data appears to be recorded over time, with values ranging from approximately 0.00 to 0.10. The interface includes a menu bar at the top and a status bar at the bottom.

Gambar 4.28 Pengambilan Data

4.3 Hasil Pengujian

Bersumber pada hasil pengujian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Prestasi Mesin, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, tentang kinerja dari ACWH, diperoleh data yang dapat menjawab persoalan-persoalan pada data tersebut, serta memberikan suatu gambaran dengan bentuk data dan juga grafik.

Data-data dari hasil percobaan yang telah dilaksanakan dalam penelitian ini akan dijelaskan atau diuraikan dalam bab ini dalam bentuk perhitungan guna memperoleh variabel yang diinginkan. Selanjutnya dibawah ini adalah data dari hasil percobaan yang dilaksanakan dalam penelitian serta data dari perhitungan yang dilaksanakan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi dari *helical coil* ke air.

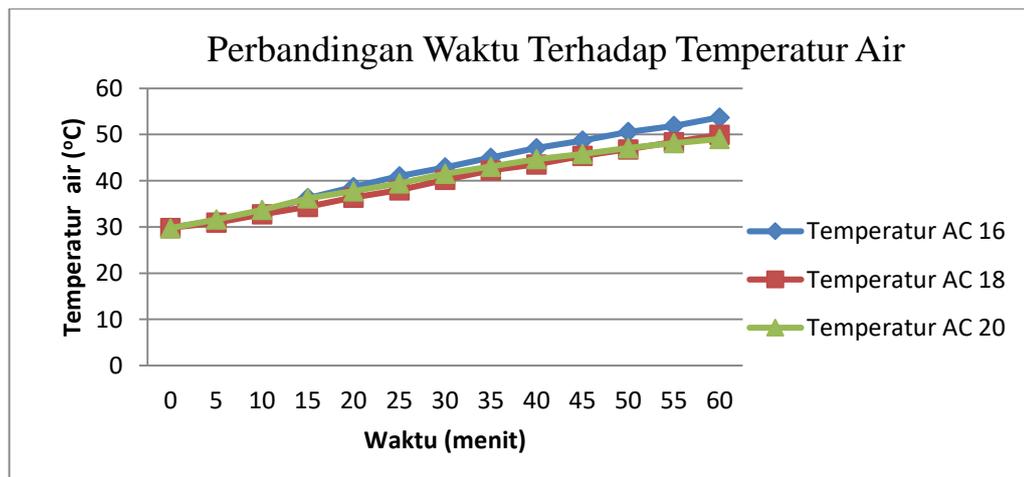
4.3.1 Hasil Pengujian Waktu Terhadap Temperatur Air

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperatur air yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Temperatur Air

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (°C)	Temperatur AC 18°C (°C)	Temperatur AC 20°C (°C)
0	29,87	29,81	29,75
5	31,37	30,94	31,62
10	33,25	32,75	33,69
15	36,25	34,38	36,19
20	38,63	36,38	37,75
25	41	37,94	39,44
30	42,88	40,19	41,5
35	45	42,25	43,06
40	47,06	43,56	44,69
45	48,69	45,38	45,81
50	50,56	46,81	47,06
55	51,88	48,38	48,13
60	53,69	49,94	49,06

Pada gambar 4.29 dihasilkan grafik waktu terhadap temperatur air, yang mana semakin kecil atau dingin temperatur AC yang digunakan maka semakin cepat pula air tersebut panas. Temperatur air yang terpanas dihasilkan oleh temperatur AC 16°C dengan nilai 53,69°C.



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Temperatur Air

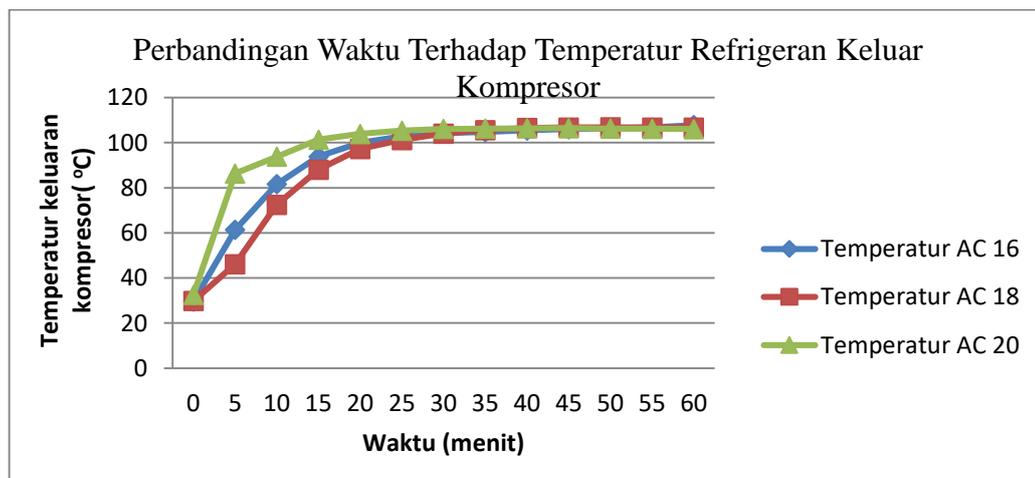
4.3.2 Hasil Pengujian Waktu Terhadap Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperatur *refrigerant* keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigeran* Keluar Kompresor

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (°C)	Temperatur AC 18°C (°C)	Temperatur AC 20°C (°C)
0	29,56	29,81	32,56
5	61,37	46,13	86,31
10	81,62	72,44	93,75
15	93,81	88,06	101,31
20	99,94	97,25	103,87
25	102,82	101,19	105,31
30	104,25	104,06	106,06
35	104,75	105,56	106,25
40	105,44	106,5	106,37
45	106	106,69	106,44
50	106,37	106,81	106,25
55	106,75	106,75	106,12
60	107,75	106,69	106

Pada gambar 4.30 dihasilkan grafik perbandingan waktu terhadap temperatur *refrigerant* keluar kompresor, yang mana kenaikan temperatur tercepat dialami oleh temperatur AC 20°C, akan tetapi temperatur terbesar didapat pada temperatur AC 16°C yaitu pada temperatur 107,75°C. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa setiap temperatur AC mempunyai temperatur *refrigerant* keluar kompresor yang hampir sama.



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Waktu Terhadap Temperatur *Refrigeran* Keluar Kompresor

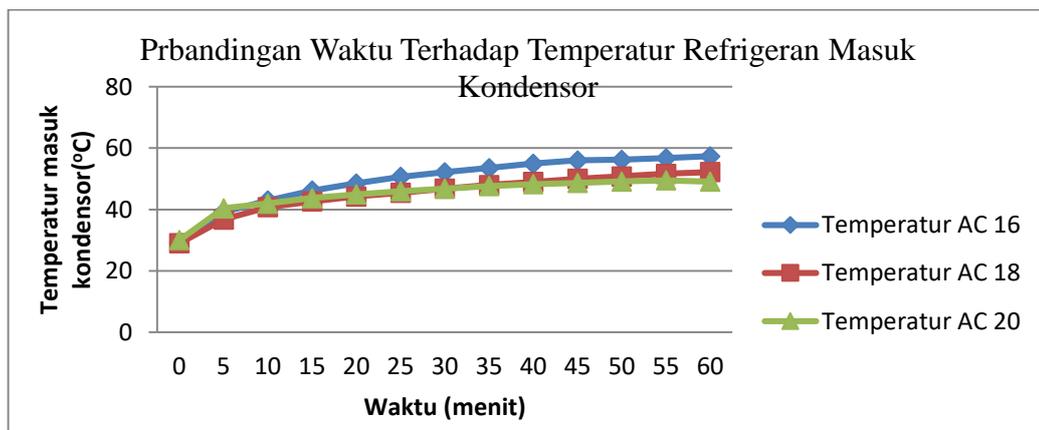
4.3.3 Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigeran* Masuk Kondensor

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperatur *refrigeran* keluar kompresor yang dihasilkan oleh temperatur AC. Adapun variabel yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Temperatur *Refrigeran* Masuk Kondensor

Waktu (menit)	Temperatur AC 16°C (°C)	Temperatur AC 18°C (°C)	Temperatur AC 20°C (°C)
0	29,17	29	30,06
5	39,19	36,75	40,38
10	42,94	40,78	41,94
15	46,19	42,63	43,75
20	48,5	44,25	44,94
25	50,63	45,44	45,94
30	52,13	46,81	46,79
35	53,5	48	47,63
40	54,94	49	48,25
45	55,98	50	48,69
50	56,19	50,81	49,13
55	56,75	51,63	49,5
60	57,38	52,19	49,08

Pada gambar 4.31 dihasilkan grafik waktu terhadap temperatur *refrigerant* masuk kondensor, yang mana semakin kecil atau dingin temperatur AC yang digunakan maka semakin besar pula temperatur *refrigeran* yang masuk ke kondensor. Temperatur *refrigeran* yang terpanas dihasilkan oleh temperatur AC 16°C dengan nilai 57,38°C.



Gambar 4.31 Grafik Waktu Terhadap Temperatur *Refrigeran* Masuk Kondensor

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa ACWH bekerja dengan baik untuk memanaskan air yang dapat dilihat dari temperatur air yang mencapai 53,69°C dalam waktu pemanasan 60 menit.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil rancang bangun ACWH diatas adalah sebagai berikut:

1. Rangka ACWH memiliki dimensi 1500 mm x 750 mm x 470 mm dengan demikian rangka dapat menopang unit *indoor* AC, unit *outdoor* AC dan tangki yang berkapasitas 60L.
2. Material yang digunakan untuk rangka menggunakan besi siku (L) 1,8mm
 - Tangki menggunakan material plat besi galvanis dengan tebal 2mm dan memiliki dimensi 1,2m x 2,4m
 - Helical-coil menggunakan material pipa tembaga yang mempunyai diameter luar 6,35mm, diameter dalam 5,54mm dan panjang 8m.
 - Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor DS18B20.
3. ACWH dapat bekerja dengan baik yang dibuktikan dengan peningkatan temperatur air mencapai 53,69°C dalam waktu 60 menit.

5.2 Saran

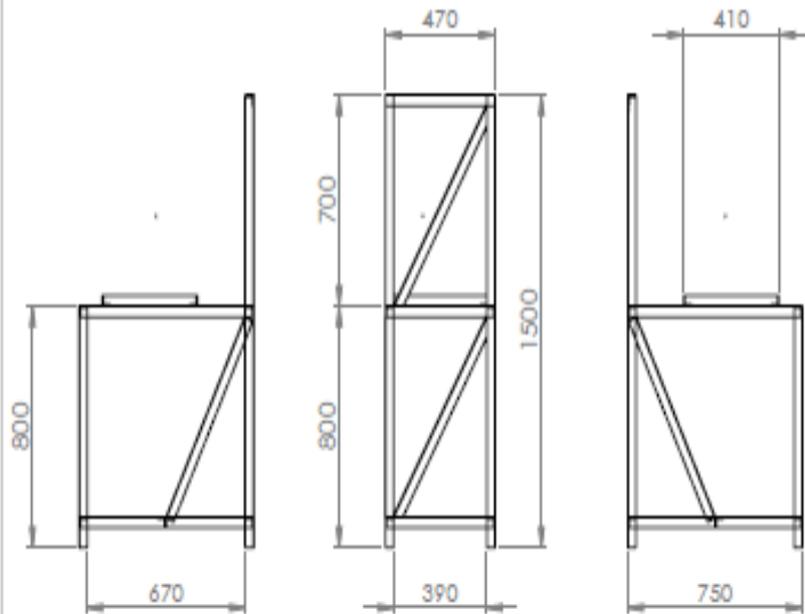
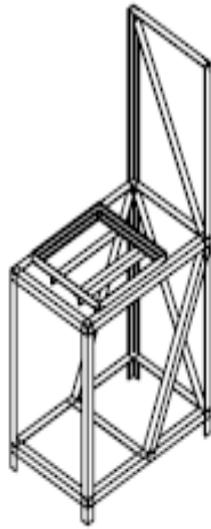
Demi penyempurnaan alat dan riset, maka bagi penulis yang ingin melanjutkan penelitian tentang ACWH hendaknya melakukan penelitian tentang sistem otomasi. Ketika sudah dapat temperatur yang diinginkan refrigerant tidak lagi melewati APK dan tidak terjadi penambahan panas agar didapat hasil yang lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

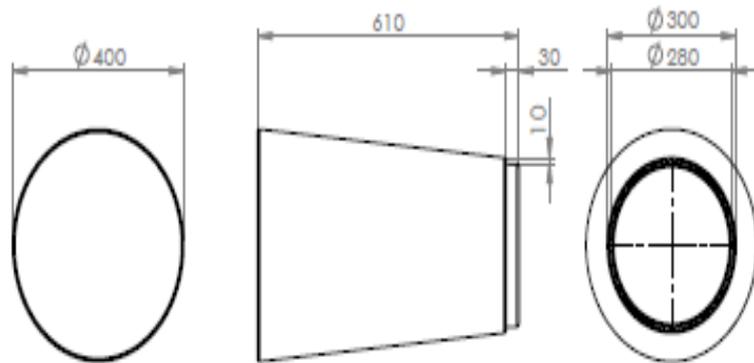
- Arismunandar. W., and Saito. H. (1981). "Penyegaran Udara". Jakarta: PT *Pradnya paramita*.
- Aziz. A., Handrianto. J., and Mainil. AK. (2015). "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi". *Jurnal Mekanikal*. VOL.6. No.2. ISSN 2086-3403
- Bagja. BK., and Ichsani. D. (2016). "Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Alat Penukar Panas Untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor AC sebagai Pemanas Air pada ST/D=4 dengan Variasi Volume Air". *JURNAL TEKNIK ITS* vol.5 No.2. ISSN: 2337-3539
- Dharmawa. (2004). "Pengantar Teknik (Perancangan Produk)". Departemen Pendidikan Nasional.
- Hendradinata., Irawan. F., dan Kusuma. AP. (2018). "Rancang Bangun Water Heater Dengan memanfaatkan Panas *Air Conditioning*". *Jurnal PETRA*. Vol.5 No.2. ISSN: 2460-8408
- Holman. JP. (2010). "Heat Transfer, Tenth Edition". New York: *McGraw-Hill Companies*.
- Pattiwat. AS., and Andhare. AM. (2015). "Design and Thermal Evaluation of Shell and Helical Coil Heat Exchanger". *International Journal of Research in Engineering and Technology*. eISSN: 2319-1163. pISSN: 2321-7308
- Reddy., Raju. RK., Lakshmi. JD., Dileep. P., and Murthy. KVR. (2016). "Studies on Helical Coil Heat Exchanger". *International Journal of Innovative Science, Engineering and Technology*, Vol. 3 Issue 1. ISSN 2348-7968
- Satesha. MT., Patel. S., Vavhal. P., and Rahate. H. (2018). "Design and Development Of Tube in Tube Helical Coil Heat Exchanger". *Int. Res. J. Of Science & Engineering*. ISSN 2322-0015.
- Siswanto. R. (2018). "Buku Ajar Teknologi Pengelasan". Universitas Lambung Mangkurat.
- Sitompul. MT. (1997). "Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)". Jakarta: *Raja Grafindo Persada*.

Surdia. T and Saito. S. (2017). “Pengetahuan Bahan Teknik”. Jakarta: PT *Pradnya Paramita*

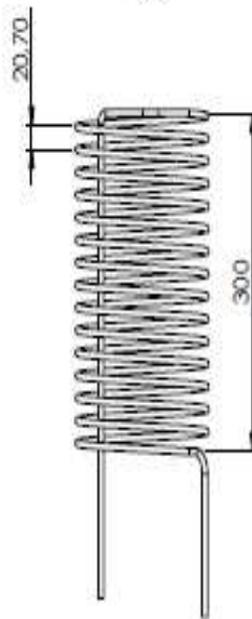
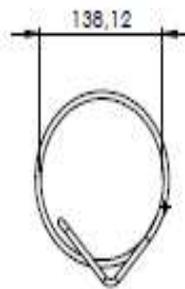
LAMPIRAN



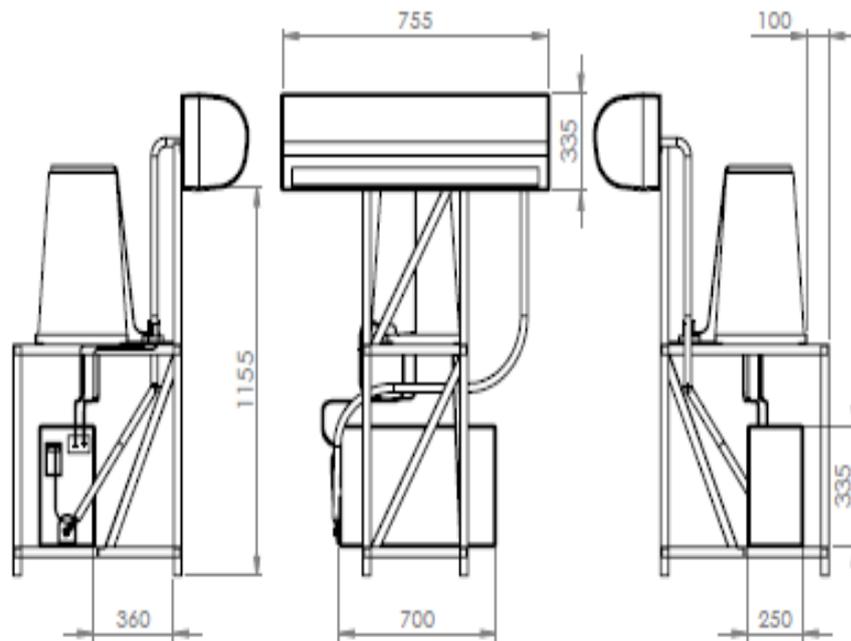
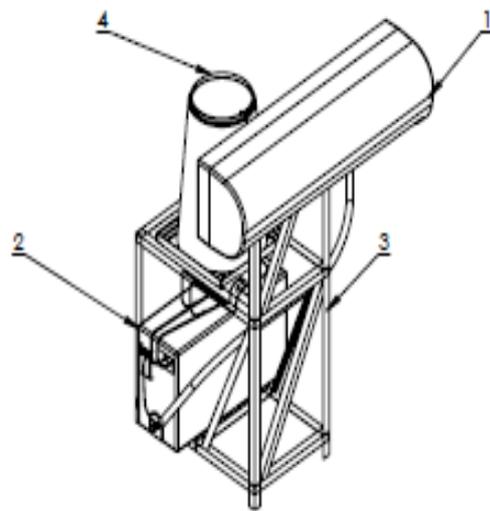
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TO BE FINISHED UNLESS OTHERWISE		FINISH	DRILL AND BRASS SHARP EDGES		DO NOT SCALE DIMENSIONS	REVISION
DATE	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: <h2 style="text-align: center;">Rangka ACWH</h2>	
DR/WH	Selvaan Maul		8.10.2019			
CHD	Arif Hidayat (S.T., M.T.)		8.10.2019			
APPROV						
MFG						
QA				MATERIAL: Besi Siku (L)	DWG NO. 1	A4
				DATE: 08/10/2019	SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR ANGULAR		FINISH		DIMENSIONS AND BEVEL SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NO.	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE	<h1>Tangki ACWH</h1>				
DRAWN	Salsabilla Husid	[Signature]	8.10.2019	[Signature]					
CHECKED	[Signature]	[Signature]	9.10.2019	[Signature]					
APPROVED	[Signature]	[Signature]	[Signature]	[Signature]					
MFG	[Signature]	[Signature]	[Signature]	[Signature]					
QA	[Signature]	[Signature]	[Signature]	[Signature]	MATERIAL Plat Stainless	DWG NO. 2	A4	SCALE 1:10	SHEET 1 OF 1



USED DIMENSION SYSTEM: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCE: LINEAR ANGULAR				FINISH:		DIMS AND SMALL SURF FINISH		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NO	REVISION	DATE	BY	TITLE <h2 style="text-align: center;">Helical Coil</h2>							
01	Initial	01.10.2019		MATERIAL: Pipa Tembaga		DWG NO. 3		A4			
				SHEET NO.		SCALE:		SHEET OF			



UNITS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DIMS AND BRAC SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION:
NAME:	ENGINEER:	DATE:	TITLE:	<h1>ACWH</h1>	
DRAWN:	CHECKED:	DATE:	TITLE:		
APPROVED:	DATE:	TITLE:	TITLE:		
MATERIAL:	DATE:	TITLE:	TITLE:		
DATE:	DATE:	TITLE:	TITLE:		
MATERIAL: 1. Unit indoor AC 2. Unit outdoor AC 3. Rangka 4. Tangki			DWG NO.	4	A4
UNIT NO.			SCALE: 1:25	SHEET 1 OF 1	

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Rancang Bangun ACWH (Air Conditioning Water Heating) Dengan Alat Pemindah Kalor Tipe Shell Helical Coil

Nama: Setiawan Halu

NPM: 1307230197

Dosen/Pembimbing: Chandra A. Sengul, S.T., M.T.

Dosen/Pembimbing: Ahmad Maruduningsih, S.T., M.T.

No.	Tgl/Tanggal	Kegiatan	Poin
1	Jahad / 1/6 2019	Perbaiki Bab 1	1
2	Sabtu / 2/7 2019	Perbaiki Bab 11	1
3	Sabtu / 25/8 2019	Lanjutan Perbaikan Bab 1 dan Bab 2-4	1
4	Selasa / 19/9 2019	Lanjutan ke Perbaikan 11	1
5	Senin 30/9 2019	- Perbaiki format - Perbaiki Bab 3	1
6	3/10	- Perbaiki Prolog - Perbaiki Bab 4	1
7	Kamis 10/10 2019	- Lanjutan ke Bab 5 - Buat Skema Perencanaan	1
8	Rabu 16/10 2019	- Lanjut ke Perbaikan 1 - Perbaikan Akhiran	1
9	Kamis / 7-11-2019	Perbaiki Bab 3 dan Bab 4	1
10	Senin, 13/11/2019	ACC Seminar	1

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Setiawan Halil
NPM : 1302270197
Judul T.Akhir : Rancangan Bangun Arsitek Ke Condition Water House
Dengan Alat Pemakai Kalor Shell And Helium Cool

Dosen Pembimbing - I : Claudia A. Yogan S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Masduki Sengul S.T.M.T
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umam S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Affandi S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Hasil dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah sesuai pedoman dan
perbaikan antara lain:

*Poster belah ketupat, gambar front view
Metode, tabel & pembahasan*

2. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan

Madin 08 Juni 2021
01 Tahun 2021



Dosen Pembimbing - I
Affandi
Khairul Umam S.T.M.T

DAFTAR KEANGGARAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Setawan Bah
UMI : 1107210147
Jalan : Jalan
Kampus : Kampus Bangun Arsitek Jln. Cendekia, Kawan Siantar
Kantor : Kantor Pusat KIR - Blok S&D Hutan Ciri

Dosen Pembimbing - I : Claudia A. Siregar S.T.M.T.
Dosen Pembimbing - II : Ahmad Masduki Siregar S.T.M.T.
Dosen Pembimbing - I : Khairul Umami S.T.M.T.
Dosen Pembimbing - II : Alfarid S.T.M.T.

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke dalam jurusan (collegium)
2. Dapat mengikuti kuliah umum (collegium) setelah selesai melaksanakan persyaratan lainnya

Uluw bulaw hapsu uluwr

1. Harus mengikuti ujian tambah
Perbaikan

Makassar, 05 Desember 2023
11 Desember 2023 M



Dosen Pembimbing II

[Signature]
ALFARID S.T.M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

1. Nama : SETIAWAN HADI
2. Jenis Kelamin : Laki – Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : MEDAN, 24 – 02 – 1997
4. Kewarganegaraan : Indonesia
5. Status : Belum Kawin
6. Agama : Islam
7. Alamat : Jl. Lukah No. 23 D, Kec. Amplas, Kel.
Medan Amplas
8. No. Hp : 081533174244
9. Email : setiawan.hadi1997@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2003 – 2009 : SD Swasta Al-Washliyah 11 Medan
2. 2009 – 2012 : SMP Negeri 15 Medan
3. 2012 – 2015 : SMK Swasta Multi Karya Medan
4. 2015 – 2020 : Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara