

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN ACWH DENGAN MODEL TANKI HORIZONTAL DAN PENAMBAHAN PCM SEBAGAI ISOLATOR DARI SUMBER PANAS

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

Disusun oleh :

IRHAM ROSYADI
1807230013



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Irham Rosyadi
NPM : 1807230013
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun ACWH Dengan Model Tanki Horizontal Dan Penambahan PCM Sebagai Isolator Dari Sumber Panas
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 September 2022

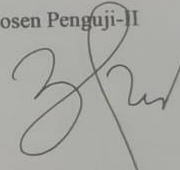
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji-I



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

Dosen Penguji-II



Riadini Wanty Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji-III



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



Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Irham Rosyadi
Tempat / Tanggal Lahir : Medan , 2 November 2000
NPM : 1807230013
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“RANCANG BANGUN ACWH DENGAN MODEL TANKI HORIZONTAL DAN PENAMBAHAN PCM SEBAGAI ISOLATOR DARI SUMBER PANAS”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara 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, 4 Februari 2022

Saya yang menyatakan


Irham Rosyadi

ABSTRAK

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 stainless dan penambahan PCM di sekeliling tangki 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 tidak memakai PCM peningkatan temperatur air dengan penambahan PCM mencapai 60,25 °C dalam waktu pengujian 7 jam, sedangkan tidak memakai PCM suhu temperatur air mencapai 60,17 °C dalam waktu 10 jam.

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

ABSTRACT

into several stages, namely design, material selection and manufacture. The design uses solidworks 2013 software which includes frame design, tank design, Helical-Coil heat exchanger design and the stage of uniting components designed to be able to flow refrigerant heat to water. The stage of making the tool follows from the design that has been made, namely the frame using angle iron (L) with dimensions of 750mm x 390mm x 1500mm, the tank uses a stainless steel plate and the addition of PCM around the tank with a capacity of 60 liters and an overhaul of the compressor outlet flow that is routed to the Helical-Coil heat exchanger made of copper with a diameter of 6.35mm with APK dimensions 150mm x 300mm or half of the tank height. From the test results, ACWH can work well as evidenced by not using PCM, increasing water temperature with the addition of PCM reaching 60.25 oC within 7 hours of testing, while not using PCM water temperature reaching 60.17 oC within 10 hours.

Keywords: Water heater, Energy wasted, Helical-Coil, Copper, PCM

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pengaruh panjang pipa kapiler terhadap efektivitas alat penukar kalor tipe *shellhelical 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 dyang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar , S.T, M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Umi dan Daiman, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Moranelo Maichino, Fahri Fadillah Nasution dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 4 Februari 2022

Irham Rosyadi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRACT	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Refrigerant (AC)	6
2.2.1 Siklus Refrigerant Sistem AC.....	6
2.2.2 Siklus Kompresi Uap	9
2.2.3 Siklus kompresi uap Aktual.....	10
2.2.4 Siklus Kompresi Uap Dengan Water Heater	12
2.3 Karakteristik Perancangan	13
2.3.1 Dasar-Dasar Pemilihan Bahan.....	16
2.4 Perpindahan Panas	17
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi (<i>Conduction</i>).....	17
2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi (<i>Convection</i>).....	18
2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi (<i>Radiation</i>).....	18
2.5 Alat Penukar Kalor	19
2.5. Kegunaan Alat Penukar Kalor	19
2.6 Kompresor	22
2.7 PCM (Phase Change Material).....	23
2.8 <i>Road Map</i> Penelitian	25
BAB 3 METODOLOGI	27
3.1 Tempat dan Waktu	27
3.1.1 Tempat	27
3.1.2 Waktu	27
3.2 Alat dan Bahan	28
3.2.1 Alat	28
3.2.2 Bahan	32
3.3 Bagan Alir Penelitian	37
3.3.1 Penjelasan Bagan Alir Penelitian	38
3.4 Variabel Yang Dicari.....	38

3.5	Desain Alat Penelitian	39
3.5.1	Tangki Horizontal 2D	39
3.5.2	Tangki Horizontal 3D	40
3.5.3	Perancangan <i>Helical Coil</i>	40
3.6	Perakitan Alat Penelitian	40
3.6.1	Pembuatan dan Pelapisan Tangki Horizontal	40
3.6.2	Perakitan <i>Helical Coil</i>	41
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Hasil dan rancangan Komponen-komponen ACWH	42
4.1.1	Perancangan Rangka ACWH	42
4.1.2	Perhitungan Kelayakan Rangka	42
4.1.3	Perhitungan Sambungan Las	44
4.1.4	Perancangan Tangki	45
4.1.5	Perancangan <i>Helical Coil</i>	47
4.1.6	Hasil Perancangan	47
4.1.7	Bagian-Bagian Komponen ACWH	48
4.1.8	Siklus Kerja ACWH	49
4.2	Hasil Pembuatan Komponen-Komponen ACWH	49
4.2.1	Pembuatan Rangka ACWH	50
4.2.2	Pembuatan Pelapisan Tangki	51
4.2.3	Pembuatan <i>Helical Coil</i>	52
4.2.4	Perombakan Jalur Keluaran Kompresor	54
4.2.5	Pemasangan Sensor	55
4.2.6	Perakitan Komponen	56
4.2.7	Hasil Pembuatan	57
4.2.8	Proses Pengujian ACWH	57
4.3	Hasil Pengujian	57
4.3.1	Hasil Pengujian Turunan Air Terhadap Waktu Pada Temperatur AC 16°C	61
4.3.2	Hasil Pengujian Turunan Air Terhadap Waktu Pada Temperatur AC 16°C Dengan Penambahan PCM	62
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Road Map</i> Penelitian	25
Tabel 3.2 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	27
Tabel 4.1 Pengujian air tanpa PCM dengan suhu 16°C	61
Tabel 4.2 Pengujian air dengan penambahan PCM dengan suhu 16°C	62

DAFTAR GAMBAR

2.1 skematik sistem pendingin siklus	6
2.2 T-sDiagram Siklus Kompresi uap standar	7
2.3 P-h Diagram Siklus Kompresi Uap Standar	7
2.4 Diagram P-h siklus Kompresi Uap Ideal	9
2.5 Siklus Kompresi Uap Aktual	10
2.6 Diagram P-h siklus kompresi uap Aktual	11
2.7 Siklus kompresi uap dengan <i>water heater</i>	12
2.8 Diagram P-h Siklus kompresi uap dengan <i>water heater</i>	12
2.9 Macam-macam Rangkaian pipa pada <i>heat exchanger</i>	20
2.10 Jenis-jenis kompresor	23
2.11 Diagram vektor arus listrik	23
3.12 Pipe cutter	28
3.13 Gunting plat	28
3.14 Sambungan pipa paralon	28
3.15 Double type 3M	29
3.16 Lem dextone	29
3.17 <i>Flaring Tool</i>	29
3.18 Nepel	30
3.19 Laptop	30
3.20 Voltmeter	30
3.21 Clampmeter	31
3.22 Kunci L	31
3.23 Kunci Pas	32
3.24 Arduino	32
3.25 Unit indoor ac split	33
3.26 unit outdoor ac split	33
3.27 besi siku	33
3.28 Pipa Tembaga	34
3.29 Elektroda	34
3.30 Kawat las perak	35
3.31 Kawat las kuningan	35
3.32 Insuflex	35
3.33 Plat alumunium	36
3.34 Freon	36
3.35 PCM (Phase Change Material)	36
3.36 Bagan alir	37
3.37 Desain tanki horizontal	39
3.38 Tangki horizontal 3D	40
3.39 Pelapisan insuflexke tangki horizontal	41
3.40 Perakitan helical coil	41
4.1 Perancangan Rangka ACWH	42
4.2 Perancangan Tangki	46
4.3 Perancangan <i>Helical Coil</i>	47
4.4 Hasil Rancangan ACWH	48
4.5 Bagian- bagian Komponen ACWH	48

4.6 Siklus Kerja ACWH	49
4.7 Pengukuran	50
4.8 Pemotongan	50
4.8 Pengelasan	51
4.10 Rangka ACWH	51
4.11 Pelapisan Tangki	52
4.12 Tangki	52
4.13 Pembuatan lilitan	53
4.14 Pengelasan helical coil	53
4.15 Helical Coil	54
4.16 Helical Coil dalam tanki	54
4.17 Perombakan jalur keluaran kompresor	55
4.18 Pemasangan sensor pada jalur refrigerant	55
4.19 Pemasangan sensor pada tangki	56
4.20 Bahasa pemrograman sensor DS18B20	56
4.21 Pemasangan kabel sensor	56
4.22 Perakitan komponen	57
4.23 Hasil pembuatan ACWH	57
4.24 Penzambungan pipa tembaga	58
4.25 Pengisian freon	58
4.26 Pengisian air	59
4.27 Pengisian PCM	60
4.28 Pengambilan data	60
4.29 Tabel data pengujian air tanpa PCM dengan suhu 16°C	61
4.30 Grafik data pengujian air tanpa PCM dengan suhu 16°C	61
4.31 Tabel pengujian air dengan penambahan PCM dengan suhu 16°C	62
4.32 Grafik data pengujian air dengan penambahan PCM dengan 16°C	62

DAFTAR NOTASI

Notasi		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)
Δt	= Perbedaan Temperatur	(°C)
k	= Konduktivitas Thermal Bahan	W/m.K
q	= Laju Perpindahan Panas Dengan Cara Konveksi	Watt
T _w	= Temperatur Dinding	K
T _f	= Temperatur Fluida	K
h	= Koefisien Perpindahan Panas Konveksi	W/m ² .K
qr	= Laju Perpindahan Panas Dengan Cara Radiasi	Watt
e	= Emitansi Permukaan Kelabu	-
σ	= Konstanta Dimensional	BTU/h ft ² °C
T ₁	= Temperatur Benda Kelabu	K
T ₂	= Temperatur Benda Hitam Yang Mengelilinginya	K
V	= Volume	m ³
d	= Diameter	m
t	= Tinggi	

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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.

Sistem kerja dari ACWH adalah memanfaatkan kalor yang tidak terpakai dari kompresor AC dengan menambah Alat Penukar Kalor (APK) di sepanjang dinding tangki horizontal. APK yang digunakan adalah *shell helical coil*. Bahan yang digunakan adalah tembaga (*copper*) yang dikarenakan tembaga adalah bahan penghantar panas yang paling baik, sehingga panas yang diserap lebih maksimal daripada logam lainnya. Pada penelitian ini menggunakan APK tipe helix dengan jumlah 15 lilitan dengan dimensi diameter 15 cm dan panjang 53,3 cm dengan panjang total 800 cm.

PCM (phase change material) adalah material yang bisa menyerap kalor atau melepaskan kalor saat berubah fase. PCM memiliki kemampuan untuk mengubah fase pada kisaran suhu tertentu. Material PCM akan menyerap energi selama proses peleburan sebagai perubahan fase dari padat ke cair.

PCM dapat berasal dari material organik seperti paraffin, asam lemak hingga gula alkohol. Selain material organik, material anorganik seperti garam-garam hidrasi juga dapat digunakan sebagai PCM. Material lain yang dapat digunakan adalah biomaterial seperti asam lemak dari hewan dan minyak-minyak tumbuhan yang memenuhi syarat penggunaan PCM seperti aman digunakan, tidak beracun, harga yang terjangkau, hingga kemudahan memperoleh material tersebut sebagai bahan baku.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana menjelaskan penambahan PCM sebagai isolator panas?

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 model ACWH dengan penambahan PCM sebagai isolator panas.
2. Unit air conditioning (AC) yang digunakan adalah jenis AC split ½ PK.
3. Media pemanasan adalah keluaran refrigerant kompresor AC melalui APK helical coil.
4. Perancangan ACWH dengan penambahan PCM menggunakan software solidworks 2013

1.4 Tujuan

Penelitian dapat dicapai berbagai tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk merancang ACWH dengan model tanki horizontal.
2. Untuk menambahkan PCM di seluruh dinding tangki sebagai isolator dari sumber panas.
3. Untuk membandingkan panas air dalam tanki dengan PCM dan tidak dengan PCM.

1.5. Manfaat

Penulisan ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai acuan perancangan ACWH dengan APK *Shell Helical Coil*.
2. Memberikan informasi mengenai sifat dan karakteristik dari ACWH dengan alat penukar kalor *Shell Helical-Coil*.
3. Memberikan informasi tentang efektifita penambahan APK *Shell Helical Coil* pada sepanjang tanki horizontal

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa hasil dari penelitian yang berkaitan dengan ACWH :
(Reyhan Kiay Demak Dkk, 2017) melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh variasi massa refrigeran terhadap kinerja air conditioner water heater (ACWH)” Air Conditioner Water Heater (ACWH) merupakan perangkat AC konvensional yang digabungkan dengan perangkat pemanas air, sistem pemanas air pada ACWH bekerja dengan memanfaatkan panas buang pada kondensor, kalor yang umumnya dilepaskan ke lingkungan secara cuma-cuma dimanfaatkan untuk memanaskan air yang tersimpan pada tangki penampung (heat recovery system) sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik. Pemanas air, pada ACWH bekerja dengan energi yang gratis sehingga dapat menghasilkan kerja berguna dengan energi cuma-cuma. Pada umumnya sistem pemanas air yang banyak beredar di pasaran adalah pemanas air bekerja dengan energi listrik, bahan bakar gas dan energi matahari, sistem pemanas dengan memanfaatkan energi listrik dan gas harganya cukup terjangkau akan tetapi memiliki biaya operasional yang cukup tinggi karena menggunakan sumber energi yang berbayar. Pada pemanas air tenaga matahari harga perangkat masih cukup tinggi dibandingkan dengan kedua sistem lainnya, akan tetapi sumber energi dari pemanas air tenaga matahari didapatkan secara cuma-cuma sehingga meningkatkan nilai ekonomis dari sistem tersebut.

(Galuh Renggani Wilis Dkk, 2017) melakukan penelitian yang berjudul Perencanaan Tabung Heater Pada Aplikasi Air Conditioning (AC) Double System 1 PK Aircon Water Heater adalah pemanas air yang memanfaatkan suhu freon yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Pada AC biasa, suhu tersebut akan diturunkan lagi (dibuang) pada kondensor dengan cara ditiup dengan kipas. Sebelum masuk kondensor, aliran freon panas tersebut dibelokkan ke dalam tangki yang berisi air dingin. Di dalam tangki ada pipa spiral yang disebut Heat Exchanger. Sehingga terjadi kontak antara freon panas dan air dingin pada heat exchanger. Air yang semula dingin perlahan akan memanaskan sesuai dengan suhu freon. Sebaliknya freon yang semula sangat panas akan sedikit menurun temperaturnya sebagai hasil kontak dengan air dingin tersebut.

(Siregar, Chandra A, dkk, 2021), melakukan penelitian yang berjudul “Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance

AC Pada Aplikasi ACWH". Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja dari AC dengan penambahan water heater. Jenis APK yang digunakan adalah pipa kapiler bersirip. Kapasitas air didalam tanki sebesar 60 liter. Pada penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa perancangan AC dapat dilakukan sehingga mampu menambah fungsi AC menjadi dua bagian utama yakni pengkondisian udara dan pemanas air untuk kebutuhan mandi. Dalam durasi pengujian 60 menit, temperatur air tertinggi dalam tangki sebesar 55,5 °C dari pengujian temperatur evaporator 18 °C. Namun, perancangan teknologi ini juga menyebabkan penurunan performance AC. Dari analisa yang dilakukan ditemukan bahwa nilai COP AC lebih tinggi daripada ACWH. Nilai COP tertinggi tertetak pada pengujian temperature evaporator 20 °C sebesar 3,071 pada AC, sedangkan pada ACWH sebesar 2,964 untuk temperature pengujian evaporator 18 °C.

(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.

(Siregar, Chandra A, dkk, 2021), melakukan penelitian yang berjudul "Studi Eksperimental Efektifitas ACWH terhadap Panjang Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas" ACWH (Air Conditioner Water Heater) merupakan aplikasi rekayasa teknologi AC yang memanfaatkan panas buang dari kompresor. Pemanfaatannya dengan menambahkan alat penukar kalor (APK) yang bertujuan untuk memanaskan air didalam tanki, sehingga dapat memenuhi kebutuhan air panas untuk mandi. Dalam penelitian ini, APK yang digunakan adalah pipa kapiler berbahan tembaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja ACWH. Variasi panjang pipa kapiler yakni 8m (1/2 dari ukuran tinggi tanki) dengan 15 lilitan dan pipa dengan panjang 16m dengan 30 lilitan (setinggi tanki). Diameter lilitan sebesar 150mm. Variable yang akan diuji dan diamati adalah hasil temperatur pemanasan air, temperatur refrigeran keluar

kompresor, dan juga temperatur refrigeran masuk kondensor pada waktu 60 menit. Pengujian dilakukan terhadap 3 temperatur evaporator yang berbeda yakni 160C, 180C, dan 200C. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat penukar kalor dengan panjang pipa kapiler 16m lebih efektif untuk memanaskan air dibandingkan dengan alat penukar kalor dengan panjang pipa kapiler 8m. Temperatur air dalam tanki dengan pengujian temperatur evaporator 160C sebesar 53.81°C dengan panjang pipa kapiler 16m. Sedangkan panjang pipa 8m, diperoleh temperatur air dalam tanki sebesar 53, 69 0C. Untuk pengujian dengan temperatur evaporator 180C dan 20 0C dengan menggunakan panjang pipa kapiler 16m hasilnya masing-masing sebesar 51°C dan 46.81°C. Sedangkan menggunakan pipa kapiler 8m hasilnya masing-masing sebesar 49.940C dan 49.060C.

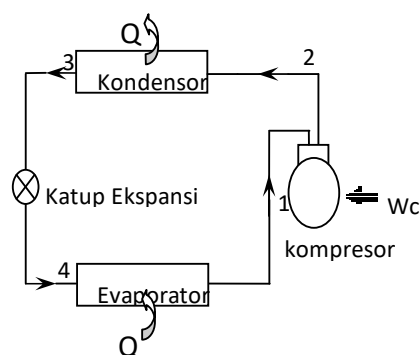
(Siregar, Chandra A, dkk, 2021), melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Acwh Berkapasitas 60 Liter Memanfaatkan Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas” penggunaan air conditioner (AC/mesin pengkondisian udara) saat ini sangat familiar dikalangan masyarakat, baik untuk rumah tangga, perkantoran, industri perhotelan maupun penginapan. Untuk kalangan rumah tangga serta industri perhotelan/penginapan selain menggunakan AC sebagai fasilitas juga memanfaatkan penyediaan air panas (water heater). Atas dasar kebutuhan tersebut, penelitian akan mencoba menggabung dua mesin (AC dan water heater) menjadi satu mesin Air Conditioner Water Heater (ACWH). Hal ini diyakini akan menghemat biaya konsumsi listrik dan perawatan. Selain ACWH, salah satu alternatif untuk mengatasi mahalnya biaya tersebut adalah pemanas air tenaga matahari (solar water heater/SWH), namun SWH ini juga masih tergolong mahal dari biaya konstruksi. Namun penerapan SWH sangat didukung oleh letak geografis wilayah Indonesia dengan iklim tropis yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun [2, 3]. Cara kerja sistem ACWH ini adalah memanfaatkan panas yang terbuang dari sistem AC untuk memanaskan air dengan penambahan alat penukar kalor [4]. Dimana alat penukar kalor yang digunakan tidak memerlukan energi tambahan, tetapi alat penukar kalor dirancang untuk memanfaatkan sebesar besarnya energi yang ada dalam sistem. Namun yang harus diperhatikan adalah pemilihan jenis APK yang digunakan karena sering kali ditemukan penurunan performa perpindahan panas pada alat penukar kalor [5,6]. Dalam penelitian ini, akan dirancang sebuah ACWH dengan menggunakan alat penukar kalor tipe shell helical coil dengan penambahan sirip untuk meningkatkan perpindahan panas ke air. Sirip sebagai salah satu bagian penting dalam perancangan alat penukar panas tipe Shell Helical-Coil bersirip. Permukaan bersirip biasanya digunakan untuk mempertinggi perpindahan panas, dan meningkatkan laju perpindahan panas dari sebuah permukaan yang terlipat.

2.2 Refrigerant (AC)

Refrigerasi adalah suatu usaha untuk mencapai atau memperoleh dan menjaga temperatur lebih rendah dari temperatur atmosfer lingkungan atau sama dengan memindahkan panas dari temperatur rendah ke temperatur tinggi dengan melakukan kerja terhadap sistem . Dalam sistem refrigerasi dikenal dua siklus, yaitu refrigerasi siklus kompresi uap dan refrigerasi absorpsi. Pada dasarnya prinsip kerja Air Conditioner (AC) sama dengan refrigerasi, namun Air Conditioner (AC) tidak berfungsi sebagai pendingin saja, tetapi harus dapat menghasilkan udara nyaman. Hal ini dilakukan dengan jalan pengontrolan terhadap kondisi fisika dan kimiawi udara yang meliputi suhu, kelembaban, gerakan udara, tekanan udara, debu, bakteri, bau, gas beracun dan ionisasi . Contohnya terdapat pada AC rumah atau gedung. Karena itu tingkat kenyamanan yang didapat dari pendingin dan pengkondisian udara akan sangat terasa manfaatnya pada kehidupan sehari-hari terlebih bagi perkantoran dan dunia industri. Jenis AC untuk ruangan yang sering terdapat dalam aplikasi adalah jenis AC Split. Salah satu kelemahan dari Sistem AC Split ini adalah dalam penggunaannya memerlukan energi listrik yang cukup besar.

2.2.1 Siklus refrigerasi pada AC

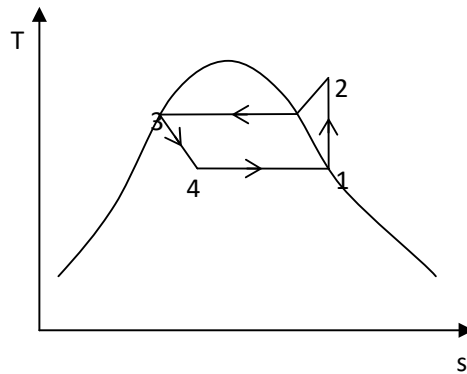
Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan jenis mesin pendingin yang paling sering digunakan saat ini. Mesin pendingin ini terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.



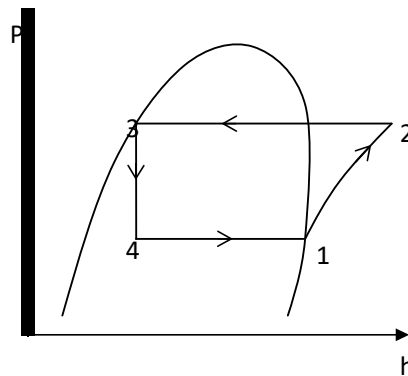
Gambar 2.1 Skematik sistem pendingin siklus

Dalam siklus ini uap refrigeran bertekanan rendah akan bertekanan tinggi, dan kemudian uap refrigeran bertekanan tinggi diembunkan menjadi cairan refrigeran bertekanan tinggi dalam kondensor. Kemudian cairan refrigeran tekanan tinggi tersebut tekanannya diturunkan oleh katup ekspansi agar cairan refrigeran tekanan rendah tersebut dapat menguap kembali

dalam evaporator menjadi uap refrigeran tekanan rendah. Susunan keempat komponen tersebut secara skematik dapat ditunjukkan pada Gambar 1 dan sketsa proses siklus kompresi uap standar dalam diagram T-S ditunjukkan pada Gambar 2 sedangkan dalam diagram P-h



Gambar 2.2 T-s Diagram Siklus Kompresi Uap Standar.



Gambar 2.3 P-h Diagram Siklus Kompresi Uap Standar.

Di dalam siklus kompresi uap standar ini, refrigeran mengalami empat proses (mengacu Gambar 3) yaitu:

Proses 1-2:

Kompresi adiabatik reversibel ; merupakan kompresi kering (uap dalam keadaan superheated) yang berlangsung didalam kompresor, dari tekanan evaporator menuju tekanan kompresor. Refrigeran dihisap kompresor dan meninggalkan evaporator dalam wujud uap jenuh dengan kondisi temperatur dan tekanan rendah, kemudian oleh kompresor uap tersebut dinaikkan tekanannya menjadi uap dengan tekanan yang lebih tinggi (tekanan kondensor). Kompresi diperlukan untuk menaikkan temperatur refrigeran, sehingga temperatur refrigeran didalam kondensor lebih tinggi dari pada temperatur lingkungan.

Maka perpindahan panas dari refrigeran ke lingkungan dapat terjadi. Dengan demikian proses 1-2 tersebut adalah kompresi isentropik disepanjang garis entropi konstan, mulai dari uap jenuh hingga tekanan pengembunan.

Proses 2-3:

Setelah mengalami proses kompresi, refrigeran berada dalam fase panas lanjut dengan tekanan dan temperatur tinggi. Untuk merubah wujudnya menjadi cair, kalor harus dilepaskan ke lingkungan. Proses ini terjadi pada alat penukar kalor yang disebut kondensor. Refrigeran mengalir melalui kondensor dan pada sisi lain dialirkan fluida pendingin (air atau udara) dengan temperatur yang lebih rendah dari temperatur refrigeran. Kalor akan berpindah dari refrigeran ke fluida pendingin dan sebagai akibat refrigeran mengalami penurunan temperatur dari kondisi uap panas lanjut menuju kondisi uap jenuh. Selanjutnya mengembun menjadi fase cair dan keluar dari kondensor berfase cair jenuh. Kesimpulannya proses kondensasi ini adalah proses pengeluaran kalor secara isobarik reversibel pada kondensor. Dengan kata lain proses 2-3 tersebut merupakan penurunan panas lanjut dan pengembunan dengan tekanan tetap, yang merupakan garis lurus mendatar pada diagram tekanan entalpi.

Proses 3-4:

Refrigeran dalam wujud cair jenuh mengalir melalui alat ekspansi. Refrigeran mengalami proses ekspansi pada entalpi konstan terjadi pada katup ekspansi dan berlangsung secara tak reversibel. Selanjutnya refrigeran keluar dari alat ekspansi berwujud campuran uap-cair pada tekanan dan temperatur sama dengan tekanan evaporator. Proses 3-4 berlangsung pada entalpi tetap, karena tegak lurus pada bagan.

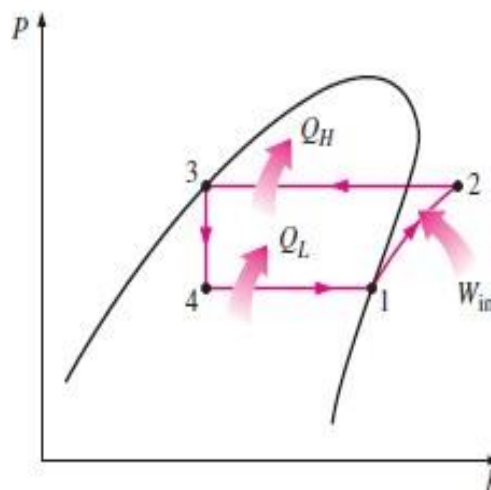
Proses 4-1

Refrigeran dalam fasa campuran uap-cair, mengalir melalui sebuah penukar kalor yang disebut evaporator. Pada tekanan evaporator, titik didih refrigeran haruslah lebih rendah daripada temperatur lingkungan (media kerja atau media yang didinginkan), sehingga dapat terjadi perpindahan panas dari media kerja ke dalam refrigeran. Kemudian refrigeran yang masih berwujud cair menguap di dalam evaporator dan selanjutnya refrigeran meninggalkan evaporator dalam fasa uap jenuh. Proses penguapan tersebut adalah proses pemasukan kalor secara isobarik reversibel pada evaporator yang menyebabkan refrigeran menguap menjadi uap jenuh. Proses 4-1 merupakan garis lurus mendatar karena

aliran refrigeran melalui evaporator dianggap tekanan tetap. (Komang Metty Trisna Negara,2010)

2.2.2 Siklus Kompresi Uap

Komponen utama sistem kompresi uap dengan sebuah siklus kompresi uap adalah kompresor, evaporator, kondensor dan katup ekspansi. Gambar Siklus refrigerasi kompresor uap. Pada diagram P-h, siklus refrigerasi kompresi uap dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.4 Diagram P-h siklus kompresi uap ideal (Pardamean Rio, 2020)

Dalam proses termodinamika yang terjadi pada sistem kompresi uap ini dapat dibagi atas 4 proses ideal, yaitu:

- 1-2s: adalah proses kompresi isentropik dari tekanan evaporator ketekanan kondensor. Pada titik 1, idealnya refrigeran berada pada fasa cair jenuh setelah menyerap panas pada suhu rendah dari evaporator. Kerja kopresor (W_{in}) dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$W_{in} = m (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

- 2s-3: adalah perpindahan panas yang diikuti kondensasi dari kondensor pada tekanan konstan. Pada bagian awal sisi masuk kondensor refrigeran masih dalam kondisi *superheat* dan akibat pendinginan akan turun suhunya hingga mencapai temperatur kondensasi, dan akhirnya menjadi cair jenuh pada sisi keluar kondensor. Kalor yang dilepas pada kompresor dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Q_H = m (h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

- 3-4: adalah ekspansi adiabatik dari tekanan kondensor ketekanan evaporator.

Akibat penurunan tekanan, temperatur akan turun. Pada sisi masuk evaporator sebagian fluida berada pada fasa cair dan sebagian lagi menjadi uap.

4. 4-1: adalah penguapan pada tekanan konstan. Disini fluida menyerap panas dari medium agar dapat menguap. Refrigeran akan seluruhnya menguap disini keluar evaporator dan siklus akan berulang kelangkah 1. Kalor yang diserap pada evaporator dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$Q_L = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2.3)$$

Dimana :

W_{in} : kerja kompresor (Watt)

Q_L : kalor yang diserap pada evaporator (Watt)

Q_H : kalor yang dilepas pada kompresor (Watt)

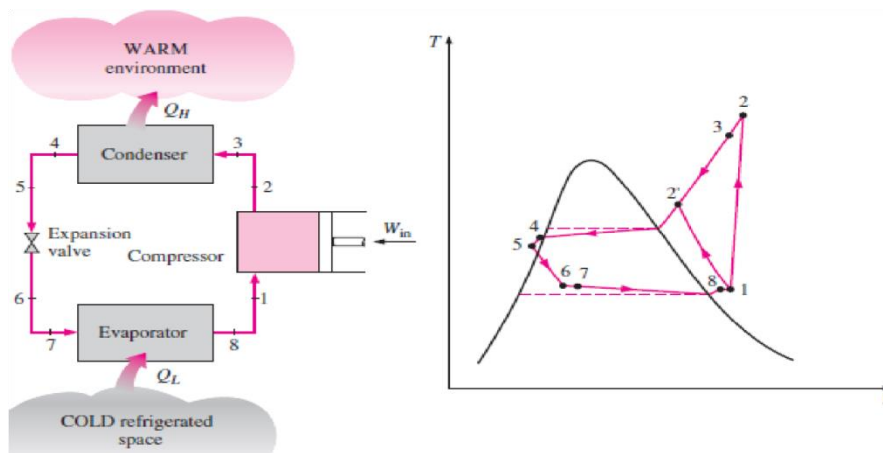
h : enthalpi (J/kg)

\dot{m} : laju aliran massa refrigeran (kg/s)

(Pardamean Rio, 2020)

2.2.3 Siklus Kompresi Uap Aktual

Pada kenyataannya *refrigerator* atau *heat pump* akan bekerja dengan suatu proses yang menyimpang dari siklus idealnya akibat ireversibilitas dalam tiap komponennya. Ireversibilitas ini pada umumnya disebabkan oleh gesekan fluida dan perpindahan kalor dari atau ke lingkungan sekitar. Siklus refrigerasi kompresi uap aktual dapat digambarkan secara skematis seperti gambar (PARDAMEAN RIO 2020)



Gambar 2.5 Siklus kompresi uap aktual

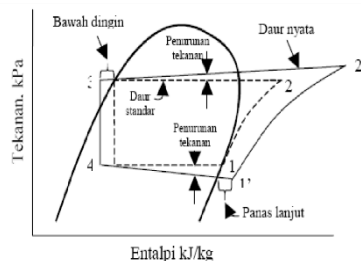
Berdasarkan referensi proses-proses yang terjadi pada siklus kompresi uap ideal adalah:

1. Refrigeran sudah dalam kondisi uap panas lanjut sebelum masuk ke kompresor.

2. Akibat cukup panjangnya pipa penghubung kompresor-evaporator akan mengakibatkan rugi tekanan. Rugi tekanan yang disertai peningkatan volume spesifik dari refrigeran membutuhkan power input yang lebih besar.
3. Dalam proses kompresi ada rugi gesekan dan perpindahan kalor yang akan meningkatkan entropi (1-2) atau menurunkan entropi (1-2') dari refrigeran tergantung kepada arah perpindahan kalornya. Proses (1-2') lebih disukai karena volume spesifiknya turun sehingga power input bisa lebih kecil. Hal ini bisa dilakukan apabila dilakukan pendinginan dalam langkah kompresi.
4. Di dalam kondenser akan terjadi juga rugi tekanan.
5. Refrigeran dalam kondisi cairan terkompresi ketika masuk dalam katup ekspansi.

Diagram P-h (P adalah tekanan dan h adalah entalpi) dapat dilihat pada Gambar 2.6. Penyimpangan yang terjadi antara lain:

1. Terjadi penurunan tekanan pada evaporator
2. Terjadi kondisi *superheat* (panas lanjut)
3. Terjadi penurunan tekanan pada kondensor
4. Terjadi kondisi-kondisi *subcooled* (pendinginan lanjut pada sisi keluar kondensor)



Gambar 2.6 Diagram P-h siklus kompresi uap aktual

Pengaruh masing-masing penyimpangan yang disebutkan diatas terhadap siklus adalah:

1. Penurunan tekanan pada evaporator dan kondensor. Ketika refrigeran melalui pipa-pipa kondensor, maka terjadi kehilangan panas akibat gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa sebagai akibatnya kerja kompresor akan meningkat untuk dapat tetap mengalirkan jumlah refrigeranyang cukup. Hal yang sama terjadi juga pada evaporator.
2. Kondisi sub-dingin yang terjadi pada bagian akhir kondensor akan lebih menjamin refrigeran yang memasuki katup ekspansi seluruhnya dalam fasa cair. Kondisi ini adalah

1. 1-1' = Proses ini berlangsung secara isobar isothermal (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari lingkungan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap.
2. 1' - 2 = Proses ini berlangsung di antara evaporator dan kompresor, dimana tekanan konstan (isobar).
3. 2 - 3 = Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik adiabatik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, maka temperatur ke luar kompresor pun meningkat.
4. 3 - 4 = Proses ini berlangsung di dalam *water heater*, dalam kondisi *superheat*. dimana uap refrigeran dari kompresor akan di kompres hingga mencapai tekanan kondensor.
5. 4 - 5 = Proses ini berlangsung di dalam *water heater*, dalam kondisi *superheat*. Dimana panas refrigeran yang telah di kompres oleh kompresor dibelokkan ke dalam koil pemanas di dalam tangki sebelum masuk ke dalam kondensor.
6. 5 - 6 = proses berlangsung di antara *water heater* dan kondensor dengan tekanan konstan (isobar). Dimana panas refrigeran sudah menurun, karena sudah diserap oleh air di dalam tangki *water heater*.
7. 6 - 7 = Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan rendah dan temperatur rendah yang berasal dari *water heater* akan membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya (udara), sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair.
8. 7 - 8 = proses berlangsung di antara kondensor ke katup ekspansi, dimana tekanan dan temperature sudah menurun.
9. 8 - 9 = Proses ekspansi ini berlangsung secara isoentalpi. Hal ini berarti tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi *drop* tekanan dan penurunan temperature.

10. $9 - 1 =$ Proses ini berlangsung secara isobar isothermal (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari lingkungan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap.

2.3 Karakteristik perancangan

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

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

Sedangkan 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 kimia tergantung 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 sarandari 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 pemakainnya 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. Mendefenisikan 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 rancang selain faktor manusia antara lain:

1. Analisa Teknik.
2. Banyak berhubungan dengan ketahanan, kekuatan, dan seterusnya.
3. Analisa Ekonomi berhubungan perbandingan biaya yang harus dikeluarkan dan manfaat yang akan diperoleh.

4. Analisa Legalisasi Berhubungan dengan segi hukum atau tatanan hukum yang berlakudan dari hak cipta.

5. Analisa Pemasaran Berhubungan dengan jalur distribusi produk/hasil rancangan sehingga dapat sampai kepada konsumen.

6. Analisa Nilai

Analisa adalah suatu prosedur untuk mengidentifikasi ongkos-ongkos yang 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 ekstrim Data dengan persentil ekstrim minimum 5% dan ekstrim maksimum 95%.
2. Perancangan untuk pemkaian rata-rata Data dengan persentil 50%.
3. Perancangan untuk pemakaian yang disesuaikan (*adjustable*)(Veteran, UNP).

2.3.1 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 pengantiannya. 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. (SETIAWAN HADI Dkk.)

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur diantara benda atau media. Ilmu perpindahan panas tidak hanya menjelaskan bagaimana panas dapat berpindah dari suatu media ke media yang lain, namun juga dapat meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi dalam kondisi tertentu. Perpindahan panas dapat terjadi dengan 3 cara, yaitu: konduksi, radiasi dan konveksi.

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas dari benda bertemperatur yang tinggi ke benda temperatur yang lebih rendah karena adanya interaksi tanpa diikuti perpindahan benda tersebut. Perpindahan panas konduksi biasanya terjadi pada benda padat, namun juga bisa terjadi pada benda cair dan gas.

$$\dot{Q} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.4)$$

Dimana k adalah koefisien konduksi plat (W/m K) dan A luas penampang yang tegak lurus arah perpindahan panas. Persamaan ini selalu diberi tanda negatif yang menyatakan bahwa sumber dalam hal ini T_1 , akan kehilangan energi. Simbol yang digunakan biasanya adalah huruf Q yang diberi tanda titik di atasnya. Arti tanda titik ini adalah besar energi yang berpindah persatuan waktu. Satuan dari \dot{Q} adalah Joule/detik atau Watt.

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat yang berbatasan dengan fluida yang mengalir. Fluida di sini bisa dalam fasa cair atau fasa gas. Syarat utama mekanisme perpindahan panas konveksi adalah adanya aliran fluida.

Perpindahan panas konveksi dibagi menjadi 2, yaitu: perpindahan panas konveksi paksa dan perpindahan panas konveksi natural. Konveksi paksa terjadi karena adanya gaya luar yang menyebabkan terjadinya perpindahan panas misalnya dengan menggunakan pompa atau *blower*. Sedangkan konveksi natural berlangsung perpindahan panas secara alami tanpa adanya pengaruh gaya dari luar.

Persamaan dasar yang digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi, adalah

$$\dot{Q}_h = hA(T_o - T_\infty) \quad (2.5)$$

Dimana:

\dot{Q}_h : laju aliran panas / kalor secara konveksi (W)

h : koefisien perpindahan panas konveksi (W/m² K)

A : luas permukaan perpindahan panas (m²)

T_o : temperatur permukaan (K)

T_∞ : temperatur lingkungan (K)

2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah proses perpindahan panas melalui gelombang electromagnet atau paket-paket energi (photon) yang dapat dibawa sampai pada jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium, disamping itu jumlah energi yang dipancarkan sebanding dengan temperatur benda tersebut. [7]

Perpindahan panas secara radiasi dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\dot{Q}_r = \varepsilon \sigma A (T_o^4 - T_\infty^4) \quad (2.6)$$

Dimana:

- \dot{Q}_r : Laju aliran panas secara radiasi (W)
- ε : emisivitas, untuk benda hitam : 1 dan yang lain : 0 – 1
- σ : konstanta Stefan Boltzman ($5.57 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)
- T_o : temperatur permukaan (K)
- T_∞ : temperatur lingkungan (K)

Pada tangki pemanas dengan dengan alat penukar kalor tipe *serpentine* ini perpindahan panas yang terjadi adalah secara konduksi dan konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi antara dinding pipa dengan air yang akan dipanaskan. Namun hal ini dapat diabaikan karena kontak antara dinding pipa dan air dianggap sempurna. Pada perpindahan panas secara konveksi berlangsung antara refrigeran bertemperatur tinggi didalam pipa dengan dinding bagian dalam pipa perpindahan panas yang berlangsung adalah perpindahan panas konveksi natural karena tidak adanya gaya luar yang mendorong fluida panas untuk bergerak. (PARDAMEAN RIO 2020)

2.5 alat penukar kalor

Alat penukar kalor adalah alat yang memudahkan pertukaran panas antara dua fluida yang berada pada suhu yang berbeda sambil menahannya pencampuran satu sama lain. Alat penukar kalor biasanya digunakan dalam praktek dalam berbagai aplikasi, dari sistem pemanas dan pendingin ruangan di rumah tangga, untuk pengolahan kimia dan produksi tenaga pada tanaman besar. Alat penukar kalor berbeda dengan ruang pencampuran karena tidak memungkinkan dua cairan yang terlibat untuk mencampur. Dalam radiator mobil, misalnya, panas ditransfer Dari air panas mengalir melalui tabung radiator ke udara yang mengalir melalui pelat tipis jarak dekat di luar yang menempel pada tabung.

Perpindahan panas pada penukar kalor biasanya melibatkan konveksi pada masing-masing cairan dan konduksi melalui dinding yang memisahkan dua cairan. Dalam analisis penukar panas, lebih mudah bekerja dengan koefisien perpindahan panas menyeluruh U

yang menyumbang kontribusi semua efek ini pada perpindahan panas. Tingkat perpindahan panas antara kedua fluida di lokasi di penukar panas tergantung pada besarnya perbedaan suhu pada lokasi tersebut, yang bervariasi sepanjang alat penukar kalor. Dalam analisis penukar kalor, Biasanya digunakan perbedaan suhu rata-rata logaritma LMTD, yang merupakan perbedaan suhu rata-rata yang setara antara dua fluida untuk keseluruhan penukar kalor. (PARDAMEAN RIO 2020)

2.5.1 Macam - Macam Alat Penukar Kalor

Begitu luas peralatan-peralatan yang mempergunakan tube (*tubular equipment*) dalam alat penukar kalor, maka untuk mencegah timbulnya kesimpangsiuran pengertian. Perlu diberikan pengelompokan peralatan itu berdasarkan fungsinya.

1. *Chiller*

Alat penukar kalor ini dipergunakan untuk mendinginkan fluida sampai pada temperatur sangat rendah. Temperatur pendingin di dalam chiller jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan pendinginan yang dilakukan dengan pendingin air. Untuk chiller ini, media pendingin dipergunakan adalah amoniak atau Freon.

2. Kondensor

Alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan atau mengembunkan uap atau campuran uap, sehingga berubah fase menjadi cairan. Media pendingin yang dipakai biasanya air, uap, atau campuran uap itu akan melepaskan panas laten kepada pendingin. Misalnya pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang mempergunakan *condensing turbine*, maka uap bekas dari turbin akan dimasukkan kedalam kondensor. Lalu diembunkan menjadi kondensat. Media pendingin yang digunakan adalah air sungai atau air laut pada suhu udara luar.

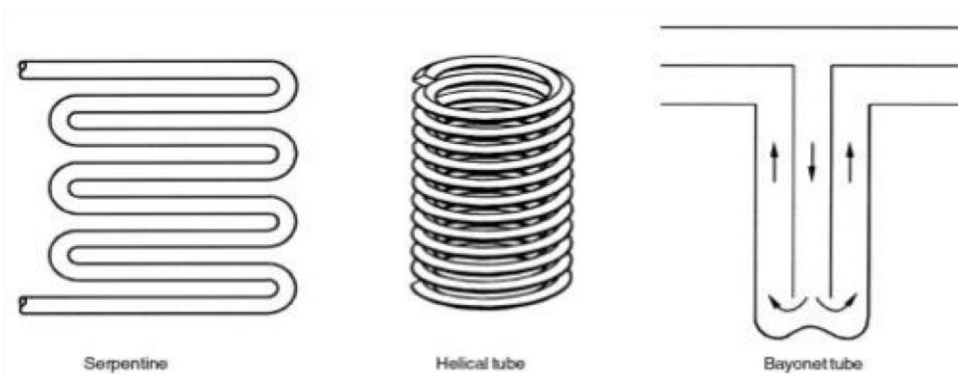
3. *Cooler*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan (menurunkan suhu) cairan atau gas dengan mempergunakan air sebagai media pendinginnya. Dengan berkembangnya teknologi dewasa ini maka pendingin *cooler* dipergunakan udara, dengan bantuan fan (kipas). Ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan *cooler* yang mempergunakan air sebagai media pendingin.

4. *Heat Exchanger*

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk pemanasan aliran fluida yang lain. Maka terjadi 2 fungsi sekaligus yaitu: 1) memanaskan fluida yang dingin dan 2) mendinginkan fluida yang panas. Suhu masuk dan keluar kedua jenis fluida diatur sesuai dengan kebutuhannya.

Heat exchanger memiliki jenis-jenis rangkaian pipa yang biasa digunakan. Pada Gambar 2.9 memperlihatkan macam-macam rangkaian pipa pada sebuah alat penukar kalor (*heat exchanger*)



Gambar 2.9 Macam-macam rangkaian pipa pada *heat exchanger*.

Dimana pada pipa serpentine susunan pipa lurus memiliki lekukan-lekukan, pada pipa helikal dibentuk melingkar atau menggulung, dan pada pipa bayonet pipa berbentuk T untuk memisahkan aliran fluida.

5. Helical coil Heat Exchanger

Penukar panas koil heliks adalah desain shell dan pipa kompak yang terdiri dari beberapa lapisan pipa kapiler melingkar dalam shell tertutup.

Helical coil memiliki definisi sebagai berikut:

H = Tinggi antara lilitan

$2r$ = Diameter Pipa

$2R_c$ = Diameter *Helical coil*

2α = Sudut helix (sudut antara proyeksi pada penukaran dan sudut pengukuran antara kumparah)

6. Reboiler

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk mendidihkan kembali (*reboil*) serta menguapkan sebagian cairan yang diproses. Adapun media pemanas yang sering digunakan adalah uap atau zat panas yang sedang diproses itu sendiri. Hal ini dapat dilihat pada distilasi, absorpsi, dan stripping. Umumnya *reboiler* itu dipasang pada bagian bawah dari *tower/column* destilasi penyulingan minyak.

7. Heater

Alat penukar kalor ini bertujuan memanaskan (menaikkan suhu) suatu fluida proses. Umumnya zat pemanas yang dipergunakan adalah uap atau fluida panas lain. Contohnya *heater* (pemanas) pada pembangkit listrik tenaga uap, dimana sebagian uap dicerat (*extraction turbine*) lalu dimasukkan kedalam *heater* air pengisi ketel, maka suhu air pengisi ketel semakin tinggi, saat mencapai drum uap ketel. Di sini uap yang dicerat itu melepas *sensible heat* sehingga menjadi kondensat.

8. *Steam Generator* atau pembangkit uap

Alat penukar kalor ini lebih dikenal dengan ketel uap dimana terjadi pembentukan uap dalam unit pembangkit. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar dalam ketel dipindahkan dengan cara konveksi, konduksi dan radiasi. Dewasa ini yang paling banyak digunakan adalah jenis pipa air, sebab dapat menghasilkan uap bertekanan tinggi.

9. *Superheater*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk mengubah uap basah (*saturated steam*) pada pembangkit uap, menjadi uap kering (*superheater steam*). Proses ini terjadi dalam ketel sendiri, sebab *superheater* itu berada didalam ketelnya. Proses perpindahan panas yang terjadi bisa secara konveksi dan secara radiasi. Uap basah berada didalam pipa dan gas pemanas diluar pipa. Kedua jenis *superheater* ini mempunyai karakteristik yang berbeda. Biasanya yang dipergunakan adalah merupakan kombinasi dari kedua-duanya. Sumber panas yang dipergunakan adalah panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada dapur ketel atau panas gas asap pembakarannya.

10. *Evaporator*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk menguapkan cairan yang ada pada larutan, sehingga dari suatu larutan diperoleh larutan yang lebih pekat (*thick liquor*). Media pemanas yang dipergunakan adalah uap dengan tekanan rendah, sebab yang dimanfaatkan adalah *latent-heat*, yaitu mengubah fase uap menjadi fase air. Banyak jenis evaporator yang umum dipergunakan seperti, evaporator sirkulasi bebas (alami), evaporator efek tunggal, evaporator efek ganda, dan lain-lain.

11. *Vaporizer*

Vaporizer ini sama dengan evaporator, bedanya jenis ini dipergunakan untuk menguapkan cairan pelarut yang bukan air.

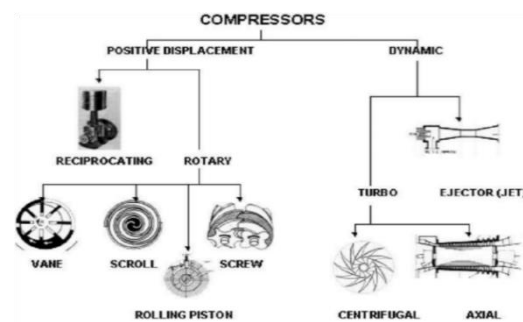
12. *Ekonomizer*

Ekonomizer atau alat pemanas air pengisi ketel bertujuan untuk menaikkan suhu air pengisi ketel (*feed water*) sebelum air masuk kedalam drum uap. Maksud pemanasan itu

adalah untuk meringankan beban ketel. Konstruksinya terdiri dari pipa-pipa yang disusun sedemikian rupa, airnya berada dalam pipa dan pemanasnya diluar pipa. Perpindahan panas terjadi secara konveksi dan konduksi media pemanas adalah gas asap hasil pembakaran bahan bakar dalam dapur ketel. (PARDAMEAN RIO 2020)

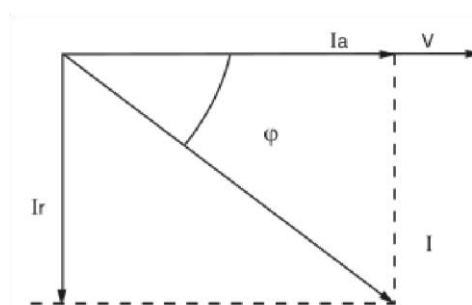
2.6 kompresor

Tujuan kompresor dalam siklus kompresi uap adalah untuk menekan gas kering bertekanan rendah dari evaporator dan menaikkan tekanannya ke kondensor. Kompresor dapat dibagi menjadi dua jenis, perpindahan positif dan dinamis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 Tipe perpindahan positif memampatkan volume diskrit tekanan rendah dengan mengurangi volume secara fisik sehingga menyebabkan kenaikan tekanan, sedangkan tipe dinamik menaikkan kecepatan gas bertekanan rendah dan selanjutnya menguranginya dengan cara yang menyebabkan kenaikan tekanan.



Gambar 2.10 Jenis - jenis kompresor.

Untuk sebagian besar muatan listrik seperti motor, arus I tertinggal dari tegangan V dengan sudut ϕ . Jika arus dan tegangan adalah sinyal sinusoidal sempurna, diagram vektor dapat digunakan untuk representasi. Dalam diagram vektor ini, vektor arus dapat dipecah menjadi dua komponen: satu di fase dengan vektor tegangan (komponen I_a), satu di kuadratur (tertinggal 90 derajat) dengan vektor tegangan (komponen I_r). I_a disebut komponen aktif arus. I_r disebut komponen reaktif arus.



Gambar 2.11 Diagram vektor arus listrik.

Diagram sebelumnya yang disusun untuk arus juga berlaku untuk daya, dengan mengalikan setiap arus dengan voltase umum V . (FELLIX 2017)

2.7 PCM (Phase Change Material)

PCM (phase change material) adalah material yang bisa menyerap kalor atau melepaskan kalor saat berubah fase. PCM memiliki kemampuan untuk mengubah fase pada kisaran suhu tertentu. Material PCM akan menyerap energi selama proses peleburan sebagai perubahan fase dari padat ke cair.

PCM dapat berasal dari material organik seperti paraffin, asam lemak hingga gula alkohol. Selain material organik, material anorganik seperti garam-garam hidrasi juga dapat digunakan sebagai PCM. Material lain yang dapat digunakan adalah biomaterial seperti asam lemak dari hewan dan minyak-minyak tumbuhan yang memenuhi syarat penggunaan PCM seperti aman digunakan, tidak beracun, harga yang terjangkau, hingga kemudahan memperoleh material tersebut sebagai bahan baku.

PCM dibagi menjadi 3 jenis diantaranya organik, non organik, dan eutektik. Parafin merupakan salah satu jenis PCM organik yang memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah, titik lebur rendah, serta mudah terbakar. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan PCM pada pemanas air kolektor tabung dengan menggunakan reflektor tipe double U. PCM yang digunakan yaitu 70% parafin yang dicampur dengan 30% minyak goreng yang bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas termal dari parafin.

Potensi untuk mendapatkan PCM baru yang murah dan tersedia di Indonesia masih banyak, salah satunya adalah berasal dari minyak nabati yakni minyak goreng. Minyak goreng kebanyakan diperoleh dari tumbuhan seperti kelapa, sereal, kacang-kacangan, jagung, kedelai dan kanola. Minyak goreng memiliki potensi yang cukup baik untuk melengkapi material organik dan anorganik sebagai PCM karena memiliki suhu leleh yang tergolong sedang. Sehingga sangat cocok diaplikasikan pada mesin pendingin. Komponen utama dari mesin pendingin yaitu, kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, serta refrigerant sebagai fluida kerja yang bersirkulasi pada bagian-bagian tersebut.

Di dalam suatu alat pendingin, kalor diserap di evaporator dan dibuang ke kondensor. Uap refrigerant yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor uap refrigerant dimampatkan, sehingga ketika keluar dari kompresor akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dari udara sekitar. Kemudian uap menuju ke kondensor melalui saluran tekan. Di kondensor uap akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap ke cairan (terkondensasi). Selanjutnya masuk ke pipa kapiler, pada saat keluar pipa kapiler, tekanan refrigerant turun dan juga temperaturnya. Setelah itu refrigerant masuk ke evaporator. (Iwan Fauzan Dkk, 2019)

2.8 Road Map Penelitian

Tabel 2.12 *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 Kalor 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 Honeycomb Sebagai Penghantar Panas
11	IRHAM ROSYADI FAHRI FADILLAH	1807230013	Rancang Bangun ACWH Dengan model tangki horizontal dan Penambahan PCM Sebagai Isolator Dari Sumber Panas
12	NST	1807230023	Analisis COP Pada Aplikasi Dengan Tangki Horizontal
13	Moranelo maichino	1807230090	Studi experimental pengaruh volume tangki terhadap kinerja AC pada aplikasi ACWH

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan dalam pengerjaan rancang bangun ACWH dengan model tanki horizontal dan penambahan PCM sebagai isolator dan sumber panas 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 model tanki horizontal dilaksanakan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literature	█					
2	Rancang bangun alat penelitian	█	█				
3	Pengujian dan pengambilan data		█	█			
4	Analisa data			█	█		
5	Penulisan laporan akhir				█	█	█
6	Seminar hasil dan sidang sarjana						█

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Pipe cutter

Berfungsi untuk memotong pipa tembaga



Gambar 3.12 pipe cutter

2. gunting plat

Berfungsi untuk memotong plat stainless/ alumunium



Gambar 3.13 Gtunting plat

3. Sambungan pipa paralon

Berfungsi untuk menggulung pipa tembaga menjadi bentuk spiral

Dimensi : 4 inc x 114 mm



Gambar 3.14 Sambungan pipa paralon

4. Dobel type 3M

Berfungsi untuk merekatkan insulflex ke tanki



Gambar 3.15 Dobel type 3M

5. Lem Dextone

Berfungsi untuk merekatkat plat alumunium ke tanki.



Gambar 3.16 Lem dextone

6. Flaring Tool

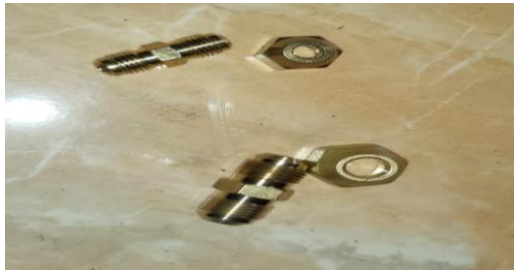
Flaring tool berfungsi untuk mengembangkan ujung pipa tembaga agar dapat disambungkan dengan pipa tembaga lainnya. Flaring tool yang digunakan dalam rancang bangun ini dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 Flaring Tool

7. 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 3.18.



Gambar 3.18 Nepel

8. 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 3.19.



Gambar 3.19 Laptop

Merk : acer
Ram : 4 GB
Processor : Core i5

9. Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik pada sistem AC.

Voltmeter dapat dilihat pada gambar 3.20



Gambar 3.20 *Voltmeter*

Voltage range : 230 V – 250 V
Operating current : Max 16A
Wattage display : 0 W - 9999W

10. Clampmeter

Clampmeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik pada sistem AC. *Clampmeter* dapat dilihat pada gambar 3.21



Gambar 3.21 *Clampmeter*

Model : Digital Fluke 266

Pengukuran arus AC : A 999 A

Rentang Resistansi : 4 Ω

11. Kunci L

Kunci L berfungsi untuk membuka dan menutup tube yang ada pada tabung penyimpanan freon. Kunci L yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3.22 Kunci L

12. Kunci pas

Kunci pas berfungsi untuk mengencangkan dan membuka baut yang ada dalam rangkaian ACWH. Adapun kunci pas yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.23



Gambar 3.23 Kunci Pas

13. Arduino

Arduino berfungsi untuk membuat bahasa program dari sensor suhu yang digunakan. Arduino yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 Arduino

Type	: Arduino UNO
Operating voltage	: 5 V
Input voltage	: 6 – 20 V

3.2.2 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 3.25 Unit *Indoor AC Split*

Merk : CHANGHONG
Kapasitas AC : ½ PK
Input daya : 400 W

2. Unit Outdoor AC Split

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



Gambar 3.26 Unit *Outdoor AC Split*

Arus kompresor : 8 A
Tegangan : 226 V
Daya : ½ -fase AC

3. Besi Siku

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



Gambar 3.27 Besi Siku

Dimensi : 36mm x 36mm x 1.8mm x 3m
Dimensi : 1,2m x 2,4m x 2mm

4. 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 3.28 Pipa Tembaga

Merk : NSC
Diameter luar : 6,35 mm
Diameter dalam : 5,53 mm
Panjang : 8 m

5. 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 bermerk ENKA bisa dilihat pada gambar 3.29.



Gambar 3.29 Elektroda

Merk : ENKA
Diamater : 2,6 mm
Panjang : 350 mm

6. 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 3.30.



Gambar 3.30 Kawat Las Perak

7. 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 3.31



Gambar 3.31 Kawat Las Kuningan

8. *Insulflex*

Insulflex berfungsi sebagai pelapis atau isolasi thermal bagi tangki ACWH. *Insulflex* yang digunakan dalam rancang bangun ini bisa dilihat pada gambar 3.32.



Gambar 3.32 *Insulflex*

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

9. 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 3.33.



Gambar 3.33 Plat stainless

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

10. 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 3.34.



Gambar 3.34 Freon

Tipe: *Refrigerant R-410*

11. PCM

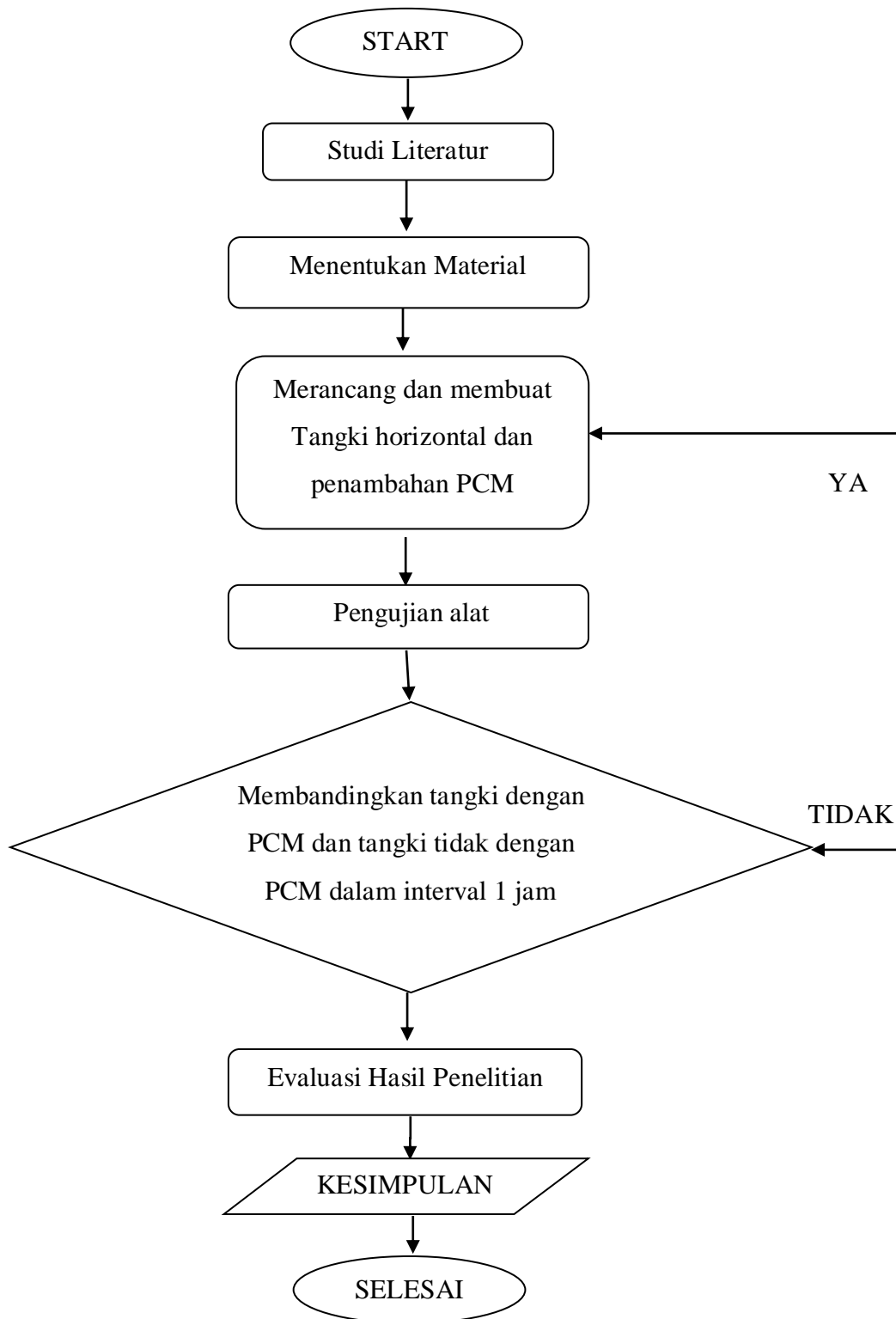
PCM berfungsi sebagai isolator dari sumber panas yang berfungsi untuk meredam panas yang keluar dari tangki pemanas.



PCM 3.35 (Phase Change Material)

Material PCM : *parafin*

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.36 Bagan Alir

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. Menentukan material adalah proses pemilihan material dan komponen yang sesuai dengan rancangan alat. Meliputi :jenis material, kekuatan yang digunakan
3. Merancang dan membuat tangki horizontal dan penambahan PCM merupakan sebuah gambaran untuk membuat tangki horizontal.
4. Pengujian adalah proses pengujian mesin yang sudah di rancang dan di buat untuk mengetahui apakah alat bekerja sesuai dengan yang diinginkan.
5. Membandingkan tangki dengan PCM dan tangki tidak dengan PCM dengan mencari tempratur air yang lebih panas dalam waktu 60 menit
6. Kesimpulan adalah data-data yang didapat dari hasil analisis diantaranya: kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator, dan unjuk kerja (COP).
7. Evaluasi hasil dari ACWH adalah untuk menghitung kalo yang di di hantarkan helical coil ke air (kalor yang di serap oleh air) dan mengetahui evektifitas dari apk helical coil dalam penghantar panas.
8. Kesimpulan adalah data – data yang didapat dari hasil rancang bangun mesin (jenis material, komponen yang di gunakan, perancangan, dan efektifitas apk).

3.4 Variabel yang dicari

Adapun variabel yang dicari pada penelitian ini antara lain :

1. Kerja kompresor (W_c)
 - a. h_1 (entalphi refrigerant saat masuk kompresor)
 - b. h_2 (entalphi refrigerant saat keluar kompresor)
2. q lepas (q_c)
 - a. h_2 (entalphi refrigerant saat masuk kodensor)
 - b. h_3 (entalphi refrigerant saat keluar kondensor)
3. q evaporasi (q_e)
 - a. h_1 (entalphi refrigerant saat keluar evaporator)
 - b. h_4 (entalphi refrigerant saat masuk evaporator)
4. *Coefficient Of Performance (COP)*

3.5. Desain Alat Penelitian

3.5.1 Tangki horizontal 2D

Dibawah ini merupakan gambar tangki horizontal. Tangki menggunakan material seperti plat *stainless steel* yang memiliki ketebalan 0,8mm dan dimensi 1,2m x 2,4m dipilih plat *stainless steel* tahan korosi/karat dan pengerjaannya yang lebih mudah. Tangki berfungsi sabagai wadah penampung air dan sebagai tempat untuk memanaskan air. Pada perancangan ini volume tangki yang diinginkan adalah 60 liter, diameter 35 cm. Seperti terlihat pada gambar 3.26.

Volume (V) : 60 L = 0,06 m³

Diameter (d) : 35 cm = 0,35 m

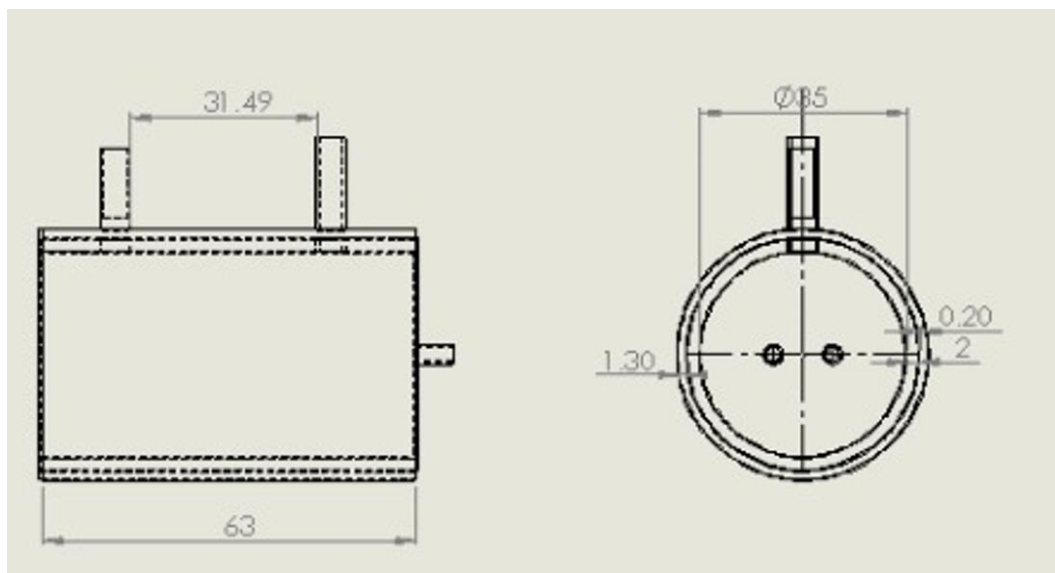
Dimana :

$$V = \pi r^2 t$$

$$0.06 = \pi 0,175^2 t$$

$$t = \frac{0,06}{\pi \cdot 0,175^2}$$

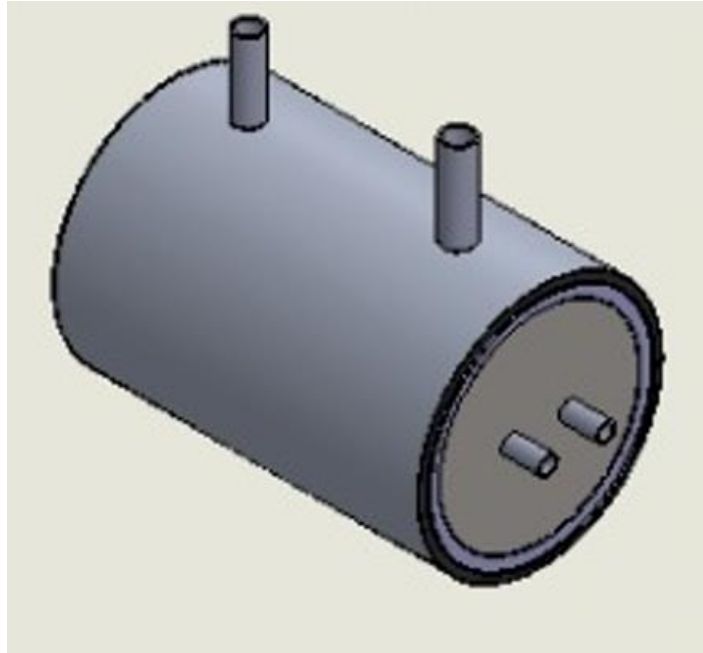
$$t = 0,63\text{m} \approx 63 \text{ cm}$$



Gambar 3.37 Desain Tanki Horizontal

3.5.2 Tangki horizontal 3D

Dibawah ini merupakan gambar 3D dari tangki horizontal yang telah direncanakan menunjukkan seperti bentuk nyatanya. Dapat dilihat pada gambar 3.27.



Gambar 3.38 Tangki horizontal 3D

3.5.3. Perancangan *Helical Coil*

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Menyediakan laptop.
2. Membuka software solidwork 2014 pada laptop.
3. Material yang digunakan untuk membuat helical coil yaitu pipa kapiler berbahan tembaga.
4. Kemudian merancang helical coil sesuai dengan ukuran yang digunakan pada perancangan *helical coil* dengan jumlah 15 yaitu : Diameter dalam pipa kapiler 0,553 cm, Diameter luar 0,635 cm, Panjang pipa kapiler 8 meter, Diameter *helical coil* 150 mm, Tinggi helical coil 600 mm..
5. Selesai.

3.6 Perkaitan Alat Penelitian

3.6.1. Pembuatan dan Pelapisan Tangki Horizontal

Tangki dikerjakan sesuai rancangan yang telah dibuat. Tangki dibuat menggunakan plat *stainless steel* dengan dimensi 1,2m x 2,4m dan tebal 0,8 mm. Tangki mempunyai panjang 62 cm dan diameter 35 cm. Kemudian tangki di lapisi dengan PCM (*Phase Change Material*) dengan tebal 2cm dan dilapisi menggunakan plat aluminium dengan tebal 0,2mm. Setelah itu tangki dilapisi lagi dengan insuflex dan plat aluminium. Pelapisan menggunakan

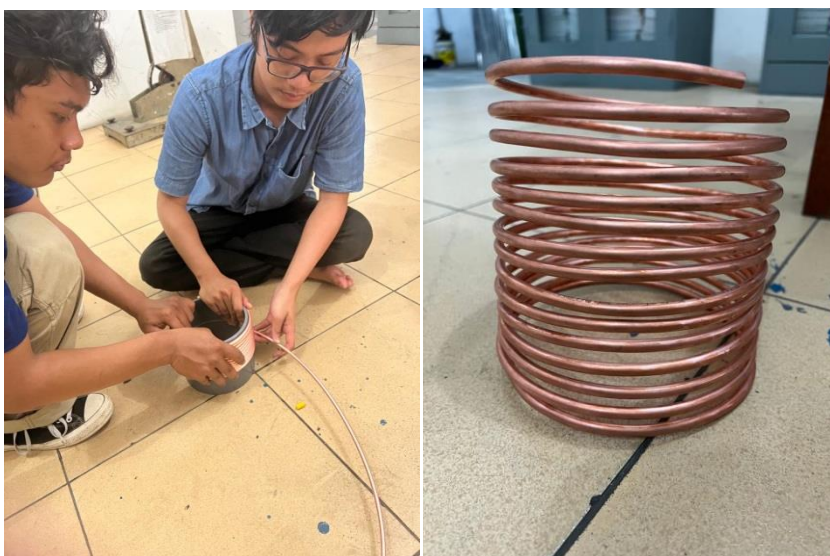
PCM, insuflex dan plat aluminium bertujuan untuk menahan panas yang ada didalam tangki. Fungsi dari tangki adalah sebagai tempat untuk menampung air yg akan dipanaskan.



Gambar 3.39 Pelapisan insuflex ke tangki horizontal

3.6.2 Perakitan *Helical Coil*

Perakitan *Helical Coil* dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan dan sambungan pipa berdiameter 15cm, digunakannya sambungan pipa bertujuan untuk diameter lilitan *helical coil* sesuai dengan ukuran yang direncanakan. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.28.



Gambar 3.40 perakitan *helical coil*

BAB4

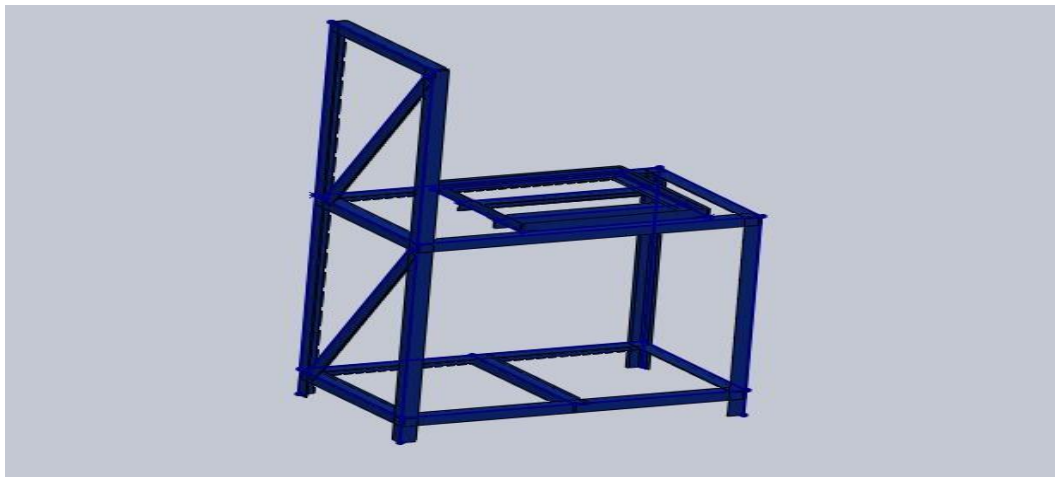
HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1.2 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:

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

Terlebih dahulu mencari momen bengkok dengan menggunakan rumus seperti dibawah

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

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).

$$Mb = \frac{1,14 \cdot 1500}{2} = 855 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

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:

$$Wb = \frac{\frac{1}{6} (b - b_1) h^3}{h}$$

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

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

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

Jika 1 kg/mm² = 10N/mm², maka $\sigma_b = 0,593 \text{ kg/mm}^2 \times 10 = 5,92 \text{ N/mm}^2$.

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

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

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

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

Tegangan bengkok yang ijin

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

Sehingga dapat $\sigma_b < \sigma_b$ ijin

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

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

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

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

4.1.3 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 $8 : 6 = 0,48$ kg.

Mencari panjang las bersih:

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

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

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

$$l_{bersih} = 72 - 4.2.2,829 = 9,368 \text{ mm}$$

Mencari gaya (F)

$$F = m.g$$

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

Mencari tegangan geser pada penampang

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

$$\tau_g = \frac{4,8}{\sqrt{2.4.9,368}} = 0,017 / \text{ mm}^2$$

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

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

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

Dari tegangan geser yang diijinkan untuk bahan jenis ST 37 yang memiliki tegangan geser maksimal 160 N/mm^2 , dengan angka keamanan (sf) untuk beban kejut yaitu 10.

$$\tau_s \text{ ijin} = \frac{\tau_g}{sf}$$

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

Sedangkan τ_g penampang las $< \tau_g$ ijin

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

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

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

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

4.1.4 Perancangan Tangki

Dibawah ini merupakan gambar tangki horizontal. Tangki menggunakan material seperti plat *stainless steel* yang memiliki ketebalan 0,8mm dan dimensi 1,2m x 2,4m dipilih plat *stainless steel* tahan korosi/karat dan pengerjaannya yang lebih mudah. Tangki berfungsi sabagai wadah penampung air dan sebagai tempat untuk memanaskan air. Pada perancangan ini volume tangki yang diinginkan adalah 60 liter, diameter 35 cm. Seperti terlihat pada gambar 3.26.

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

$$\text{Diameter (d)} \quad \quad \quad : 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$$

Dimana :

$$V = \pi r^2 t$$

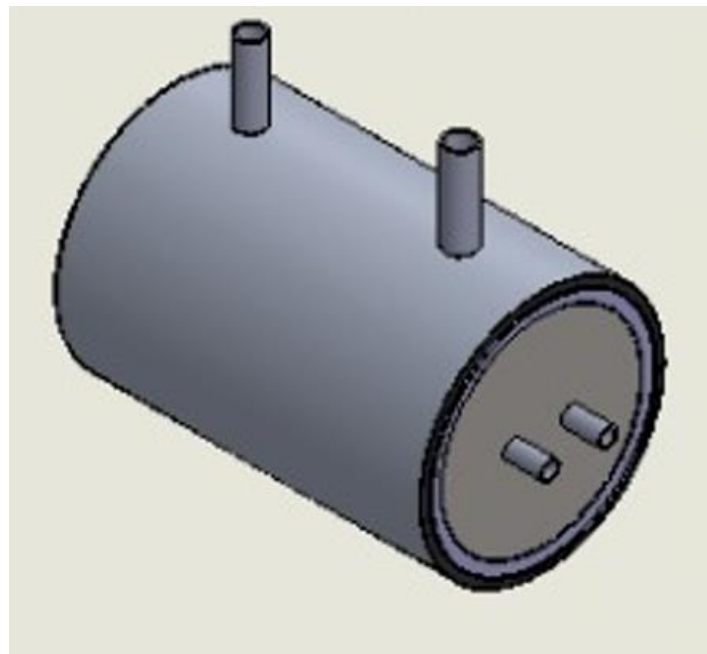
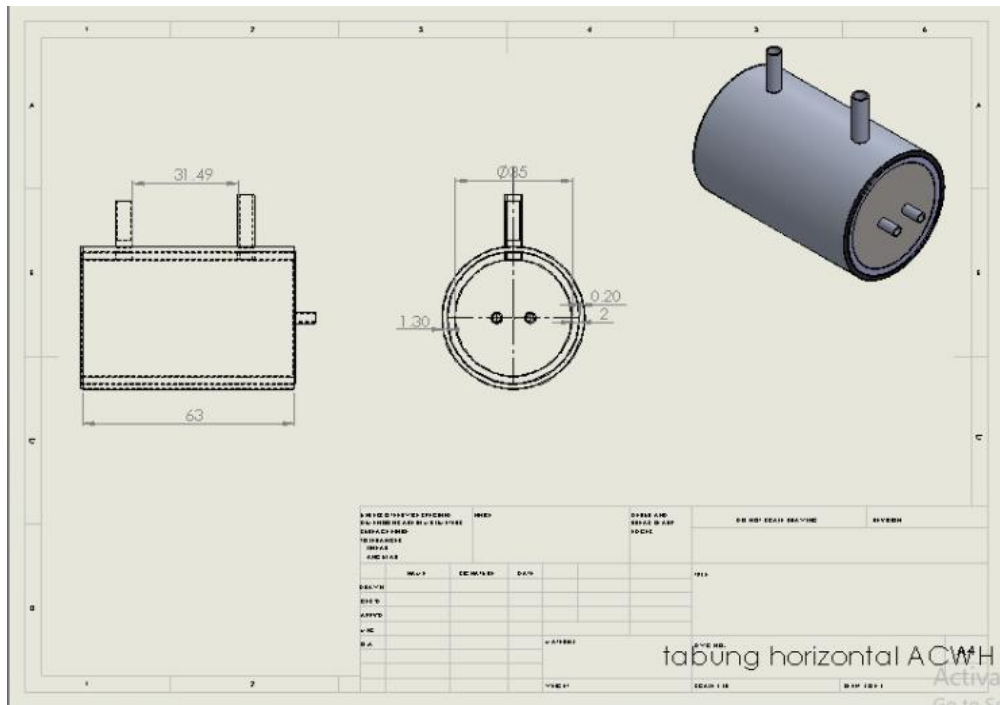
$$0.06 = \pi 0,175^2 t$$

$$t = \frac{0,06}{\pi \cdot 0,175^2}$$

$$t = 0,63\text{m} \approx 63 \text{ cm}$$

Jadi tinggi dari tangki ACWH tersebut adalah 63 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

4.1.5 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:

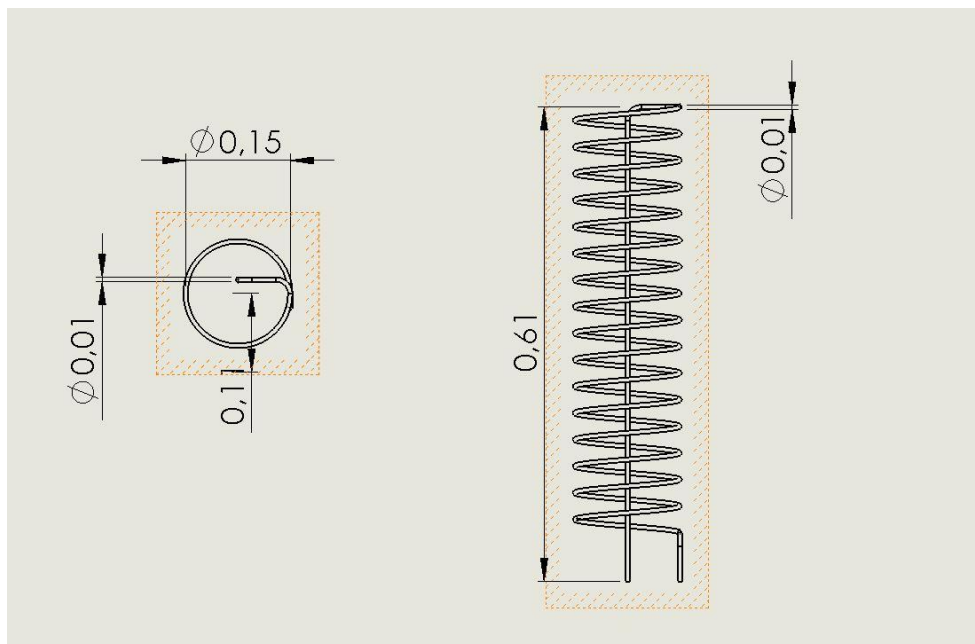
$$= 2(r^2 + (r \times t))$$

$$= 2 \times (0,075^2 + (0,075 \times 8))$$

$$= 6,28(0,005625 + (0,6))$$

$$= 6,28(0,6056)$$

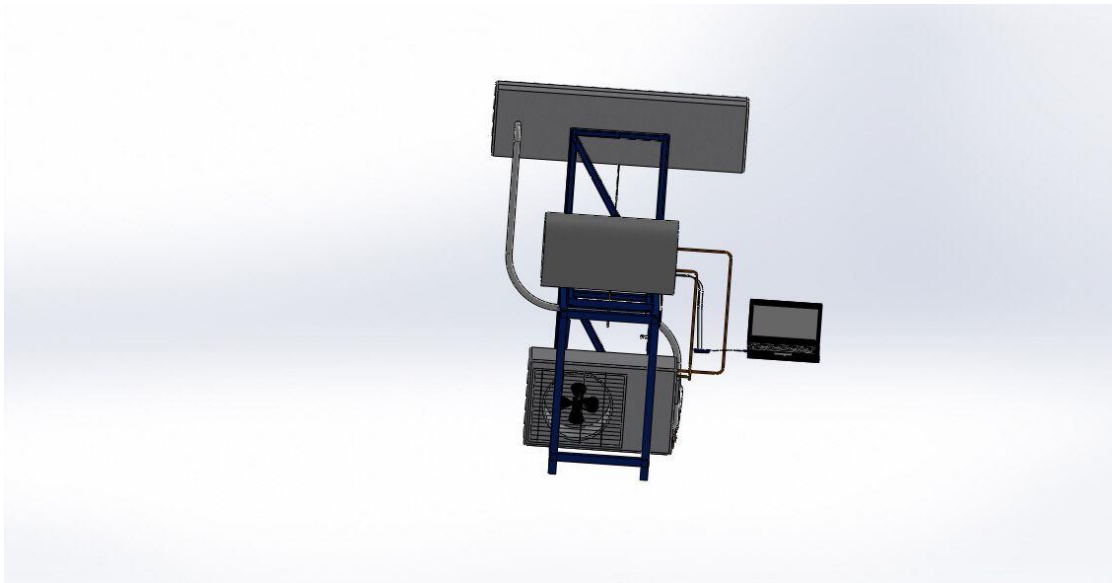
$$= 3,8031m^2$$



Gambar 4.3 Perancangan *Helical Coil*

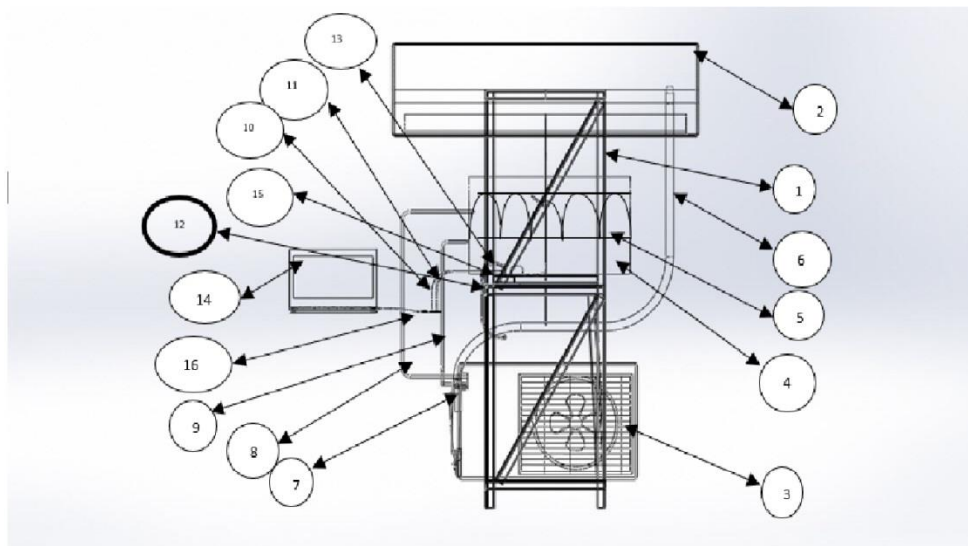
4.1.6 Hasil Perancangan

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



Gambar 4.4 Hasil Rancangan ACWH

4.1.7 Bagian-Bagian Komponen ACWH



Gambar 4.5 Bagian-Bagian Komponen ACWH

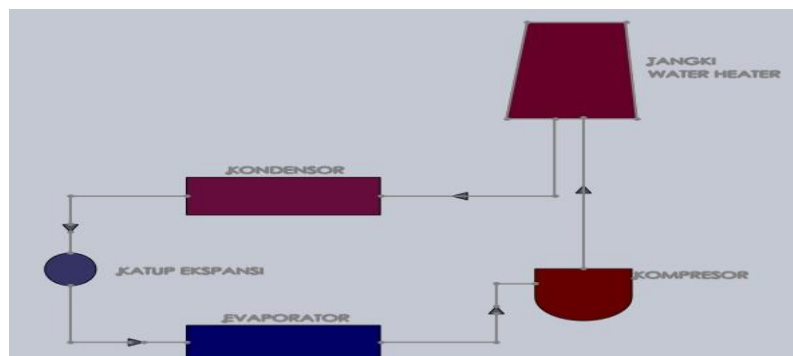
Keterangan:

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

4.1.8 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 ke dalam kondensor, akan tetapi dalam ACWH ini panas refrigeran tidak langsung masuk ke 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 4.6 Siklus Kerja ACWH

4.2 Hasil Pembuatan Komponen-Komponen ACWH

Pada pembuatan yang telah dilaksanakan di Laboratorium 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 dipotong sesuai dengan ukuran dari perancangan rangka yang dibuat sebelumnya.



Gambar 4.7 Pengukuran

2. Pemotongan

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



Gambar 4.8 Pemotongan

3. Pengelasan

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



Gambar 4.9 Pengelasan

3. 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 4.10 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 4.11 Pelapisan Tangki

1. Hasil Pembuatan Tangki.

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



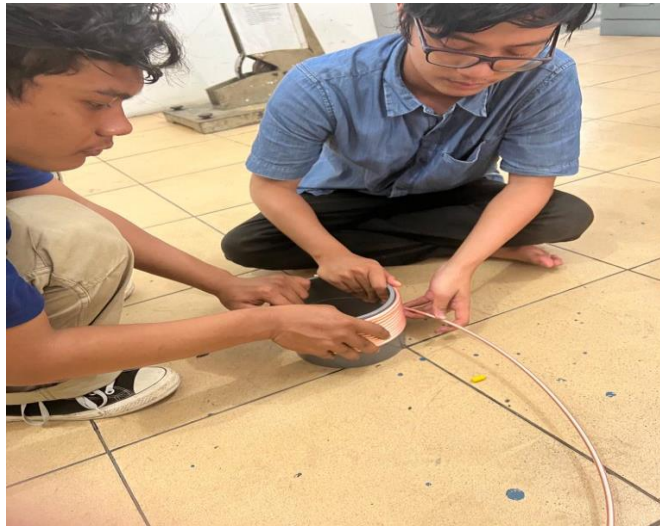
Gambar 4.12 Tangki

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. Perakitan *Helical Coil*

Perakitan *Helical Coil* dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan dan sambungan pipa berdiameter 15cm, digunakannya sambungan pipa bertujuan untuk diameter lilitan *helical coil* sesuai dengan ukuran yang direncanakan.



Gambar 4.13 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 4.14 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 4.15 *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 4.16 Helical dalam Tanki

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 4.17 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 keluaran *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 4.18 Pemasangan Sensor Pada Jalur *Refrigerant*

2. Pemasangan sensor pada tangki

Proses ini dilakukan dengan melubangi bagian atas dari tangki agar bisa dimasukkan sensor untuk mengetahui temperatur air dalam tangki.



Gambar 4.19 Pemasangan Sensor Pada Tangki

3. Pembuatan Bahasa Program Sensor

Sensor yang digunakan pada rancang bangun kali ini adalah jenis sensor DS18B20 dan menggunakan 3 sensor. Bahasa program sendiri dibuat menggunakan software ARDUINO IDE.

```

SENSOR_SAKU_DS_18
File Edit Sketch Tools Help
SENSOR_SAKU_DS_18
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature ds18b20(oneWire);

float subDS18B20_0;
float subDS18B20_1;
float subDS18B20_2;
float subDS18B20_3;
float subDS18B20_4;

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sensor Saku");
  ds18b20.begin();
}

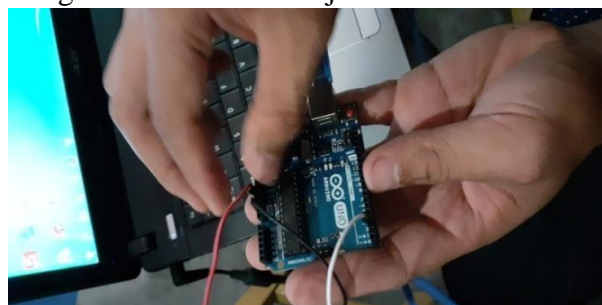
void loop(void)
{
  ds18b20.requestTemperatures();
  subDS18B20_0 = ds18b20.getTempCByIndex(0);

```

Gambar 4.20 Bahasa Program Sensor DS18B20

4. Pemasangan Kabel Sensor

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



Gambar 4.21 Pemasangan Kabel Sensor

4.2.6 Perakitan Komponen

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



Gambar 4.22 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 4.23 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 4.24 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 4.25 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 4.26.



Gambar 4.26 Pengisian Air

4. Pengisian PCM

Pengisian PCM ke dalam tanki di lakukan menggunakan corong yang di buat dari plat tainless dan pengisian PCM tersebut sebanyak ± 7 lt.

Berikut perhitungan pengisian PCM:

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

$$\text{Diameter dalam (d)} : 35 \text{ cm} = 0,35 \text{ m}$$

Dimana :

$$V = \pi r^2 t$$

$$0,06 = \pi 0,175^2 t$$

$$t = \frac{0,06}{\pi \cdot 0,175^2}$$

$$t = 0,623 \text{ m} \approx 63 \text{ cm}$$

volume celah antara tanki dan PCM (V_{pcm}) =

$$\text{tinggi tanki} : 63 \text{ cm} = 0,63 \text{ m}$$

$$\text{diameter luar} : 37 \text{ cm} = 0,37 \text{ m}$$

$$V_{pcm} = V_{\text{luar}} - V_{\text{dalam}}$$

$$= \frac{1}{4}\pi r^2 t - \frac{1}{4}\pi r^2 t$$

$$= \frac{1}{4} 3,14 \times (0,37)^2 \times 0,63 - 0,06$$

$$= 0,0677 - 0,06$$

$$= 0,0077 \text{ m}^3 = 7,7 \text{ liter}$$

$$\text{Volume pcm} = 0,0077 \text{ m}^3$$

$$\text{Massa jenis pcm} = 910$$

$$\rho = m/v$$

$$910 \text{ kg/m}^3 = m / 0.0077 \text{ m}^3$$

$$m = 910 \text{ kg/m}^3 \times 0.0077 \text{ m}^3$$

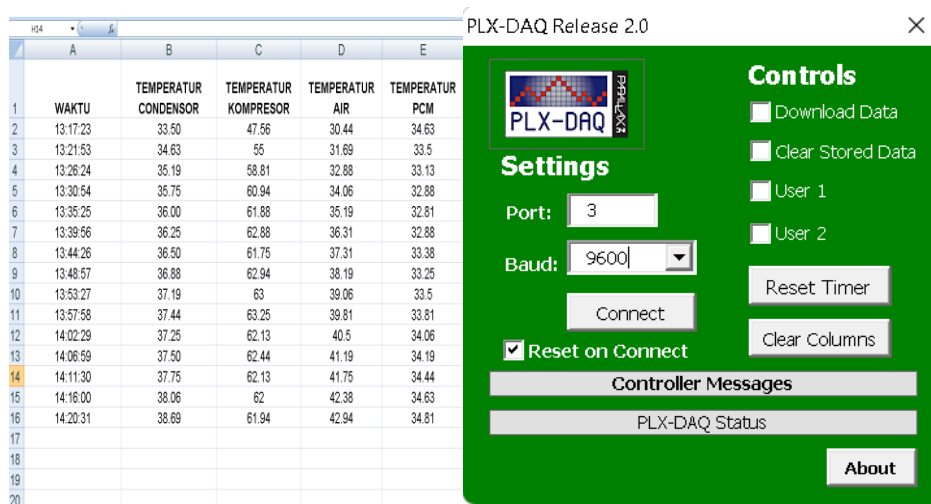
$$m = 7.007 \text{ kg}$$



Gambar 4.27 Pengisian PCM

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.



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.

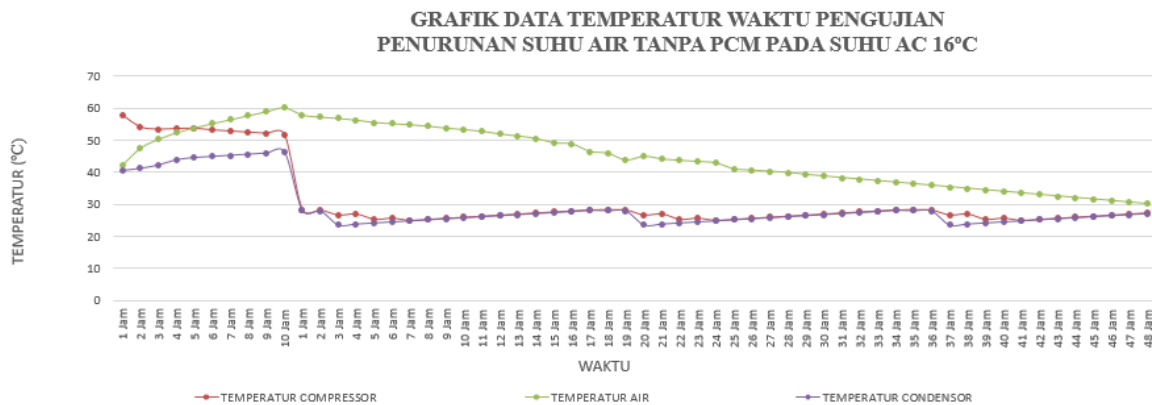
4.3.1 Hasil Pengujian turunan Air Terhadap waktu Pada Temperatur AC 16°C

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperature penurunan air yang dihasilkan oleh temperatur AC 16°C tidak memakai PCM.

Tabel 4.1 Pengujian air tanpa PCM dengan suhu 16°C

WAKTU	TEMPERATUR EVAPORATOR	TEMPERATUR COMPRESSOR	TEMPERATUR AIR	TEMPERATUR CONDENSOR
1 Jam	18,2	57,81	42,19	40,56
2 Jam	17,4	54,19	47,5	41,19
3 Jam	16,6	53,5	50,25	42,25
4 Jam	15,3	53,69	52,31	43,88
5 Jam	14,9	53,75	53,88	44,56
6 Jam	14,4	53,25	55,19	44,92
7 Jam	13,8	52,9	56,43	45,27
8 Jam	13,5	52,56	57,68	45,61
9 Jam	13,2	52,21	58,93	45,96
10 Jam	12,9	51,86	60,17	46,31

Gambar 4.29 Tabel data pengujian air tanpa PCM dengan suhu 16°C



Gambar 4.30 Grafik data pengujian air tanpa PCM dengan suhu AC 16°C

Pada gambar grafik 4.1 diatas di ketahui bahwa dalam pengujian pemanasan air selama 10 jam. Pemanasan air di mulai saat suhu air masih di keadaan suhu kamar yaitu 31.17°C. Pemanasan di mulai ketika AC di hidupkan pada temperatur AC16°C dan di dapat hasil pemanasan suhu air sampai 60.17°C. Setelah itu dilakukan penurunan suhu air yang di mana di lakukannya penurunan suhu air di mulai ketika AC di matikan. Setelah itu didapatlah hasil dari penurunan suhu air kembali di keadaan suhu kamar yaitu 32.11°C setelah di lakukan pengujian selama 48 jam.

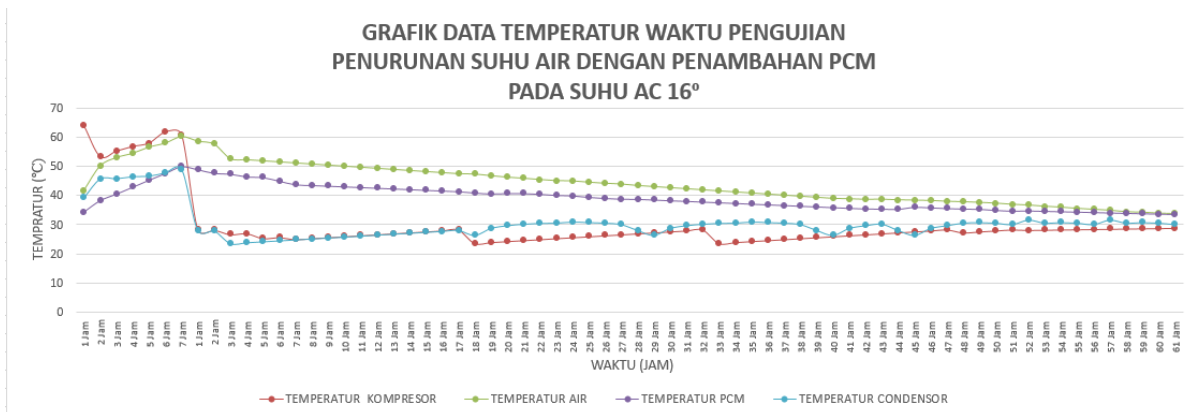
4.3.2 Hasil Pengujian turunan Air Terhadap waktu Pada Temperatur AC 16°C dengan penambahan PCM

Pada pelaksanaan pengujian, didapat temperature penurunan air yang dihasilkan oleh temperatur AC 16°C dengan penambahan PCM.

Tabel 4.2 Pengujian air dengan penambahan PCM dengan suhu 16°C

WAKTU	TEMPERATUR EVAPORATOR	TEMPERATUR KOMPRESOR	TEMPERATUR AIR	TEMPERATUR PCM	TEMPERATUR CONDENSOR
1 Jam	18,3	63,88	41,69	34,31	39,25
2 Jam	17,7	53,31	50,13	38,25	45,69
3 Jam	16,5	55,19	53	40,5	45,81
4 Jam	15,7	56,75	54,5	42,88	46,50
5 Jam	14,3	57,9	56,63	45,31	46,69
6 Jam	13,4	61,69	58	47,63	47,81
7 Jam	12,7	60,81	60,25	50,94	49,06

Gambar 4.31 Tabel pengujian air dengan penambahan PCM dengan suhu 16°C



Gambar 4.32 Grafik data pengujian air dengan penambahan PCM dengan suhu AC 16°C

Pada gambar grafik 4.1 diatas di ketahui bahwa dalam pengujian pemanasan air selama 7 jam. Pemanasan air di mulai saat suhu air masih di keadaan suhu kamar yaitu 31.28°C. Pemanasan di mulai ketika AC di hidupkan pada temperatur AC16°C dan di dapat hasil pemanasan suhu air sampai 60.25°C. Setelah itu dilakukan penurunan suhu air yang di mana di lakukannya penurunan suhu air di mulai ketika AC di matikan. Setelah itu didapatlah hasil dari penurunan suhu air kembali di keadaan suhu kamar yaitu 23.12°C setelah di lakukan pengujian selama 61 jam. Mengingat PCM sebagai isolator dari sumber panas, Pengujian pemanasan ini di lakukan lebih cepat dan penurunan suhu air lebih lama di karena panas dari PCM di sekeliling tangki berpengaruh dengan bertambahnya panas air di dalam tangki.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil rancang bangun ACWH diatas adalah sebagaiberikut:

1. Rangka ACWH memiliki dimensi 360 mm x 750 mm x 47 mm dengan demikian rangka dapat menopang unit *indoor* AC, unit *outdoor* AC dan tangki yang berkapasitas 60L dan penambahan PCM di sekeliling dinding tangki.
2. Material yang digunakan untuk rangka menggunakan besi siku (L) 1,5 mm
 1. Tangki menggunakan material plat stainless steel dengan tebal 0.8mm dan memiliki dimensi 1,2m x 2,4m dan penambahan PCM berjenis paraffin.
 2. Helical-coil menggunakan material pipa tembaga yang merk NSC mempunyai diameter luar 6,35mm, diameter dalam 5,53mm dan panjang 8m.
 3. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor DS18B20.
3. ACWH dapat bekerja dengan baik yang dibuktikan dengan peningkatan temperatur air dengan penambahan PCM mencapai 60,25 °C dalam waktu pengujian 7 jam sedangkan tidak memakai PCM suhu temperatur air mencapai 60,17 °C dalam waktu pengujian 10 jam.

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

- C A Siregar, A. M. (2021, Maret). Efek Penambahan Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH. *Junal.umsu.ac.id*.
- C A Siregar, A. M. (n.d.). Rancang Bangun ACWH Berkapasitas 60 Liter Memanfaatkan Kapiler vBersirip Sebagai Pengahantar panas. *Jurnal Mesin (Mesin, Elektro, Sipil)*, 2020.
- Chandra Amirsyam Putra Siregar, A. M. (n.d.). Studi Eksperimental Pengaruh Efektifitas ACWH Terhadap Panjang Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas. *Jurnal SIMETRIS*, 2020.
- Ichsani, B. K. (2016). Rancang Bangun dan Studi Eksperimen Alat Penukar Kalor Panas untuk Memanfaatkan Energi Refrigerant Keluar Kompresor AC Sebagai Pemanas Air Pada ST/= Dengan Variasi Volume Air. *JURNAL TEKNIK ITS*.
- Iwan Fauzana, A. D. (JUNI 2019). Penggunaan PCM Sebagai Material Penyimpan Kalor Pada Lemari Pendingin. Retrieved from e-ISSN 268-321X
- Komang Metty Trisna Negara, H. W. (2010, April). Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruang dan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem Water Chiller dengan Penerapan Metode Colled Energy Storage. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*.
- S, P. R. (2018).Ranacang Bangun Water Heater Tipe Serpentine Dengan Memanfaatkan Panas Buang Kondensor AC Split 1 PK Dengan Kapasitas 120 L. *JURNAL TEKNIK MESIN*.
- Siregar, C, A, P., Siregar, A, M., dan Affandi. (2020). Studi Eksperimental Pengaruh Efektifitas ACWH Terhadap Panjang Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas. *Jurnal SIMETRIS*, 11(2) E-ISSN: 2549-3108.

- Siregar, Chandra, A. (2018). Kajian Peleburan Dan Pembukuan Material Berubah Phasa Pada Thermal Sotrage. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE) Volume 1 issue 1* (2018). ISSN 2654-7031..
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Setiawan, D. (2021). Efek Penambahan APK Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas Terhadap Performance AC Pada Aplikasi ACWH. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 1-7.
- Hendradinata, H., Irawan, F., & Kesuma, A. P. (2018). RANCANG BANGUN WATER HEATER DENGAN MEMANFAATKAN PANAS AIR CONDITIONING. *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 5(2), 43-49.
- King, M. L., & Husin, I. (2018). EKSPERIMENTAL KINERJA SISTIM REFRIGERASI AIR CONDITIONER SPLIT TERHADAP PARAMETER PENGUJIAN DENGAN KOMBINASI PEMANFAATAN DAN PEMASANGAN WATER HEATER LISTRIK. *TURBULEN Jurnal Teknik Mesin*, 1(2).



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN ACWH DENGAN MODEL TANKI HORIZONTAL DAN PENAMBAHAN
PCM SEBAGAI ISOLATOR DARI SUMBER PANAS

Nama : IRHAM ROSYADI
NPM : 1807230013

Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	20/12-2021	Perbaiki buku I	9
	30/12-2021	Perbaiki buku II	9
	7/1-2022	Perbaiki presentasi	9
	15/2-2022	Acc skripsi	9
	1/3-2022	Perbaiki buku II	9
	15/3-2022	Perbaiki hasil dan pembahasan	9
	5/9-2022	Acc sumber	9
	15/9/2022	Acc sidang	9

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

: Irham Rosyadi
: 1807230013
Tugas Akhir : Rancang Bangun ACWH Dengan Model Tangki Horizontal Dan
Penambahan PCM Sebagai Isolator Dari Sumber Panas
Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT
Pembimbing - I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

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

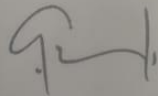
*perbaikis kesungguhan yg satals
tuliss*

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

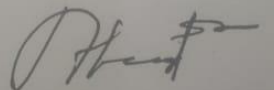
Medan, 15 Shafar 1444 H
12 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

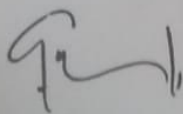
: Irham Rosyadi
: 1807230013
Tugas Akhir : Rancang Bangun ACWH Dengan Model Tangki Horizontal Dan
Penambahan PCM Sebagai Isolator Dari Sumber Panas
Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT
Pembanding - II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT
Pembimbing - I : Chandra A Siregar, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaiki Rung lingkup (tambahkan dth. AC)
 - Reduksi tahanan ditahapannya yg sudah direvisi
 - Sertakan ~~dan~~ Tujuan & Kesimpulannya
 - Perbaiki kesimpulan
 3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :
-
-
-
-

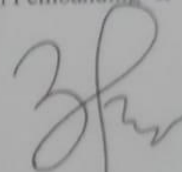
Medan 15 Shafar 1444 H
12 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

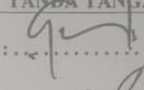
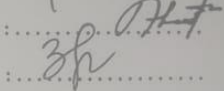
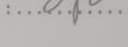
Dosen Pembanding- II






Riadini Wanty Lubis, ST, MT

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

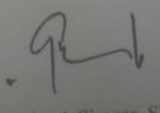
Peserta seminar
 Nama : Irham Rosyadi
 NPM : 1807230013
 Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun ACWH Dengan Model Tangki Horizontal Dan Penambahan PCM Sebagai Isolator Dari Sumber Panas

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Chandra A Siregar, ST, MT	: 
Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	: 
Pembanding – II : Riadini Wanty Lubis, ST, MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230023	FAHMU FADILLAH W S	
2	1807230090	MORISNELLE MARCHEW	
3	1807230111	GAUZA SIDIQ W	
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 15 Shafar 1444 H
12 September 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin


Chandra A Siregar, ST, MT



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

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Keak/P/10/2019
 Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224507 Fax. (061) 6625474 - 6631903
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#) [umsu](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
 DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 2233/IL3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 15 Desember 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : IRHAM ROSYADI
 Npm : 1807230013
 Program Studi : TEKNIK MESIN
 Semester : VII (TUJUH)
 Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN ACWH DENGAN MODEL TANGKI HORIZONTAL DAN APK HELICAL COIL BERSIRIP
 Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

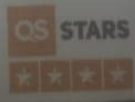
Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal
 Medan, 11 Jumadil Awwal 1443 H
 15 Desember 2021 M

Dekan



Alfiansury Siregar, ST, MT
 NIDN: 0101017202



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Irham Rosyadi
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 2 November 2000
Alamat : Jl. Titi pahlawan Gg. Pringgane lor. Elang Kec.
Medan Marelan
Agama : Islam
E-mail : irhamrosyadi02@gmail.com
No.Hp : 0895 8033 92525

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN 067262 MEDAN Tahun 2006-2012
2. Mts YASPI LAB. DELI Tahun 2012-2015
3. SMK HARAPAN MEKAR 1 MEDAN Tahun 2015-2018
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018-2022

C. RIWAYAT ORGANISASI

1. KADER PK IMM FATEK UMSU P.A 2019-2021
2. WAKIL KETUA REMAJA MASJID AR-RIDHA 2015-2022