

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA *PERFORMANCE* AIR CONDITIONER (AC) DENGAN PENAMBAHAN APK *SHELL HELICAL COIL***

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

**Disusun Oleh:**

**ARIFIN HANDRIANTO**  
**1507230156**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

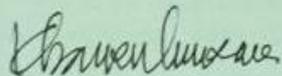
Nama : Arifin Handrianto  
NPM : 1507230156  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Performance *Air Conditioner* (AC) Dengan  
Penambahan APK *Shell Helical Coil*  
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Medan, 14 Februari 2020

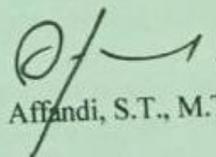
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



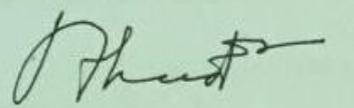
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



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

Dosen Penguji IV



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

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Arifin Handrianto  
Tempat /Tanggal Lahir : Jakarta /20 November 1996  
NPM : 1507230156  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

***“Analisa Performance Air Conditioner (AC) Dengan Penambahan APK Shell Helical Coil”***,

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

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

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

Medan, 11 Februari 2020

Saya yang menyatakan,



Arifin Handrianto

## ABSTRAK

*Air conditioner* atau bisa juga disebut dengan AC split pada umumnya digunakan untuk menurunkan suhu ruangan agar berada pada suhu ruangan yang diinginkan. Khususnya di wilayah tropis seperti di Indonesia, sistem pengkondisian udara ini adalah perangkat yang menjadi suatu keharusan untuk dimiliki. AC split ini akan menghasilkan panas di kondensornya, yang mana fungsi kondensor adalah untuk membuang panas atau melepaskan kalor ke udara bebas dengan bantuan kipas. Dengan adanya modifikasi terhadap system pelepas kalornya yaitu kondensor, maka energi panas yang di hasilkan oleh system AC tersebut bisa dimanfaatkan untuk memanaskan air dengan cara menambahkan APK jenis *Shell Helical Coil* yang di pasang antara keluaran kompresor dan masuk kondensor dan tangki air. Karena adanya pemasangan atau modifikasi yang dilakukan pada sistem pengkondisian udara ini terutama pada bagian keluaran kompresor, maka pasti ada perubahan pada performa sistem pengkondisian udara tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa yang dihasilkan oleh sistem pengkondisian udara tersebut sebelum dimodifikasi (standar) dan setelah mengalami modifikasi (penambahan APK). Pada penelitian ini menggunakan dua jenis APK *Shell Helical coil*, adapun jenis dari APK *Shell Helical Coil* yaitu jenis panjang (30 lilitan) dan pendek (15 lilitan). Adapun hasil dari pengujian yang diperoleh adalah AC tanpa APK (standar) mendapatkan nilai COP (*Coeficien Of Performance*) lebih tinggi dari pada yang sudah mengalami modifikasi (penambahan APK).

Kata kunci: COP, Pipa Kapiler, APK, Refrigeran.

## **ABSTRACT**

*Air conditioner or can also be called a split air conditioner is generally used to reduce the temperature of the room to be at the desired room temperature. Especially in tropical regions such as Indonesia, this air conditioning system is a device that is a must to have. This air conditioner will generate heat in the condenser, where the function of the condenser is to dissipate heat or release heat into free air with the help of a fan. With the modification of the heat release system, which is the condenser, the thermal energy generated by the AC system can be used to heat the water by adding a Heat Transfer device Shell Helical Coil installed between the compressor output and entering the condenser and water tank. Due to the installation or modification made to the air conditioning system, especially at the compressor output section, there must be a change in the performance of the air conditioning system. This study aims to know the performance produced by the air conditioning system before modified (standard) and after modification (adding of heat transfer device). This research uses two types of heat transfer device Shell Helical coil, such as Heat transfer device Shell Helical Coil long type (30 twist) and short type (15 twist). The results of the tests obtained are AC without heat transfer device (standard) got a higher value of COP (Coefficient Of Performance) than those have been modified (adding of heat transfer device).*

*Keyword: Coefficient Of Performance, Heat Transfer Device, Refrigerant, Capillary Pipe.*

## 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 “Analisa Performance Air Conditioner (AC) Dengan Penambahan APK Shell helical coil” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

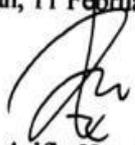
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sekaligus Sekertaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini..
4. Bapak Affandi, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.

7. Orang tua penulis: ir. Azwirman dan Putri Norita, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Setiawan Hadi, Ulil Amri, Fadli Umri Pratama, Yogi Pranata, Febry Andrean, Andri Kurniawan, Dana Setiawan, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.
10. Saudara sepupu penulis: Bazi Puti Ayu Widyasana, yang telah menemani penulis selama pengerjaan laporan tugas akhir ini.

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

Medan, 11 Februari 2020

  
Arifin Handrianto



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Air Conditioner (AC)</i>	4
2.2. Sistem Refrigerasi	
2.2.1. Prinsip Dasar Refrigerasi	4
2.2.2. Siklus Kompresi Uap	4
2.2.3. Kompresi	5
2.2.4. Pengembunan (Kondensasi)	5
2.2.5. Katup Expansi	6
2.2.6. Penguapan (Evaporasi)	7
2.2.7. Koefisien Unjuk Kerja	7
2.2.8. Efek Refrigerasi	8
2.3. Macam-macam Pemanas Air	8
2.3.1. <i>Electric Water Heater</i>	8
2.3.2. <i>Solar Water Heater</i>	8
2.3.3. <i>Gas Water Heater</i>	9
2.3.4. <i>Aircon Water Heater / Heat Exchanger Water Heater</i>	10
2.4. Alat Penukar Kalor ( <i>Heat Exchanger</i> )	10
2.4.1. <i>APK Tipe Shell and Tubes</i>	10
2.4.2. <i>Shell</i>	11
2.5. <i>Road Map</i> Penelitian	13
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>14</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.1.1. Tempat	14
3.1.2. Waktu	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.2.1. Unit Indoor AC split	14

3.2.2. Unit Outdoor AC Split	15
3.2.3. Sensor Suhu	15
3.2.4. Arduino	16
3.2.5. Termometer Inframerah	16
3.2.6. Manifold Gauge	17
3.2.7. Laptop	17
3.2.8. Clamp Meter	18
3.3 Bagan Diagram Alir Penelitian	19
3.3.1. Penjelasan Diagram Alir	19
3.4 Prosedur Penelitian	20
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>22</b>
4.1 Prosedur Penelitian	22
4.2 <i>Set-Up</i> Unit ACWH <i>Shell Helical coil</i>	22
4.3 Proses Pengujian	28
4.3.1. Proses Pengisian Freon	28
4.3.2 Proses Pengisian Air	28
4.3.3 Proses Pengambilan Suhu Evaporator	29
4.3.4 Proses Pengambilan Tekanan Refrigerant	29
4.3.5 Proses Pengambilan Data Suhu Keluaran Kompresor	30
4.4 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC Tanpa APK.	30
4.5 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC APK <i>Shell Helical coil</i> Pendek	30
4.6 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC <i>Shell Helical coil</i> Penuh.	31
4.7 Analisa Data	33
4.8 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C	33
4.9 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 18°C	37
4.10 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 20°C	39
4.11 Percobaan AC dengan APK Panjang dengan suhu 16°C	40
4.12 Percobaan AC dengan APK Panjang dengan suhu 18°C	42
4.13 Percobaan AC dengan APK Panjang dengan suhu 20°C	43
4.14 Percobaan AC dengan APK pendek dengan suhu 16°C	45
4.15 Percobaan AC dengan APK pendek dengan suhu 18°C	46
4.16 Percobaan AC dengan APK pendek dengan suhu 20°C	48
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>51</b>
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Road Map</i> Penelitian	13
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian	14
Tabel 4.1 Data rata-rata Hasil Pengukuran AC tanpa APK	30
Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran pada AC <i>Shell Helical coil</i> Pendek	30
Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran pada AC <i>Shell Helical coil</i> Panjang	31
Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu 16°C	31
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu 18°C	31
Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu 20°C	32
Tabel 4.7 Rata-rata hasil perhitungan	32
Tabel 4.8 DuPon Freon R22 Saturation	34
Tabel 4.9 DuPon Freon R22 Superheated	34
Tabel 4.10 h <sub>2</sub> @679,15 kPa	35
Tabel 4.11 DuPont Freon R22 Saturation	35
Tabel 4.12 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu 16°C	36
Tabel 4.13 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu 18°C	37
Tabel 4.14 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu 20°C	39
Tabel 4.15 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 16°C	41
Tabel 4.16 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 18°C	42
Tabel 4.17 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 20°C	44
Tabel 4.18 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) dengan suhu 16°C	45
Tabel 4.19 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) Suhu 18°C	47
Tabel 4.20 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) Suhu 20°C	48

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Kompresi Uap (Wiranto, 1981)	5
Gambar 2.2 <i>Electric Water Heater</i> (Anthony, 2018)	8
Gambar 2.3 <i>Solar Water Heater</i>	9
Gambar 2.4 <i>Gas Water Heater</i>	9
Gambar 2.5 <i>Air Conditioning Water Heater</i> (Putra, 2014)	10
Gambar 2.6 Shell and Tube,(a) Square pitch dan (b)Triangular pitch	11
Gambar 2.7 APK Tipe Shell and Tube (Kern, 1983)	11
Gambar 2.8 Bagian-bagian Dari Alat penukar kalor (Tunggul, 1997)	12
Gambar 3.1 Unit Indoor AC Split	15
Gambar 3.2 Unit Outdoor AC Split	15
Gambar 3.3 Sensor Suhu	15
Gambar 3.4 Arduino	16
Gambar 3.5 Termometer Inframerah	16
Gambar 3.6 Manifold Gauge	17
Gambar 3.7 Laptop	17
Gambar 3.8 Clamp Meter	18
Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Bagian-bagian Komponen	22
Gambar 4.2 Rangka	23
Gambar 4.3 Unit indoor AC	23
Gambar 4.4 Unit outdoor AC	23
Gambar 4.5 Tangki	24
Gambar 4.6 <i>Shell Helical coil</i>	24
Gambar 4.7 Pipa Freon	24
Gambar 4.8 Kabel koneksi unit indoor dan outdoor	25
Gambar 4.9 Pipa keluaran kompresor	25
Gambar 4.10 Pipa masuk kompresor	25
Gambar 4.11 Sensor suhu air	26
Gambar 4.12 Sensor suhu keluaran kompresor	26
Gambar 4.13 Sensor suhu masuk kondensor	26

Gambar 4.14 Bread board	27
Gambar 4.15 Arduino	27
Gambar 4.16 Laptop	27
Gambar 4.17 Pengisian Freon	28
Gambar 4.18 Pengisian Air	28
Gambar 4.19 Proses Pengambilan Suhu Evaporator	29
Gambar 4.20 Proses pengambilan tekanan refrigerant	29
Gambar 4.21 Proses Pengambilan Data Suhu Keluaran Kompresor	30
Gambar 4.22 Grafik Pengaruh Jenis APK <i>Shell Helical Coil</i> Terhadap Kerja Kompresi	32
Gambar 4.23 Grafik Pengaruh Jenis APK Terhadap <i>Coefficient of Performance</i> (COP)	33

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
COP	Koefisien Prestasi	
$\dot{W}_c$	Daya Kompresor	Watt
A	Arus Kompresor	Amper
P	Tekanan	psi
$h_1$	Enthapi refrigerant saat masuk ke kompresor	Kj/kg
$h_2$	Enthapi refrigerant saat keluar kompresor	Kj/kg
$h_3$	Enthapi refrigerant saat masuk kompresor	Kj/kg
$h_4$	Enthapi refrigerant saat masuk ke kompresor	Kj/kg
qr	Efek refrigrasi	Kj/kg

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini berkembang pesat, semua itu terlihat jelas saat kita membeli suatu barang yang berhubungan dengan teknologi hari ini, 6 sampai 12 bulan kemudian akan keluar model baru dan mengusung teknologi yang lebih canggih lagi. Energi sudah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan modern seperti sekarang ini, sehingga tidak ada satupun manusia yang tahan hidup tanpa menggunakan energi. Semakin banyaknya manusia yang membutuhkan energi, maka supply energy harus bisa mencukupi kebutuhan manusia tersebut, sehingga penggunaan bahan bakar fosil menjadi meningkat. Kita semua tahu bahwa bahan bakar fosil tidak bisa diperbaharui. Akibatnya energi yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui itu semakin lama semakin menipis dan akan berdampak langsung pada kehidupan manusia, misalnya naiknya harga bahan bakar fosil tersebut atau naiknya tarif listrik.

Di tengah menipisnya sumber energi seperti ini, maka kita harus memanfaatkan energi seefisien mungkin agar tidak terjadi pemborosan energi. Salah satu caranya adalah memanfaatkan energi yang terbuang percuma atau bias kita sebut dengan konservasi energi. Konservasi energi adalah penggunaan energi dengan efisiensi dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Manfaat yang di peroleh dari efisiensi energi adalah pemanfaatan energi fosil yang selama ini digunakan sebagai energi penghasil listrik.

Sistem AC (*air conditioner*) terdiri dari empat komponen yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Keempat rangkaian ini dirangkai menjadi siklus rangkaian tertutup. Rangkaian atau AC ini juga menghasilkan energi yang terbuang sia-sia. Yaitu energi panas yang diserap dari dalam ruangan, kemudian di lepaskan keluar ruangan melalui kondensor.

Salah satu contoh energi yang terbuang percuma ada di sekitar kita dapat kita temukan pada pendingin ruangan kita (*Air Conditioner*). Energi terbuang yang dapat kita gunakan adalah memanfaatkan panas yang di hasilkan oleh keluaran kompresor AC tersebut, kita bisa menggunakannya sebagai pemanas air yang nantinya dapat kita gunakan untuk mandi atau keperluan rumah tangga yang lain.

Fungsi dari komponen-komponen sistem AC antara lain, kompresor berfungsi untuk mengalirkan dan menaikkan tekanan gas refrigerant yang selanjutnya akan masuk ke dalam kondensor, Kondensor berfungsi sebagai alat pemindah panas yang mengubah gas bertekanan tinggi menjadi cairan bertekanan tinggi yang kemudian di ekspansikan melalui katup ekspansi dan selanjutnya di alirkan ke evaporator untuk proses penyerapan panas.

Dalam rangka pemanfaatan energi panas yang dibuang percuma oleh kondensor, maka sistem AC ini akan dimodifikasi dengan cara menambahkan pemanas air (*water heater*) yang akan di letakkan di antara pipa keluaran kompresor dan pipa masuk kondensor. Sistem pemanas ini akan menyerap panas yang akan di lepaskan kondensor, sehingga sebelum freon masuk ke kondensor suhu freon sudah turun beberapa derajat, dan hal itu menyebabkan kondensor tidak melepaskan panas yang seperti AC standar.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh APK *Shell Helical Coil* terhadap COP AC Split.
2. APK *Shell Helical Coil* mana yang menghasilkan COP terbaik.

#### 1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. AC yang digunakan berdaya 1 PK.
2. APK yang digunakan 15 lilitan dan 30 lilitan.
3. Pengukuran yang akan dilakukan meliputi pengukuran temperatur keluaran kompresor, evaporator, kondensor, dan tekanan refrigerant.

#### 1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah

1. Untuk menganalisa efek dari penambahan APK *Shell Helical coil* .
2. Untuk mengetahui APK mana yang menghasilkan COP terbaik.

#### 1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi penulis, dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan terhadap performa AC modifikasi.

2. Untuk memberikan informasi kepada pembaca tentang efek penambahan APK terhadap COP suatu AC.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi bagi para peneliti yang tertarik pada penelitian tentang performa AC dengan penambahan APK.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 *Air Conditioner* (AC)

*Air conditioner* atau bisa kita sebut AC adalah suatu system yang berfungsi untuk mengatur suhu ruangan agar menjadi lebih sejuk. Tujuannya adalah agar penghuni ruangan tersebut terasa nyaman berada di dalam ruangan, tidak hanya menyejukan, tapi AC juga meningkatkan kualitas udara didalam ruangan sehingga penghuni rumah terbebas dari debu dan kotoran yang ada diudara.

#### 2.2 Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah suatu usaha untuk memelihara tingkat suhu dari suatu produk atau ruangan agar suhunya lebih rendah dari suhu lingkungan sekitarnya dengan cara penyerapan panas dari bahan atau ruangan itu, dan dapat diartikan juga bahwa refrigerasi sebagai suatu pengelolaan terhadap panas.

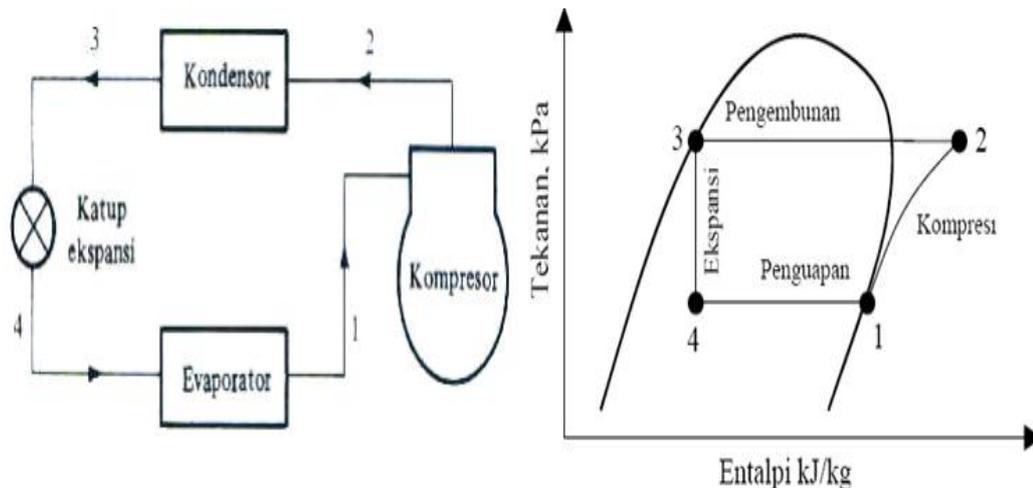
##### 2.2.1 Prinsip Dasar Refrigerasi

Secara umum, prinsip refrigerasi adalah proses penyerapan panas dari dalam ruangan yang tertutup kedap lalu memindahkan serta mengenyahkan panas keluar dari ruangan tersebut. Proses merefrigerasi ruangan tersebut perlu tenaga atau energi, energi yang paling cocok untuk refrigerasi adalah tenaga listrik untuk menggerakkan kompresor unit refrigerasi.

Refrigerasi memanfaatkan sifat – sifat panas (thermal) dari refrigeran selagi bahan itu berubah keadaan dari bentuk cair menjadi gas dan sebaliknya dari gas menjadi cair.

##### 2.2.2 Siklus Kompresi Uap

Siklus kompresi uap standar merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :



Gambar 2.1 Siklus Kompresi Uap (Wiranto, 1981)

Beberapa proses yang bekerja pada siklus ini adalah sebagai berikut :

### 2.2.3 Kompresi

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

Pada waktu uap refrigeran diisap masuk kedalam kompresor, temperaturnya masih rendah. Tetapi, selama proses kompresi berlangsung temperaturnya naik. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi dalam siklus refrigrasi tergantung pada jumlah uap yang diisap masuk kedalam kompresor. Besarnya daya atau kinerja kompresi yang dilakukan kompresor adalah :

$$Q_{wk} = (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

Sedangkan besarnya kerja persatuan massa refrigeran yang dikompresikan adalah:

$$Q_w = h_2 - h_1 \quad (2.2)$$

$$W = m \times w \quad (2.3)$$

$$W_c = h_2 - h_1 \quad (2.4)$$

$$W = m.(h_2 - h_1) \quad (2.5)$$

### 2.2.4 Pengembunan ( kondensasi )

Uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin atau dengan udara pendingin pada sistem dengan pendinginan udara yang ada pada temperatur norma. Dengan kata lain, uap refrigeran menyerahkan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada air pendingin atau udara pendingin di dalam kondensor, sehinggamengembun dan menjadi cair. Jadi, karena air (udara) pendingin menyerap panas dari refrigeran, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor.

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

Besarnya kalor yang dibuang di kondenser dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$Q_{out} = (h_2 - h_3) \quad (2.6)$$

$$Q_{out} = m \times (h_2 - h_3) \quad (2.7)$$

#### 2.2.5 Katup Expansi

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

Setiap alat tersebut terakhir dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang biasa dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran, yaitu agar derajat super panas uap refrigeran didalam evaporator diusahakan tetap konstan. Dalam penyegar udara yang kecil, dipergunakan pipa kapiler sebagai pengganti katup ekspansi. Diameter dalam dan panjang dari pipa kapiler tersebut ditentukan berdasarkan besarnya perbedaan tekanan yang diinginkan, antara bagian yang bertekanan tinggi dan bagian yang bertekanan rendah, dan jumlah refrigeran yang bersirkulasi.

Cairan refrigeran mengalir kedalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguap dari udara, sehingga menguap secara berangsur-angsur. Selanjutnya, proses siklus tersebut diatasterjadi berulang-ulang.

### 2.2.6 Penguapan (Evaporasi)

Evaporator (penguap) yang dipakai berbentuk pipa bersirip plat. Tekanan refrigeran yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata kedalam pipa evaporator, oleh distributor refrigeran. Dalam hal tersebut refrigeran akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan pipa evaporator. Apabila udara didinginkan (di bawah titik embun), maka air yang ada didalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Proses evaporasi pada siklus ideal terjadi secara *isothermal* dan *isobar*. Besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_{in} = (h_1 - h_2) \quad (2.8)$$

### 2.2.7 Koefisien Unjuk Kerja (COP)

*Coefficient of Performance* atau yang biasa disingkat dengan COP dari pompa panas adalah rasio pemanasan atau pendinginan yang disediakan untuk kebutuhan kerja. COP berbanding terbalik dengan biaya operasional, apabila COP lebih tinggi maka biaya operasional yang dikeluarkan akan menjadi lebih rendah. Unjuk kerja (COP) dari siklus pendingin dapat diekspresikan pada sebuah sistem siklus efisiensi. Secara ketetapan matematika COP didefinisikan sebagai rasio dari panas yang dihisap dari ruang yang didinginkan terhadap kerja yang digunakan untuk memindahkan panas tersebut. Untuk dapat menghitung COP secara benar, maka energi yang dialirkan menuju kompresor harus diubah kedalam energi panas pada tiap unitnya. Dengan kata lain COP secara teoritis sama dengan efek pendinginan. Unjuk kerja (COP) merupakan besaran tanpa dimensi. Unjuk kerja (COP) adalah besarnya energi yang berguna, yaitu efek refrigerasi dibagi dengan kerja yang diperlukan sistem (kerja kompresi). Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Untuk mengukur COP system pendingin ialah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi (Stoecker, 1982). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung unjuk kerja atau COP suatu sistem adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.9)$$

### 2.2.8 Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator untuk setiap satu satuan massa refrigerant. Berikut ini persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui efek refrigerasi dari suatu system.

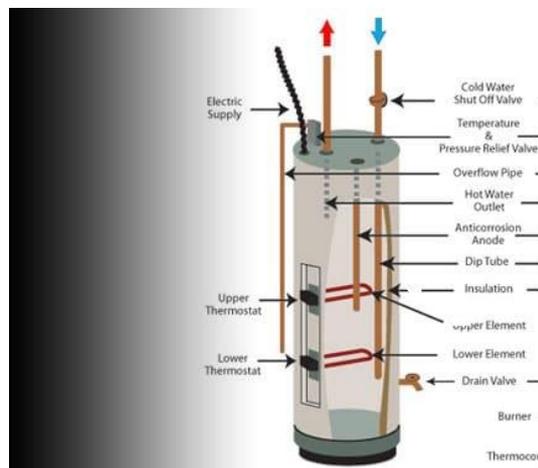
$$qr = h_1 - h_4 \quad (2.10)$$

## 2.3 Macam-Macam Pemanas Air

### 2.3.1 *Electric Water Heater*

Electric Water Heater adalah alat pemanas air yang mengandalkan energi listrik untuk menghasilkan panas. Memiliki prinsip dasar sama seperti setrika listrik, hair dryer dan alat listrik lainnya yang menghasilkan panas.

Terdapat dua macam electric water heater, yaitu dengan tangki dan tanpa tangki. Pamanas air listrik dengan tangki memiliki variasi harga yang ditentukan oleh besarnya ukuran tangki. Semakin besar kapasitas tangki, umumnya semakin mahal. Jenis yang lain adalah pemanas air listrik tanpa tangki. Kelemahan utama dari alat pemanas jenis ini adalah konsumsi daya listrik yang cukup besar, sekitar 2000 watt. Namun di pasaran juga beredar pemanas air listrik tanpa tangki dengan kebutuhan daya sekitar 300 watt. Akan tetapi, diperlukan waktu sekitar 3 – 4 menit untuk mendapatkan air panas jika menggunakan alat ini.

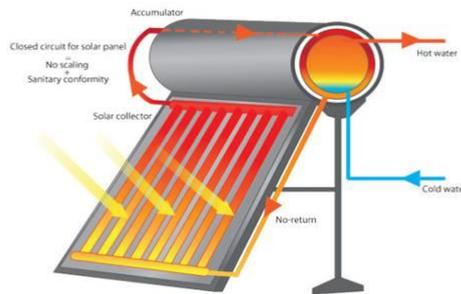


Gambar 2.2 *Electric Water Heater* (Anthony, 2018)

### 2.3.2 Solar Water Heater

Solar Water Heater adalah alat pemanas air yang mengandalkan energi surya matahari yang dikenal dengan istilah solar panel, karena menghasilkan air panas. Pemanas air jenis ini selalu dilengkapi dengan tangki yang berukuran sangat besar karena matahari energi pemanasnya tidak bisa didapat selama 24 jam. Tangki

yang besar itu gunanya untuk menampung air panas yang cukup untuk dikonsumsi untuk sekian orang dalam satu rumah.



Gambar 2.3 Solar Water Heater

### 2.3.3 Gas Water Heater

Gas Water Heater adalah alat pemanas air yang mengandalkan energi dari pembakaran gas elpiji, dikenal dengan gas heater, biaya gas elpiji untuk masa sekarang ini relatif murah (dibandingkan harga listrik).

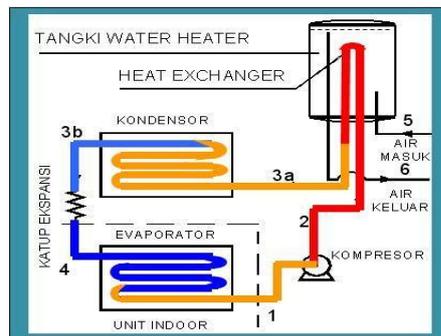
Gas water heater mempunyai bentuk persegi yang tidak terlalu besar, namun juga tidak terlalu kecil. Ciri-cirinya diatas pemanas air ini ada lubang silinder yang berfungsi sebagai cerobong asap (kenalpot) untuk membuang asap hasil pembakaran. Jangan takut mendengar istilah cerobong asap karena sesungguhnya tidak terlihat ada asap apapun yang keluar dari ini, hanya saja karena cara bekerjanya adalah membakar air yang melewatinya, tetap diperlukan cerobong asap tersebut. Selain biaya pemakaian yang relatif murah, keunggulan lain pemanas air gas ini adalah air panas yang tersedia nyaris instant, hanya membutuhkan waktu sekitar 3 – 5 detik sejak dihidupkan air yang mengalir keluar sudah panas.



Gambar 2.4 Gas Water Heater

### 2.3.4 Aircon Water Heater / Heat Exchanger Water Heater

Adalah alat pemanas air yang mengandalkan energi buang dari out door AC ( Air Conditional ), yaitu suhu freon yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Prinsip kerja heat exchanger water heater ini adalah mengumpulkan panas yang dibuang oleh compressor kemudian dialirkan ke tabung penyimpanan air untuk memanaskan air disana. Pemanas air jenis ini tidak mempunyai bentuk yang spesifik selain mempunyai satu tangki penyimpan air panas seperti yang terdapat pada jenis pemanas air yang lain.



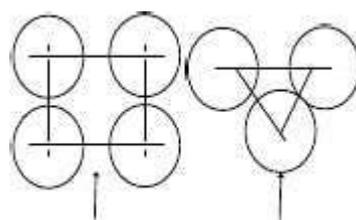
Gambar 2.5 Air Conditioning Water Heater (Putra, 2014)

### 2.4 Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)

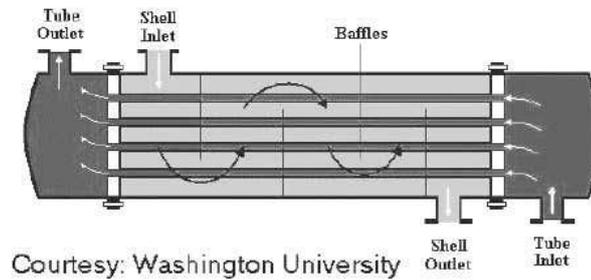
*Heat exchanger* merupakan alat penukar kalor yang sangat penting dalam proses industri. Prinsip kerja heat exchanger adalah perpindahan panas dari fluida panas menuju fluida dingin. *Heat exchanger* dapat digunakan untuk memanaskan dan mendinginkan fluida.

#### 2.4.1 APK Tipe Shell and Tubes

Shell and tube heat exchanger biasanya digunakan dalam kondisi tekanan relatif tinggi, yang terdiri dari sebuah selongsong yang di dalamnya disusun suatu annulus dengan rangkaian tertentu (untuk mendapatkan luas permukaan yang optimal). Fluida mengalir di selongsong maupun di annulus sehingga terjadi perpindahan panas antara fluida dengan dinding annulus misalnya triangular pitch dan square pitch (Anonim, 2009).



Gambar 2.6 Shell and Tube,(a) Square pitch dan (b)Triangular pitch



Gambar 2.7 APK Tipe Shell and Tube (Kern, 1983)

Keuntungan dari shell and tube:

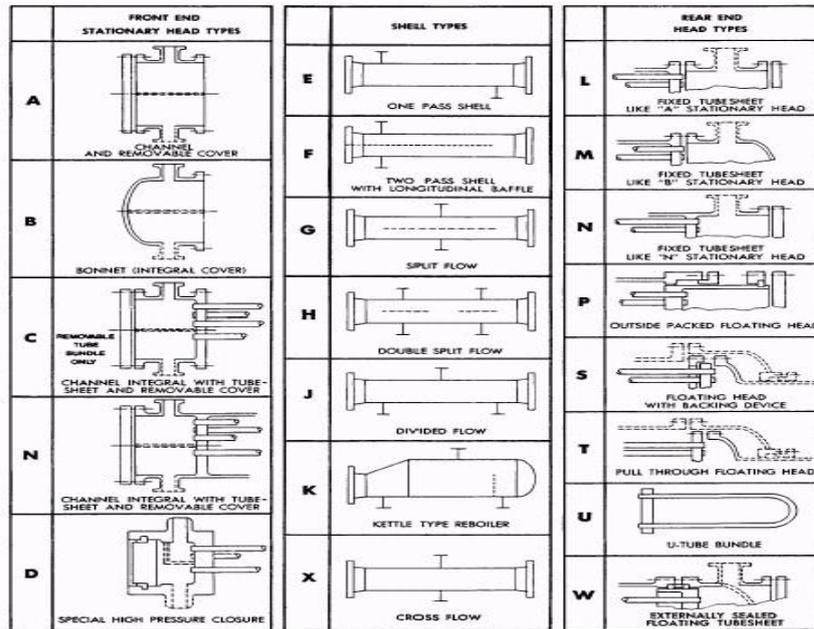
1. Konfigurasi yang dibuat akan memberikan luas permukaan yang besardengan bentuk atau volume yang kecil.
2. Mempunyai lay-out mekanik yang baik, bentuknya cukup baik untukoperasi bertekanan.
3. Menggunakan teknik fabrikasi yang sudah mapan (*well-astablished*).
4. Dapat dibuat dengan berbagai jenis material, dimana dapat dipilih jenismaterial yang digunakan sesuai dengan temperatur dan tekanan operasi.
5. Mudah membersihkannya.
6. Prosedur perencanaannya sudah mapan (*well-astablished*).
7. Konstruksinya sederhana, pemakaian ruangan relatif kecil.
8. Pengoperasiannya tidak berbelit-belit, sangat mudah dimengerti (diketahui oleh para operator yang berlatar belakang pendidikan rendah).
9. Konstruksinya dapat dipisah-pisah satu sama lain, tidak merupakan satu kesatuan yang utuh, sehingga pengangkutannya relatif gampang (Sitompul, 1993).

#### 2.4.2 Shell

Shell merupakan rumah bagi *tube - bundle*. Antara shell dan *tube - bundle* terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas, sesuai dengan proses yang terjadi. Secara umum shell alat penukar kalor ada beberapa jenis yaitu:

- Shell tipe ceret (*kettel tube*), tipe K.
- Shell dengan aliran 1 pass, tipe E.
- Shell dengan aliran dipisah (*split flow*), tipe G.
- Shell dengan aliran yang dibagi (*divide flow*), tipe J.

- Shell dengan aliran 2 pass dan sekat longitudinal tipe F.
- Shell dengan aliran diganda (*double split flow*), tipe H.



Gambar 2.8 Bagian-bagian Dari Alat penukar kalor (Tunggal, 1997)

## 2.5 Road Map Penelitian

Tabel 2.1 Road Map Penelitian ACWH di Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

No	Nama	NPM	Judul Penelitian
1	Setiawan Hadi	1507230197	Rancang Bangun ACWH ( <i>Air Conditioner Water Heater</i> ) Dengan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell Helical Coil</i>
2	Arifin Ardianto	1507230156	Analisa <i>Performance Air Conditioner ( AC )</i> Dengan Penambahan APK <i>Shell Helical Coil</i>
3	Ulil Amri	1507230164	Upaya Peningkatan <i>Performance ACWH</i> Dengan Penambahan Sirip Pada APK <i>Shell Helical Coil</i>

4	Andri Kurniawan	1507230193	Pengaruh Panjang Pipa <i>Capiler</i> Terhadap Efektivitas Alat Penukar Kalor Tipe <i>Shell Helical Coil</i>
5	Yogi Pranata	1507230218	Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Tembaga Sebagai Penukar Kalor
6	Fadli Umri Pratama	1507230224	Pengaruh Diameter <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Aluminium Terhadap Kinerja ACWH
7	Febry Andrian	1507230159	Peningkatan Kinerja ACWH Dengan Memanfaatkan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor
8	Dana Setiawan	1507230178	Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip Sebagai Pemanas Air
9	Aldi Trisna Irawan	1607230062	Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan Pipa Kapiler Sebagai Penghantar Panas
10	M Kamaludin Wahdani	1607230075	Analisa Numerik Perpindahan Panas Pada ACWH Dengan <i>Honeycomb</i> Sebagai Penghantar Panas

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

#### 3.1 Tempat dan Waktu penelitian

##### 3.1.1 Tempat

Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

##### 3.1.2 Waktu

Penelitian *Performance Air Conditioner* (AC) dengan penambahan APK *Shell Helical coil* ini membutuhkan waktu 7 bulan.

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

---

Waktu (Bulan)

---

	1	2	3	4	5	6	7
1	Study literature						
2	Pengujian dan pengambilan data tugas akhir						
3	Analisa data						
4	Penulisan laporan akhir						
5	Seminar hasil dan sidang sarjana						

### 3.2 Bahan dan Alat

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Unit Indoor AC split

Unit indoor AC yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan unit indoor seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Unit Indoor AC Split

Kapasitas AC : 1 PK

Input daya : 880 W

#### 3.2.2 Unit Outdoor AC Split

Unit outdoor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam gambar 3.2



Gambar 3.2 Unit Outdoor AC Split

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

### 3.2.3 Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi untuk mengetahui suhu kompresor, kondensor dan air. Sensor suhu yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Sensor Suhu

Tipe : DS18B20  
Suhu max : 135 °C  
Suhu min : -35 °C

### 3.2.4 Arduino

Arduino berfungsi untuk membuat bahasa program dari sensor suhu yang digunakan. Arduino yang digunakan pada penelitian ini bisa dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Arduino

Tipe : Arduino UNO

Operating voltage : 5 V

Input voltage : 6 – 20 V

### 3.2.5 Termometer Inframerah

Termometer Inframerah berfungsi untuk mengetahui suhu evaporator dan kondensor. Termometer inframerah yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Termometer Inframerah

Tipe : Thermometer Inframerah

Range : 1500mm @60°

Themp Range : -50°C ~ 380°C (-58°F ~ 716°F)

### 3.2.6 Manifold Gauge

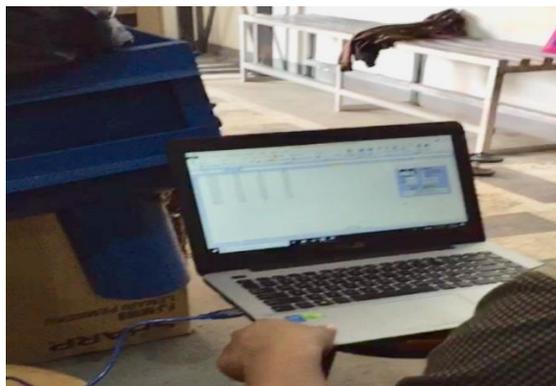
Manifold gauge berfungsi untuk mengetahui tekanan freon pada AC, alat ini bisa juga digunakan untuk mengisi freon AC. Adapun manifold gauge yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.6 Manifold Gauge

### 3.2.7 Laptop

Laptop berfungsi untuk mengukur suhu pipa keluaran kompresor, yang nantinya laptop akan di hubungkan ke Arduino. Adapun laptop yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Laptop

### 3.2.8. Clamp Meter

Clamp Meter berfungsi untuk mengukur arus listrik kompresor. Clamp meter yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.8.

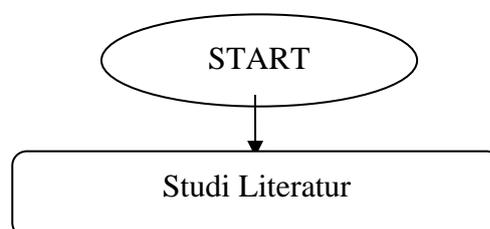


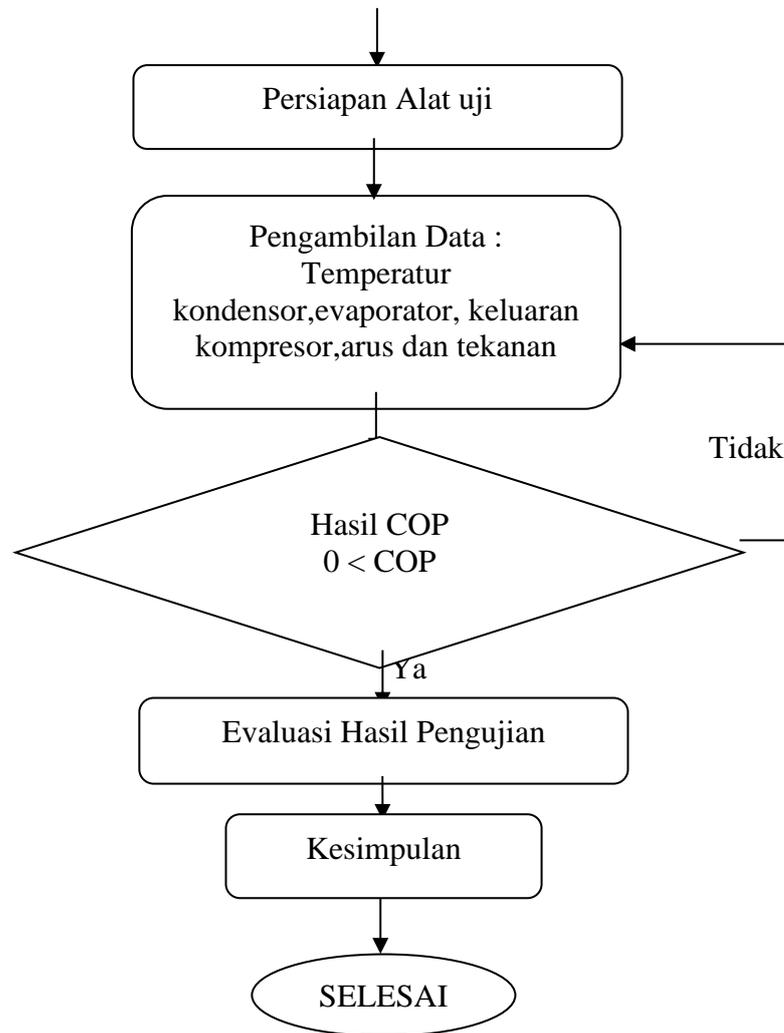
Gambar 3.8 Clamp Meter

Tipe : Clamp Meter

Range : 0.1A to 1000A

### 3.3 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.9 Diagram Alir Penelitian

### 3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

1. Start, memulai.
2. 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.
3. Persiapan alat uji adalah mempersiapkan semua alat ukur yang diperlukan
4. Pengambilan data adalah pengambilan data-data suhu kondensor, evaporator, arus, dan tekanan refrigeran yang diperlukan untuk penelitian ini.

5. Hasil COP adalah hasil yang didapat dari perhitungan pengambilan data saat pengujian alat.
6. Evaluasi hasil dari pengujian adalah untuk menghitung perbedaan COP AC standar dengan AC yang sudah dimodifikasi.
7. Kesimpulan adalah data-data yang didapat dari hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan.
8. SELESAI.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah dari penelitian *Performance AC Dengan penambahan APK Shell Helical coil* adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan alat-alat yang diperlukan saat pengambilan data.
- Mempersiapkan 1 unit ACWH *Shell Helical coil*.
- Memastikan bahwa sensor keluaran kompresor terpasang dengan baik.
- Memastikan freon ada di dalam sistem AC tersebut.
- Memastikan tidak adanya kebocoran freon pada sistem AC.
- Menyambung kabel USB Arduino ke laptop.
- Menyambung kabel sensor dan arduino ke breadboard.
- Menyalakan laptop.
- Membuka Microsoft excel.
- Membuka software PLX-DAQ.
- Menyalakan AC.
- Tabel Data Pengujian.

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Tekanan (P)</b>	<b>T.Evaporator (T<sub>1</sub>)</b>	<b>T.Kompresor (T<sub>2</sub>)</b>	<b>T.Kondensor (T<sub>3</sub>)</b>	<b>T</b>
10					
20					
30					
40					
50					
60					

- Pengambilan data suhu keluaran Kompresor melalui Software PLX-DAQ dan tercatat langsung di Microsoft Excel, dengan waktu pengambilan per-10 menit selama 60 menit.
- Pengambilan data suhu evaporator menggunakan *infrared Thermometer* dengan waktu pengambilan per-10 menit selama 60 menit.
- Pengambilan data Tekanan pada kompresor dengan waktu per-10 menit selama 60 menit.
- Selesai.

## **BAB 4**

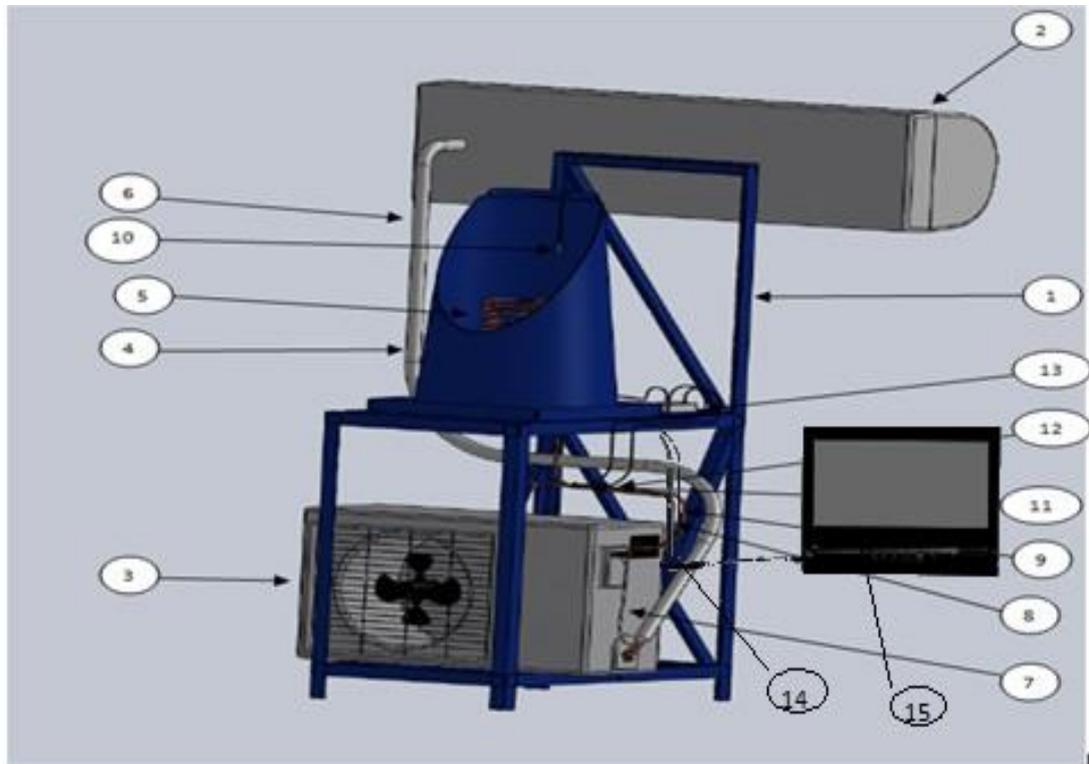
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian performa *air conditioner* (AC) dengan penambahan APK *Shell Helical coil*, peneliti melakukan pengambilan data dari ac yang sudah dimodifikasi dan ac yang masih standar. Dibawah ini adalah hasil dari penelitian yang dilakukan penulis.

#### 4.2 *Set-Up* Unit ACWH *Shell Helical coil*

Bagian-bagian dan komponen dari ACWH dengan penambahan *Shell Helical coil* yang telah dirancang dan disusun dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1 Bagian-bagian Komponen

Keterangan :

1. Rangka



Gambar 4.2 Rangka

2. Unit Indor AC



Gambar 4.3 Unit indoor AC

3. Unit outdoor AC



Gambar 4.4 Unit outdoor AC

4. Tangki



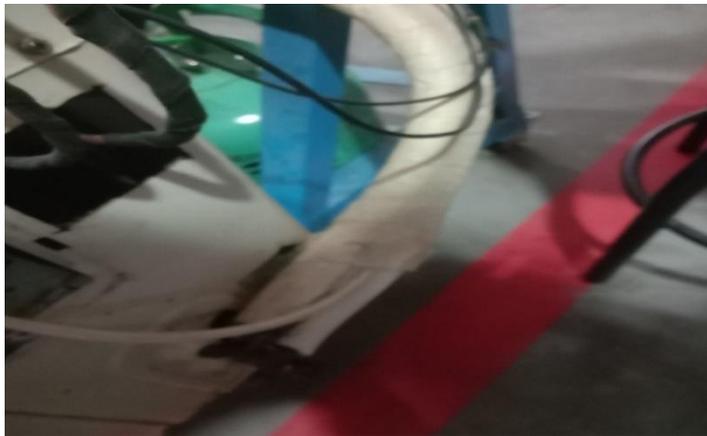
Gambar 4.5 Tangki

5. *APK Shell Helical coil*



Gambar 4.6 *Shell Helical coil*

6. Pipa Freon



Gambar 4.7 Pipa Freon

7. Kabel koneksi unit indoor dan outdoor AC



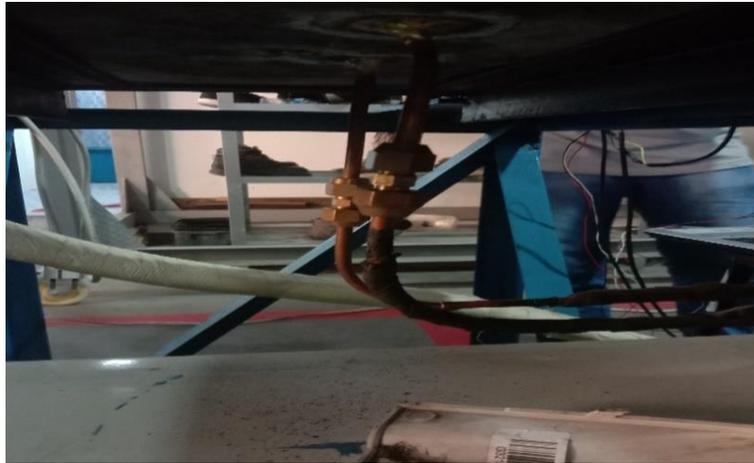
Gambar 4.8 Kabel koneksi unit indoor dan outdoor

8. Pipa keluaran kompresor



Gambar 4.9 Pipa keluaran kompresor

9. Pipa masuk kondensor



Gambar 4.10 Pipa masuk kompresor

10. Sensor suhu air



Gambar 4.11 Sensor suhu air

11. Sensor suhu keluaran kompresor



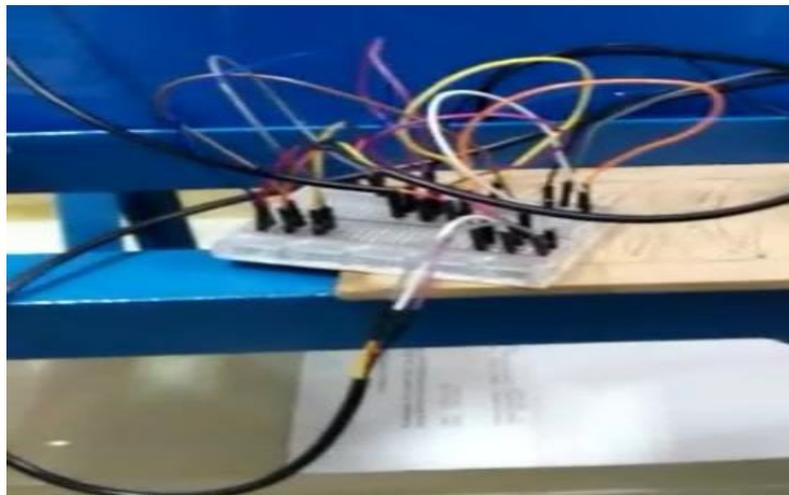
Gambar 4.12 Sensor suhu keluaran kompresor

12. Sensor suhu masuk kondensor



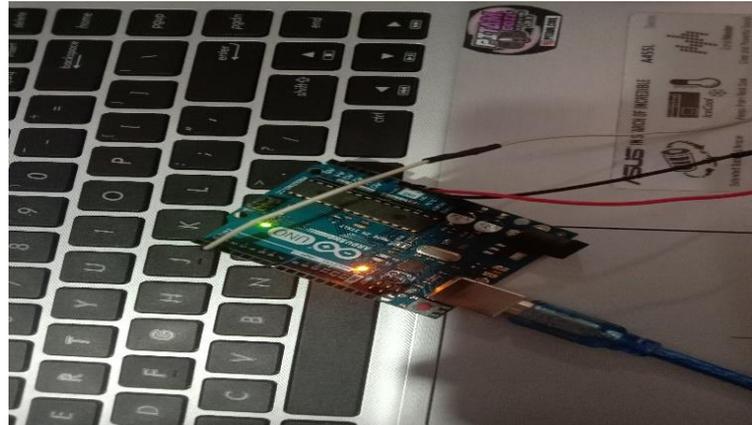
Gambar 4.13 Sensor suhu masuk kondensor

13. Bread board



Gambar 4.14 Bread board

#### 14. Arduino



Gambar 4.15 Arduino

#### 15. Laptop



Gambar 4.16 Laptop

### 4.3 Proses Pengujian

#### 4.3.1 Proses Pengisian Freon

Sebelum dilakukan pengambilan data freon terlebih dahulu di cek sebelum melakukan pengambilan data. Pengisian freon dilakukan menggunakan manifold guage.



Gambar 4.17 Pengisian Freon

#### 4.3.2 Proses Pengisian Air

Proses pengisian air kedalam tangki ACWH. Adapun banyak air yang di masukkan adalah sebanyak 60 liter.



Gambar 4.18 Pengisian Air

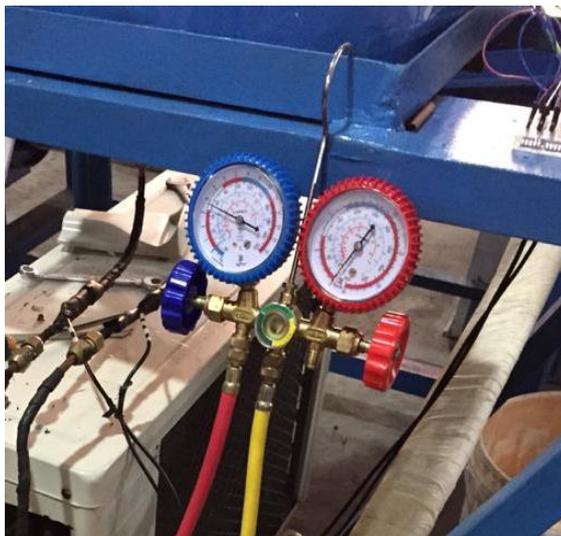
#### 4.3.3 Proses Pengambilan Suhu Evaporator

Proses pengambilan suhu evaporator ini bertujuan untuk mengetahui dan mencatat suhu evaporator. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur suhu evaporator adalah termometer inframerah. Pengukuran dan pencatatan dilakukan setiap 10 menit sekali selama 60 menit.



Gambar 4.19 Proses Pengambilan Suhu Evaporator

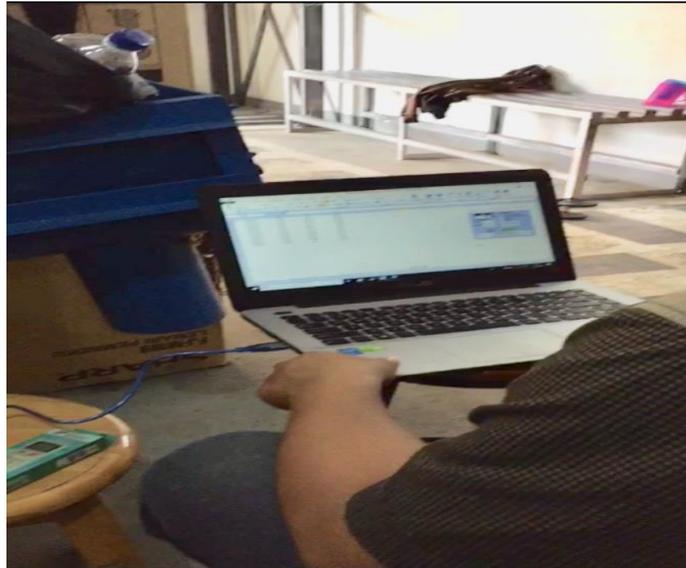
#### 4.3.4 Proses Pengambilan Tekanan Refrigerant



Gambar 4.20 Proses pengambilan tekanan refrigerant.

Proses pengambilan tekanan refrigerant ini bertujuan untuk mengetahui dan mencatat tekanan refrigerant. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur suhu keluaran kompresor adalah menggunakan manifold gauge. Pencatatan tekanan ini dilakukan 10 menit sekali selama 60 menit.

#### 4.3.5 Proses Pengambilan Data Suhu Keluaran Kompresor



Gambar 4.21 Proses Pengambilan Data Suhu Keluaran Kompresor

Proses pengambilan data suhu keluaran kompresor ini bertujuan untuk mengetahui dan mencatat suhu keluaran kompresor menggunakan sensor Arduino yang dihubungkan ke laptop dan menggunakan software PLX-DAQ yang mana data dari sensor akan langsung masuk ke msExcel.

4.4 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC Tanpa APK.

Tabel 4.1 Data rata-rata Hasil Pengukuran AC tanpa APK

Variasi Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Arus (A)	Tegangan (Volt)	$T_1$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_2$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tekanan (Psi)
16	3.5	220	16.5	75.79	45.7	98.5
18	3.4	220	17.4	79.7	47.1	101.3
20	3.3	220	18.1	77.7	47.1	101

4.5 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC APK *Shell Helical coil* Pendek

Tabel 4.2 Data Hasil Pengukuran pada AC *Shell Helical coil* Pendek

Variasi Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Arus (A)	Tegangan (Volt)	$T_1$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_2$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tekanan (Psi)
16	2.9	220	17.5	100.8	36.6	64.8

18	2.48	220	19	97.89	33.55	63.5
20	2.36	220	18.7	103.6	32.15	65

4.6 Hasil Pengukuran Tekanan Temperatur Evaporator ( $T_1$ ), Kondensor ( $T_3$ ), Keluar Kompresor ( $T_2$ ), Arus (A) dan Tegangan (V) pada AC *Shell Helical coil* Penuh.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengukuran pada AC *Shell Helical coil* Panjang

Variasi Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Arus (A)	Tegangan (Volt)	$T_1$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_2$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tekanan (Psi)
16	2.9	220	15.5	73.53	30.2	70.3
18	2.46	220	17.8	96	30.6	64.3
20	2.36	220	18.45	98.4	30.4	51.16

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu  $16^{\circ}\text{C}$

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan		
		Tanpa APK	APK Pendek	APK Panjang
1	Kerja Kompresi ( $Q_w$ )	47,68 kj/kg	69,62 kj/kg	63,33 kj/kg
2	Efek Refrigrasi ( $q_r$ )	153,46 kj/kg	165,77 kj/kg	173,49 kj/kg
3	Daya Kompresor ( $\dot{W}_c$ )	0,770 kw	0,638 kw	0,638 kw
4	Performa (COP)	3,18	2,35	2,7

Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu  $18^{\circ}\text{C}$

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan		
		Tanpa APK	APK Pendek	APK Panjang
1	Kerja Kompresi ( $Q_w$ )	50,5 kj/kg	65,99 kj/kg	64,86 kj/kg

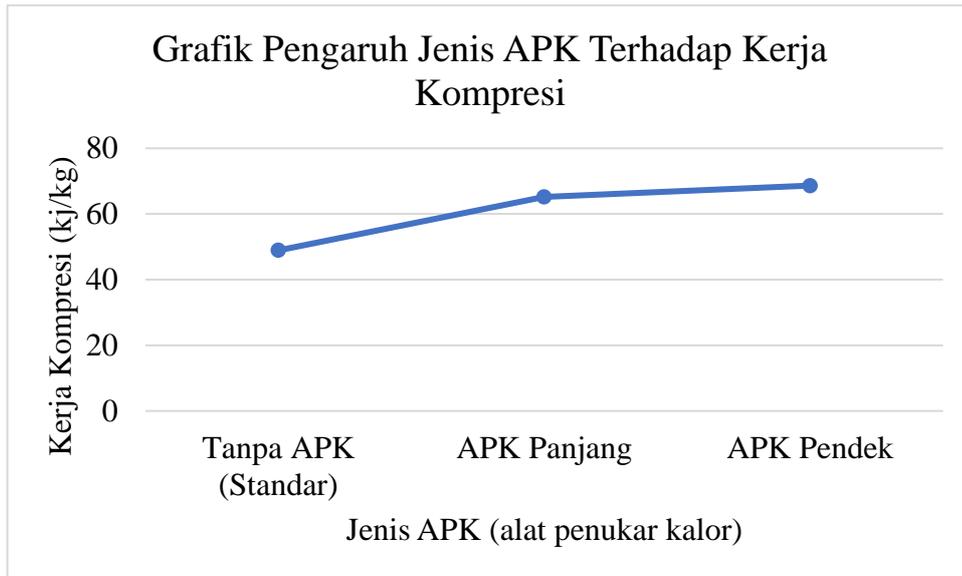
2	Efek Refrigrasi (qr)	151,68 kj/kg	170,185 kj/kg	172,54 kj/kg
3	Daya Kompresor ( $\dot{W}_c$ )	0,748 kw	0,545 kw	0,541 kw
4	Performa (COP)	3	2,5	2,6

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Suhu 20°C

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan		
		Tanpa APK	APK Pendek	APK Panjang
1	Kerja Kompresi ( $W_c$ )	48,565 kj/kg	70,33 kj/kg	67,29 kj/kg
2	Efek Refrigrasi (qr)	151,89 kj/kg	171,9 kj/kg	174,12 kj/kg
3	Daya Kompresor ( $\dot{W}_c$ )	0,726 kw	0,519 kw	0,519 kw
4	Performa (COP)	3,11	2,4	2,58

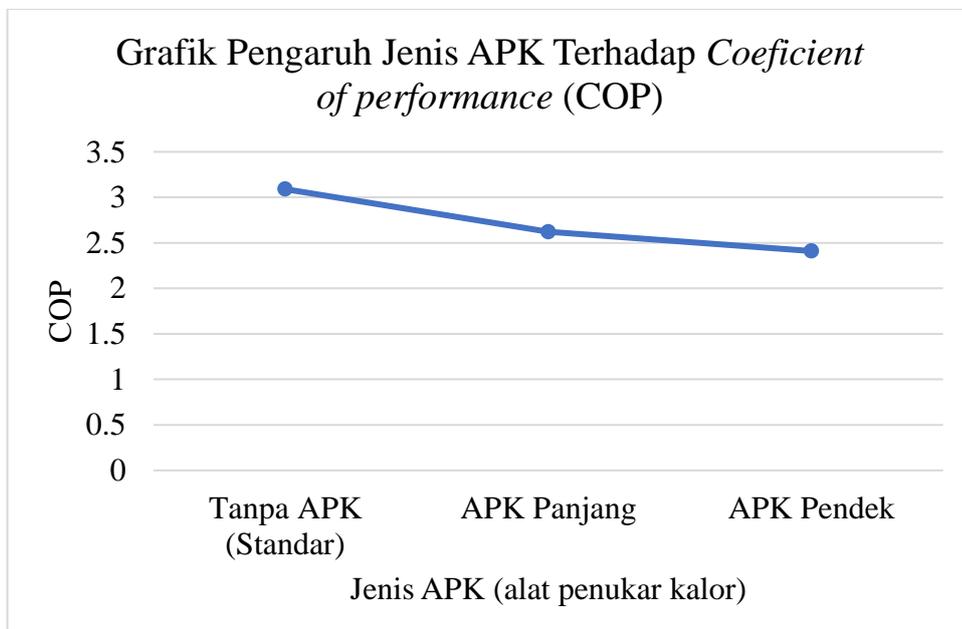
Tabel 4.7 Rata-rata hasil perhitungan

Jenis APK	<i>Coefficient of performance (COP)</i>	Kerja Kompresi (Kj/kg)
Tanpa APK (Standar)	3.09	48.915
APK Panjang	2.62	65.16
APK Pendek	2.41	68.64



Gambar 4.22 Grafik Pengaruh Jenis APK *Shell Helical Coil* Terhadap Kerja Kompresi.

Dari gambar 4.22, grafik menunjukkan kerja kompresi AC split tanpa menggunakan APK (standar) adalah sebesar 48,915 kj/kg, AC split dengan menggunakan APK panjang mendapatkan nilai kerja kompresi sebesar 65,16 kj/kg, sedangkan AC split dengan menggunakan APK pendek mendapatkan nilai kerja kompresi sebesar 68,64 kj/kg.



Gambar 4.23 Grafik Pengaruh Jenis APK Terhadap *Coefficient of Performance* (COP)

Dari gambar 4.23, dapat dilihat bahwa *Coefficient of Performance* (COP) yang diperoleh AC split tanpa menggunakan APK sebesar 3,09, kemudian AC split yang menggunakan APK panjang mendapatkan nilai COP sebesar 2,62, sedangkan AC dengan APK pendek mendapatkan nilai COP sebesar 2,41.

#### 4.7 Analisa Data

Sebelum melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil seperti table di atas, peneliti melakukan interpolasi terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai Enthalpy dengan cara melihat table Dupont Freon R22 Refrigerant.

#### 4.8 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 16,9 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 75,79 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 45,7 °C
Tekanan (P)	= 98,5 Psi
Arus (A)	= 3,5 A
Tegangan (V)	= 220 V

Dicari: Entalphy h<sub>1</sub>.h<sub>2</sub>, dan h<sub>3</sub>

Penyelesaian:

- Titik 1 (*Sat.Vapour*)

$$T_1 = 16,9^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 16,9^\circ\text{C} = \dots \text{ kJ/kg}$$

$$s_1 = S_g @ 16,9^\circ\text{C} = \dots \text{ kJ/kg.K}$$

Tabel 4.8 DuPon Freon R22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy	Entropy
	[kJ/kg] Vapour [H <sub>g</sub> ]	[kJ/kg.K] Vapour [S <sub>g</sub> ]
16	410,5	1,729
16,9	...	...
17	410,8	1,728

Interpolasi h<sub>1</sub> pada Temperatur 16,9°C :

$$h_1 = 410,5 + (410,8 - 410,5) \times \left( \frac{16,9 - 16}{17 - 16} \right)$$

$$h_1 = 410,5 + (0,3 \times 0,9)$$

$$h_1 = 410,77 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi  $s_1$  pada Temperatur  $16,9^\circ\text{C}$  :

$$s_1 = 1,729 + (1,729 - 1,730) \times \left( \frac{16,9 - 16}{17 - 16} \right)$$

$$s_1 = 1,729 + (1,729 \times 1,730)$$

$$s_1 = 1,7281 \frac{\text{kJ}}{\text{kg.K}}$$

$$s_2 = s_1$$

Tabel 4.9 DuPon Freon R22 Superheated

Temperature ( $^\circ\text{C}$ )	Press (kPa)	
	675	700
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
75	457,9	457,6
75,79	...	...
80	461,7	461,4

Interpolasi  $h_2$  @675 kPa

$$h_2 = 457,9 + (461,7 - 457,9) \times \left( \frac{75,79 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,9 + (3,8 \times 0,158)$$

$$h_2 = 458,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Interpolasi  $h_2$  @700 kPa

$$h_2 = 457,6 + (461,4 - 457,6) \times \left( \frac{75,79 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,9 + (3,8 \times 0,158)$$

$$h_2 = 458,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Tabel 4.10  $h_2$  @679,15 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
675	458,5
679,15	...
700	458,2

Interpolasi  $h_2$  @679,15 kPa

$$h_2 = 458,5 + (458,2 - 458,5) \times \left( \frac{679,15 - 675}{700 - 675} \right)$$

$$h_2 = 458,5 + (-0,8 \times 0,166)$$

$$h_2 = 458,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- Titik 3 (*Sat.Liquid*)

$$T_3 = 45,7^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_F @ 45,7^\circ\text{C} = \dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.11 DuPont Freon R22 Saturation

Temperature (°C)	Enthalpy (kJ/kg) Liquid (H <sub>f</sub> )
45	256,4
45,7	...
46	257,7

Interpolasi  $h_3$  pada Temperatur  $45,7^\circ\text{C}$  :

$$h_3 = 256,4 + (257,7 - 256,4) \times \left( \frac{45,7 - 45}{46 - 45} \right)$$

$$h_3 = 256,4 + (1,3 \times 0,7)$$

$$h_3 = 257,31 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi seperti diatas, maka didapat data seperti pada table dibawah ini:

Tabel 4.12 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu  $16^\circ\text{C}$

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
$h_1$	410,77 kJ/kg
$h_2$	458,45 kJ/kg
$h_3$	257,31 kJ/kg

Tegangan = 220 V

Arus = 3,5 A

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.11, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned} Q_w &= h_2 - h_1 \\ &= (458,45 - 410,77) \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$= 47,68 \text{ kJ/kg}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned} W_{\text{condensor}} &= h_2 - h_3 \\ &= (458,45 - 257,31) \text{ kJ/kg} \\ &= 201,14 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned} qr &= h_1 - h_4 \\ &= (410,77 - 257,31) \text{ kJ/kg} \\ &= 153,46 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned} \dot{W} &= V \times I \\ &= 220 \times 3,5 \\ &= 770 \text{ Watt} \\ &= 0,770 \text{ kw} \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$\begin{aligned} COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{153,46 \text{ kJ/kg}}{47,46 \text{ kJ/kg}} \\ &= 3,2 \end{aligned}$$

#### 4.9 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 18°C

Pada Perhitungan AC tanpa APK suhu 18°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

$$\text{T.Evaporator (T}_1\text{)} = 18,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{T.Keluar Kompresor (T}_2\text{)} = 79,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

T.Kondensor ( $T_3$ )	= 47,1 °C
Tekanan (P)	= 101,3 Psi
Arus (A)	= 3,4 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.13 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu 18°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
$h_1$	410,92 kJ/kg
$h_2$	461,43 kJ/kg
$h_3$	259,24 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.12, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (461,43 - 410,92) \text{ kJ/kg} \\
 &= 50,5 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\
 &= (461,43 - 259,24) \text{ kJ/kg} \\
 &= 202,19 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (410,92 - 259,24) \text{ kJ/kg} \\
 &= 151,68 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\dot{W} = V \times I$$

$$\begin{aligned}
&= 220 \cdot 3,4 \\
&= 748 \text{ Watt} \\
&= 0,748 \text{ kw}
\end{aligned}$$

- *Coefficient of performance (COP)*

$$\begin{aligned}
COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
&= \frac{151,68 \text{ kJ/kg}}{50,51 \text{ kJ/kg}} \\
&= 3
\end{aligned}$$

#### 4.10 Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 20°C

Pada Perhitungan AC tanpa APK suhu 20°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 18,1 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 77,7 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 47,1 °C
Tekanan (P)	= 101 Psi
Arus (A)	= 3,3 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.14 Enthalpy AC tanpa APK dengan suhu 20°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	411,13 kJ/kg
h <sub>2</sub>	459,695 kJ/kg
h <sub>3</sub>	259,24 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.13, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (459,695 - 411,13) \text{ kJ/kg} \\
 &= 48,565 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\
 &= (459,695 - 259,24) \text{ kJ/kg} \\
 &= 200,455 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (411,13 - 259,24) \text{ kJ/kg} \\
 &= 151,89 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 3,3 \\
 &= 726 \text{ Watt} \\
 &= 0,726 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{151,89 \text{ kJ/kg}}{48,565 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 3,12
 \end{aligned}$$

4.11 Percobaan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 16°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 16°C

ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 15,5 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 93,53 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 30,2 °C
Tekanan (P)	= 70,3 Psi
Arus (A)	= 2,9 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.15 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 16°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	410,35 kJ/kg
h <sub>2</sub>	473,68 kJ/kg
h <sub>3</sub>	236,86 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.14, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (473,68 - 410,35) \text{ kJ/kg} \\
 &= 63,33 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{\text{kondensor}} &= h_2 - h_3 \\
 &= (473,68 - 236,68) \text{ kJ/kg} \\
 &= 236,82 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigrasi

$$qr = h_1 - h_4$$

$$\begin{aligned}
 &= (410,35 - 236,86) \text{ kJ/kg} \\
 &= 173,49 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 2,9 \\
 &= 638 \text{ Watt} \\
 &= 0,638 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{173,67 \text{ kJ/kg}}{63,33 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 2,74
 \end{aligned}$$

#### 4.12 Percobaan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 18°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 18°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 17,8 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 96 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 30,6 °C
Tekanan (P)	= 64,3 Psi
Arus (A)	= 2,46 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.16 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 18°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	411,04 kJ/kg

$$\frac{h_2}{h_3} = \frac{475,9 \text{ kJ/kg}}{238,5 \text{ kJ/kg}}$$

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.15, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned} Q_w &= h_2 - h_1 \\ &= (475,9 - 411,04) \text{ kJ/kg} \\ &= 64,86 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned} W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\ &= (475,9 - 238,5) \text{ kJ/kg} \\ &= 237,451 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned} qr &= h_1 - h_4 \\ &= (411,04 - 238,5) \text{ kJ/kg} \\ &= 172,54 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned} \dot{W} &= V \times I \\ &= 220 \times 2,46 \\ &= 541 \text{ Watt} \\ &= 0,541 \text{ kw} \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$= \frac{172,54 \text{ kJ/kg}}{64,86 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 2,6$$

#### 4.13 Percobaan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 20°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 20°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 18,5 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 98,4 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 30,4 °C
Tekanan (P)	= 51,16 Psi
Arus (A)	= 2,36 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.17 Enthalpy AC dengan APK Panjang (30 lilitan) dengan suhu 20°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	411,25 kJ/kg
h <sub>2</sub>	478,547 kJ/kg
h <sub>3</sub>	237,12 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.16, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$Q_w = h_2 - h_1$$

$$= (478,547 - 411,25) \text{ kJ/kg}$$

$$= 67,29 \text{ kJ/kg}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{\text{condensor}} &= h_2 - h_3 \\
 &= (478,547 - 237,13) \text{ kJ/kg} \\
 &= 241,4 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (411,25 - 237,13) \text{ kJ/kg} \\
 &= 174,12 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 2,36 \\
 &= 519,2 \text{ Watt} \\
 &= 0,5192 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{174,12 \text{ kJ/kg}}{67,297 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 2,58
 \end{aligned}$$

#### 4.14 Percobaan AC dengan APK pendek (15 lilitan) dengan suhu 16°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (15 lilitan) dengan suhu 16°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

$$T.\text{Evaporator (T}_1) = 17,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T.\text{Keluar Kompresor (T}_2) = 100,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T.\text{Kondensor (T}_3) = 36,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Tekanan (P)	= 64,8 Psi
Arus (A)	= 2,9 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.18 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) dengan suhu 16°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	410,95 kJ/kg
h <sub>2</sub>	480,57 kJ/kg
h <sub>3</sub>	245,18 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.17, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (480,57 - 410,95) \text{ kJ/kg} \\
 &= 69,62 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\
 &= (480,57 - 245,18) \text{ kJ/kg} \\
 &= 235,39 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (410,95 - 245,18) \text{ kJ/kg} \\
 &= 165,77 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 2,9
 \end{aligned}$$

$$= 638 \text{ Watt}$$

$$= 0,638 \text{ kw}$$

- *Coefficient of performance (COP)*

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$= \frac{165,77 \text{ kJ/kg}}{69,62 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 2,38$$

#### 4.15 Percobaan AC dengan APK pendek (15 lilitan) dengan suhu 18°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (15 lilitan) dengan suhu 18°C ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 19 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 97,89 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 33,55 °C
Tekanan (P)	= 63,5 Psi
Arus (A)	= 2,48 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.19 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) Suhu 18°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	411,4 kJ/kg
h <sub>2</sub>	477,39 kJ/kg
h <sub>3</sub>	241,215 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.18, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (477,39 - 411,4) \text{ kJ/kg} \\
 &= 65,99 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\
 &= (477,39 - 241,215) \text{ kJ/kg} \\
 &= 236,175 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (411,4 - 241,215) \text{ kJ/kg} \\
 &= 170,185 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 2,48 \\
 &= 545,6 \text{ Watt} \\
 &= 0,5456 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

- Coefficient of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{170,185 \text{ kJ/kg}}{65,99 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 2,5
 \end{aligned}$$

#### 4.16 Percobaan AC dengan APK pendek (15 lilitan) dengan suhu 20°C

Pada Perhitungan AC dengan APK Panjang (15 lilitan) dengan suhu 20°C

ini, metode perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan diatas, yaitu Percobaan AC tanpa APK dengan suhu 16°C, hanya saja dengan data atau angka yang berbeda.

DIK: Rata-rata data yang diambil per-10 menit selama 60 menit

T.Evaporator (T <sub>1</sub> )	= 18,7 °C
T.Keluar Kompresor (T <sub>2</sub> )	= 103,6 °C
T.Kondensor (T <sub>3</sub> )	= 32,15 °C
Tekanan (P)	= 65 Psi
Arus (A)	= 2,36 A
Tegangan (V)	= 220 V

Setelah melakukan interpolasi berdasarkan data diatas, maka didapat:

Tabel 4.20 Enthalpy AC dengan APK pendek (15 lilitan) Suhu 20°C

Enthalpy	Hasil Enthalpy (h)
h <sub>1</sub>	411,31 kJ/kg
h <sub>2</sub>	481,64 kJ/kg
h <sub>3</sub>	239,395 kJ/kg

Setelah memperoleh data seperti pada table 4.19, kemudian dilanjutkan dengan penghitungan nilai kerja kompresi, kerja kondensor, efek refrigrasi, daya kompresor, laju aliran masa refrigerant, kalor yang dibuang, kalor yang diterima, dan COP.

- Kerja Kompresi

$$\begin{aligned}
 Q_w &= h_2 - h_1 \\
 &= (481,64 - 411,31) \text{ kJ/kg} \\
 &= 70,33 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Kerja Kondensor

$$\begin{aligned}
 W_{condensor} &= h_2 - h_3 \\
 &= (481,64 - 239,395) \text{ kJ/kg} \\
 &= 242,245 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Efek Refrigerasi

$$\begin{aligned}
 qr &= h_1 - h_4 \\
 &= (411,31 - 239,395) \text{ kJ/kg} \\
 &= 171,915 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

- Daya Kompresor

$$\begin{aligned}
 \dot{W} &= V \times I \\
 &= 220 \times 2,36 \\
 &= 519,2 \text{ Watt} \\
 &= 0,5192 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

- Coeficient of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{171,915 \text{ kJ/kg}}{70,33 \text{ kJ/kg}} \\
 &= 2,4
 \end{aligned}$$

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengolahan data performa AC diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwa penambahan APK (alat penukar kalor) baik *helical* panjang atau pendek akan berdampak penurunan COP pada sistem AC tersebut. Hal ini terjadi karena adanya penambahan panjang saluran refrigerant yang mengakibatkan kenaikan kerja kompresi. Semakin tinggi kerja kompresi pada AC, maka semakin rendah pula hasil COP yang didapatkan.
2. Berdasarkan data yang diperoleh dari perbandingan nilai COP bahwa APK Panjang (30 lilitan) mendapatkan nilai COP sebesar 2,62 sedangkan APK pendek (15 lilitan) mendapatkan nilai COP sebesar 2,41. Maka menurut hasil penelitian ini APK yang menghasilkan COP terbaik adalah APK dengan lilitan 30 (Panjang).

#### 5.2 Saran

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa penelitian performa sistem *Air Conditioner* dengan penambahan APK *Shell Hekical Coil* sebagai pemanas air masih belum cukup sempurna, oleh karena itu pada penelitian berikutnya penulis menyarankan agar penelitian ini bisa dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anis. R (2018) "Water Heating". *Departement Of Agricultural and Environmental Engineering*. MATRIC No 210647.
- Arismunandar. W., and Satio. H. (1981). "Penyegaran Udara". *Pradnya paramita*.
- Aziz. A., Handrianto. J., and Mainil. AK (2015). "Potensi Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Untuk Pemanas Air Hemat Energi". *Jurnal Mekanikal* VOL.6. No.2. ISSN 2086-3403.
- Gatner. JR., and Harrison HL. (1965). "Dynamic Charasteristic Of Water to Air Crossflow Heat Exchanger". *ASHRAE* Transaction.
- Huang. BJ., and Lee CP (2003). "Long-Term Performance Of Solar Assisted Heat Pump Water Heater". *Renewable Energy*. No.633-639.
- Satesha. MT., Patel. S., Vavhal. P., and Rahate. H. (2018). "Design and Develompment Of Tube in Helical Coil Heat Exchanger". *Int. Res. J.*
- I Made Rasta. 2009. Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Jenis Water Chiller Untuk Pemanas Air Hemat Energi. *Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali*. Vol. 3 No. 2, Oktober 2009.
- Fei Liu, Hu Huang, Yingjiang Ma dan Rong Zhuang, 2008, Research on the Air Conditioning Water Heater System, *Proceeding International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Purdue, July.
- Sitompul. MT. (1997). "Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger)". *Raja GrafindoPersada*.
- E. F. Gorzelnik, "Heat water with your air-conditioner", *Electrical World* 188 (11) (1977).

# **LAMPIRAN**

Tabel Data Pengujian AC APK Pendek Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	49	19.9	81.62	31.7	220	2.7
20	50	18.2	99.94	36.4	220	3.0
30	61	16.3	104.25	36.5	220	3.0
40	63	16.3	105.44	38.3	220	3.0
50	74	17.3	106.37	37.1	220	3.0
60	79	17.8	107.25	39.8	220	3.1

Tabel Data Pengujian AC APK Pendek Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator ( $T_1$ )	Temperatur Kompresor ( $T_2$ )	Temperatur Kondensor ( $T_3$ )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	44	20.9	68.37	32.5	220	2.4
20	57	19.9	95.75	32	220	2.5
30	64	18.5	103.62	34	220	2.5
40	69	18.2	106.19	33.9	220	2.5
50	72	18.7	106.81	33.6	220	2.5
60	75	17.9	106.62	35.3	220	2.5

Tabel Data Pengujian AC APK Pendek Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	54	19.9	99.19	32.3	220	2.3
20	62	19.4	103.12	32.3	220	2.4
30	66	18.7	106.06	32.7	220	2.4
40	68	18	106.37	32.4	220	2.4
50	70	18.3	106.25	31.4	220	2.4
60	71	17.9	106.06	31.8	220	2.3

Tabel Data Pengujian AC APK Panjang Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	52	17.9	75.44	29.4	220	2.7
20	63	15.7	92	29.4	220	3.0
30	70	17.5	97	28.3	220	3.0
40	76	14.2	99.12	29.5	220	3.0
50	79	13.9	96.62	30.9	220	3.0
60	83	14.2	101	33.8	220	3.1

Tabel Data Pengujian AC APK Panjang Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	50	19.3	80.37	29.3	220	2.4
20	58	18.2	93.75	30	220	2.4
30	63	17.9	98.81	29.9	220	2.5
40	68	16.8	100.69	32.9	220	2.5
50	72	17.8	101.31	31.5	220	2.5
60	75	17.3	101.62	30.5	220	2.5

Tabel Data Pengujian AC APK Panjang Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	40	19.7	84.75	28.5	220	2.3
20	47	18.7	97.37	29.0	220	2.4
30	50	19.3	101.56	29.5	220	2.4
40	53	18.2	102	28.8	220	2.4
50	57	16.9	102	29.2	220	2.4
60	60	17.9	102.81	30.2	220	2.3

Tabel Data Pengujian AC Tanpa APK Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	98	18.3	66.06	45.5	220	3.3
20	98	15.7	78.31	44.8	220	3.5
30	98	16.1	76.94	45.1	220	3.5
40	98	16.6	77.10	45.9	220	3.6
50	99	16.9	78.12	46.9	220	3.6
60	100	15.9	78.25	46.5	220	3.5

Tabel Data Pengujian AC Tanpa APK Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensator (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	100	17.6	75.50	47.6	220	3.5
20	101	18.2	80.31	46.8	220	3.6
30	101	17.3	80.44	47.1	220	3.5
40	102	17.5	80.37	47.8	220	3.4
50	102	17.1	80.81	46.9	220	3.5
60	102	16.8	80.94	46.4	220	3.4

Tabel Data Pengujian AC Tanpa APK Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T <sub>1</sub> )	Temperatur Kompresor (T <sub>2</sub> )	Temperatur Kondensor (T <sub>3</sub> )	Tegangan (V)	Arus (I)
10	101	18.9	71.81	47.6	220	3.4
20	101	18.1	79.25	46.1	220	3.4
30	101	18.5	79.18	46.7	220	3.3
40	101	17.5	78.94	47.9	220	3.4
50	101	17.8	78.69	47.2	220	3.2
60	101	17.9	78.56	47.3	220	3.3

**Table 1** (continued)  
**DuPont™ Freon® 22 Saturation Properties — Temperature Table**

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m <sup>3</sup> /kg]		Density [kg/m <sup>3</sup> ]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v <sub>l</sub>	Vapour v <sub>g</sub>	Liquid d <sub>l</sub>	Vapour d <sub>g</sub>	Liquid H <sub>l</sub>	Latent H <sub>lg</sub>	Vapour H <sub>g</sub>	Liquid S <sub>l</sub>	Vapour S <sub>g</sub>	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	196.4	407.9	1.034	1.739	8
9	660.7	0.0008	0.0358	1250.0	27.970	210.7	197.5	408.2	1.038	1.738	9
10	680.9	0.0008	0.0347	1247.0	28.820	211.9	196.7	408.6	1.042	1.737	10
11	701.7	0.0008	0.0337	1243.0	29.690	213.1	195.8	408.9	1.046	1.735	11
12	722.9	0.0008	0.0327	1239.0	30.570	214.3	194.9	409.2	1.051	1.734	12
13	744.5	0.0008	0.0318	1236.0	31.480	215.5	194.0	409.5	1.055	1.733	13
14	766.7	0.0008	0.0309	1232.0	32.410	216.7	193.2	409.9	1.059	1.732	14
15	789.3	0.0008	0.0300	1229.0	33.360	217.9	192.3	410.2	1.063	1.730	15
16	812.4	0.0008	0.0291	1225.0	34.340	219.1	191.4	410.5	1.067	1.729	16
17	836.1	0.0008	0.0283	1221.0	35.340	220.4	190.4	410.8	1.071	1.728	17
18	860.2	0.0008	0.0275	1217.0	36.360	221.6	189.5	411.1	1.076	1.726	18
19	884.8	0.0008	0.0267	1214.0	37.410	222.8	188.6	411.4	1.080	1.725	19
20	910.0	0.0008	0.0260	1210.0	38.480	224.1	187.6	411.7	1.084	1.724	20
21	935.7	0.0008	0.0253	1206.0	39.570	225.3	186.6	411.9	1.088	1.722	21
22	961.9	0.0008	0.0246	1202.0	40.700	226.5	185.7	412.2	1.092	1.721	22
23	988.7	0.0008	0.0239	1198.0	41.850	227.8	184.7	412.5	1.096	1.720	23
24	1016.0	0.0008	0.0232	1195.0	43.030	229.0	183.8	412.8	1.100	1.719	24
25	1044.0	0.0008	0.0226	1191.0	44.230	230.3	182.7	413.0	1.105	1.717	25
26	1072.0	0.0008	0.0220	1187.0	45.470	231.5	181.8	413.3	1.109	1.716	26
27	1101.0	0.0009	0.0214	1183.0	46.730	232.8	180.7	413.5	1.113	1.715	27
28	1131.0	0.0009	0.0208	1179.0	48.020	234.1	179.7	413.8	1.117	1.714	28
29	1161.0	0.0009	0.0203	1175.0	49.350	235.3	178.7	414.0	1.121	1.712	29
30	1192.0	0.0009	0.0197	1171.0	50.700	236.6	177.7	414.3	1.125	1.711	30
31	1223.0	0.0009	0.0192	1167.0	52.090	237.9	176.6	414.5	1.129	1.710	31
32	1255.0	0.0009	0.0187	1163.0	53.520	239.2	175.5	414.7	1.133	1.709	32
33	1288.0	0.0009	0.0182	1158.0	54.970	240.5	174.4	414.9	1.138	1.707	33
34	1321.0	0.0009	0.0177	1154.0	56.460	241.8	173.3	415.1	1.142	1.706	34
35	1355.0	0.0009	0.0172	1150.0	57.990	243.1	172.2	415.3	1.146	1.705	35
36	1389.0	0.0009	0.0168	1146.0	59.550	244.4	171.1	415.5	1.150	1.704	36
37	1424.0	0.0009	0.0164	1142.0	61.150	245.7	170.0	415.7	1.154	1.702	37
38	1460.0	0.0009	0.0159	1137.0	62.790	247.0	168.9	415.9	1.158	1.701	38
39	1497.0	0.0009	0.0155	1133.0	64.470	248.3	167.8	416.1	1.162	1.700	39
40	1534.0	0.0009	0.0151	1129.0	66.190	249.6	166.6	416.2	1.166	1.698	40
41	1571.0	0.0009	0.0147	1124.0	67.960	251.0	165.4	416.4	1.171	1.697	41
42	1610.0	0.0009	0.0143	1120.0	69.760	252.3	164.3	416.6	1.175	1.696	42
43	1649.0	0.0009	0.0140	1115.0	71.610	253.7	163.0	416.7	1.179	1.695	43
44	1689.0	0.0009	0.0136	1111.0	73.510	255.0	161.8	416.8	1.183	1.693	44
45	1729.0	0.0009	0.0133	1106.0	75.460	256.4	160.6	417.0	1.187	1.692	45
46	1770.0	0.0009	0.0129	1101.0	77.450	257.7	159.4	417.1	1.191	1.691	46
47	1812.0	0.0009	0.0126	1097.0	79.500	259.1	158.1	417.2	1.196	1.689	47
48	1855.0	0.0009	0.0123	1092.0	81.590	260.5	156.8	417.3	1.200	1.688	48
49	1899.0	0.0009	0.0119	1087.0	83.740	261.9	155.5	417.4	1.204	1.687	49
50	1943.0	0.0009	0.0116	1082.0	85.950	263.2	154.2	417.4	1.208	1.685	50
51	1988.0	0.0009	0.0113	1077.0	88.220	264.6	152.9	417.5	1.212	1.684	51
52	2033.0	0.0009	0.0110	1072.0	90.540	266.0	151.6	417.6	1.216	1.682	52
53	2080.0	0.0009	0.0108	1067.0	92.930	267.5	150.1	417.6	1.221	1.681	53
54	2127.0	0.0009	0.0105	1062.0	95.380	268.9	148.7	417.6	1.225	1.680	54
55	2175.0	0.0010	0.0102	1057.0	97.900	270.3	147.4	417.7	1.229	1.678	55
56	2224.0	0.0010	0.0100	1052.0	100.500	271.8	145.9	417.7	1.233	1.677	56
57	2274.0	0.0010	0.0097	1047.0	103.100	273.2	144.5	417.7	1.238	1.675	57
58	2324.0	0.0010	0.0094	1041.0	105.900	274.7	142.9	417.6	1.242	1.674	58
59	2375.0	0.0010	0.0092	1036.0	108.700	276.1	141.5	417.6	1.246	1.672	59
60	2427.0	0.0010	0.0090	1030.0	111.600	277.6	139.9	417.5	1.250	1.670	60
61	2480.0	0.0010	0.0087	1025.0	114.600	279.1	138.4	417.5	1.255	1.669	61

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

V = Volume in m<sup>3</sup>/kg    H = Enthalpy in kJ/kg    S = Entropy in kJ/kg·K    Saturation Properties in ( )

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	600			625			650			675			
	(5.86°C)			(7.18°C)			(8.46°C)			(9.71°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0393)	(407.2)	(1.742)	(0.0380)	(407.6)	(1.741)	(0.0363)	(408.0)	(1.739)	(0.0350)	(408.5)	(1.737)	
10	0.0402	410.3	1.754	0.0384	409.8	1.748	0.0366	409.2	1.743	0.0351	408.7	1.738	10
15	0.0413	414.1	1.767	0.0394	413.6	1.762	0.0377	413.1	1.757	0.0361	412.6	1.752	15
20	0.0423	417.8	1.780	0.0404	417.4	1.775	0.0387	416.9	1.770	0.0370	416.4	1.765	20
25	0.0433	421.5	1.792	0.0414	421.1	1.787	0.0396	420.7	1.782	0.0380	420.2	1.778	25
30	0.0443	425.2	1.805	0.0424	424.8	1.800	0.0406	424.4	1.795	0.0389	424.0	1.790	30
35	0.0453	428.9	1.817	0.0433	428.6	1.812	0.0415	428.2	1.807	0.0398	427.8	1.803	35
40	0.0463	432.6	1.829	0.0443	432.3	1.824	0.0424	431.9	1.819	0.0407	431.5	1.815	40
45	0.0473	436.3	1.840	0.0452	436.0	1.836	0.0433	435.6	1.831	0.0416	435.3	1.827	45
50	0.0482	440.0	1.852	0.0461	439.7	1.847	0.0442	439.4	1.843	0.0424	439.0	1.838	50
55	0.0492	443.7	1.863	0.0471	443.4	1.859	0.0451	443.1	1.854	0.0433	442.8	1.850	55
60	0.0501	447.5	1.874	0.0480	447.2	1.870	0.0460	446.8	1.865	0.0441	446.5	1.861	60
65	0.0510	451.2	1.886	0.0489	450.9	1.881	0.0468	450.6	1.877	0.0450	450.3	1.872	65
70	0.0520	454.9	1.897	0.0497	454.6	1.892	0.0477	454.4	1.888	0.0458	454.1	1.883	70
75	0.0529	458.7	1.907	0.0506	458.4	1.903	0.0486	458.1	1.899	0.0466	457.9	1.894	75
80	0.0538	462.4	1.918	0.0515	462.2	1.914	0.0494	461.9	1.909	0.0475	461.7	1.905	80
85	0.0547	466.2	1.929	0.0524	465.9	1.924	0.0503	465.7	1.920	0.0483	465.5	1.916	85
90	0.0556	470.0	1.939	0.0532	469.7	1.935	0.0511	469.5	1.931	0.0491	469.3	1.926	90
95	0.0565	473.8	1.950	0.0541	473.6	1.945	0.0519	473.3	1.941	0.0499	473.1	1.937	95
100	0.0574	477.6	1.960	0.0550	477.4	1.956	0.0527	477.2	1.951	0.0507	477.0	1.947	100
105	0.0582	481.5	1.970	0.0558	481.2	1.966	0.0536	481.0	1.962	0.0515	480.8	1.958	105
110	0.0591	485.3	1.980	0.0567	485.1	1.976	0.0544	484.9	1.972	0.0523	484.7	1.968	110
115	0.0600	489.2	1.990	0.0575	489.0	1.986	0.0552	488.8	1.982	0.0531	488.6	1.978	115
120	0.0609	493.1	2.000	0.0583	492.9	1.996	0.0560	492.7	1.992	0.0539	492.5	1.988	120
125	0.0617	497.0	2.010	0.0592	496.8	2.006	0.0568	496.6	2.002	0.0546	496.4	1.998	125
130	0.0626	500.9	2.020	0.0600	500.7	2.016	0.0576	500.6	2.012	0.0554	500.4	2.008	130
135	0.0635	504.9	2.030	0.0609	504.7	2.026	0.0584	504.5	2.021	0.0562	504.4	2.018	135
140	0.0643	508.9	2.039	0.0617	508.7	2.035	0.0592	508.5	2.031	0.0570	508.3	2.027	140
145	0.0652	512.8	2.049	0.0625	512.7	2.045	0.0600	512.5	2.041	0.0577	512.3	2.027	145
150	0.0661	516.9	2.059	0.0633	516.7	2.054	0.0608	516.5	2.050	0.0585	516.4	2.046	150
155	0.0669	520.9	2.068	0.0642	520.7	2.064	0.0616	520.6	2.060	0.0593	520.4	2.056	155
160	0.0678	524.9	2.077	0.0650	524.8	2.073	0.0624	524.6	2.069	0.0600	524.5	2.065	160

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	700			725			750			775			
	(10.92°C)			(12.10°C)			(13.25°C)			(14.37°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0338)	(408.9)	(1.736)	(0.0326)	(409.2)	(1.734)	(0.0315)	(409.6)	(1.732)	(0.0305)	(410.0)	(1.731)	
15	0.0346	412.1	1.747	0.0332	411.5	1.742	0.0319	411	1.737	0.0306	410.5	1.733	15
20	0.0355	415.9	1.760	0.0341	415.5	1.755	0.0328	415	1.751	0.0315	414.5	1.747	20
25	0.0364	419.8	1.773	0.0350	419.3	1.769	0.0337	418.9	1.764	0.0324	418.4	1.760	25
30	0.0373	423.6	1.786	0.0359	423.2	1.781	0.0345	422.7	1.777	0.0332	422.3	1.773	30
35	0.0382	427.4	1.798	0.0367	427.0	1.794	0.0354	426.6	1.790	0.0341	426.2	1.785	35
40	0.0391	431.2	1.810	0.0376	430.8	1.806	0.0362	430.4	1.802	0.0349	430.0	1.798	40
45	0.0399	434.9	1.822	0.0384	434.6	1.818	0.0370	434.2	1.814	0.0357	433.9	1.810	45
50	0.0408	438.7	1.834	0.0392	438.4	1.830	0.0378	438.0	1.826	0.0365	437.7	1.822	50
55	0.0416	442.5	1.846	0.0401	442.1	1.842	0.0386	441.8	1.838	0.0372	441.5	1.834	55
60	0.0424	446.2	1.857	0.0409	445.9	1.853	0.0394	445.6	1.849	0.0380	445.3	1.845	60
65	0.0433	450.0	1.868	0.0417	449.7	1.864	0.0402	449.4	1.860	0.0387	449.1	1.857	65
70	0.0441	453.8	1.879	0.0424	453.5	1.875	0.0409	453.2	1.872	0.0395	453.0	1.868	70
75	0.0449	457.6	1.890	0.0432	457.3	1.886	0.0417	457.1	1.883	0.0402	456.8	1.879	75
80	0.0457	461.4	1.901	0.0440	461.1	1.897	0.0424	460.9	1.893	0.0410	460.6	1.890	80
85	0.0465	465.2	1.912	0.0448	465.0	1.908	0.0432	464.7	1.904	0.0417	464.5	1.901	85
90	0.0472	469.0	1.923	0.0455	468.8	1.919	0.0439	468.6	1.915	0.0424	468.3	1.911	90
95	0.0480	472.9	1.933	0.0463	472.6	1.929	0.0446	472.4	1.925	0.0431	472.2	1.922	95
100	0.0488	476.7	1.943	0.0470	476.5	1.940	0.0454	476.3	1.936	0.0438	476.1	1.932	100
105	0.0496	480.6	1.954	0.0478	480.4	1.950	0.0461	480.2	1.946	0.0445	480.0	1.943	105
110	0.0503	484.5	1.964	0.0485	484.3	1.960	0.0468	484.1	1.957	0.0452	483.9	1.953	110
115	0.0511	488.4	1.974	0.0493	488.2	1.970	0.0475	488.0	1.967	0.0459	487.8	1.963	115
120	0.0519	492.3	1.984	0.0500	492.1	1.980	0.0483	491.9	1.977	0.0466	491.7	1.973	120
125	0.0526	496.2	1.994	0.0507	496.1	1.990	0.0490	495.9	1.987	0.0473	495.7	1.983	125
130	0.0534	500.2	2.004	0.0515	500.0	2.000	0.0497	499.8	1.997	0.0480	499.7	1.993	130
135	0.0541	504.2	2.014	0.0522	504.0	2.010	0.0504	503.8	2.006	0.0487	503.6	2.003	135
140	0.0549	508.2	2.023	0.0529	508.0	2.020	0.0511	507.8	2.016	0.0494	507.6	2.013	140
145	0.0556	512.2	2.033	0.0536	512.0	2.029	0.0518	511.8	2.026	0.0501	511.7	2.022	145
150	0.0564	516.2	2.043	0.0544	516.0	2.039	0.0525	515.9	2.035	0.0507	515.7	2.032	150
155	0.0571	520.3	2.052	0.0551	520.1	2.049	0.0532	519.9	2.045	0.0514	519.8	2.042	155
160	0.0578	524.3	2.062	0.0558	524.2	2.058	0.0539	524.0	2.054	0.0521	523.9	2.051	160
165	0.0586	528.4	2.071	0.0565	528.2	2.067	0.0546	528.1	2.064	0.0528	527.9	2.060	165



**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**ANALISA PERFORMANCE AIR CONDITIONER (AC) DENGAN  
PENAMBAHAN APK SHELL HELICAL COIL**

Nama : Arifin Handrianto  
NPM : 1507230156

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	1/6-2019	Perbaiki Bab I	f
2	5/7-2019	Perbaiki bab II perbaiki bab III	f
3	29/8-2019	Lanjutkan pembuatan alat / set-up alat uji Lanjutkan ke pembimbing 2	f
4	Senin 16/12 2019	perbaiki prosedur : Lanjutkan ke bab-4	3Af.
5	Jumat 3/1 2020	perbaiki lagi prosedur Af.	
6	Senin 6/1 2020	kembali ke pembimbing 1	Af.
7	Sabtu 11/1 2020	perbaiki komputer	f
8	Senin 15/1 2020	All Seminar	





**UMSU**  
Unggul: Cerdas, Terpercaya

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

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

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

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

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

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

Nama : ARIFIN HANDRIANTO  
Npm : 1507230156  
Program Studi : TEKNIK Mesin  
Semester : V111 ( Delapan )  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERFORMA KONDENSOR MESIN PENGKONDISIAN UDARA (AC) DENGAN PENAMBAHAN ALAT PENUKAR PANAS TIPE HELICAL COIL SEBAGAI PEMANAS AIR PADA KAPASITAS AC 1 PK

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

1. Bila Judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti Oleh Dosen pembimbing setelah mendapat persetujuan dari program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

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

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

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST., MT  
NIDN: 0101017202

Cc. File

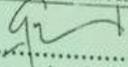
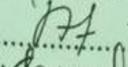
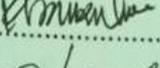
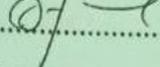


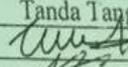
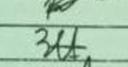
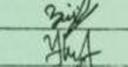
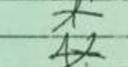
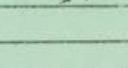
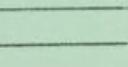
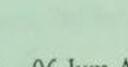
Scanned with  
CamScanner

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

Peserta Seminar  
 Nama : Arifin Handrianto  
 NPM : 1507230156  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Performance Air Conditionari ( AC) Dengan Penambahan Apk Shell Helical Coil.

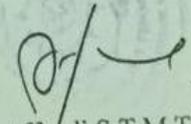
DAFTAR HADIR

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230224	Fadli Wmri Pratama	
2	1507230164	Ulil Amri	
3	1507230193	Andri Kurmawan	
4	1507230159	Febry Andean	
5	1507230218	Yoyi pranata	
6	1507230197	Setiawan Hadi	
7	1507230156	Arifin Handrianto	
8			
9			
10			

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

Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Arifin Handrianto  
NPM : 1507230156  
Judul T.Akhir : Analisa Performance Air Conditionari ( AC) Dengan Penam-  
Bahan Apk Shell Helical Coil.

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

KEPUTUSAN

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

Latar belakang, Tujuan, Prestasi  
Metode, Analisis Data, Kesimpulan.

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H  
01 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

Khairul Umurani.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Arifin Handrianto  
NPM : 1507230156  
Judul T.Akhir : Analisa Performance Air Conditionari ( AC) Dengan Penam-  
Bahan Apk Shell Helical Coil.

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

KEPUTUSAN

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

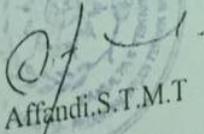
.....  
.....  
.....  
*Lihat Buku Skripsi*  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

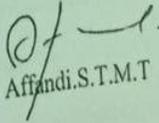
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 06 Jum.Akhir 1441 H  
01 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

  
Affandi.S.T.M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| 1. Nama                  | : ARIFIN HANDRIANTO  |
| 2. Jenis Kelamin         | : Laki – Laki  |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : JAKARTA, 20 – 11 – 1996  |
| 4. Kewarganegaraan       | : Indonesia  |
| 5. Status                | : Belum Kawin  |
| 6. Agama                 | : Islam  |
| 7. Alamat                | : Perumahan Menteng Indah Blok F 6   |
| 8. No. Hp                | : 085360748472   |
| 9. Email                 | : <a href="mailto:arifinhandrianto@yahoo.com">arifinhandrianto@yahoo.com</a> |

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

- |                |   |
|----------------|---|
| 1. 2003 - 2009 | : SD Swasta Al-Ulum Medan                               |
| 2. 2009 – 2012 | : SMP Swasta Al-Ulum Medan                              |
| 3. 2012 – 2015 | : SMA Negeri 2 Medan                                    |
| 4. 2015 – 2020 | : Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara |

