

TUGAS AKHIR

ANALISIS UNJUK KERJA (COP) MESIN PENGKONDISIAN UDARA (AC) DENGAN PENAMBAHAN ALAT PENUKAR KALOR TIPE *HELICAL COIL* BERSIRIP SEBAGAI PEMANAS AIR

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

Disusun Oleh:

DANA SETIAWAN
1507230178



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

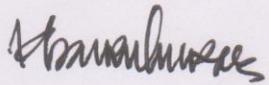
Nama : Dana Setiawan
NPM : 1507230178
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe *Helical Coil* Bersirip Sebagai Pemanas Air
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

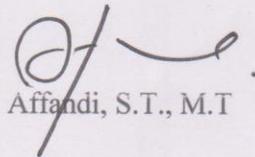
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



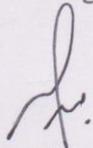
Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



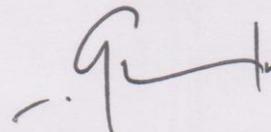
Affandi, S.T., M.T

Dosen Penguji III



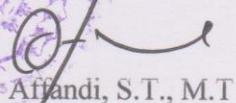
H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji IV



Chandra A 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 : Dana Setiawan
Tempat/Tanggal Lahir : Kisaran/26 Juni 1997
NPM : 1507230178
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe *Helical Coil* Bersirip Sebagai Pemanas Air”,

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 keserjanaan 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, 14 Februari 2020

Saya yang menyatakan,

Dana Setiawan



ABSTRAK

Mesin pengkondisian udara atau *air conditioner* (AC) merupakan salah satu jenis mesin pendingin yang banyak digunakan masyarakat pada saat ini, yang menyerap panas dari dalam ruangan dan memindahkan panas tersebut keluar ruangan sehingga ruangan menjadi dingin. Oleh karena itu agar panas tersebut tidak terbuang percuma, energi panas tersebut dapat dimanfaatkan kembali. Bentuk pemanfaatan energi panas yang terbuang adalah dengan menambah pipa yang berasal dari kompresor menuju kondensor, dimana media pendingin akan bekerja secara terus menerus selama AC tersebut dinyalakan. Penambahan pipa guna memanaskan air untuk keperluan mandi, maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem AC dengan dua kegunaan sekaligus, yaitu sebagai pendingin ruangan dan juga sebagai pemanas air. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang bertujuan untuk memperoleh nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan menggunakan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air. Pengumpulan data yang bertujuan untuk menghitung unjuk kerja (COP) dari mesin pengkondisian udara (AC) tersebut. Pengujian dilakukan selama 60 menit dengan interval mencatat data setiap 5 menit dengan 3 variasi suhu berbeda yaitu: 16°C, 18°C dan 20°C. Dari hasil pengujian diperoleh nilai unjuk kerja (COP) AC dengan pemanas air pada 3 variasi suhu berbeda yaitu: 1,843, 1,858 dan 2,081. Sedangkan pada AC tanpa pemanas air yaitu: 3,053, 2,964 dan 3,071. Dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air cenderung mengalami penurunan pada menit ke-5 sampai menit ke-25, sedangkan pada menit ke-30 sampai menit ke-60 pada AC dengan pemanas air mulai stabil. Terdapat perbedaan pada AC dengan pemanas air dari AC tanpa pemanas air yaitu, kenaikan kerja kompresi yang tinggi, penurunan efek refrigerasi, penurunan kalor yang dibuang oleh kondensor dan naiknya daya kompresor. Maka diperoleh rata-rata nilai unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air ini sebesar 1,927. Sedangkan nilai unjuk kerja (COP) dari AC tanpa pemanas air sebesar 3,029. Nilai unjuk kerja (COP) tertinggi didapat pada variasi suhu 20°C baik untuk AC dengan pemanas air maupun AC tanpa pemanas air.

Kata kunci : AC, Unjuk Kerja (COP), Pemanas Air

ABSTRACT

The air conditioning machine or air conditioner (AC) is one type of cooling machine that is widely used by the public at this time, which absorbs heat from the room and moves the heat out of the room so the room gets cold. Therefore, so that the heat is not wasted, the heat energy can be reused. The form of utilization of heat energy is wasted by adding a pipe coming from the compressor to the condenser, where the cooling media will work continuously as long as the AC is turned on. The addition of pipes to heat water for bathing purposes, therefore this study aims to create an AC system with two uses at once, namely as an air conditioner and also as a water heater. This research is an experimental research that aims to obtain the performance value (COP) of air conditioning (AC) machines by using the addition of finned helical coil heat exchanger as water heater. Data collection which aims to calculate the performance (COP) of the air conditioning machine (AC). The test is carried out for 60 minutes with data recording intervals every 5 minutes with 3 different temperature variations namely: 16°C, 18°C and 20°C. From the test results obtained performance values (COP) AC with water heaters at 3 different temperature variations namely: 1,843, 1,858 and 2,081. Whereas the AC without water heater is: 3,053, 2,964 and 3,071. It can be concluded that the performance (COP) on AC with a water heater tends to decrease in the 5th minute to the 25th minute, while in the 30th minute to the 60th minute the air conditioner with a water heater starts to stabilize. There is a difference in air conditioners with water heaters from air conditioners without water heaters namely, a high increase in compression work, a decrease in the effect of refrigeration, a decrease in heat discharged by the condenser and an increase in compressor power. Then obtained an average performance value (COP) on AC with this water heater of 1,927. While the performance value (COP) of AC without water heater is 3.029. The highest performance value (COP) is obtained at a temperature variation of 20°C both for air conditioners with water heaters and air conditioners without water heaters.

Keywords: AC, Performance (COP), Water Heater

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe *Helical Coil* Bersirip Sebagai Pemanas Air” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

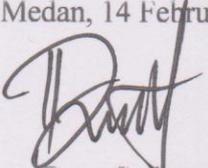
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Kordinator Bidang Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik 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: Bapak Purnomo dan Ibu Yulik Rahayu, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Setiawan Hadi, Yogi Pranata, Ulil Amri, Arifin Handrianto, Fadli Umri Pratama, Febry Andrian, Andri Kurniawan dan kawan-kawan Kelas A2 Siang serta kawan-kawan seperjuangan stambuk 2015 lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, 14 Februari 2020



Dana Setiawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Mesin Pengkondisian Udara (AC)	6
2.2.1 Siklus Refrigerasi	7
2.2.2 Komponen Utama Tata Udara	10
2.2.3 Prestasi Kompresi Uap	10
2.3 <i>Air Conditioner Water Heater (ACWH)</i>	11
2.4 Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	13
2.5 Perpindahan Panas	14
2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi	15
2.5.2 Konduktivitas Termal	15
2.5.3 Perpindahan Panas Konveksi	16
2.5.4 Perpindahan Panas Radiasi	16
2.6 <i>Helical Coil</i>	17
2.7 Sirip (<i>Fin</i>)	18
2.8 <i>Road Map</i> Penelitian	19
BAB 3 METODOLOGI	20
3.1 Tempat dan Waktu	20
3.1.1 Tempat	20
3.1.2 Waktu	20
3.2 Bahan dan Alat	20
3.2.1 Bahan	21
3.2.2 Alat	23
3.3 Bagan Alir Penelitian	30
3.3.1 Penjelasan Bagan Alir Penelitian	31
3.4 Desain Alat Penelitian	32
3.4.1 APK Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip 2D	32

3.4.2 APK Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip 3D	32
3.5 Perakitan Alat Penelitian	33
3.5.1 Proses Perakitan Alat Penelitian	33
3.5.2 Komponen Alat Pengujian	35
3.6 Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil	41
4.1.1 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 16°C	41
4.1.2 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 18°C	46
4.1.3 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 20°C	51
4.1.4 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 16°C	56
4.1.5 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 18°C	61
4.1.6 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 20°C	66
4.2 Pembahasan	71
4.2.1 Perbandingan Kerja Kompresi	72
4.2.2 Perbandingan Efek Refrigerasi	75
4.2.3 Perbandingan Kalor Yang Dibuang Kondensor	78
4.2.4 Perbandingan Unjuk Kerja (COP)	81
4.2.5 Perbandingan Daya Kompresor	84
4.2.6 Temperatur Air Yang Diperoleh AC Dengan Pemanas Air	87
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	88
5.1 Kesimpulan	88
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Temperatur Tekanan Penguapan dari Beberapa Refrigeran	8
Tabel 2.2 Temperatur Tekanan Pengembunan dari Beberapa Refrigeran	9
Tabel 2.3 Konduktivitas Termal	15
Tabel 2.4 <i>Road Map</i> Penelitian ACWH	19
Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian	20
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian AC Dengan Pemanas Air	41
Tabel 4.2 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	42
Tabel 4.3 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	43
Tabel 4.4 h ₂ Pada Tekanan 550 kPa dan 575 kPa	43
Tabel 4.5 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	44
Tabel 4.6 Enthalpy Pada Variasi Suhu 16°C	44
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian AC Dengan Pemanas Air	46
Tabel 4.8 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	47
Tabel 4.9 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	48
Tabel 4.10 h ₂ Pada Tekanan 550 kPa dan 575 kPa	48
Tabel 4.11 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	49
Tabel 4.12 Enthalpy Pada Variasi 18°C	49
Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian AC Dengan Pemanas Air	51
Tabel 4.14 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	52
Tabel 4.15 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	53
Tabel 4.16 h ₂ Pada Tekanan 525 kPa dan 550 kPa	53
Tabel 4.17 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	54
Tabel 4.18 Enthalpy Pada Variasi Suhu 20°C	54
Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air	56
Tabel 4.20 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	57
Tabel 4.21 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	58
Tabel 4.22 h ₂ Pada Tekanan 675 kPa dan 700 kPa	58
Tabel 4.23 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	59
Tabel 4.24 Enthalpy Pada Variasi Suhu 16°C	59
Tabel 4.25 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air	61
Tabel 4.26 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	62
Tabel 4.27 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	63
Tabel 4.28 h ₂ Pada Tekanan 700 kPa dan 725 kPa	63
Tabel 4.29 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	64
Tabel 4.30 Enthalpy Pada Variasi Suhu 18°C	64
Tabel 4.31 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air	66
Tabel 4.32 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	67
Tabel 4.33 DuPont TM Freon [®] R-22 Superheated	68
Tabel 4.34 h ₂ Pada Tekanan 675 kPa dan 700 kPa	68
Tabel 4.35 DuPont TM Freon [®] R-22 Saturation	69
Tabel 4.36 Enthalpy Pada Variasi Suhu 20°C	69
Tabel 4.37 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 16°C	71
Tabel 4.38 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 18°C	71
Tabel 4.39 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 20°C	71

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 16°C	72
Tabel 4.41 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 18°C	73
Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 20°C	74
Tabel 4.43 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 16°C	75
Tabel 4.44 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 18°C	76
Tabel 4.45 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 20°C	77
Tabel 4.46 Hasil Perhitungan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 16°C	78
Tabel 4.47 Hasil Perhitungan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 18°C	79
Tabel 4.48 Hasil Perhitungan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 20°C	80
Tabel 4.49 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 16°C	81
Tabel 4.50 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 18°C	82
Tabel 4.51 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 20°C	83
Tabel 4.52 Hasil Perhitungan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 16°C	84
Tabel 4.53 Hasil Perhitungan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 18°C	85
Tabel 4.54 Hasil Perhitungan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 20°C	86
Tabel 4.55 Temperatur Air Yang Diperoleh AC Dengan Pemanas Air	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Shell and Helical Coil</i>	5
Gambar 2.2 Siklus Kompresi Uap	6
Gambar 2.3 Siklus Refrigerasi	7
Gambar 2.4 <i>Air Conditioner Water Heater</i>	12
Gambar 2.5 Temperatur Penggunaan Air Dirumah Tangga	13
Gambar 2.6 Laju Perpindahan Panas Konduksi	15
Gambar 2.7 Perpindahan Panas Konveksi	16
Gambar 2.8 Perpindahan Panas Radiasi	16
Gambar 2.9 <i>Helical Coil</i>	17
Gambar 2.10 <i>Fin Extended Surfaces</i>	18
Gambar 3.1 Freon AC	21
Gambar 3.2 Pipa Tembaga	21
Gambar 3.3 Pelat Tembaga	22
Gambar 3.4 <i>Portable Gas</i>	22
Gambar 3.5 Kawat Las Tembaga	23
Gambar 3.6 Kawat Las Perak	23
Gambar 3.7 Evaporator AC	23
Gambar 3.8 Kondensor AC	24
Gambar 3.9 Tangki Air	24
Gambar 3.10 <i>Manifold Gauge</i>	25
Gambar 3.11 <i>Clampmeter</i>	25
Gambar 3.12 <i>Voltmeter</i>	26
Gambar 3.13 <i>Infrared Thermometer</i>	26
Gambar 3.14 Sensor Suhu	27
Gambar 3.15 Arduino	27
Gambar 3.16 Laptop	28
Gambar 3.17 <i>Pipe Cutter</i>	28
Gambar 3.18 <i>Flaring Tools</i>	28
Gambar 3.19 Kunci Ring Pass	29
Gambar 3.20 Kunci L	29
Gambar 3.21 Nepel	29
Gambar 3.22 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 3.23 APK Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip 2D	32
Gambar 3.24 APK Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip 3D	32
Gambar 3.25 Pembentukan Lilitan Pipa Tembaga (<i>Helical Coil</i>)	33
Gambar 3.26 Pemotongan Plat Tembaga	33
Gambar 3.27 Pembentukan Sirip Tembaga	34
Gambar 3.28 Pengelasan Sirip Tembaga Pada <i>Helical Coil</i>	34
Gambar 3.29 APK Tipe <i>Helical Coil</i> Bersirip	35
Gambar 3.30 Alat Pengujian AC Dengan Pemanas Air	35
Gambar 3.31 Komponen-komponen Alat Pengujian	36
Gambar 3.32 Mengisi Air Pada Tangki	37
Gambar 3.33 Rangkaian Sensor Suhu dengan Arduino Uno	37
Gambar 3.34 Bahasa Program Sensor Suhu	38
Gambar 3.35 Pengisian Freon AC	38

Gambar 3.36 Pengambilan Data Tekanan Refrigeran	39
Gambar 3.37 Record Data dengan PLX-DAQ	39
Gambar 3.38 Pengambilan Data Temperatur Evaporator	39
Gambar 3.39 Pengambilan Data Tegangan Listrik AC	40
Gambar 3.40 Pengambilan Data Arus Listrik AC	40
Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi 16°C	41
Gambar 4.2 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi 18°C	46
Gambar 4.3 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi 20°C	51
Gambar 4.4 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi 16°C	56
Gambar 4.5 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi 18°C	61
Gambar 4.6 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi 20°C	66
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Variasi 16°C	72
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Variasi 18°C	73
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Variasi 20°C	74
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Variasi 16°C	75
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Variasi 18°C	76
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Variasi 20°C	77
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Variasi 16°C	78
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Variasi 18°C	79
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Variasi 20°C	80
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Variasi 16°C	81
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Variasi 18°C	82
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Variasi 20°C	83
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Variasi 16°C	84
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Variasi 18°C	85
Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Variasi 20°C	86
Gambar 4.22 Grafik Temperatur Air Pada 3 Variasi Suhu Berbeda	87

DAFTAR NOTASI

Notasi	Satuan
P = Tekanan	kPa
COP = <i>Coeffisien of Performnce</i>	-
h = Enthalpy	kJ/kg
T = Temperatur	°C
V = Tegangan Listrik	Volt
I = Arus Listrik	Ampere
$\cos \theta$ = Faktor Daya	Watt
ER = Efek Refrigerasi	kJ/kg
W_c = Kerja Kompresi	kJ/kg
\dot{W}_c = Daya Kompresor	kW
\dot{m} = Laju Aliran Massa Refrigeran	kg/s
Q_{out} = Kalor Yang Dibuang Kondensor	kJ/s
Q_{in} = Kalor Yang Diserap Evaporator	kJ/s
h_1 = Enthalpy Pada Titik 1	kJ/kg
h_2 = Enthalpy Pada Titik 2	kJ/kg
h_3 = Enthalpy Pada Titik 3	kJ/kg
h_4 = Enthalpy Pada Titik 4	kJ/kg

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi yang semakin meningkat menyebabkan ketersediaan dari sumber energi yang ada semakin menurun, dan saat ini sumber energi yang paling banyak digunakan adalah energi listrik. Dalam kehidupan sehari-hari pun manusia mengandalkan listrik sebagai sumber energi di rumahnya maupun di tempat kerjanya. Listrik memang sangat membantu manusia dalam segala aktifitasnya.

Seiring berkembangnya teknologi saat ini banyak sekali alat-alat yang dibuat untuk memberikan kemudahan bagi manusia dalam menjalankan aktifitasnya, agar menjadi lebih praktis salah satunya adalah pemanas air. Pemanas air (*water heater*) merupakan salah satu contoh produk yang saat ini banyak diminati untuk mencukupi kebutuhan rumah tangga. Kehadirannya semakin melengkapi dan memberi kenyamanan maksimal bagi kehidupan sehari-hari. Dengan memperhatikan banyaknya pengeluaran biaya yang dikeluarkan oleh setiap keluarga dengan membeli dan membayar biaya listrik serta gas untuk memanaskan air bagi keperluan mandi dengan air hangat oleh sebagian masyarakat. Sudah menjadi salah satu kebutuhan dalam kehidupan manusia, tentunya banyak manfaat mandi dengan menggunakan air hangat, khususnya untuk kesehatan. Memanaskan air untuk keperluan mandi dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya dengan cara menggunakan kompor, *water heater electric*, *gas water heater*, *solar water heater* dan lain-lain.

Mesin pengkondisian udara atau yang biasa kita sebut AC merupakan mesin yang dipergunakan untuk menyerap panas dari ruangan yang didinginkan kemudian melepaskan panas tersebut ke luar ruangan. Kalor tersebut dilepas melalui kondensor, sehingga terdapat potensi kalor yang yang bisa dimanfaatkan untuk kebutuhan lainnya. Panas yang dihasilkan dari mesin pengkondisian udara (AC) pada ruang tertentu yang tidak dimanfaatkan lebih lanjut, merupakan pembuangan energi yang sia-sia. Untuk menghemat penggunaan energi, maka kalor yang akan dilepaskan oleh kondensor tersebut dapat digunakan untuk memanaskan air.

Masyarakat juga senantiasa menginginkan hal baru demi efisiensi dan hidup yang lebih praktis, yaitu salah satunya menggabungkan kedua fungsi dari alat tersebut. Mengingat bahwa alat pengkondisian udara untuk daerah perkotaan sudah merupakan sebuah alat yang biasa, maka jumlah pemakai dari alat tersebut semakin banyak meningkat. Dengan demikian penulis merencanakan untuk memodifikasi dan menambahkan alat penukar kalor (APK) tipe *helical coil* bersirip pada mesin pengkondisian udara (AC) yang ada untuk dijadikan suatu alat yang mempunyai dua fungsi, yaitu untuk mendinginkan ruangan dan untuk memanaskan air yang digunakan untuk keperluan mandi air hangat serta menganalisis unjuk kerja (COP) terhadap mesin pengkondisian udara (AC) dengan penambahan alat penukar kalor (APK) tipe *helical coil* bersirip tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimanakah menghitung, memeriksa perbedaan dan membandingkan unjuk kerja (COP) yang dihasilkan mesin pengkondisian udara (AC) dengan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air?

1.3 Ruang Lingkup

1. Mesin pengkondisian udara (AC) yang digunakan memiliki daya 1 PK.
2. Pipa tembaga $\frac{1}{4}$ inchi digunakan sebagai alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip dan tangki air berkapasitas 60 liter.
3. Media pemanasan yaitu panas buang keluaran kompresor AC dan arduino uno dengan unit sensor suhu digunakan sebagai alat pengukuran temperatur. Pengujian dilakukan pada 3 variasi suhu, yaitu: 16°C, 18°C dan 20°C.

1.4 Tujuan

1. Untuk menghitung unjuk kerja (COP) yang dihasilkan mesin pengkondisian udara (AC) dengan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air.
2. Untuk memeriksa perbedaan pada mesin pengkondisian udara (AC) dengan pemanas air dan tanpa pemanas air.
3. Untuk membandingkan unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan pemanas air dan tanpa pemanas air.

1.5 Manfaat

1. Memberikan solusi kebutuhan air hangat tanpa energi tambahan yakni listrik dan gas. Sebagai wujud pengembangan ilmu pengetahuan tentang penggunaan sumber energi pemanas air (*water heater*).
2. Memberdayakan peran mahasiswa dalam memberikan solusi dan melakukan inovasi terapan teknologi yang dapat menciptakan efisiensi energi dari sistem mesin pengkondisian udara (AC).
3. Hasil analisis unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air ini dapat menjadi acuan dalam proses pengembangan alat berikutnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Konrad Frederikus, dkk (2015) melakukan penelitian tentang pemanfaatan energi panas pada mesin pengkondisian udara 2 PK sebagai media pemanas air mandi yang bertujuan untuk memanfaatkan energi panas yang terbuang dari kondensor sebagai pemanas air hemat energi. Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa total kalor spesifik yang terbuang dikondensor yang berpotensi sebagai pemanas air adalah sebesar 152,137 kJ/kg dengan total daya atau kalor yang terbuang sebesar 1,447 kW. Temperatur buang kompresor maksimum yang dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air adalah sebesar 63,0°C. Karena kalor yang dibuang kondensor cukup besar maka pemanfaatan energi panas buang kondensor AC tersebut cukup efektif untuk memanaskan air untuk kebutuhan perhotelan.

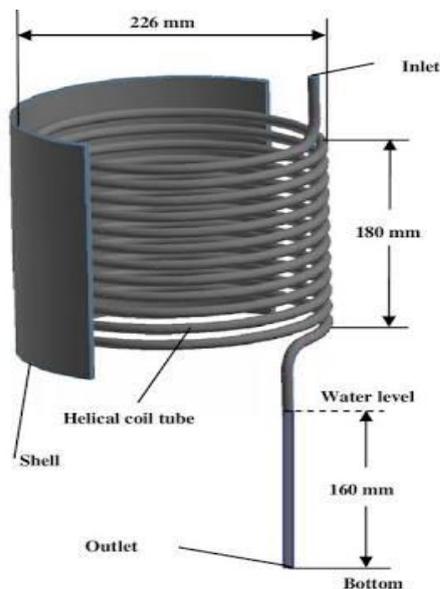
Muhsin Z, dkk (2016) melakukan penelitian tentang unjuk kerja (COP) mesin pendingin hibrid dengan menggunakan refrigeran R-22. Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata COP mesin pendingin hibrid 6,241 selama 150 menit pengujian. Sementara untuk mesin pendingin mode standar sendiri diperoleh rata-rata COP sebesar 5,096 selama 150 menit pengujian.

Hendradinata, dkk (2018) melakukan penelitian tentang rancang bangun *water heater* dengan memanfaatkan panas *air condotioning*, APK yang digunakan adalah tipe helix dengan jumlah 3 lilitan dimasukkan dalam tabung dengan dimensi diameter 34 cm, dan tinggi 37 cm volume air yang bisa ditampung 30 liter dengan suhu air mencapai 60°C. Kesimpulannya adalah AC dapat dirancang dan diaplikasikan sebagai water heater dengan memanfaatkan panas pada sistem tersebut dan suhu air yang dicapai adalah 40°C.

Rosadi Imron, dkk (2014) melakukan penelitian tentang analisa waktu simpan air pada tabung water heater terhadap kinerja AC split 1 PK. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa COP pada AC split 1 PK pada menit 6 ke-1 masih tinggi dengan nilai 22,1134 sampai pada menit 6 ke-5 dengan nilai 8,64255 COP terjadi penurunan dan COP mengalami stabil pada menit 6 ke-6 sampai menit 6 ke-15. Dan pada kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada menit 6 ke-1

masih rendah dengan nilai 452,8333 joule/s sedangkan nilai tertinggi kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air pada menit 6 ke-1 masih rendah karena air dalam tabung water heater masih dingin sedangkan pada menit 6 ke-2 sampai menit 6 ke-15 semakin meningkat karena air dalam water heater sudah mulai panas.

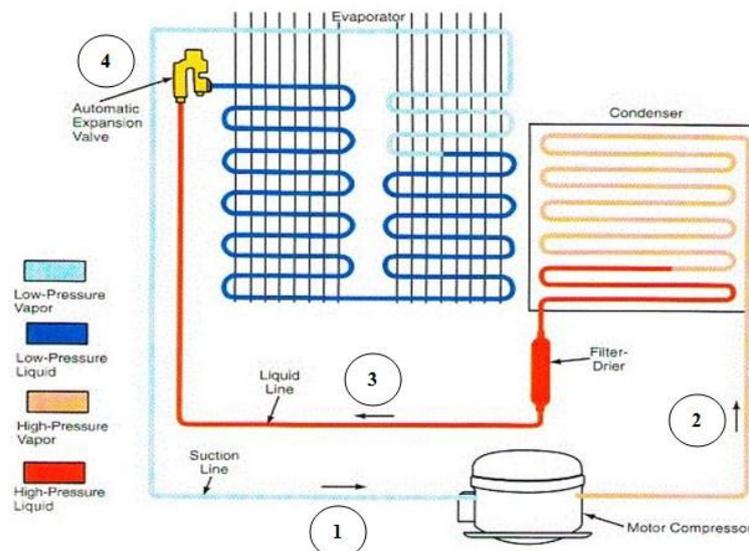
Sameh A Nada, dkk (2015) melakukan penelitian tentang APK *shell and helical coil*. Perpindahan panas konveksi pada shell dan helical heat exchanger secara eksperimental diselidiki untuk diperelajari pengaruh diameter cangkang pada koefisien perpindahan panas rata-rata dan nomor nusselt. Konveksi pada permukaan luar tabung melingkar heliks diselidiki dengan fluks panas dinding yang konstan. Refrigerant R-12 melewati tabung didalam dan air melewati coil. Efek dari berbagai parameter di shell dan helical heat exchanger seperti efek diameter shell yang diuji. 4 shell dengan berbeda diameter diuji dalam penelitian ini. Pengaturan eksperimental dirancang untuk memungkinkan memvariasikan dan mengendalikan laju aliran air dan daya input shell. Parameter yang diukur seperti, suhu aliran, volt dan ampere. Pengukuran ini memungkinkan mempelajari efek parameter aliran tanpa dimensi seperti bilangan reynold, bilangan Grashoff dan diameter shell ke diameter helical pada karakteristik perpindahan panas. Seperti gambar 2.1



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

2.2 Mesin Pengkondisian Udara (AC)

Mesin pengkondisian udara (*Air Conditioner*) adalah penerapan sistem refrigerasi untuk menjaga temperatur permukaan atau ruangan pada sebuah bangunan agar tetap dingin selama pada musim panas. Sistem pengkondisian udara (refrigerasi) membuang panas dari sebuah sistem atau ruangan ke lingkungan luar (Hendradinata, 2018). Berikut cara kerja siklus kompresi uap pada *air conditioner*.

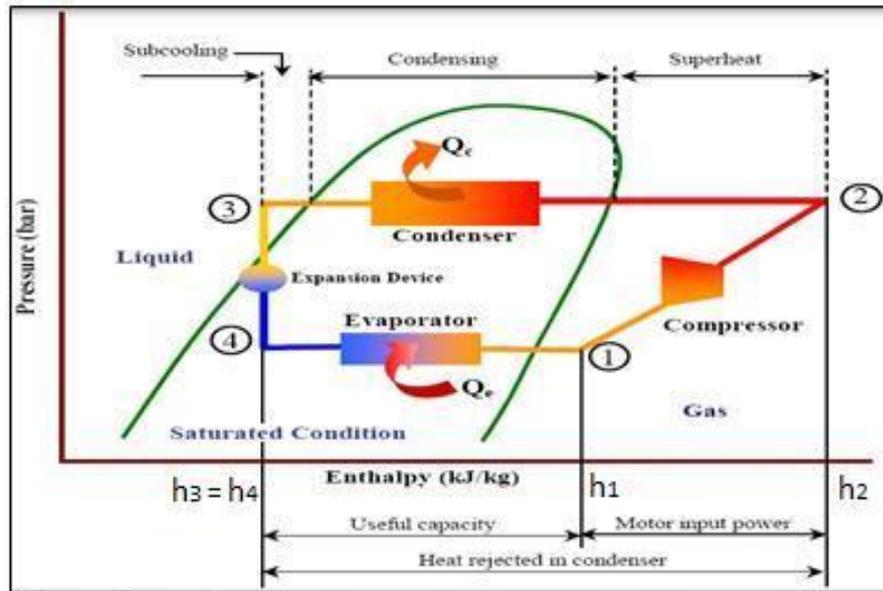


Gambar 2.2 Siklus Kompresi Uap (Iswanto, 2012)

- Proses 1-2 adalah proses kompresi yang dilakukan oleh kompresor, yaitu meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran gas yang dihisap dari suction dan kemudian mengkompresi hingga tekanan dan suhu tertentu.
- Proses 2-3 adalah proses kondensasi (panas laten) yang berlangsung di kondensor, yaitu panas lanjut dari kompresor didinginkan hingga mencapai suhu kondensasi dan kemudian mengembun. Pada saat ini kondisi refrigeran adalah liquid pada suhu dan tekanan kondensasi (konstan).
- Proses 3-4 adalah proses ekspansi dimana tekanan refrigeran cair langsung turun karena mengalami proses ekspansi adiabatik (proses yang terjadi tanpa kehilangan atau penambahan panas) yaitu entalpi tidak berubah dan mengalami penyempitan sehingga suhu dan tekanan refrigeran turun.
- Proses 4-1 adalah proses evaporasi, yaitu penguapan refrigeran cair di evaporator dengan disertai penyerapan kalor (Q_{in}). Pada kondisi ini suhu dan tekanan adalah konstan (Hendradinata, 2018).

2.2.1 Siklus Refrigerasi

Sebagai contoh, siklus refrigerasi dari penyegaran udara akan diterangkan sebagai berikut. Seperti gambar 2.4



Gambar 2.3 Siklus Refrigerasi (Saputro, 2015)

1. Penguapan

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

Tabel 2.1 menunjukkan hubungan antara temperatur penguapan dan tekanan penguapan. Uap refrigeran (uap jenuh kering) yang terjadi karena penguapan sempurna didalam pipa, dikumpulkan didalam sebuah penampung uap (header). Selanjutnya uap tersebut diisap oleh kompresor. (Wiranto, 1981)

Tabel 2.1 Temp. Tekanan Penguapan dari beberapa Refrigeran (Wiranto, 1981)

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

2. Kompresi

Kompresor mengisap refrigeran dari ruang penampung uap. Didalam penampung uap, tekanannya diusahakan supaya tetap rendah, supaya refrigeran senantiasa berada dalam keadaan uap dan bertemperatur rendah. Didalam kompresor, tekanan refrigeran dinaikkan sehingga memudahkan pencairan kembali. Energi yang diperlukan untuk kompresi diberikan oleh motor listrik yang menggerakkan kompresor. Jadi, dalam proses kompresi 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. (Wiranto, 1981)

3. Pengembunan (Kondensasi)

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

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

Tabel 2.2 menunjukkan hubungan antara temperatur pengembunan (kondensasi) dan tekanan pengembunan (kondensasi). (Wiranto, 1981)

Tabel 2.2 Temp.Tekanan Pengembunan dari beberapa Refrigeran (Wiranto, 1981)

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

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

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

4. Ekspansi

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

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

2.2.2 Komponen Utama Tata Udara

1. Kompresor

Kompresor adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menerima gas bertekanan rendah dari keluaran evaporator dan menaikkan tekanannya yang akan menuju ke kondensor (A. R. Trott and T. Welch, 2000).

2. Kondensor

Kondensor dalam siklus kompresi uap adalah menerima panas, gas yang bertekanan tinggi dari keluaran kompresor dan didinginkan untuk melepaskan superheat dan kemudian panas laten, sehingga refrigeran akan mengembun kemudian menjadi cair. Sebagai tambahan, cairannya biasanya sedikit subcooled. Hampir semua keadaan, media pendinginnya biasanya menggunakan udara atau air (A. R. Trott and T. Welch, 2000).

3. Katup Ekspansi

Katup ekspansi adalah untuk mengendalikan aliran refrigeran dari sisi kondensasi bertekanan tinggi ke sistem bertekanan rendah evaporator. Dalam kebanyakan keadaan, pengurangan tekanan tercapai melalui alur aliran variabel, baik modulasi atau dua posisi. Katup ekspansi dapat diklasifikasikan menurut metode kontrol (A. R. Trott and T. Welch, 2000).

4. Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menerima refrigeran bertekanan rendah, cairan bersuhu rendah dari katup ekspansi dan mendekati kontak termal dengan beban. Refrigeran mengambil panas latennya dari beban dan evaporator meninggalkan sebagai gas kering. Evaporator diklasifikasikan menurut pola aliran refrigeran dan fungsinya (A. R. Trott and T. Welch, 2000).

2.2.3 Prestasi Kompresi Uap

Kinerja dari suatu sistem refrigerasi dapat ditentukan dari besaran-besaran sebagai berikut:

1. Kerja Kompresi Uap dan Daya Kompresor

Untuk menghitung kerja kompresi dan daya kompresor dapat menggunakan persamaan sebagai berikut: (M. J. Moran and H. N. Shapiro, 2006)

$$\text{Kerja Kompresor } W_c = (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

$$\text{Daya Kompresor } W_c = V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi \quad (2.2)$$

2. Laju Aliran Massa Refrigeran

Untuk dapat menghitung laju aliran massa refrigeran maka dapat dihitung dengan membagi kapasitas pendinginan dengan efek refrigerasi.

(M. J. Moran and H. N. Shapiro, 2006)

$$\dot{m} = \frac{W_c}{h_2 - h_1} \quad (2.3)$$

3. Pembuangan Kalor dan Kalor yang dibuang Kondensor

Dari kesetimbangan energi, kalor yang dibuang kondensor haruslah sama dengan jumlah efek refrigerasi dan kalor yang ekuivalen dengan kerja yang diberikan kepada refrigeran selama proses kompresi di kompresor.

(M. J. Moran and H. N. Shapiro, 2006)

$$\text{Pembuangan Kalor} = h_2 - h_3 \quad (2.4)$$

$$Q_{out} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \quad (2.5)$$

4. Efek Refrigerasi dan Kapasitas Pendinginan

Proses efek refrigerasi terjadi pada siklus 4-1 seperti pada gambar 1 diatas. Berikut ini persamaan yang dapat digunakan untuk mengetahui efek refrigerasi dari suatu sistem (M. J. Moran and H. N. Shapiro, 2006).

$$\text{Efek Refrigerasi (ER)} = h_1 - h_4 \quad (2.6)$$

$$\text{Kapasitas Pendingin, } Q_{in} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \quad (2.7)$$

5. Coefficient Of Performance (COP)

Untuk menghitung *Coefficient Of Performance* digunakan rumus sebagai berikut: (W. F. Stoecker dan J. W. Jones, 2006)

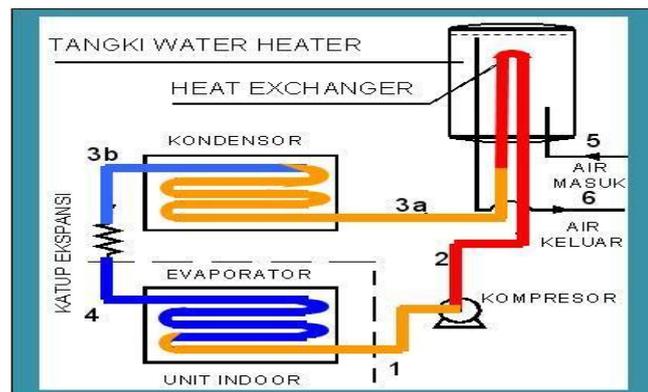
$$COP_{aktual} = \frac{\text{Kapasitas Pendingin}}{\text{Daya Kompresor}} \quad (2.8)$$

2.3 Air Conditioner Water Heater (ACWH)

Air conditioning water heater adalah pemanas air dengan memanfaatkan panas freon dari AC yang biasanya terbuang. Freon panas dialirkan ke *heat exchanger* (alat penukar kalor) yang akan memanaskan air di tangki penampungan. (Aziz, 2015)

Pemanas air jenis ini memanfaatkan panas freon dari AC yang biasanya di buang. Freon yang panas dialirkan ke *Heat Exchanger* yang akan memanaskan air di tangki penampungan. Suhu tersebut akan diturunkan lagi (dibuang) pada

condensor dengan cara ditiup dengan kipas. Sebelum masuk *condensor*, aliran freon panas tersebut dibelokkan kedalam tangki yang berisi air dingin. Di dalam tangki ada pipa spiral yang disebut *Heat Exchanger*. Sehingga terjadi kontak antara freon panas dan air dingin pada *Heat Exchanger*. Air yang semula dingin perlahan akan memanas sesuai dengan suhu freon. Sebaliknya freon yang semula sangat panas akan sedikit menurun temperaturnya sebagai hasil kontak dengan air dingin tersebut. Seperti gambar 2.2.



Gambar 2.4 *Air Conditioner Water Heater* (Ferdinand, 2006)

❖ Prinsip proses kerja ACWH:

- Proses 1-2: Uap refrigeran dihisap kompresor kemudian ditekan sehingga tekanan dan temperatur refrigeran naik.
- Proses 2-3a: Panas refrigeran ditransfer kepada air di dalam penukar kalor sehingga air mengalami kenaikan temperatur, sedangkan refrigeran mengalami penurunan dan sebagian telah berubah fasa menjadi cairan.
- Proses 3a-3b: Refrigeran didinginkan pada kondensor seperti pada siklus pendinginan biasa
- Proses 3b-4: Refrigeran keluaran kondensor dan penukar kalor digabungkan sebelum ekspansi. Cairan refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi diekspansikan sehingga mengalami penurunan tekanan dan temperatur.
- Proses 4-1: Refrigeran di evaporator dalam keadaan temperatur rendah sehingga dapat menyerap kalor ruangan. Cairan refrigeran menguap secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan. Selama proses penguapan di dalam pipa terdapat campuran refrigeran fase cair dan uap. Proses ini berlangsung pada tekanan tetap sampai mencapai derajat superheat.

Secara teoritis dengan penggunaan ACWH dapat menambah beban pendinginan (*cooling load*) yang dapat dipindahkan dengan kerja kompresor yang sama. Namun perlu diperhatikan jika beban pendinginan tidak ditambah, akan mengakibatkan refrigeran yang masuk ke dalam kompresor masih berada dalam kubah uap (berfasa campuran antara liquid dan vapor) sehingga dapat merusak kompresor.

Berdasarkan standar temperatur air panas untuk kepentingan mandi dan mencuci tangan, maka temperatur yang harus dicapai oleh sistem ACWH adalah 40°C-45°C. Sedangkan untuk kepentingan mandi, rata-rata seorang dewasa membutuhkan air 50 liter. Dengan asumsi bahwa sebuah apartemen dihuni oleh 2 orang dan setiap orangnya mandi menggunakan air panas minimum 1 kali per hari, maka jumlah air panas yang harus disuplai sistem ACWH adalah 100 L/hari. Seperti gambar 2.3.

	Jenis Pemakaian	Temperatur °C
1	Minum	50-55
2	Mandi : dewasa	42-45
	Mandi : anak-anak	40-42
3	Pancuran mandi	40-43
4	Cuci muka dan tangan	40-42
5	Cuci tangan untuk pengobatan	43
6	Bercukur	46-52
7	Dapur :	
	Macam-macam keperluan	45
	Pencucian mesin cuci	45-60
	Pembilasan mesin cuci	70-80
8	Cuci pakaian	
	Macam-macam pakaian	60
	Bahan sutra dan wol	33-49
	Bahan linen dan katun	49-60
9	Kolam renang	21-27
10	Cuci mobil (bengkel)	24-30

Gambar 2.5 Temperatur Penggunaan Air Dirumah Tangga (Ichwan, 2011)

2.4 Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

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

1. APK yang langsung, ialah dimana fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah) dalam suatu bejana tertentu atau ruangan tertentu.

2. APK yang tidak langsung, ialah dimana fluida panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara, seperti pipa, plat atau peralatan sejenisnya.

Peralatan yang masuk pada kelompok pertama (langsung) adalah jet condensor, pesawat desuperheater, pada ketel (water injection desuperheater), pesawat deaerator, dan lain-lain. Sedangkan jenis yang kedua (tidak langsung) adalah kondensor pada turbin uap, pesawat pemanas uap lanjut pada ketel, pemanas air pendahuluan pada ketel (ekonomiser), pemanas udara pembakaran (air preheater) dan lain-lain. (Tunggul, 1997)

2.5 Perpindahan Panas

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

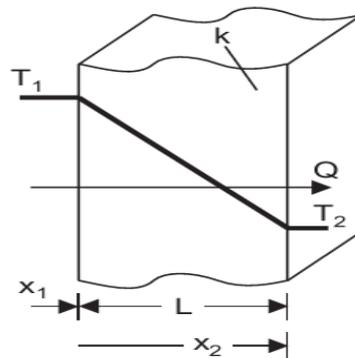
Fakta bahwa perpindahan panas tingkat adalah tujuan yang diinginkan dari analisis yang menunjukkan perbedaan antara perpindahan panas dan termodinamika. Termodinamika berkaitan dengan sistem dalam kesetimbangan, itu dapat digunakan untuk memprediksi jumlah energi yang diperlukan untuk mengubah suatu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

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

2.5.1 Perpindahan Panas Konduksi

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

$$q_{cond} = KA \frac{T_1 - T_2}{\Delta_x} = -KA \frac{\Delta_t}{\Delta_x} \quad (2.9)$$



Gambar 2.6 Laju Perpindahan Panas Konduksi (Rokhman, 2014)

2.5.2 Konduktivitas Termal

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

Tabel 2.3 Konduktivitas Termal (JP.Holman, 2010)

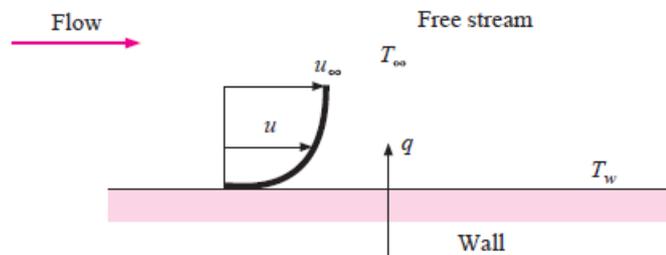
Material	Thermal Conductivity W/m.K
Copper	385
Aluminium	202
Carbon Steel 1% C	43
Chrome Steel 20% Cr	22,5
Chrome Nickel Steel	16,3
Concrete	1,13
Glass	0,78
Water	0,556
Asbertos	0,11
Air	0,024

2.5.3 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah mode perpindahan panas pada kondisi dimana energi sebagai panas dipindahkan ke fluida yang mengalir pada permukaan diatas aliran yang terjadi. Perpindahan energinya adalah dengan memadukan difusi molekul dan aliran massa. Konveksi bukan murni melibatkan beberapa parameter. Jika aliran ini disebabkan pengaruh eksternal kipas atau pompa, maka mode ini dikenal sebagai konveksi paksa. Namun apabila aliran ini disebabkan oleh perbedaan suhu pada aliran itu sendiri, maka mode ini dikenal sebagai konveksi alami. (JP.Holman, 2010)

Perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.10)$$

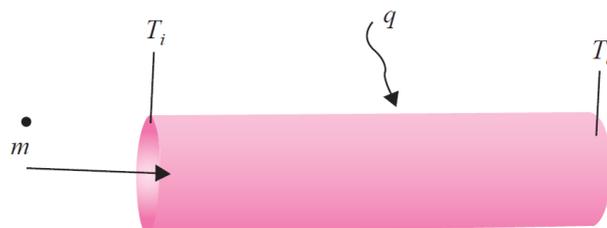


Gambar 2.7 Perpindahan Panas Konveksi (JP.Holman, 2010)

2.5.4 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah bagian dari spektrum elektromagnetik dalam *range* panjang gelombang terbatas dari 0,1 sampai 10 μ m dan diemisikan pada semua permukaan yang diserap dan kemudian perpindahan panas radiasi terjadi antara permukaan-permukaan pada temperatur yang berbeda. Permukaan seharusnya dalam kontak visual untuk perpindahan panas langsung. Persamaan lajunya ditentukan oleh hukum Stefan Boltzmann, dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolut dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan sebagai berikut:

$$Q = F \delta A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.11)$$

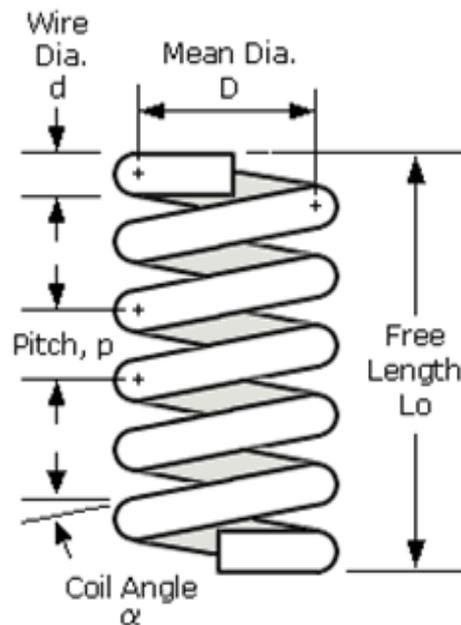


Gambar 2.8 Perpindahan Panas Radiasi (JP.Holman, 2010)

2.6 Helical Coil

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

Dibuat dengan menggulung panjang tembaga, baja atau paduan tabung menjadi heliks ganda dimana inlet dan *exit* terletak disamping sisi. Kumparan heliks dari kedua jenis sering dipasang dalam bejana silindris vertikal dengan atau tanpa agitator, meskipun ruang kosong disediakan antara kumparan dan dinding untuk sirkulasi. Sepeti pada gambar 2.6.

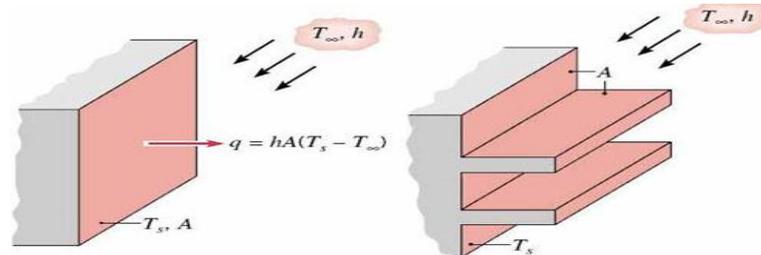


Gambar 2.9 *Helical Coil* (Arvind Kumar, 2017)

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

2.7 Sirip (*Fin*)

Sirip (*Fin*) / *Extended Surfaces* (Tambahkan Luasan) bertujuan untuk meningkatkan laju perpindahan panas konduksi pada benda itu sendiri dan pindah panas konveksi dengan lingkungan, dengan meningkatkan luas permukaan untuk konveksi. Seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.10 *Fin Extended Surfaces*

Perpindahan panas pada sirip (*Fin*). Kalor konduksi pada suatu benda kadang harus dibuang ke lingkungan sekitar melalui proses konveksi. Laju perpindahan panas konveksi menurut hukum Newton:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \quad (2.12)$$

2.8 Road Map Penelitian

Tabel 2.4 Road Map Penelitian ACWH di Program Studi Teknik Mesin UMSU

No	Nama	NPM	Judul Penelitian
1	Setiawan Hadi	1507230197	Rancang Bangun ACWH (<i>Air Conditioner Water Heate</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	Upaya 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 Alumunium Terhadap Kinerja ACWH
7	Febry Andrian	1507230159	Penerapan <i>Honeycomb Surface</i> Berbahan Kuningan Sebagai Penukar Kalor Pada ACWH
8	Dana Setiawan	1507230178	Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe <i>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

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi dan Prestasi Mesin Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Beralamat di Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan.

3.1.2 Waktu

Pelaksanaan penelitian ini membutuhkan waktu 6 bulan. Dimulai dari keluarnya persetujuan Surat Keputusan Tugas Akhir pada tanggal 4 Juli 2019 sampai dinyatakan selesai. Jadwal dan kegiatan dalam melakukan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Saat Melakukan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■	■		
2	Desain Alat Penelitian		■	■	■		
3	Perakitan Alat Penelitian			■	■	■	
4	Pengujian dan Pengambilan Data				■	■	■
5	Pengolahan Data					■	■
6	Analisis dan Kesimpulan						■
7	Penulisan Laporan Akhir						■
8	Seminar Hasil						■
9	Sidang						■

3.2 Bahan dan Alat

Bahan merupakan sesuatu yang diperlukan dan bagian dari sesuatu yang akan dibuat dan diambil datanya. Sedangkan alat merupakan sesuatu yang digunakan dalam penelitian untuk membuat atau mengukur sesuatu berupa benda. Bahan dan alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Bahan

1. Freon AC

Refrigerant 22 (R22) berfungsi sebagai bahan pendinginan pada sistem AC sekaligus pemanas yang dialirkan melalui pipa *helical coil* bersirip. Freon AC yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Freon AC

Tipe : *Refrigerant 22 (R22)*

Kapasitas : R22 8,42 Kg

2. Pipa Tembaga

Pipa tembaga digunakan untuk pembuatan alat penukar kalor tipe *helical coil* dari sistem AC yang akan ditambahkan sebagai pemanas air. Pipa tembaga pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pipa Tembaga

Panjang : 16 Meter

Diameter : ¼ inch

3. Pelat Tembaga

Pelat Tembaga digunakan untuk pembuatan sirip pada alat penukar kalor *helical coil* sebagai variasi penghantar kalor pada sistem AC. Pelat tembaga pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pelat Tembaga

Panjang : 1200 mm

Lebar : 600 mm

Tebal : 0,4 mm

4. Portable Gas

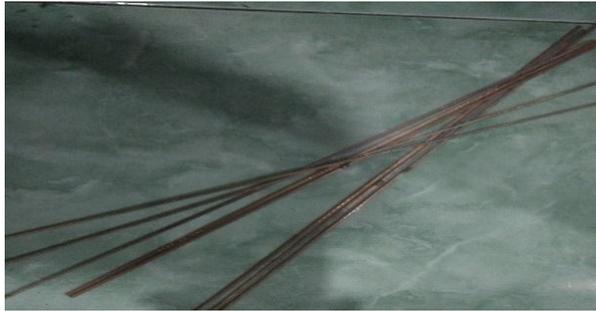
Portable gas digunakan untuk pengelasan pipa tembaga dan sirip-sirip pada *helical coil* dalam rangkaian AC dengan pemanas air. *Portable gas* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Portable Gas

5. Kawat Las Tembaga

Kawat las tembaga digunakan sebagai bahan tambahan untuk pengelasan pipa tembaga dan sirip-sirip tembaga pada *helical coil*. Kawat las tembaga dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kawat Las Tembaga

6. Kawat Las Perak

Kawat las perak digunakan sebagai bahan tambahan untuk pengelasan pipa tembaga *helical coil* dengan tangki pemanas. Kawat las perak dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Kawat Las Perak

3.2.2 Alat

1. Evaporator AC

Evaporator AC yang digunakan dalam penelitian ini bertipe split atau yang biasa disebut unit indoor ruangan seperti terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Evaporator AC

Merk : Changhong

Kapasitas AC : 1 PK

Input daya : 880 W

2. Kondensor AC

Kondensor AC yang digunakan dalam penelitian ini atau biasa disebut unit outdoor dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Kondensor AC

Merk : Changhong
Voltage : 220 - 240 V
Daya : 1-fase a.c
Frekuensi : 50 Hz

3. Tangki

Tangki berfungsi sebagai wadah penampungan air yang akan dipanaskan oleh *helical coil* bersirip. Tangki yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Tangki

Kapasitas : 60 Liter
Tinggi : 61 cm
 d_1 : 30 cm
 d_2 : 40 cm

4. *Manifold Gauge*

Manifold gauge digunakan untuk mengukur tekanan pada sistem AC, alat ini bisa juga digunakan untuk mengisi freon AC. *Manifold gauge* dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 *Manifold Gauge*

Refrigerant : R22
Pressure scale : -30~140 Psi
Biru : 120 cm. 1/4" Manifold AC
Kuning : Intake Freon AC

5. *Clampmeter*

Clampmeter digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik pada sistem AC. *Clampmeter* dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Clampmeter*

Model : Digital Fluke 266
Pengukuran arus AC : 0 A~ 999,0 A
Rentang Resistansi : 40 k Ω

6. Voltmeter

Voltmeter digunakan untuk mengukur besarnya tegangan listrik pada sistem AC. *Voltmeter* dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Voltmeter*

Voltage range : 230V ~ 250V

Operating current : Max 16A

Wattage display : 0W ~ 9999W

7. Infrared Thermometer

Infrared thermometer digunakan untuk mengukur temperatur pada evaporator dan kondensor dari sistem AC. *Infrared thermometer* dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Infrared Thermometer*

Suhu Min : -50°C

Suhu Max : 380°C

8. Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi untuk mengetahui temperatur keluaran kompresor, temperatur air didalam tangki dan temperatur masuk kondensor dari sistem AC dengan pemanas air. Sensor suhu dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Sensor Suhu

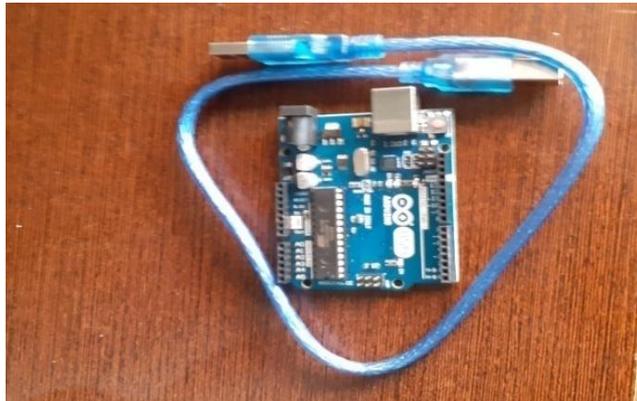
Tipe : DS18B20

Suhu max : 135°C

Suhu min : -35°C

9. Arduino

Arduino berfungsi untuk membuat bahasa program dari sensor suhu yang digunakan. Arduino dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Arduino

Tipe : Arduino UNO

Operating voltage : 5 V

Input voltage : 6 – 20 V

10. Laptop

Laptop digunakan untuk record data temperatur keluaran kompresor, temperatur air dan temperatur masuk kondensor. Laptop dapat dilihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Laptop

11. Pipe Cutter

Pipe cutter digunakan untuk memotong pipa tembaga. *Pipe cutter* dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3.17 *Pipe Cutter*

12. Flaring Tools

Flaring tools digunakan untuk mengembangkan ujung pipa tembaga agar dapat disambungkan dengan pipa tembaga lainnya. *Flaring tools* dapat dilihat pada gambar 3.18.



Gambar 3.18 *Flaring Tools*

13. Kunci Ring Pas

Kunci ring pas digunakan untuk mengencangkan dan membuka baut nepel yang ada dalam rangkaian ACWH. Kunci ring pas dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 Kunci Ring Pas

14. Kunci L

Kunci L digunakan untuk membuka dan menutup screw tabung freon AC. Kunci L dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 Kunci L

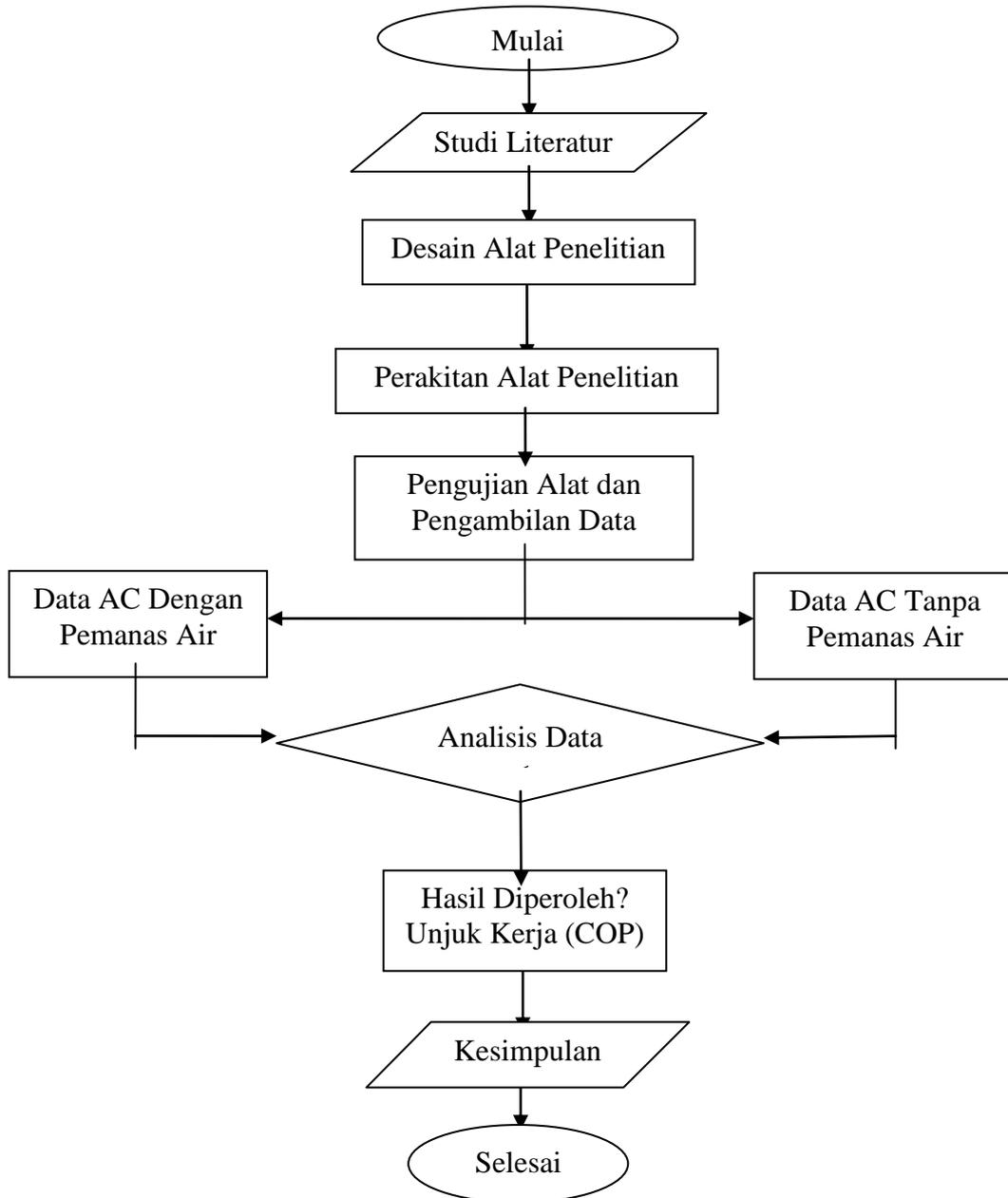
15. Nepel

Nepel berfungsi untuk menyambung pipa tembaga dan menahan kebocoran pada pipa tembaga. Adapun nepel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3.21 Nepel

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.22 Bagan Alir Penelitian

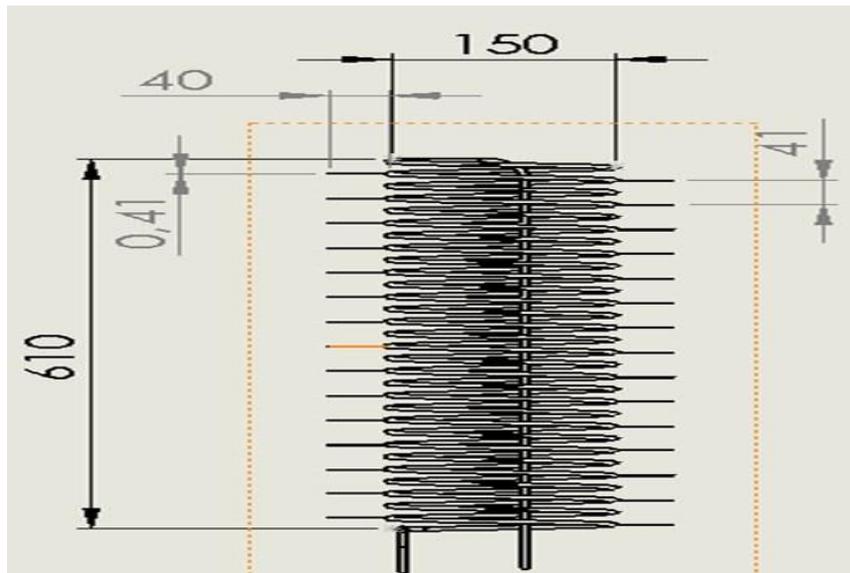
3.3.1 Penjelasan Bagan Alir Penelitian

1. Studi literatur merupakan bagian sangat penting dari sebuah laporan penelitian, teori-teori yang melandasi dilakukannya penelitian. Studi literatur dapat diartikan sebagai kegiatan yang meliputi: mencari, membaca dan menelaah laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan.
2. Desain alat penelitian merupakan proses perencanaan dilakukan sebagai gambaran alat yang akan diteliti agar sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan.
3. Perakitan alat penelitian merupakan proses menyatukan alat yang telah dibuat sesuai dengan yang direncanakan dalam kebutuhan penelitian.
4. Pengujian alat dan pengambilan data, merupakan proses dimana alat uji penelitian akan diambil data-datanya, pengambilan data secara berkala dengan interval waktu setiap 5 menit. Temperatur air yang diinginkan adalah 42°C - 45°C dalam jangka waktu kurang dari 60 menit.
5. Setelah pengujian, maka diperoleh data-data AC dengan pemanas air dan AC tanpa pemanas air untuk diolah datanya.
6. Analisis data merupakan salah satu langkah penting dalam rangka memperoleh temuan-temuan hasil penelitian. Hal ini disebabkan, data akan menuntun kita ke arah temuan ilmiah, bila dianalisis dengan teknik-teknik yang tepat. Data yang belum dianalisis masih merupakan data mentah. Dalam kegiatan penelitian, data mentah akan memberi arti, bila dianalisis dan ditafsirkan.
7. Setelah dianalisis, maka diperoleh temuan-temuan hasil penelitian.
8. Kesimpulan adalah data-data yang didapat dari hasil analisis diantaranya: kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator, dan unjuk kerja (COP).

3.4 Desain Alat Penelitian

3.4.1 APK Tipe *Helical Coil* Bersirip 2D

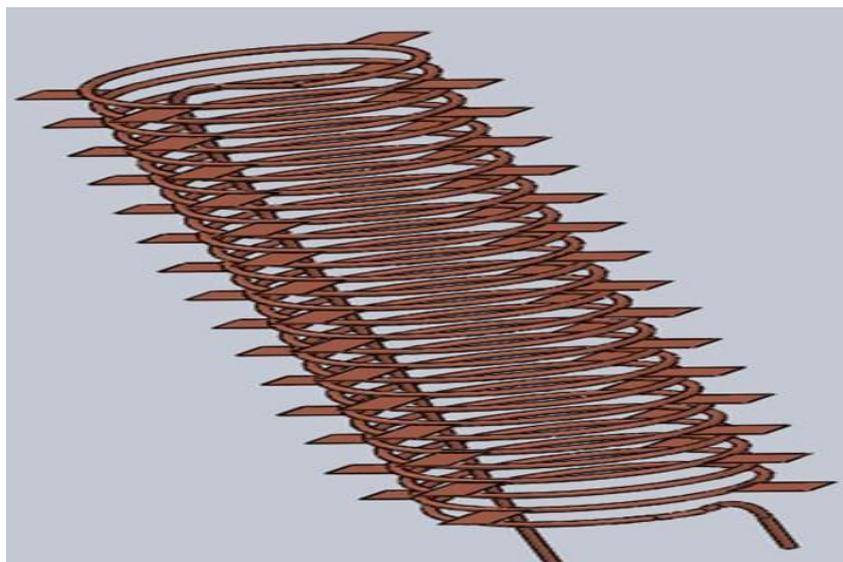
Dibawah ini merupakan gambar 2D dari alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip menunjukkan bahwa tinggi keseluruhan *helical coil* 610 mm, berdiameter 150 mm, panjang sirip 40 mm, jarak antara sirip 41 mm. Seperti terlihat pada gambar 3.23.



Gambar 3.23 APK Tipe *Helical Coil* Bersirip 2D

3.4.2 APK Tipe *Helical Coil* Bersirip 3D

Dibawah ini merupakan gambar 3D dari alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip yang telah direncanakan menunjukkan seperti bentuk nyatanya. Dapat dilihat pada gambar 3.24.



Gambar 3.24 APK Tipe *Helical Coil* Bersirip 3D

3.5 Perakitan Alat Penelitian

3.5.1 Proses Perakitan Alat Penelitian

Adapun proses-proses perakitan alat penelitian dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini:

1. Pembentukan Lilitan Pipa Tembaga (*Helical Coil*)

Pembentukan lilitan pipa tembaga (*Helical Coil*) ini dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan dan kaleng bekas berisi pasir yang berdiameter 15 cm, tujuan digunakannya alat bantu ini agar sesuai dengan ukuran diameter lilitan *helical coil* yang telah direncanakan, yang akan digunakan sebagai jalur aliran *refrigerant*. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.25.



Gambar 3.25 Pembentukan Lilitan Pipa Tembaga (*Helical Coil*)

2. Pemotongan Plat Tembaga

Proses ini dilakukan untuk memotong plat tembaga dengan tebal 0,4 mm yang akan dijadikan sebagai sirip pada sisi *helical coil*. Proses pemotongan plat tembaga ini dapat dilihat pada gambar 3.26.



Gambar 3.26 Pemotongan Plat Tembaga

3. Pembentukan Sirip Tembaga

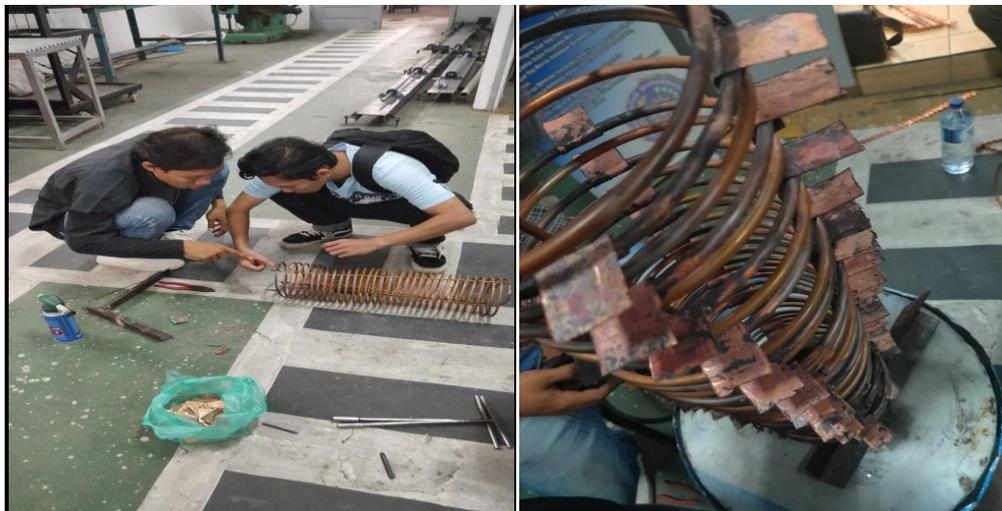
Pembentukan sirip tembaga ini dilakukan secara manual yaitu dengan memotong plat tembaga tersebut dengan ukuran panjang 40 mm dan lebar 20 mm. Sirip tembaga yang telah dipotongi dapat dilihat pada gambar 3.27.



Gambar 3.27 Pembentukan Sirip Tembaga

4. Pengelasan Sirip Tembaga Pada *Helical Coil*

Proses ini dilakukan untuk menyatukan setiap sirip tembaga yang telah dibentuk sebelumnya dengan cara di las menggunakan kawat las tembaga sebagai bahan penyambungannya. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.28.



Gambar 3.28 Pengelasan Sirip Tembaga Pada *Helical Coil*

5. Pengecekan Kekuatan Las

Proses ini dilakukan untuk mengecek kekuatan las pada setiap sirip-sirip tembaga yang telah terpasang di *helical coil* sebelumnya dengan melihat bentuk fisik pada sirip-sirip yang telah terpasang tersebut. Proses ini dapat dilihat pada gambar 3.29.



Gambar 3.29 APK Tipe *Helical Coil* Bersirip

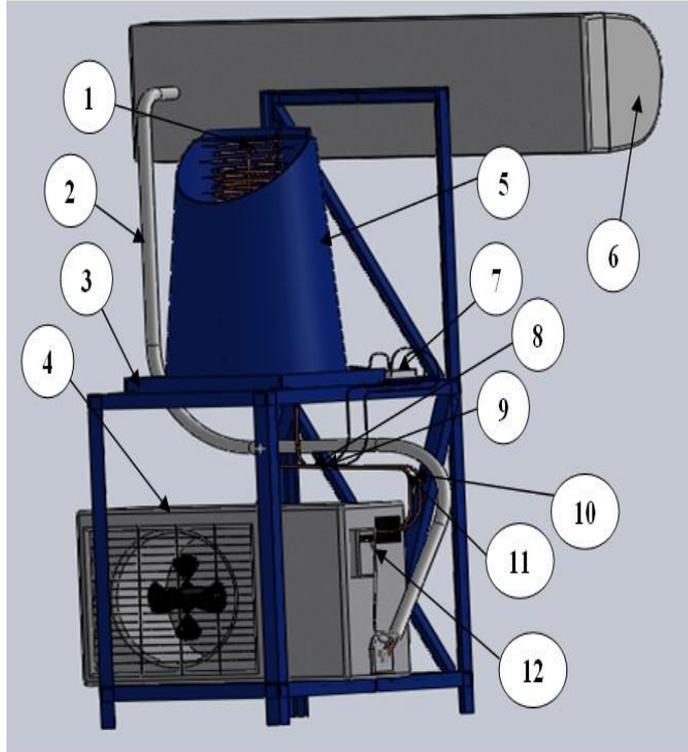
3.5.2 Komponen Alat Pengujian

Dibawah ini merupakan alat pengujian pada penelitian AC dengan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air. Seperti terlihat pada gambar 3.30.



Gambar 3.30 Alat Pengujian AC Dengan Pemanas Air

Dibawah ini merupakan gambar dari komponen-komponen alat pengujian pada penelitian AC dengan penambahan alat penukar kalor tipe *helical coil* bersirip sebagai pemanas air. Seperti terlihat pada gambar 3.31.



Gambar 3.31 Komponen-Komponen Alat Pengujian

Keterangan gambar:

1. Alat Penukar Kalor Tipe *Helical Coil* Bersirip
2. Pipa Freon AC
3. Rangka Dudukan
4. Kondensor
5. Tangki Penampungan Air
6. Evaporator
7. Papan Rangkaian Arduino UNO
8. Sensor Suhu Keluaran Kompresor AC
9. Sensor Suhu Masuk Kondensor AC
10. Pipa Kapiler Masuk Kondensor AC
11. Pipa Kapiler Keluaran Kompresor AC
12. Kabel Arus Listrik AC

3.6 Prosedur Pengujian dan Pengambilan Data

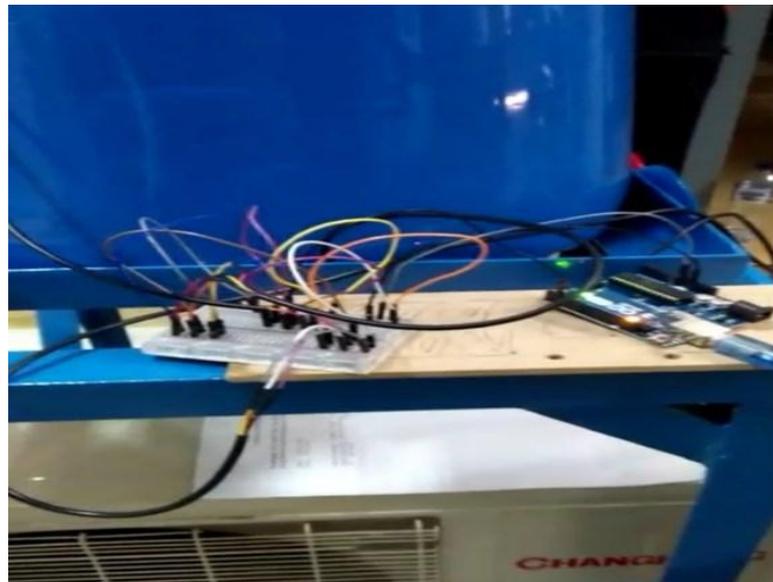
Adapun prosedur pengujian dan pengambilan data AC dengan pemanas air dan AC tanpa pemanas air yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat uji AC dan laptop beserta arduino uno.
2. Memasang alat penelitian APK tipe *helical coil* bersirip ke dalam tangki air (pada pengujian AC dengan pemanas air).
3. Mengisi tangki dengan air sebanyak 60 liter.



Gambar 3.32 Mengisi Air Pada Tangki

4. Menghubungkan sensor suhu *DS18B20* ke arduino uno.



Gambar 3.33 Rangkaian Sensor Suhu Dengan Arduino Uno

5. Menghidupkan laptop dan membuka bahasa program sensor suhu pada arduino uno. Kemudian hubungkan USB arduino uno ke Laptop.

```

ok | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help

ok

DeviceAddress airThermometer = { 0x28, 0x61, 0x49, 0x77, 0x91, 0x07, 0x02, 0x8F};
DeviceAddress apkThermometer = { 0x28, 0x6C, 0x5C, 0x77, 0x91, 0x07, 0x02, 0x6B};
DeviceAddress keluarKompresorThermometer = { 0x28, 0x83, 0xAE, 0x79, 0x97, 0x12, 0x03, 0xCA};
DeviceAddress masukKondensorThermometer = { 0x28, 0x5C, 0x6F, 0x77, 0x91, 0x03, 0x02, 0x77};

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  sensors.begin();
  sensors.setResolution(airThermometer, 12); //set to 12 bit, 0.0625 c res.
  sensors.setResolution(apkThermometer, 12);
  sensors.setResolution(keluarKompresorThermometer, 12);
  sensors.setResolution(masukKondensorThermometer, 12);
}

void loop() {
  sensors.requestTemperatures();
  float tempAir=sensors.getTempC(airThermometer);
  float tempApk=sensors.getTempC(apkThermometer);
  float tempKeluarKompresor=sensors.getTempC(keluarKompresorThermometer);
  float tempMasukKondensor=sensors.getTempC(masukKondensorThermometer);
  Serial.print ("DATA, TIME, ");
  Serial.print(tempAir); Serial.print(",");
  Serial.print(tempApk); Serial.print(",");
  Serial.print(tempKeluarKompresor);Serial.print(",");
  Serial.print(tempMasukKondensor); Serial.println();
  delay(1000);
}

```

Gambar 3.34 Bahasa Program Sensor Suhu

6. Hidupkan alat uji AC, kemudian pasang alat *manifold gauge* untuk mengetahui tekanan *refrigerant* dan mengisi freon AC sesuai kebutuhan penelitian pada setiap pengujian.

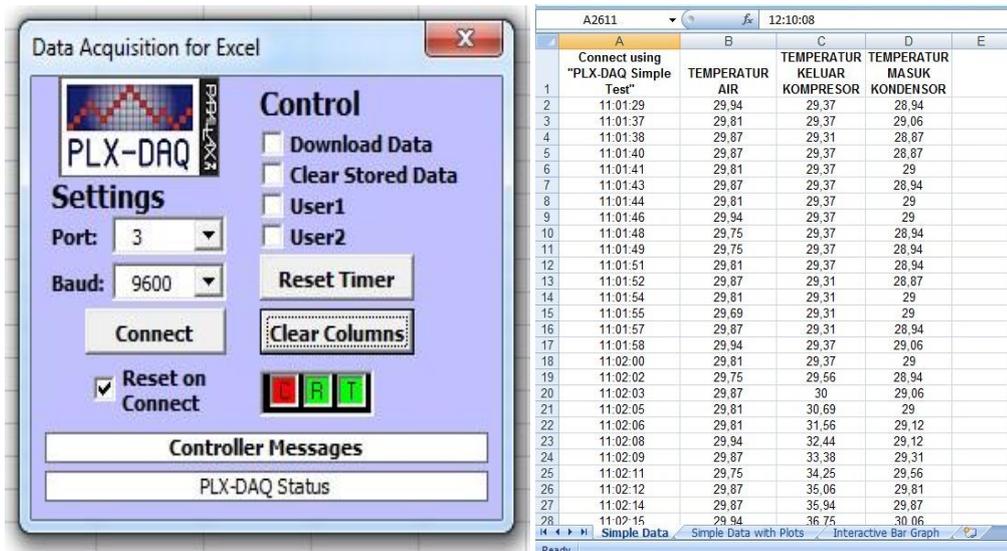


Gambar 3.35 Pengisian Freon Pada Sistem AC

7. Kemudian amati dan catat data dari hasil pengujian hingga suhu air yang ada didalam tangki mencapai temperatur air yang digunakan untuk keperluan mandi air hangat yaitu sebesar 42°C - 45°C.
8. Pengambilan data pada pengujian meliputi: tekanan *refrigerant*, temperatur evaporator, temperatur keluaran kompresor, temperatur masuk kondensor dan temperatur air didalam tangki.



Gambar 3.36 Pengambilan Data Tekanan Refrigeran



Gambar 3.37 Record Data dengan PLX-DAQ



Gambar 3.38 Pengambilan Data Temperatur Evaporator

9. Kemudian amati dan catat data dari hasil pengujian besarnya tegangan dan arus listrik yang digunakan pada sistem AC saat beroperasi.



Gambar 3.39 Pengambilan Data Tegangan Listrik AC



Gambar 3.40 Pengambilan Data Arus Listrik AC

10. Pengujian dilakukan sebanyak 6 kali yaitu 3 pengujian pada AC dengan pemanas air dan 3 pengujian pada AC tanpa pemanas air, yaitu: pada variasi suhu evaporator 16°C , 18°C , dan 20°C .
11. Ketika pengujian telah selesai dilakukan, maka kemudian matikan kembali alat pengujian dengan melepaskan kabel penghubung sensor suhu dari arduino uno dan lepaskan *manifold gauge* dari sistem AC, kemudian keluarkan air yang ada di dalam tangki. Dan terakhir bersihkan seluruh perlengkapan yang telah digunakan selama pengujian agar kondisi alat tidak rusak ketika ingin digunakan kembali.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

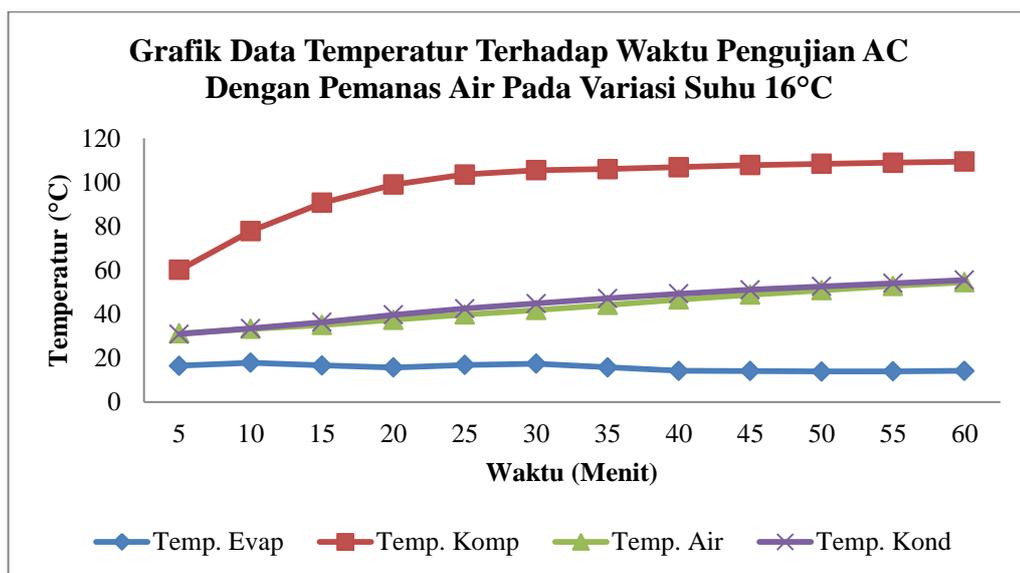
Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada sistem AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air akan dijabarkan dalam bentuk tabel dan grafik, setelah itu melakukan cara interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran saat pengujian, dan dilanjutkan dengan pengolahan data.

4.1.1 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data hasil pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Air	Temperatur Kondensor
5	16,5	60,13	31,25	30,94
10	17,9	77,81	33,31	33,5
15	16,7	90,69	35,06	36,38
20	15,7	98,94	37,44	39,69
25	16,9	103,5	39,81	42,5
30	17,5	105,44	41,88	44,88
35	15,8	106	44,19	47,19
40	14,2	106,87	46,63	49,25
45	14,1	107,81	48,81	51,06
50	13,9	108,37	50,88	52,63
55	14,0	108,87	52,81	54,06
60	14,2	109,37	54,50	55,5



Gambar 4.1 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.1 diatas, dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian selama 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 16,5°C, mengalami penurunan temperatur menjadi 14,2°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 60,13°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 109,37°C. Temperatur air pada tangki pemanas air yang dicapai pada menit ke-5 yaitu 31,25°C mengalami kenaikan yang merata sehingga pada menit ke-60 temperatur air mencapai 54,50°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 30,94°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 mencapai 55,5°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui : data pengujian pada menit ke-60

- Tekanan (P) = 80 Psi
- Temperatur Evaporator (T₁) = 14,2°C
- Temperatur Kompresor (T₂) = 109,37°C
- Temperatur Kondensor (T₃) = 55,5°C
- Temperatur Air = 54,50°C
- Tegangan = 238 V
- Arus = 7,6 A

Dicari : Enthalpy h₁, h₂, h₃

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 14,2^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 14,2^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Tabel 4.2 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H _g]
14	409,9
14,2	.....
15	410,2

Interpolasi h₁ pada Temperatur 14,2°C :

$$h_1 = 409,9 + (410,2 - 409,9) \cdot \left(\frac{14,2 - 14}{15 - 14} \right)$$

$$h_1 = 409,9 + (0,3 \cdot 0,2)$$

$$h_1 = 409,9 + 0,06$$

$$h_1 = 409,96 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 80 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 551,6 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 109,37^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 109,37^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.3 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	550	575
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
105	481,9	481,7
109,37	.....	.....
110	485,7	485,5

Interpolasi h_2 pada Tekanan 550 kPa

$$h_2 = 481,9 + (485,7 - 481,9) \cdot \left(\frac{109,37 - 105}{110 - 105} \right)$$

$$h_2 = 481,9 + (3,8 \cdot 0,874)$$

$$h_2 = 481,9 + 3,3212$$

$$h_2 = 485,22 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h_2 pada Tekanan 575 kPa

$$h_2 = 481,7 + (485,5 - 481,7) \cdot \left(\frac{109,37 - 105}{110 - 105} \right)$$

$$h_2 = 481,7 + (3,8 \cdot 0,874)$$

$$h_2 = 481,7 + 3,3212$$

$$h_2 = 485,02 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.4 h_2 pada Tekanan 550 kPa dan 575 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
550	485,22
551,6	.....
575	485,02

Interpolasi h_2 pada Tekanan 551,6 kPa

$$h_2 = 485,22 + (485,02 - 485,22) \cdot \left(\frac{551,6 - 550}{575 - 550} \right)$$

$$h_2 = 485,22 + (-0,2 \cdot 0,064)$$

$$h_2 = 485,22 + (-0,0128)$$

$$h_2 = 485,207 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 55,5^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 55,5^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Tabel 4.5 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Liquid [H _f]
55	270,3
55,5	.....
56	271,8

Interpolasi h₃ pada Temperatur 55,5°C :

$$h_3 = 270,3 + (271,8 - 270,3) \cdot \left(\frac{55,5 - 55}{56 - 55} \right)$$

$$h_3 = 270,3 + (1,5 \cdot 0,5)$$

$$h_3 = 270,3 + 0,75$$

$$h_3 = 271,05 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.6 Enthalpy AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 16°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	14,2°C	409,96 kJ/kg
Titik 2	109,37°C	485,207 kJ/kg
Titik 3	55,5°C	271,05 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (485,207 - 409,96) \text{ kJ/kg} \\ &= 75,247 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned}ER &= h_1 - h_4 \\ &= (409,96 - 271,05) \text{ kJ/kg} \\ &= 138,91 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 238 \cdot 7,6 \cdot 0,85 \\ &= 1537,48 \text{ Watt} \\ &= 1,53748 \text{ kW} \\ &= 1,53748 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,53748 \text{ kJ/s}}{75,247 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0204 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0204 \text{ kg/s} \cdot (172,955) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,528282 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0204 \text{ kg/s} \cdot (138,91) \text{ kJ/kg} \\ &= 2,833764 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{2,833764 \text{ kJ/s}}{1,53748 \text{ kJ/s}} \\ &= 1,843122\end{aligned}$$

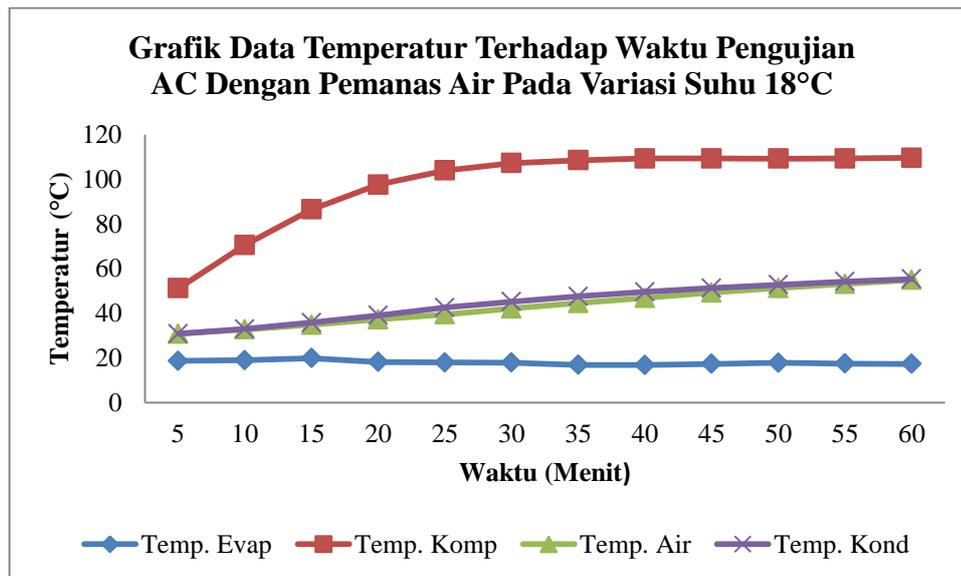
Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan pemanas air adalah sebesar 1,843 dan dengan daya kompresor sebesar 1,54 kW.

4.1.2 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 18°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian AC Dengan Pemanas Air

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Air	Temperatur Kondensor
5	18,7	51,25	30,87	30,81
10	19,0	70,62	32,75	33
15	19,9	86,5	34,81	35,88
20	18,2	97,62	37,31	39,06
25	18,0	104	39,50	42,56
30	17,9	107,25	42,13	45,19
35	16,9	108,56	44,56	47,56
40	16,8	109,31	46,88	49,56
45	17,3	109,31	49,31	51,31
50	17,8	109,25	51,31	52,81
55	17,5	109,37	53,13	54,25
60	17,3	109,62	54,94	55,38



Gambar 4.2 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.2 diatas, dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 18,7°C, mengalami penurunan temperatur menjadi 17,3°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 51,25°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 109,62°C. Temperatur air pada tangki pemanas air yang dicapai pada menit ke-5 yaitu 30,87°C, mengalami

kenaikan yang merata sehingga pada menit ke-60 temperatur air mencapai 54,94°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 30,81°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 mencapai 55,38°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui : data yang diambil pada menit ke-60

$$\text{Tekanan (P)} = 82 \text{ Psi}$$

$$\text{Temperatur Evaporator (T}_1\text{)} = 17,3^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kompresor (T}_2\text{)} = 109,62^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kondensor (T}_3\text{)} = 55,38^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Air} = 54,94^\circ\text{C}$$

$$\text{Tegangan} = 236 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 7,4 \text{ A}$$

Dicari : Enthalpy h_1, h_2, h_3

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 17,3^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 17,3^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.8 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H _g]
17	410,8
17,3	.....
18	411,1

Interpolasi h_1 pada Temperatur 17,3°C :

$$h_1 = 410,8 + (411,1 - 410,8) \cdot \left(\frac{17,3 - 17}{18 - 17} \right)$$

$$h_1 = 410,8 + (0,3 \cdot 0,3)$$

$$h_1 = 410,8 + 0,09$$

$$h_1 = 410,89 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 82 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 565,39 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 109,62^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 109,62^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.9 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	550	575
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
105	481,9	481,7
109,62	.....	.....
110	485,7	485,5

Interpolasi h_2 pada Tekanan 550 kPa

$$h_2 = 481,9 + (485,7 - 481,9) \cdot \left(\frac{109,62 - 105}{110 - 105} \right)$$

$$h_2 = 481,9 + (3,8 \cdot 0,924)$$

$$h_2 = 481,9 + 3,5112$$

$$h_2 = 485,41 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h_2 pada Tekanan 575 kPa

$$h_2 = 481,7 + (485,5 - 481,7) \cdot \left(\frac{109,62 - 105}{110 - 105} \right)$$

$$h_2 = 481,7 + (3,8 \cdot 0,924)$$

$$h_2 = 481,7 + 3,5112$$

$$h_2 = 485,21 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.10 h_2 pada Tekanan 550 kPa dan 575 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
550	485,41
565,39	.....
575	485,21

Interpolasi h_2 pada Tekanan 565,39 kPa

$$h_2 = 485,41 + (485,21 - 485,41) \cdot \left(\frac{565,39 - 550}{575 - 550} \right)$$

$$h_2 = 485,41 + (-0,2 \cdot 0,6156)$$

$$h_2 = 485,41 + (-0,12312)$$

$$h_2 = 485,287 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 55,38^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 55,38^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.11 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg] Liquid [H _f]
55	270,3
55,38	.....
56	271,8

Interpolasi h₃ pada Temperatur 55,38°C :

$$h_3 = 270,3 + (271,8 - 270,3) \cdot \left(\frac{55,38 - 55}{56 - 55} \right)$$

$$h_3 = 270,3 + (1,5 \cdot 0,38)$$

$$h_3 = 270,3 + 0,57$$

$$h_3 = 270,87 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.12 Enthalpy AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 18°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	17,3°C	410,89 kJ/kg
Titik 2	109,62°C	486,253 kJ/kg
Titik 3	55,38°C	270,87 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dilepas pemanas air, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (486,253 - 410,89) \text{ kJ/kg} \\ &= 75,363 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned} ER &= h_1 - h_4 \\ &= (410,89 - 270,87) \text{ kJ/kg} \\ &= 140,02 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 236 \cdot 7,4 \cdot 0,85 \\ &= 1484,44 \text{ Watt} \\ &= 1,48444 \text{ kW} \\ &= 1,48444 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,48444 \text{ kJ/s}}{75,363 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0197 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0197 \text{ kg/s} \cdot (173,244) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,4129068 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0197 \text{ kg/s} \cdot (140,02) \text{ kJ/kg} \\ &= 2,758394 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{2,758394 \text{ kJ/s}}{1,48444 \text{ kJ/s}} \\ &= 1,858205\end{aligned}$$

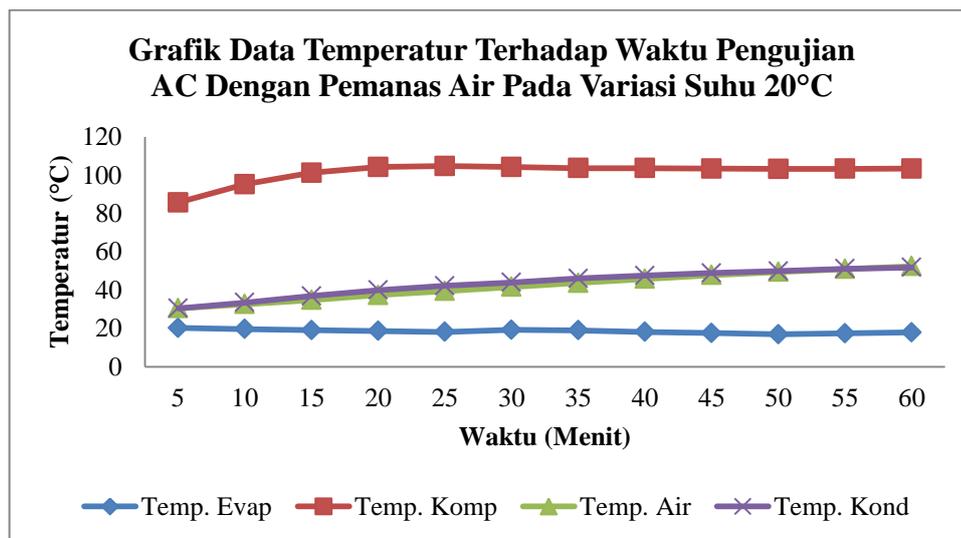
Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan pemanas air adalah sebesar 1,858 dan dengan daya kompresor sebesar 1,48 kW.

4.1.3 Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 20°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.13 Data Hasil Pengujian 3 AC Dengan Pemanas Air

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Air	Temperatur Kondensor
5	20,3	85,75	30,50	30,5
10	19,7	95,25	32,69	33,5
15	19,1	101,25	34,88	36,94
20	18,7	104,25	37,44	40
25	18,2	104,75	39,50	42,25
30	19,3	104,25	41,69	44
35	19,0	103,62	43,75	46,06
40	18,2	103,62	45,81	47,56
45	17,6	103,44	47,81	48,88
50	16,9	103,25	49,50	49,94
55	17,4	103,31	51,00	51,19
60	17,9	103,44	52,50	51,81



Gambar 4.3 Grafik Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 20°C

Pada gambar 4.3 diatas, dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 20,3°C, mengalami penurunan temperatur menjadi 17,9°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 85,75°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 103,44°C. Temperatur air pada tangki pemanas air yang dicapai pada menit ke-5 yaitu 30,50°C, mengalami kenaikan yang merata sehingga pada menit ke-60 temperatur air mencapai

52,50°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 30,5°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 mencapai 51,81°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui : data yang diambil pada menit ke-60

- Tekanan (P) = 77 Psi
- Temperatur Evaporator (T₁) = 17,9°C
- Temperatur Kompresor (T₂) = 103,44°C
- Temperatur Kondensor (T₃) = 51,81°C
- Temperatur Air = 52,50°C
- Tegangan = 234 V
- Arus = 7,2 A

Dicari : Enthalpy h₁, h₂, h₃

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 17,9^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 17,9^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Tabel 4.14 DuPont™ Freon® 22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H _g]
17	410,8
17,9	.....
18	411,1

Interpolasi h₁ pada Temperatur 17,9°C :

$$h_1 = 410,8 + (411,1 - 410,8) \cdot \left(\frac{17,9 - 17}{18 - 17} \right)$$

$$h_1 = 410,8 + (0,3 \cdot 0,9)$$

$$h_1 = 410,8 + 0,27$$

$$h_1 = 411,07 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 77 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 530,915 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 103,44^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 103,44^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{kJ/kg}$$

Tabel 4.15 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	525	550
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
100	478,3	478,0
103,44	.....	.....
105	482,1	481,9

Interpolasi h_2 pada Tekanan 525 kPa

$$h_2 = 478,3 + (482,1 - 478,3) \cdot \left(\frac{103,44 - 100}{105 - 100} \right)$$

$$h_2 = 478,3 + (3,8 \cdot 0,688)$$

$$h_2 = 478,3 + 2,6144$$

$$h_2 = 480,91 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h_2 pada Tekanan 550 kPa

$$h_2 = 478,0 + (481,9 - 478,0) \cdot \left(\frac{103,44 - 100}{105 - 100} \right)$$

$$h_2 = 478,0 + (3,9 \cdot 0,688)$$

$$h_2 = 478,0 + 2,6832$$

$$h_2 = 480,68 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.16 h_2 pada Tekanan 525 kPa dan 550 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
525	480,91
530,915	.....
550	480,68

Interpolasi h_2 pada Tekanan 530,915 kPa

$$h_2 = 480,91 + (480,68 - 480,91) \cdot \left(\frac{530,915 - 525}{550 - 525} \right)$$

$$h_2 = 480,91 + (-0,23 \cdot 0,2366)$$

$$h_2 = 480,91 + (-0,054418)$$

$$h_2 = 480,856 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 51,81^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 51,81^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.17 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Liquid [H _f]
51	264,6
51,81	.....
52	266,0

Interpolasi h₃ pada Temperatur 51,81°C :

$$h_3 = 264,6 + (266,0 - 264,6) \cdot \left(\frac{51,81 - 51}{52 - 51} \right)$$

$$h_3 = 264,6 + (1,4 \cdot 0,81)$$

$$h_3 = 264,6 + 1,134$$

$$h_3 = 265,73 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.18 Enthalpy AC Dengan Pemanas Air Variasi Suhu 20°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	17,9°C	411,07 kJ/kg
Titik 2	103,44°C	480,855 kJ/kg
Titik 3	51,81°C	265,73 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dilepas pemanas air, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (480,855 - 411,07) \text{ kJ/kg} \\ &= 69,785 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned} ER &= h_1 - h_4 \\ &= (411,07 - 265,73) \text{ kJ/kg} \\ &= 145,34 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 234 \cdot 7,2 \cdot 0,85 \\ &= 1432,08 \text{ Watt} \\ &= 1,43208 \text{ kW} \\ &= 1,43208 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,43208 \text{ kJ/s}}{69,785 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0205 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0205 \text{ kg/s} \cdot (177,049) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,6295045 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0205 \text{ kg/s} \cdot (145,34) \text{ kJ/kg} \\ &= 2,97947 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{2,97947 \text{ kJ/s}}{1,43208 \text{ kJ/s}} \\ &= 2,080519\end{aligned}$$

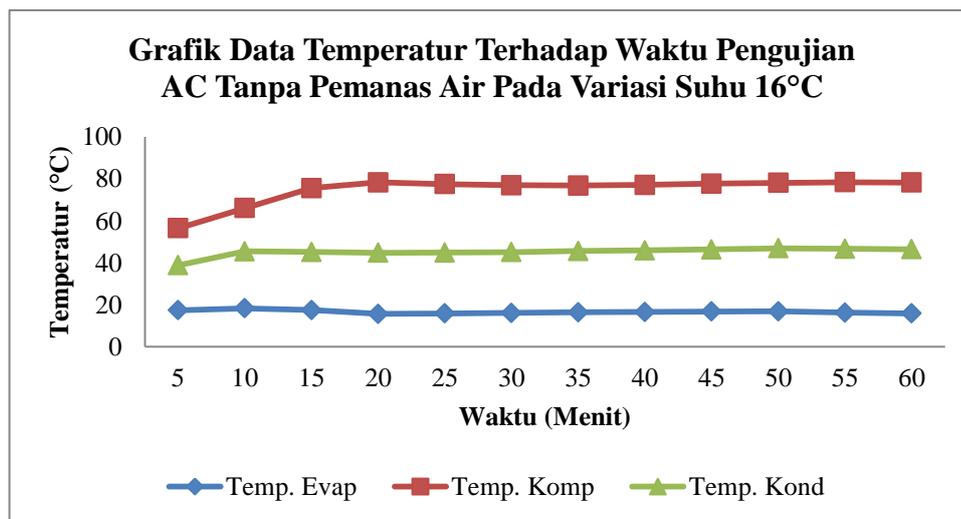
Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) dengan pemanas air adalah sebesar 2,081 dan dengan daya kompresor sebesar 1,43 kW.

4.1.4 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.19 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Kondensor
5	17,4	56,50	38,9
10	18,3	66,06	45,5
15	17,5	75,62	45,2
20	15,7	78,31	44,8
25	15,9	77,50	44,9
30	16,1	76,94	45,1
35	16,4	76,81	45,6
40	16,6	77,10	45,9
45	16,8	77,69	46,4
50	16,9	78,12	46,9
55	16,3	78,40	46,7
60	15,9	78,25	46,5



Gambar 4.4 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.4 diatas, dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 17,4°C, mengalami penurunan temperatur menjadi 15,9°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 56,50°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 78,25°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 38,9°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 sehingga mencapai 46,5°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui : data yang diambil pada menit ke-60

$$\text{Tekanan (P)} = 100 \text{ Psi}$$

$$\text{Temperatur Evaporator (T}_1\text{)} = 15,9^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kompresor (T}_2\text{)} = 78,25^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kondensor (T}_3\text{)} = 46,5^\circ\text{C}$$

$$\text{Tegangan} = 229 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 6,5 \text{ A}$$

Dicari : Enthalpy h_1, h_2, h_3

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 15,9^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 15,9^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.20 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H_g]
15	410,2
15,9	.....
16	410,5

Interpolasi h_1 pada Temperatur $15,9^\circ\text{C}$:

$$h_1 = 410,2 + (410,5 - 410,2) \cdot \left(\frac{15,9 - 15}{16 - 15} \right)$$

$$h_1 = 410,2 + (0,3 \cdot 0,9)$$

$$h_1 = 410,2 + 0,27$$

$$h_1 = 410,47 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 100 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 689,5 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 78,25^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 78,25^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.21 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	675	700
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
75	457,9	457,6
78,25	.....	.....
80	461,7	461,4

Interpolasi h_2 pada Tekanan 675 kPa

$$h_2 = 457,9 + (461,7 - 457,9) \cdot \left(\frac{78,25 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,9 + (3,8 \cdot 0,65)$$

$$h_2 = 457,9 + 2,47$$

$$h_2 = 460,37 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h_2 pada Tekanan 700 kPa

$$h_2 = 457,6 + (461,4 - 457,6) \cdot \left(\frac{78,25 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,6 + (3,8 \cdot 0,65)$$

$$h_2 = 457,6 + 2,47$$

$$h_2 = 460,07 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.22 h_2 pada Tekanan 675 kPa dan 700 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
675	460,37
689,5	.....
700	460,07

Interpolasi h_2 pada Tekanan 689,5 kPa

$$h_2 = 460,37 + (460,07 - 460,37) \cdot \left(\frac{689,5 - 675}{700 - 675} \right)$$

$$h_2 = 460,37 + (-0,3 \cdot 0,58)$$

$$h_2 = 460,37 + (-0,174)$$

$$h_2 = 460,196 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 46,5^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 46,5^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.23 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Liquid [H _f]
46	257,7
46,5	.....
47	259,1

Interpolasi h₃ pada Temperatur 46,5°C :

$$h_3 = 257,7 + (259,1 - 257,7) \cdot \left(\frac{46,5 - 46}{47 - 46} \right)$$

$$h_3 = 257,7 + (1,4 \cdot 0,5)$$

$$h_3 = 257,7 + 0,7$$

$$h_3 = 258,4 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.24 Enthalpy AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 16°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	15,9°C	410,47 kJ/kg
Titik 2	78,25°C	460,196 kJ/kg
Titik 3	46,5°C	258,40 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (460,196 - 410,47) \text{ kJ/kg} \\ &= 49,726 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned} ER &= h_1 - h_4 \\ &= (410,47 - 258,40) \text{ kJ/kg} \\ &= 152,07 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 229 \cdot 6,5 \cdot 0,85 \\ &= 1265,225 \text{ Watt} \\ &= 1,265225 \text{ kW} \\ &= 1,265225 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,265225 \text{ kJ/s}}{49,726 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0254 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0254 \text{ kg/s} \cdot (201,796) \text{ kJ/kg} \\ &= 5,1256184 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0254 \text{ kg/s} \cdot (152,07) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,862578 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{3,862578 \text{ kJ/s}}{1,265225 \text{ kJ/s}} \\ &= 3,052878\end{aligned}$$

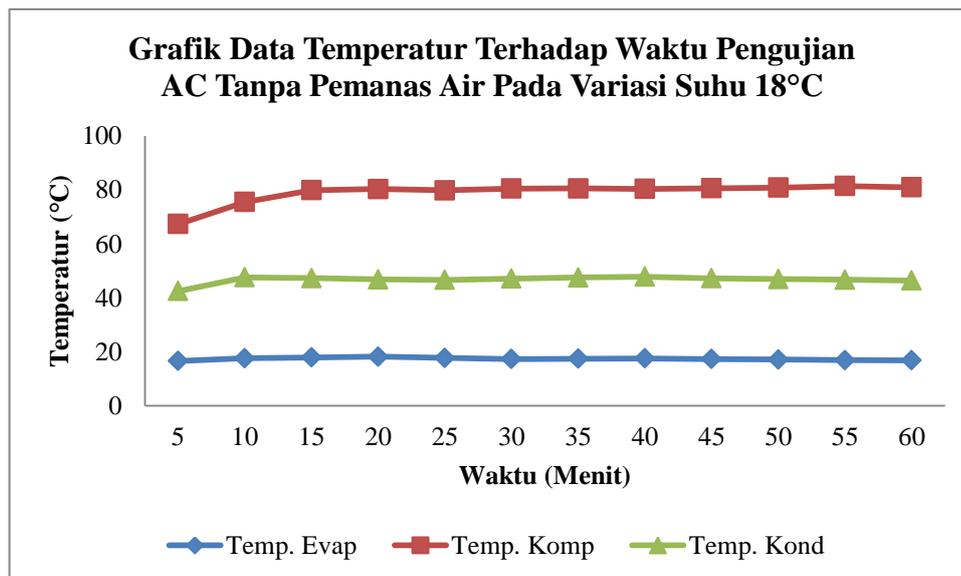
Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) tanpa pemanas air adalah sebesar 3,053 dan dengan daya kompresor sebesar 1,27 kW.

4.1.5 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 18°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.25 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Kondensor
5	16,6	67,31	42,5
10	17,6	75,50	47,6
15	17,9	79,87	47,3
20	18,2	80,31	46,8
25	17,7	79,81	46,6
30	17,3	80,44	47,1
35	17,4	80,50	47,5
40	17,5	80,37	47,8
45	17,3	80,56	47,2
50	17,1	80,81	46,9
55	16,9	81,44	46,7
60	16,8	80,94	46,4



Gambar 4.5 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 18°C

Dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 16,6°C, mengalami kenaikan temperatur menjadi 16,8°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 67,31°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 80,94°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 42,5°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 sehingga mencapai 46,4°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui : data yang diambil pada menit ke-60

$$\text{Tekanan (P)} = 102 \text{ Psi}$$

$$\text{Temperatur Evaporator (T}_1\text{)} = 16,8^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kompresor (T}_2\text{)} = 80,94^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kondensor (T}_3\text{)} = 46,4^\circ\text{C}$$

$$\text{Tegangan} = 226 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 6,4 \text{ A}$$

Dicari : Enthalpy h_1, h_2, h_3

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 16,8^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 16,8^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.26 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H_g]
16	410,5
16,8	.....
17	410,8

Interpolasi h_1 pada Temperatur $16,8^\circ\text{C}$:

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

$$h_1 = 410,5 + (0,3 \cdot 0,8)$$

$$h_1 = 410,5 + 0,24$$

$$h_1 = 410,74 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 102 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 703,29 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 80,94^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 80,94^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.27 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	700	725
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
80	461,4	461,1
80,94	.....	.....
85	465,2	465,0

Interpolasi h₂ pada Tekanan 700 kPa

$$h_2 = 461,4 + (465,2 - 461,4) \cdot \left(\frac{80,94 - 80}{85 - 80} \right)$$

$$h_2 = 461,4 + (3,8 \cdot 0,188)$$

$$h_2 = 461,4 + 0,7144$$

$$h_2 = 462,11 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h₂ pada Tekanan 725 kPa

$$h_2 = 461,1 + (465,0 - 461,1) \cdot \left(\frac{80,94 - 80}{85 - 80} \right)$$

$$h_2 = 461,1 + (3,9 \cdot 0,188)$$

$$h_2 = 461,1 + 0,7332$$

$$h_2 = 461,83 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.28 h₂ pada Tekanan 700 kPa dan 725 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
700	462,11
703,29	.....
725	461,83

Interpolasi h₂ pada Tekanan 703,29 kPa

$$h_2 = 462,11 + (461,83 - 462,11) \cdot \left(\frac{703,29 - 700}{725 - 700} \right)$$

$$h_2 = 462,11 + (-0,28 \cdot 0,1316)$$

$$h_2 = 462,11 + (-0,036848)$$

$$h_2 = 462,073 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 46,4^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 46,4^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.29 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Liquid [H _f]
46	257,7
46,4	.....
47	259,1

Interpolasi h₃ pada Temperatur 46,4°C :

$$h_3 = 257,7 + (259,1 - 257,7) \cdot \left(\frac{46,4 - 46}{47 - 46} \right)$$

$$h_3 = 257,7 + (1,4 \cdot 0,4)$$

$$h_3 = 257,7 + 0,56$$

$$h_3 = 258,26 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.30 Enthalpy AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 18°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	16,8°C	410,74 kJ/kg
Titik 2	80,94°C	462,073 kJ/kg
Titik 3	46,4°C	258,26 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (462,073 - 410,74) \text{ kJ/kg} \\ &= 51,333 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned} ER &= h_1 - h_4 \\ &= (410,74 - 258,26) \text{ kJ/kg} \\ &= 152,48 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 226 \cdot 6,4 \cdot 0,85 \\ &= 1229,44 \text{ Watt} \\ &= 1,22944 \text{ kW} \\ &= 1,22944 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,22944 \text{ kJ/s}}{51,333 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0239 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0239 \text{ kg/s} \cdot (203,813) \text{ kJ/kg} \\ &= 4,8711307 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0239 \text{ kg/s} \cdot (152,48) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,644272 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{3,644272 \text{ kJ/s}}{1,22944 \text{ kJ/s}} \\ &= 2,964172\end{aligned}$$

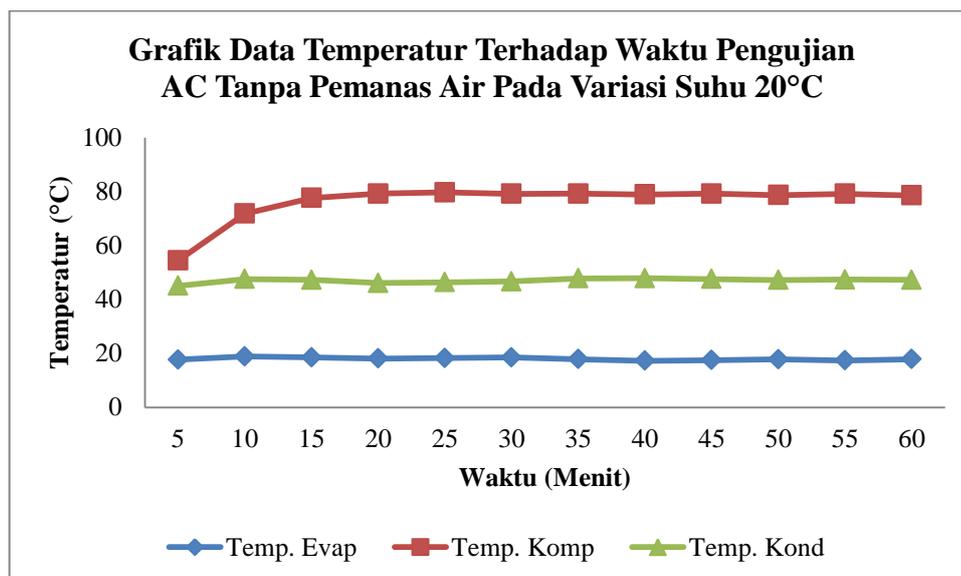
Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) tanpa pemanas air adalah sebesar 2,964 dan dengan daya kompresor sebesar 1,23 kW.

4.1.6 Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 20°C

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik data pengujian berdasarkan pengamatan selama 60 menit dengan interval waktu mencatat setiap 5 menit.

Tabel 4.31 Data Hasil Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Temperatur Evaporator	Temperatur Kompresor	Temperatur Kondensor
5	17,7	54,50	45,1
10	18,9	71,81	47,6
15	18,5	77,62	47,3
20	18,1	79,25	46,1
25	18,3	79,69	46,4
30	18,5	79,19	46,7
35	17,9	79,20	47,8
40	17,3	78,94	47,9
45	17,5	79,25	47,6
50	17,8	78,69	47,2
55	17,4	79,19	47,4
60	17,9	78,56	47,3



Gambar 4.6 Grafik Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 20°C

Dapat dilihat bahwa dalam waktu pengujian 60 menit, temperatur yang dicapai evaporator pada menit ke-5 sebesar 17,7°C mengalami kenaikan temperatur menjadi 17,9°C pada menit ke-60. Temperatur yang dicapai kompresor pada menit ke-5 sebesar 54,50°C, mengalami kenaikan temperatur kompresor pada menit ke-60 menjadi 78,56°C. Temperatur kondensor yang dicapai pada menit ke-5 sebesar 45,1°C, perlahan mengalami kenaikan temperatur sampai menit ke-60 sehingga mencapai 47,3°C.

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai enthalpy dengan melihat tabel R-22 dari masing-masing titik yang diukur.

Diketahui :

$$\text{Tekanan (P)} = 101 \text{ Psi}$$

$$\text{Temperatur Evaporator (T}_1\text{)} = 17,9^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kompresor (T}_2\text{)} = 78,56^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur Kondensor (T}_3\text{)} = 47,3^\circ\text{C}$$

$$\text{Tegangan} = 223 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 6,3 \text{ A}$$

Dicari : Enthalpy h_1, h_2, h_3

Penyelesaian :

Titik 1 (Saturation Vapour)

$$T_1 = 17,9^\circ\text{C}$$

$$h_1 = H_g @ 17,9^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.32 DuPont™ Freon® R-22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H _g]
17	410,8
17,9	.....
18	411,1

Interpolasi h_1 pada Temperatur $17,9^\circ\text{C}$:

$$h_1 = 410,8 + (411,1 - 410,8) \cdot \left(\frac{17,9 - 17}{18 - 17} \right)$$

$$h_1 = 410,8 + (0,3 \cdot 0,9)$$

$$h_1 = 410,8 + 0,27$$

$$h_1 = 411,07 \text{ kJ/kg}$$

Titik 2 (Superheated)

$$P = 101 \text{ Psi} \longrightarrow \times 6,895 = 696,395 \text{ kPa}$$

$$T_2 = 78,56^\circ\text{C}$$

$$h_2 = H @ 78,56^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.33 DuPont™ Freon® R-22 Superheated

Temperature [°C]	Pressure [kPa]	
	675	700
	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]	Enthalpy [kJ/kg] Vapour [H]
75	457,9	457,6
78,56	.....	.....
80	461,7	461,4

Interpolasi h_2 pada Tekanan 675 kPa

$$h_2 = 457,9 + (461,7 - 457,9) \cdot \left(\frac{78,56 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,9 + (3,8 \cdot 0,712)$$

$$h_2 = 457,9 + 2,7056$$

$$h_2 = 460,61 \text{ kJ/kg}$$

Interpolasi h_2 pada Tekanan 700 kPa

$$h_2 = 457,6 + (461,4 - 457,6) \cdot \left(\frac{78,56 - 75}{80 - 75} \right)$$

$$h_2 = 457,6 + (3,8 \cdot 0,712)$$

$$h_2 = 457,6 + 2,7056$$

$$h_2 = 460,31 \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.34 h_2 pada Tekanan 675 kPa dan 700 kPa

Pressure [kPa]	Enthalpy [kJ/kg]
	Vapour [H]
675	460,61
696,395	.....
700	460,31

Interpolasi h_2 pada Tekanan 696,395 kPa

$$h_2 = 460,61 + (460,31 - 460,61) \cdot \left(\frac{696,395 - 675}{700 - 675} \right)$$

$$h_2 = 460,61 + (-0,3 \cdot 0,8558)$$

$$h_2 = 460,61 + (-0,25674)$$

$$h_2 = 460,353 \text{ kJ/kg}$$

Titik 3 (Saturation Liquid)

$$T_3 = 47,3^\circ\text{C}$$

$$h_3 = H_f @ 47,3^\circ\text{C} = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}$$

Tabel 4.35 DuPont™ Freon® 22 Saturation

Temperature [°C]	Enthalpy [kJ/kg] Liquid [H _f]
47	259,1
47,3	.....
48	260,5

Interpolasi h₃ pada Temperatur 47,3°C :

$$h_3 = 259,1 + (260,5 - 259,1) \cdot \left(\frac{47,3 - 47}{48 - 47} \right)$$

$$h_3 = 259,1 + (1,4 \cdot 0,3)$$

$$h_3 = 259,1 + 0,42$$

$$h_3 = 259,52 \text{ kJ/kg}$$

Setelah melakukan interpolasi pada data menit ke-60, dengan didapatkan nilai enthalpy pada titik-titik pengukuran, maka dapat dilanjutkan dengan pengolahan data untuk menghitung nilai unjuk kerja (COP) disebut juga dengan koefisien prestasi yang dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi pada mesin pengkondisian udara (AC).

Didapat:

Tabel 4.36 Enthalpy AC Tanpa Pemanas Air Variasi Suhu 20°C

Titik Pengukuran	Temperatur (T)	Enthalpy (h)
Titik 1	17,9°C	411,07 kJ/kg
Titik 2	78,56°C	460,353 kJ/kg
Titik 3	47,3°C	259,52 kJ/kg

Dicari:

Menghitung besarnya nilai kerja kompresi, efek refrigerasi, daya kompresor, laju aliran massa refrigeran, kalor yang dibuang kondensor, kalor yang diserap evaporator dan unjuk kerja (COP).

Penyelesaian:

Kerja Kompresi,

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= (460,353 - 411,07) \text{ kJ/kg} \\ &= 49,283 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Efek Refrigerasi,

$$\begin{aligned} ER &= h_1 - h_4 \\ &= (411,07 - 259,52) \text{ kJ/kg} \\ &= 151,55 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Daya Kompresor,

$$\begin{aligned}\dot{W}_c &= V \cdot I \cdot \cos \theta \\ &= 223 \cdot 6,3 \cdot 0,85 \\ &= 1194,165 \text{ Watt} \\ &= 1,194165 \text{ kW} \\ &= 1,194165 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Laju Aliran Massa Refrigeran,

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\dot{W}_c}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{1,194165 \text{ kJ/s}}{49,287 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,0242 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Kalor yang dibuang Kondensor,

$$\begin{aligned}Q_{\text{out}} &= \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \\ &= 0,0242 \text{ kg/s} \cdot (200,833) \text{ kJ/kg} \\ &= 4,8601586 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Kalor yang diserap Evaporator,

$$\begin{aligned}Q_{\text{in}} &= \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \\ &= 0,0242 \text{ kg/s} \cdot (151,55) \text{ kJ/kg} \\ &= 3,66751 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

Unjuk Kerja (COP),

$$\begin{aligned}\text{COP} &= \frac{Q_{\text{in}}}{\dot{W}_c} \\ &= \frac{3,66751 \text{ kJ/s}}{1,194165 \text{ kJ/s}} \\ &= 3,071192\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian dara (AC) tanpa pemanas air adalah sebesar 3,071 dan dengan daya kompresor sebesar 1,19 kW.

4.2 Pembahasan

Dari data hasil perhitungan unjuk kerja (COP) mesin pengkondisian udara (AC) sebagai pemanfaatan energi panas yang terbuang adalah dengan membandingkan sebelum dan sesudah menggunakan pemanas air, maka dapat diambil sebuah data perbandingan dari hasil perhitungan dalam waktu pengujian 60 menit pada 3 variasi suhu berbeda yaitu: 16°C, 18°C, dan 20°C.

Tabel 4.37 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 16°C

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan	
		Dengan Pemanas Air	Tanpa Pemanas Air
1	Kerja Kompresi (W_c)	75,247 kJ/kg	49,726 kJ/kg
2	Efek Refrigerasi (ER)	138,91 kJ/kg	152,07 kJ/kg
3	Kalor yang dibuang Kondensor (Q_{out})	3,528 kJ/s	5,126 kJ/s
4	Unjuk Kerja (COP)	1,843	3,053
5	Daya Kompresor (\dot{W}_c)	1,54 kW	1,27 kW

Tabel 4.38 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 18°C

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan	
		Dengan Pemanas Air	Tanpa Pemanas Air
1	Kerja Kompresi (W_c)	75,363 kJ/kg	51,333 kJ/kg
2	Efek Refrigerasi (ER)	140,02 kJ/kg	152,48 kJ/kg
3	Kalor yang dibuang Kondensor (Q_{out})	3,413 kJ/s	4,871 kJ/s
4	Unjuk Kerja (COP)	1,858	2,964
5	Daya Kompresor (\dot{W}_c)	1,48 kW	1,23 kW

Tabel 4.39 Perbandingan Hasil Perhitungan Pada Variasi Suhu 20°C

No	Perhitungan	Hasil Perhitungan	
		Dengan Pemanas Air	Tanpa Pemanas Air
1	Kerja Kompresi (W_c)	69,785 kJ/kg	49,283 kJ/kg
2	Efek Refrigerasi (ER)	145,34 kJ/kg	151,55 kJ/kg
3	Kalor yang dibuang Kondensor (Q_{out})	3,629 kJ/s	4,860 kJ/s
4	Unjuk Kerja (COP)	2,081	3,071
5	Daya Kompresor (\dot{W}_c)	1,43 kW	1,19 kW

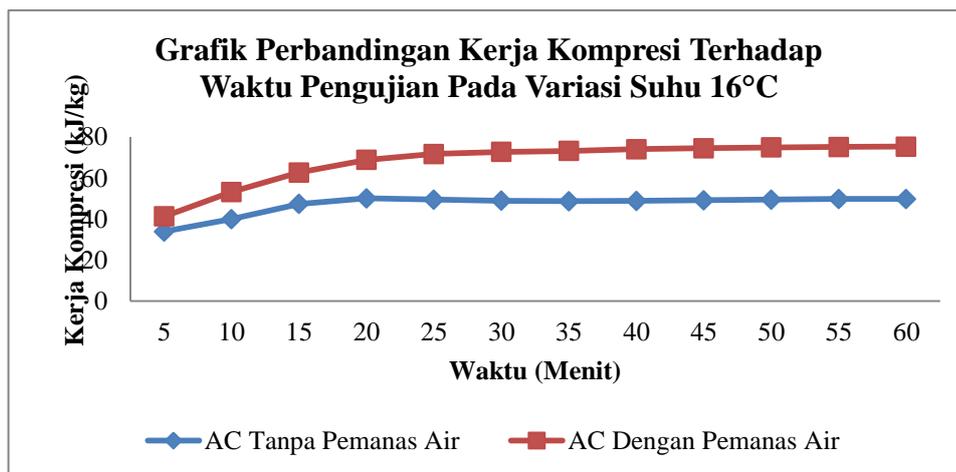
Dari tabel 4.37, 4.38 dan 4.39 diatas menunjukkan perbedaan, maka dapat diurai secara satu persatu dari hasil perhitungan AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air. Adapun yang akan dibahas pada penulisan tugas akhir ini adalah pengujian dengan 3 variasi suhu berbeda.

4.2.1 Perbandingan Kerja Kompresi

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kerja kompresi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 16°C.

Tabel 4.40 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi

Waktu (Menit)	Kerja Kompresi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	33,839	41,233
10	39,912	53,148
15	47,329	62,604
20	50,002	68,759
25	49,379	71,672
30	48,832	72,687
35	48,642	73,144
40	48,812	73,96
45	49,109	74,473
50	49,409	74,863
55	49,72	75,092
60	49,726	75,247



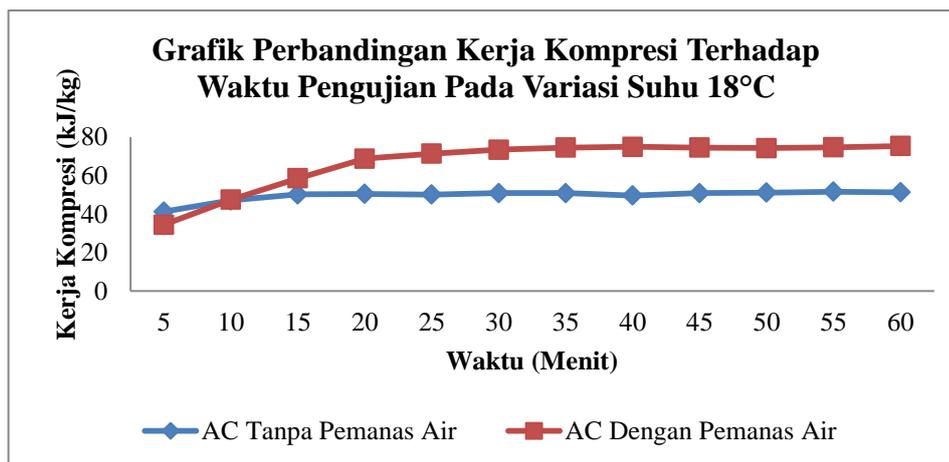
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.7 dalam waktu 60 menit, kerja kompresi tertinggi yang dicapai AC tanpa pemanas air adalah sebesar 49,726 kJ/kg, sedangkan AC dengan pemanas air adalah sebesar 75,247 kJ/kg. Disini terlihat bahwa kerja kompresi AC dengan pemanas air lebih besar dibandingkan AC tanpa pemanas air, hal ini disebabkan karena refrigeran yang digunakan pada sistem AC dengan pemanas air tersebut jumlahnya lebih banyak. Penambahan tangki untuk memanaskan air mengharuskan dilakukannya penambahan panjang pipa refrigeran yang akan melalui air yang ada didalam tangki.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kerja kompresi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 18°C.

Tabel 4.41 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi

Waktu (Menit)	Kerja Kompresi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	41,289	34,491
10	47,126	47,461
15	50,273	58,611
20	50,523	68,759
25	50,193	71,379
30	50,883	73,465
35	50,903	74,489
40	49,692	74,913
45	50,902	74,543
50	51,152	74,303
55	51,685	74,657
60	51,333	75,363



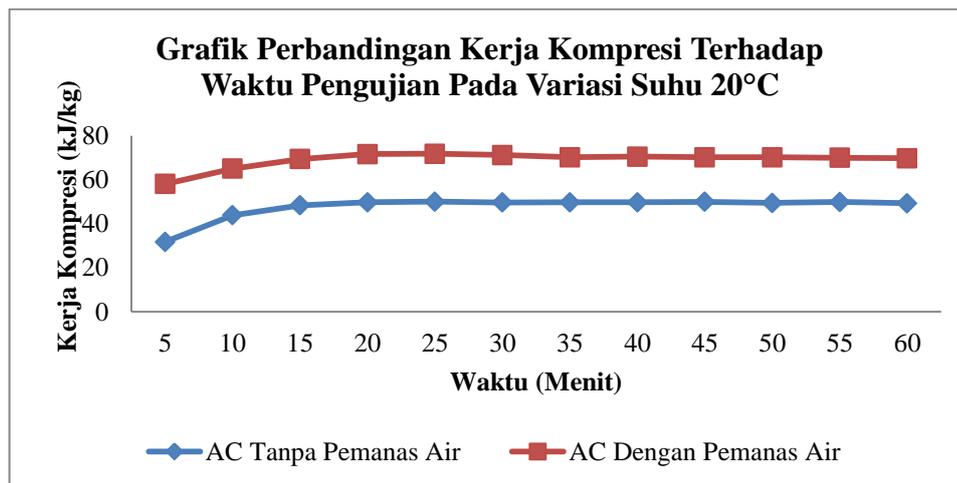
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.8 dalam waktu 60 menit, kerja kompresi tertinggi yang dicapai AC tanpa pemanas air adalah sebesar 51,333 kJ/kg, sedangkan AC dengan pemanas air adalah sebesar 75,363 kJ/kg. Disini terlihat bahwa kerja kompresi AC dengan pemanas air lebih besar dibandingkan AC tanpa pemanas air, hal ini disebabkan karena refrigeran yang digunakan pada sistem AC dengan pemanas air tersebut jumlahnya lebih banyak. Penambahan tangki untuk memanaskan air mengharuskan dilakukannya penambahan panjang pipa refrigeran yang akan melalui air yang ada didalam tangki. Kerja kompresi pada variasi suhu 18°C ini lebih tinggi dibandingkan kerja kompresi pada variasi suhu 16°C.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kerja kompresi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 20°C.

Tabel 4.42 Hasil Perhitungan Kerja Kompresi

Waktu (Menit)	Kerja Kompresi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	31,742	58,101
10	43,853	65,073
15	48,383	69,417
20	49,743	71,621
25	50,013	71,819
30	49,633	71,2
35	49,721	70,209
40	49,743	70,514
45	49,923	70,213
50	49,427	70,173
55	49,903	69,953
60	49,283	69,785



Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Kerja Kompresi Pada Variasi Suhu 20°C

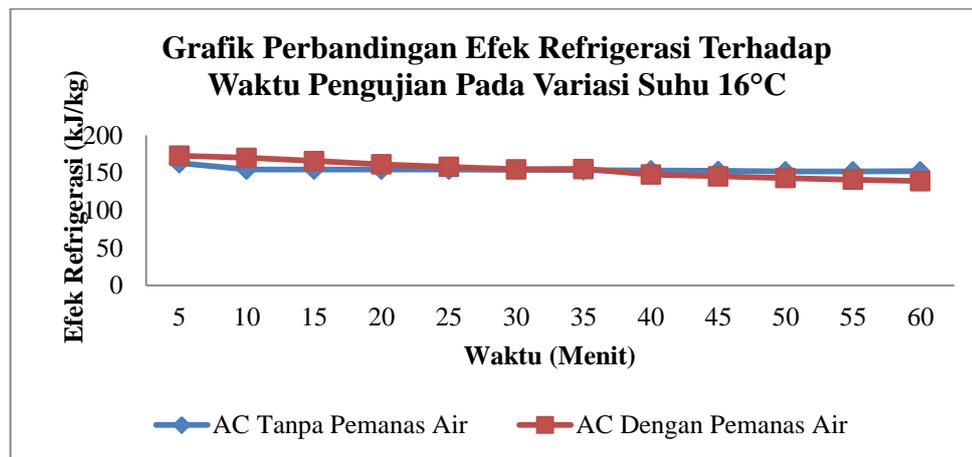
Pada gambar 4.9 dalam waktu 60 menit, kerja kompresi tertinggi yang dicapai AC tanpa pemanas air adalah sebesar 49,283 kJ/kg, sedangkan AC dengan pemanas air adalah sebesar 69,785 kJ/kg. Disini terlihat bahwa kerja kompresi AC dengan pemanas air lebih besar dibandingkan AC tanpa pemanas air, hal ini disebabkan karena refrigeran yang digunakan pada sistem AC dengan pemanas air tersebut jumlahnya lebih banyak. Penambahan tangki untuk memanaskan air mengharuskan dilakukannya penambahan panjang pipa refrigeran yang akan melalui air yang ada didalam tangki. Kerja kompresi pada variasi suhu 20°C ini lebih rendah dibandingkan 2 variasi suhu sebelumnya yaitu, suhu 16°C dan 18°C.

4.2.2 Perbandingan Efek Refrigerasi

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan efek refrigerasi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 16°C.

Tabel 4.43 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi

Waktu (Menit)	Efek Refrigerasi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	162,75	172,83
10	154,14	169,92
15	154,29	165,82
20	154,29	161,22
25	154,21	157,77
30	154	154,72
35	153,44	155,18
40	153,11	147,74
45	152,48	145,25
50	151,81	142,92
55	151,91	140,92
60	152,07	138,91



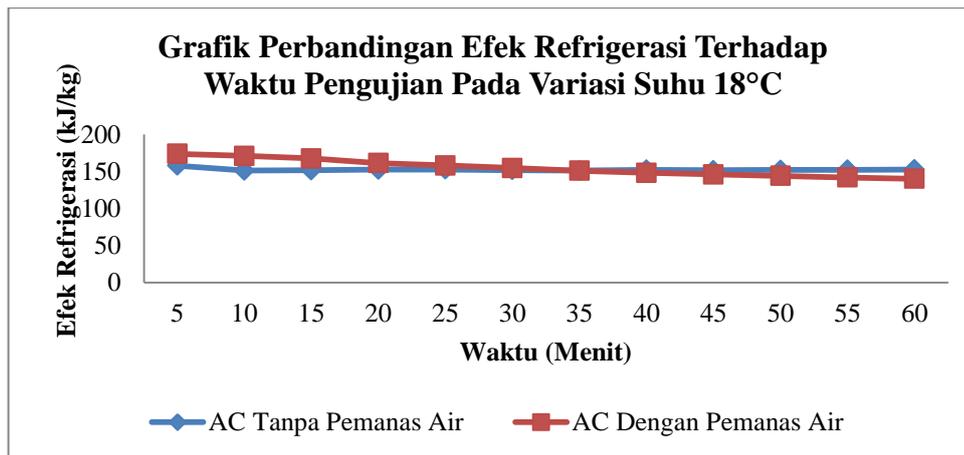
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.10 terlihat penurunan nilai efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air, hal ini didapat dari nilai liquid yang masuk ke evaporator lebih kecil dari angka 152,07 kJ/kg. Maka didapatkan nilai efek refrigerasi AC dengan pemanas air menjadi kecil yaitu sebesar 138,91 kJ/kg. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa perpindahan energi yang terjadi pada sistem AC dengan pemanas air lebih cenderung menurun, sehingga menghasilkan pendinginan yang lebih lama dibandingkan AC tanpa pemanas air dengan nilai yang lebih besar atau cenderung lebih stabil, sehingga menghasilkan pendinginan yang lebih cepat.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan efek refrigerasi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 18°C.

Tabel 4.44 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi

Waktu (Menit)	Efek Refrigerasi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	157,68	173,66
10	151,04	170,9
15	151,55	167,43
20	152,34	161,22
25	152,47	158,02
30	151,65	154,42
35	151,12	150,89
40	152,01	148,11
45	151,51	145,86
50	151,87	143,83
55	152,09	141,7
60	152,48	140,02



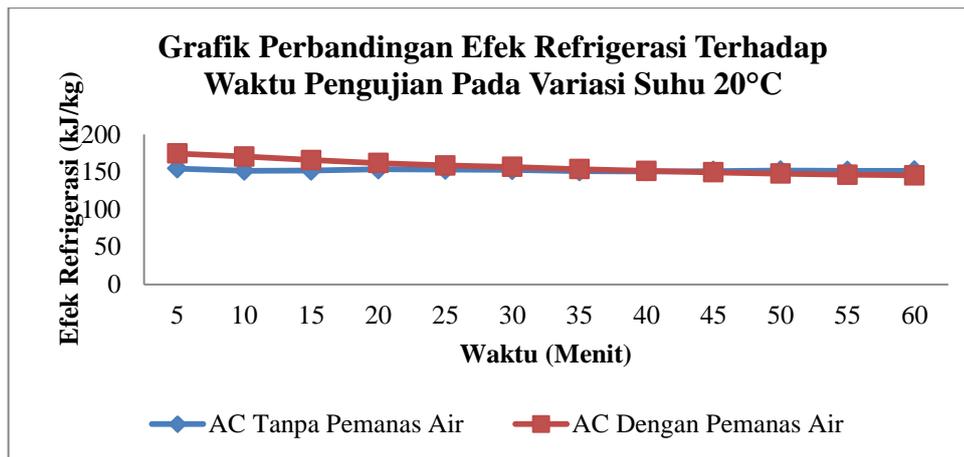
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.11 terlihat penurunan nilai efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air, hal ini didapat dari nilai liquid yang masuk ke evaporator lebih kecil dari angka 152,07 kJ/kg. Maka didapatkan nilai efek refrigerasi AC dengan pemanas air menjadi kecil yaitu sebesar 140,02 kJ/kg. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa perpindahan energi yang terjadi pada sistem AC dengan pemanas air lebih cenderung menurun, sehingga menghasilkan pendinginan yang lebih lama dibandingkan AC tanpa pemanas air dengan nilai efek refrigerasi AC dengan pemanas air pada variasi suhu 18°C ini lebih besar dibandingkan nilai efek refrigerasi pada variasi suhu 16°C.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan efek refrigerasi dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 20°C.

Tabel 4.45 Hasil Perhitungan Efek Refrigerasi

Waktu (Menit)	Efek Refrigerasi (kJ/kg)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	154,48	174,51
10	151,43	170,46
15	151,73	165,81
20	153,29	161,71
25	152,93	158,51
30	152,51	156,49
35	150,85	153,62
40	150,53	151,28
45	151,01	149,25
50	151,66	147,65
55	151,26	146,05
60	151,55	145,34



Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Efek Refrigerasi Pada Variasi Suhu 20°C

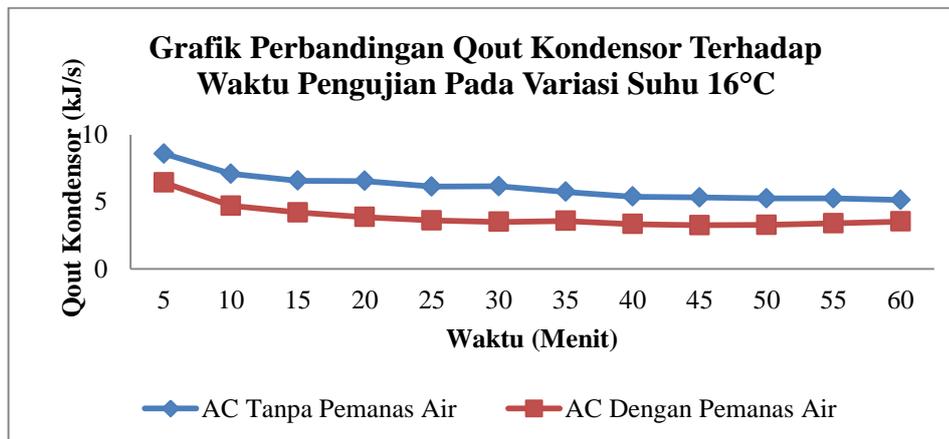
Pada gambar 4.12 terlihat penurunan nilai efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air, hal ini didapat dari nilai liquid yang masuk ke evaporator lebih kecil dari angka 151,55 kJ/kg. Maka didapatkan nilai efek refrigerasi AC dengan pemanas air menjadi kecil yaitu sebesar 145,34 kJ/kg. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa perpindahan energi yang terjadi pada sistem AC dengan pemanas air lebih cenderung menurun, sehingga menghasilkan pendinginan yang lebih lama dibandingkan AC tanpa pemanas air dengan nilai efek refrigerasi AC dengan pemanas air pada variasi suhu 20°C ini lebih besar dibandingkan nilai efek refrigerasi pada 2 variasi suhu sebelumnya.

4.2.3 Perbandingan Kalor Yang Dibuang Kondensor

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kalor yang dibuang kondensor dari AC dengan dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 16°C.

Tabel 4.46 Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibuang Kondensor

Waktu (Menit)	Kalor Yang Dibuang Kondensor (kJ/s)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	8,5869038	6,4225078
10	7,0791048	4,70719
15	6,5761686	4,2035582
20	6,951082	3,8611364
25	6,1339044	3,601942
30	6,1496368	3,4973232
35	5,7409642	3,5737835
40	5,3778186	3,3291448
45	5,3250329	3,254028
50	5,2517991	3,279111
55	5,2547958	3,394899
60	5,1256327	3,528095



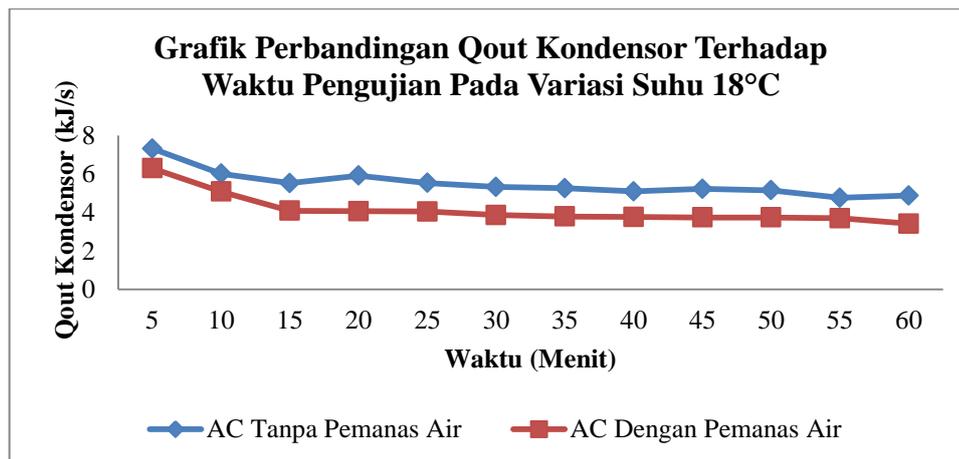
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa penurunan kalor yang dibuang oleh kondensor pada AC dengan pemanas air dalam waktu 60 menit sebesar 3,528 kJ/s, hal ini dikarenakan kalor tersebut diserap oleh air yang ada didalam tangki dan menghasilkan air panas dengan kapasitas 60 liter. Dimana nilai kalor yang dibuang oleh kondensor AC tanpa pemanas air sebesar 5,126 kJ/s, yang menunjukkan nilai tersebut lebih besar. Maka AC dengan pemanas air berhasil menyerap panas yang ada sebelum kalor tersebut dibuang oleh kondensor guna memanaskan air untuk keperluan mandi.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kalor yang dibuang kondensor dari AC dengan dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 18°C.

Tabel 4.47 Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibuang Kondensor

Waktu (Menit)	Kalor Yang Dibuang Kondensor (kJ/s)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	7,3110261	6,2881981
10	6,0088596	5,0831666
15	5,5240933	4,0851222
20	5,9080581	4,0611364
25	5,5315247	4,0449066
30	5,3215947	3,8671405
35	5,2526811	3,7892274
40	5,09361	3,7604085
45	5,2256848	3,7395345
50	5,1459078	3,7383446
55	4,75932	3,7007898
60	4,8713264	3,4129799



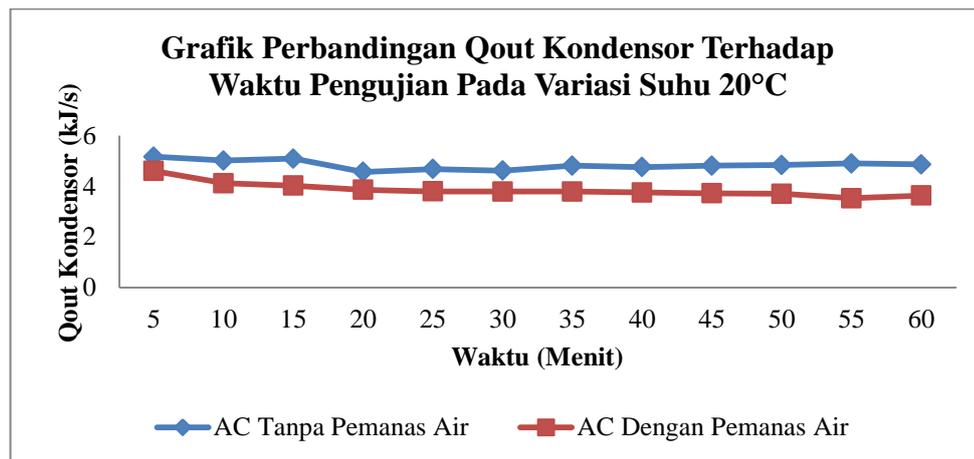
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.14 menunjukkan bahwa penurunan kalor yang dibuang oleh kondensor pada AC dengan pemanas air dalam waktu 60 menit sebesar 3,413 kJ/s, hal ini dikarenakan kalor tersebut diserap oleh air yang ada didalam tangki dan menghasilkan air panas dengan kapasitas 60 liter. Dimana nilai kalor yang dibuang oleh kondensor AC tanpa pemanas air sebesar 4,871 kJ/s, yang menunjukkan nilai tersebut lebih besar. Maka AC dengan pemanas air berhasil menyerap panas yang ada sebelum kalor tersebut dibuang oleh kondensor guna memanaskan air untuk keperluan mandi. Nilai kalor yang dibuang kondensor pada variasi suhu 18°C ini lebih rendah dibandingkan pada variasi suhu 16°C.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan kalor yang dibuang kondensor dari AC dengan dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 20°C.

Tabel 4.48 Hasil Perhitungan Kalor Yang Dibuang Kondensor

Waktu (Menit)	Kalor Yang Dibuang Kondensor (kJ/s)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	5,1584708	4,6029676
10	5,0099045	4,1165928
15	5,0861472	4,0243915
20	4,5652985	3,8586625
25	4,6748018	3,7966448
30	4,6125075	3,788961
35	4,8107769	3,7903829
40	4,7546601	3,752511
45	4,8069299	3,7226035
50	4,8347848	3,697824
55	4,8995456	3,5216035
60	4,86031494	3,6290702



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Qout Kondensor Pada Variasi Suhu 20°C

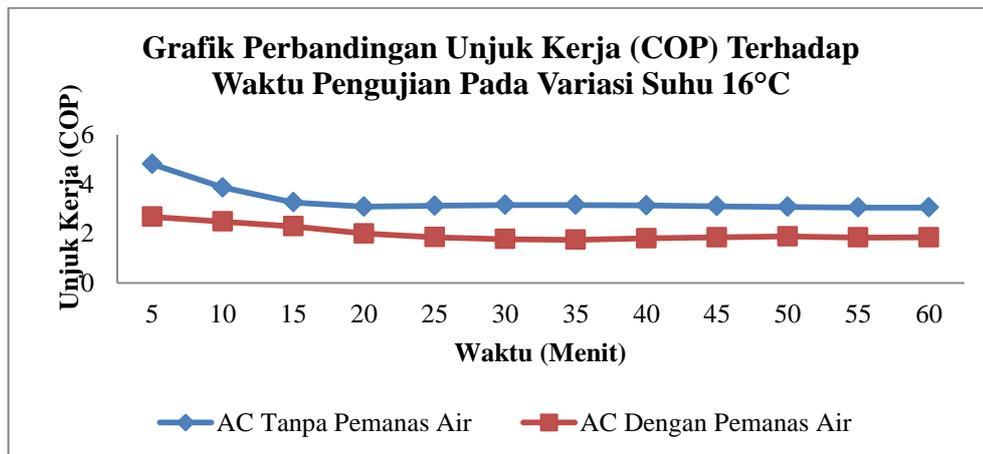
Pada gambar 4.15 menunjukkan bahwa penurunan kalor yang dibuang oleh kondensor pada AC dengan pemanas air dalam waktu 60 menit sebesar 3,629 kJ/s, hal ini dikarenakan kalor tersebut diserap oleh air yang ada didalam tangki dan menghasilkan air panas dengan kapasitas 60 liter. Dimana nilai kalor yang dibuang oleh kondensor AC tanpa pemanas air sebesar 4,860 kJ/s, yang menunjukkan nilai tersebut lebih besar. Maka AC dengan pemanas air berhasil menyerap panas yang ada sebelum kalor tersebut dibuang oleh kondensor guna memanaskan air untuk keperluan mandi. Nilai kalor yang dibuang kondensor pada variasi suhu 20°C ini lebih kecil dibandingkan 2 variasi suhu sebelumnya.

4.2.4 Perbandingan Unjuk Kerja (COP)

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan unjuk kerja (COP) dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 16°C.

Tabel 4.49 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP)

Waktu (Menit)	Unjuk Kerja (COP)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	4,811666	2,674961
10	3,859688	2,784052
15	3,258549	2,284198
20	3,084210	1,995669
25	3,123113	1,849156
30	3,151124	1,769144
35	3,153151	1,746438
40	3,135879	1,801054
45	3,104033	1,842489
50	3,072879	1,881532
55	3,052944	1,831962
60	3,052878	1,843098



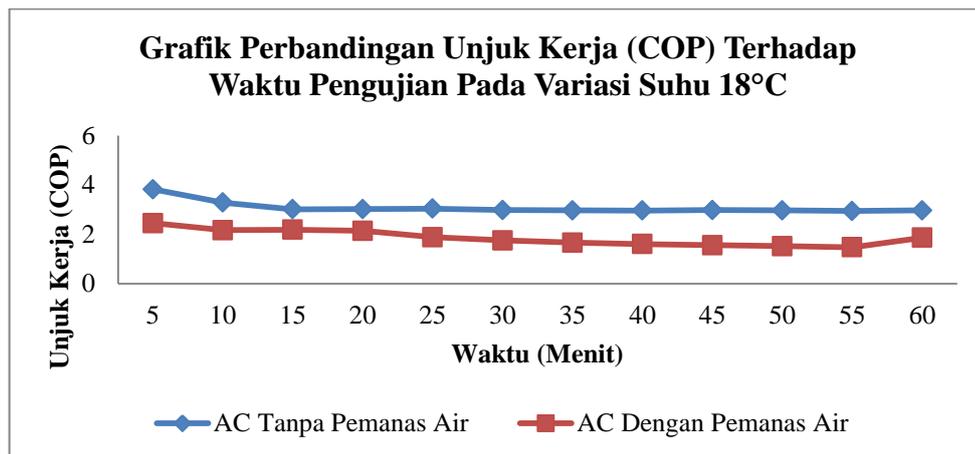
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.16 dapat dilihat bahwa unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air lebih rendah dari unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air. Unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air menunjukkan angka 3,053 sedangkan pada AC dengan pemanas air menunjukkan angka 1,843. Hal ini disebabkan oleh efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air yang lebih cenderung menurun dengan kerja kompresi yang lebih besar.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan unjuk kerja (COP) dari AC dengan dan tanpa pemanas air variasi suhu AC 18°C.

Tabel 4.50 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP)

Waktu (Menit)	Unjuk Kerja (COP)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	3,819696	2,447845
10	3,284052	2,161849
15	3,013927	2,182079
20	3,017698	2,138510
25	3,037339	1,881204
30	2,979081	1,750364
35	2,966732	1,661461
40	2,956767	1,603041
45	2,977917	1,554754
50	2,968516	1,514612
55	2,941947	1,471831
60	2,964415	1,858435



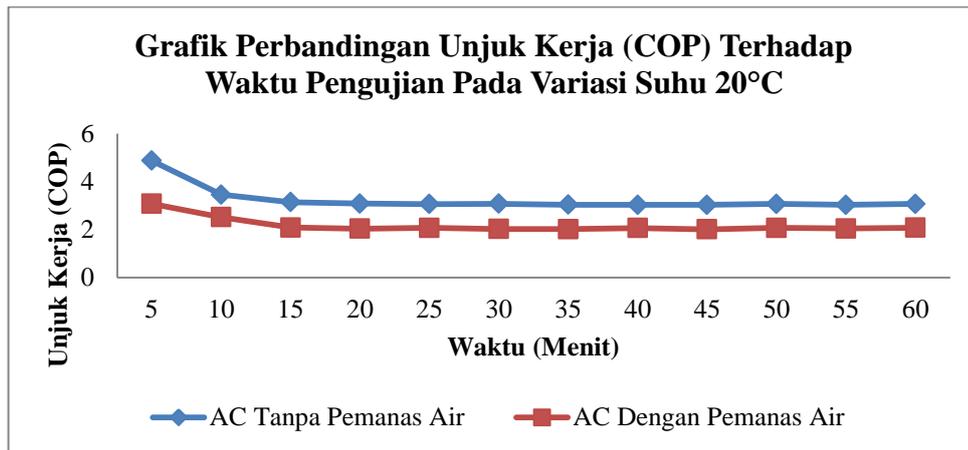
Gambar 4.17 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.17 dapat dilihat bahwa unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air lebih rendah dari unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air. Unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air menunjukkan angka 2,964 sedangkan pada AC dengan pemanas air menunjukkan angka 1,858. Hal ini disebabkan oleh efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air yang lebih cenderung menurun dengan kerja kompresi yang lebih besar. Nilai unjuk kerja (COP) pada variasi suhu 18°C ini lebih kecil dibandingkan nilai unjuk kerja (COP) pada variasi suhu 16°C.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan unjuk kerja (COP) dari AC dengan dan tanpa pemanas air variasi suhu AC 20°C.

Tabel 4.51 Hasil Perhitungan Unjuk Kerja (COP)

Waktu (Menit)	Unjuk Kerja (COP)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	4,866423	3,077451
10	3,452772	2,513809
15	3,138819	2,086654
20	3,082823	2,037766
25	3,060269	2,068584
30	3,074276	2,022653
35	3,034330	2,016209
40	3,027761	2,062670
45	3,025869	2,010195
50	3,065864	2,073184
55	3,029037	2,047205
60	3,071192	2,080519



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Unjuk Kerja (COP) Pada Variasi Suhu 20°C

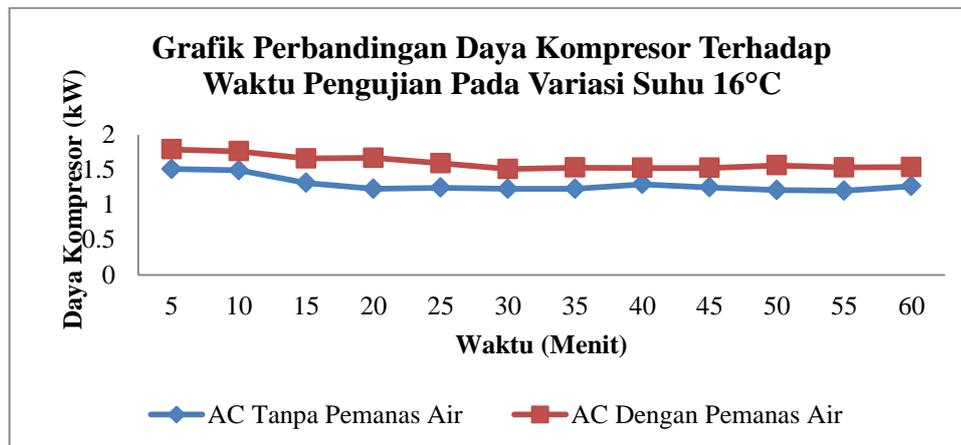
Pada gambar 4.18 dapat dilihat bahwa unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air lebih rendah dari unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air. Unjuk kerja (COP) pada AC tanpa pemanas air menunjukkan angka 3,071 sedangkan pada AC dengan pemanas air menunjukkan angka 2,081. Hal ini disebabkan oleh efek refrigerasi pada AC dengan pemanas air yang lebih cenderung menurun dengan kerja kompresi yang lebih besar. Nilai unjuk kerja (COP) pada variasi suhu 20°C ini lebih besar dibandingkan nilai unjuk kerja (COP) pada 2 variasi suhu sebelumnya yaitu 16°C dan 18°C.

4.2.5 Perbandingan Daya Kompresor

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan daya kompresor dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 16°C.

Tabel 4.52 Hasil Perhitungan Daya Kompresor

Waktu (Menit)	Daya Kompresor (kW)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	1,509744	1,7901
10	1,491678	1,7623925
15	1,312548	1,6604935
20	1,2265075	1,67005
25	1,24287	1,59249
30	1,2274	1,50983
35	1,227287	1,529465
40	1,292986	1,526405
45	1,2470425	1,52564
50	1,2098475	1,56236
55	1,2009225	1,531448
60	1,265225	1,53748



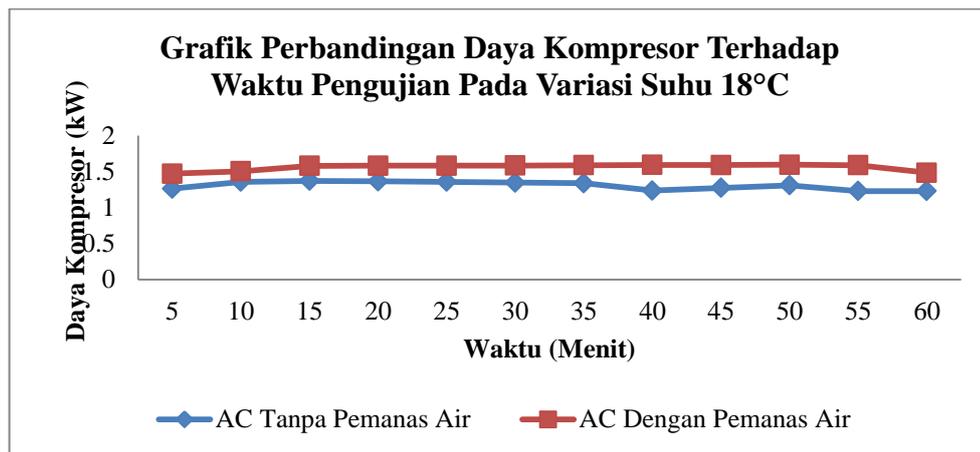
Gambar 4.19 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 16°C

Pada gambar 4.19 dimana dalam waktu operasional 60 menit daya kompresor AC dengan pemanas air lebih besar dengan nilai 1,54 kW dibandingkan AC tanpa pemanas air sebesar 1,27 kW, maka dapat dipastikan terdapat kenaikan nilai daya kompresor yang kecil pada saat AC dengan pemanas air digunakan lebih dari 60 menit. Melihat dari hasil perhitungan secara termodinamika maka terdapat sebuah nilai yang sangat dibutuhkan dalam aplikasinya adalah dengan melihat daya kompresor, hal ini sangat dibutuhkan dalam operasional kerja alat tersebut digunakan dirumah.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan daya kompresor dari AC dengan dan tanpa pemanas air pada variasi suhu AC 18°C.

Tabel 4.53 Hasil Perhitungan Daya Kompresor

Waktu (Menit)	Daya Kompresor (kW)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	1,261684	1,471248
10	1,3562975	1,503276
15	1,3711725	1,5793
20	1,363304	1,5803625
25	1,3562975	1,5812125
30	1,3455875	1,5824875
35	1,3372575	1,5875875
40	1,235096	1,5922625
45	1,273022	1,589925
50	1,3086975	1,59375
55	1,229605	1,588225
60	1,22944	1,48444



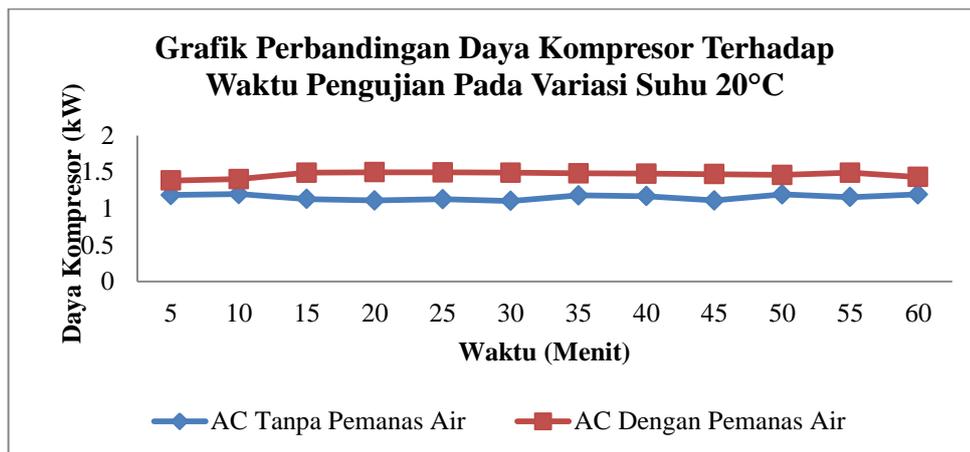
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 18°C

Pada gambar 4.20 dimana dalam waktu operasional 60 menit daya kompresor AC dengan pemanas air lebih besar dengan nilai 1,48 kW dibandingkan AC tanpa pemanas air sebesar 1,23 kW, maka dapat dipastikan terdapat kenaikan nilai daya kompresor yang kecil pada saat AC dengan pemanas air digunakan lebih dari 60 menit. Melihat dari hasil perhitungan secara termodinamika maka terdapat sebuah nilai yang sangat dibutuhkan dalam aplikasinya adalah dengan melihat daya kompresor, hal ini sangat dibutuhkan dalam operasional kerja alat tersebut digunakan dirumah. Daya kompresor pada variasi suhu 18°C ini lebih kecil dibandingkan daya pada variasi suhu 16°C.

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik perbandingan daya kompresor dari AC dengan pemanas air dan tanpa pemanas air pada variasi suhu 20°C.

Tabel 4.54 Hasil Perhitungan Daya Kompresor

Waktu (Menit)	Daya Kompresor (kW)	
	AC Tanpa Pemanas Air	AC Dengan Pemanas Air
5	1,183966	1,3831625
10	1,19723	1,404081
15	1,1296875	1,489608
20	1,109953	1,496952
25	1,1285655	1,495932
30	1,1044425	1,49124
35	1,179608	1,48206
40	1,169782	1,477572
45	1,110288	1,46982
50	1,193152	1,460436
55	1,1567575	1,4913735
60	1,194165	1,43208



Gambar 4.21 Grafik Perbandingan Daya Kompresor Pada Variasi Suhu 20°C

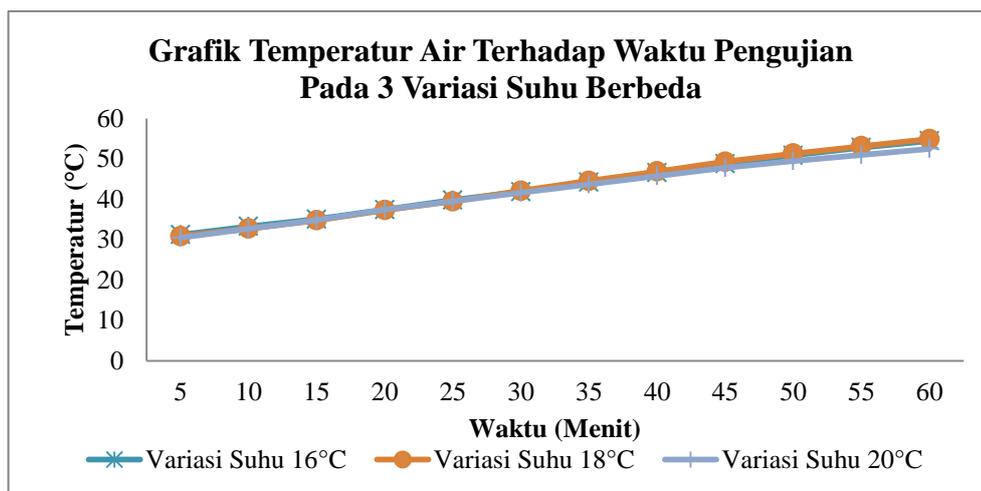
Pada gambar 4.21 dimana dalam waktu operasional 60 menit daya kompresor AC dengan pemanas air lebih besar dengan nilai 1,43 kW dibandingkan AC tanpa pemanas air sebesar 1,19 kW, maka dapat dipastikan terdapat kenaikan nilai daya kompresor yang kecil pada saat AC dengan pemanas air digunakan lebih dari 60 menit. Melihat dari hasil perhitungan secara termodinamika maka terdapat sebuah nilai yang sangat dibutuhkan dalam aplikasinya adalah dengan melihat daya kompresor, hal ini sangat dibutuhkan dalam operasional kerja alat tersebut digunakan dirumah. Daya kompresor pada variasi suhu 20°C ini lebih rendah dibandingkan 2 variasi suhu sebelumnya.

4.2.6 Temperatur Air Yang Diperoleh AC Dengan Pemanas Air

Dibawah ini merupakan tabel dan grafik temperatur air yang diperoleh pada saat operasional dari sistem AC dengan pemanas air pada 3 variasi suhu berbeda.

Tabel 4.55 Temperatur Air Yang Diperoleh AC Dengan Pemanas Air

Waktu (Menit)	Temperatur (°C)		
	Variasi Suhu 16°C	Variasi Suhu 18°C	Variasi Suhu 20°C
5	31,25	30,87	30,50
10	33,31	32,75	32,69
15	35,06	34,81	34,88
20	37,44	37,31	37,44
25	39,81	39,50	39,50
30	41,88	42,13	41,69
35	44,19	44,56	43,75
40	46,63	46,88	45,81
45	48,81	49,31	47,81
50	50,88	51,31	49,50
55	52,81	53,13	51,00
60	54,50	54,94	52,50



Gambar 4.22 Grafik Temperatur Air Pada 3 Variasi Suhu Berbeda

Pada gambar 4.22 dapat dilihat bahwa temperatur air pada variasi suhu 16°C menit ke-5 mencapai 31,25°C dan menit ke-60 mencapai 54,50°C. Pada variasi suhu 18°C menit ke-5 mencapai 30,87°C dan pada menit ke-60 mencapai 54,94°C. Pada variasi suhu 20°C menit ke-5 mencapai 30,50°C dan pada menit ke-60 mencapai 52,50°C. Hal ini berhubungan dengan temperatur air yang berada didalam tangki terhadap waktu beroperasi sistem AC adalah berbanding lurus, semakin lama AC dengan pemanas air beroperasi maka temperatur air yang diperoleh akan semakin meningkat.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian, pengolahan data, analisis grafik dan pembahasan diperoleh kesimpulan dari 3 variasi suhu berbeda, yaitu sebagai berikut:

1. Unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air cenderung mengalami penurunan pada menit ke-5 sampai menit ke-25, sedangkan pada menit ke-30 sampai menit ke-60 unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air mulai stabil. Jadi semakin lama AC dengan pemanas air beroperasi maka akan berpengaruh pada kinerja AC tersebut.
2. Terdapat perbedaan pada AC dengan pemanas air dari AC tanpa pemanas air yaitu, kenaikan kerja kompresi yang tinggi, penurunan efek refrigerasi, penurunan kalor yang dibuang oleh kondensor dan naiknya daya kompresor.
3. Pada pengujian mesin pengkondisian udara (AC), maka diperoleh rata-rata nilai unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air ini sebesar 1,927. Sedangkan nilai rata-rata unjuk kerja (COP) dari AC tanpa pemanas air sebesar 3,029. Yang berarti bahwa unjuk kerja (COP) pada AC dengan pemanas air lebih kecil dari AC tanpa pemanas air. Nilai unjuk kerja (COP) tertinggi didapat pada variasi suhu 20°C baik untuk AC dengan pemanas air maupun AC tanpa pemanas air.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan selama menyelesaikan tugas akhir ini diantaranya, untuk pengembangan penelitian berikutnya menggunakan alat penukar kalor tipe yang berbeda, dan berhati-hati dalam meletakkan sensor suhu di titik-titik pengukuran pada saat pengujian, perlu diperhatikan karena sensor suhu sangat sensitif, serta melakukan pengujian diruangan tertutup dan melakukan record data pada saat mesin benar-benar dalam kondisi stabil agar data-data yang didapatkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., Saito. H. (1981), “Penyegaran Udara”, *Pradya 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
- Hendradinata., Irawan, F., Kesuma, AP., (2018) “Rancang Bangun Water Heater Dengan Memanfaatkan Panas Air Conditioning”. *Jurnal PETRA*. Vol.5 No.2. Juli. ISSN:2460-8408
- Holman, J.P., (2010): “Perpindahan Kalor”. *Erlangga*. Jakarta.
- Konrad, F., Sigit. P., Sri. PS., (2015) “Pemanfaatan Energi Panas Pada Mesin Pengkondisian Udara 2 PK Sebagai Media Pemanas Air Mandi”. *Jurnal Mechanical* Vol.6. No.1.
- Muhsin Z, Djuanda, A., Ramli., Munandar., “Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin Hibrid dengan Menggunakan Refrigeran R-22”. *Jurnal Teknik Mesin*. Universitas Negeri Makassar.
- Pattiwat. AS., and Andhare. AM. (2015). “Design and Thermal Evaluation of Shell and Helical Coil Heat Exchanger”. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. eISSN: 2319-1163. pISSN: 2321-7308
- Rosadi, I., Wibowo, A., Farid, A., (2014) “Analisa Waktu Simpan Air Pada Tabung Water Heater Terhadap Kinerja AC Split 1 PK”. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol.8 No.1 April. Universitas Pancasakti, Tegal.
- Sitompul, Tunggul M. (2008). “Alat Penukar Kalor” (Heat Exchanger). Jakarta: *Raja Grafindo Persada*.
- Thermodynamic Properties of DuPont™ Freon® 22 (R-22)., *National Institute of Standards and Technology*, USA. (1998)

LAMPIRAN

Tabel Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T ₁)	Temperatur Kompresor (T ₂)	Temperatur Air (T _{Air})	Temperatur Kondensor (T ₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	20	16,2	29,37	29,94	28,94	234	7,4
5	32	16,5	60,13	31,25	30,94	235	7,7
10	37	17,9	77,81	33,31	33,5	236	7,7
15	42	16,7	90,69	35,06	36,38	234	7,9
20	47	15,7	98,94	37,44	39,69	233	7,8
25	50	16,9	103,5	39,81	42,5	235	7,6
30	55	17,5	105,44	41,88	44,88	232	7,4
35	63	15,8	106	44,19	47,19	233	7,5
40	68	14,2	106,87	46,63	49,25	234	7,3
45	73	14,1	107,81	48,81	51,06	236	7,2
50	75	13,9	108,37	50,88	52,63	237	7,4
55	77	14,0	108,87	52,81	54,06	238	7,4
60	80	14,2	109,37	54,50	55,5	238	7,6

Tabel Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T ₁)	Temperatur Kompresor (T ₂)	Temperatur Air (T _{Air})	Temperatur Kondensor (T ₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	24	18,4	30,69	29,94	29,44	231	7,4
5	30	18,7	51,25	30,87	30,81	233	7,4
10	37	19,0	70,62	32,75	33	234	7,4
15	42	19,9	86,5	34,81	35,88	232	7,5
20	50	18,2	97,62	37,31	39,06	235	7,5
25	56	18,0	104	39,50	42,56	236	7,5
30	63	17,9	107,25	42,13	45,19	236	7,5
35	68	16,9	108,56	44,56	47,56	237	7,5
40	71	16,8	109,31	46,88	49,56	239	7,5
45	75	17,3	109,31	49,31	51,31	238	7,5
50	77	17,8	109,25	51,31	52,81	235	7,5
55	80	17,5	109,37	53,13	54,25	237	7,5
60	82	17,3	109,62	54,94	55,38	236	7,4

Tabel Data Pengujian AC Dengan Pemanas Air Pada Variasi Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T ₁)	Temperatur Kompresor (T ₂)	Temperatur Air (T _{Air})	Temperatur Kondensor (T ₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	24	20,0	32,19	28,81	29,56	232	7,2
5	39	20,3	85,75	30,50	30,5	231	7,3
10	43	19,7	95,25	32,69	33,5	233	7,3
15	48	19,1	101,25	34,88	36,94	233	7,4
20	52	18,7	104,25	37,44	40	235	7,4
25	57	18,2	104,75	39,50	42,25	234	7,4
30	62	19,3	104,25	41,69	44	232	7,4
35	66	19,0	103,62	43,75	46,06	231	7,4
40	69	18,2	103,62	45,81	47,56	233	7,4
45	71	17,6	103,44	47,81	48,88	234	7,4
50	73	16,9	103,25	49,50	49,94	233	7,4
55	75	17,4	103,31	51,00	51,19	234	7,3
60	77	17,9	103,44	52,50	51,81	234	7,2

Tabel Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 16°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T ₁)	Temperatur Kompresor (T ₂)	Temperatur Kondensor (T ₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	76	16,9	29,87	32,7	220	6,1
5	88	17,4	56,50	38,9	220	6,2
10	98	18,3	66,06	45,5	222	6,3
15	99	17,5	75,62	45,2	221	6,4
20	98	15,7	78,31	44,8	223	6,5
25	97	15,9	77,50	44,9	224	6,5
30	98	16,1	76,94	45,1	226	6,5
35	98	16,4	76,81	45,6	225	6,4
40	98	16,6	77,10	45,9	227	6,6
45	99	16,8	77,69	46,4	226	6,9
50	99	16,9	78,12	46,9	228	6,5
55	100	16,3	78,40	46,7	229	6,5
60	100	15,9	78,25	46,5	229	6,5

Tabel Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 18°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T ₁)	Temperatur Kompresor (T ₂)	Temperatur Kondensor (T ₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	84	16,1	29,76	38,1	223	6,4
5	99	16,6	67,31	42,5	223	6,4
10	100	17,6	75,50	47,6	224	6,5
15	101	17,9	79,87	47,3	224	6,5
20	101	18,2	80,31	46,8	225	6,6
25	101	17,7	79,81	46,6	221	6,5
30	101	17,3	80,44	47,1	222	6,5
35	101	17,4	80,50	47,5	223	6,5
40	102	17,5	80,37	47,8	224	6,4
45	102	17,3	80,56	47,2	226	6,5
50	102	17,1	80,81	46,9	225	6,5
55	102	16,9	81,44	46,7	226	6,4
60	102	16,8	80,94	46,4	226	6,4

Tabel Data Pengujian AC Tanpa Pemanas Air Pada Variasi Suhu 20°C

Waktu (Menit)	Tekanan (P)	Temperatur Evaporator (T₁)	Temperatur Kompresor (T₂)	Temperatur Kondensor (T₃)	Tegangan (V)	Arus (I)
0	81	16,9	29,62	36,2	220	6,3
5	94	17,7	54,50	45,1	222	6,3
10	101	18,9	71,81	47,6	221	6,4
15	101	18,5	77,62	47,3	224	6,3
20	101	18,1	79,25	46,1	223	6,4
25	101	18,3	79,69	46,4	221	6,3
30	101	18,5	79,19	46,7	225	6,3
35	101	17,9	79,20	47,8	226	6,4
40	101	17,3	78,94	47,9	224	6,4
45	101	17,5	79,25	47,6	225	6,2
50	101	17,8	78,69	47,2	223	6,2
55	101	17,4	79,19	47,4	222	6,3
60	101	17,9	78,56	47,3	223	6,3

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	407.9	1.034	1.738	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	1.729	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	241.9	173.3	415.1	1.142	1.706	34
35	1355.0	0.0009	0.0172	1150.0	57.960	243.1	172.2	415.3	1.146	1.705	35
36	1389.0	0.0009	0.0168	1146.0	59.500	244.4	171.1	415.5	1.150	1.704	36
37	1424.0	0.0009	0.0164	1142.0	61.100	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 m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/kg-K Saturation Properties in ()

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	40 ^o			42 ^o			45 ^o			47 ^o			
	(-5.56°C)			(-4.78°C)			(-3.08°C)			(-1.44°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0582)	(402.6)	(1.760)	(0.0549)	(403.2)	(1.758)	(0.0520)	(403.9)	(1.755)	(0.0493)	(404.5)	(1.753)	
-5	0.0587	403.7	1.765	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5
0	0.0602	407.2	1.778	0.0563	400.7	1.770	0.0528	406.1	1.763	0.0497	405.9	1.757	0
5	0.0616	410.7	1.790	0.0577	410.2	1.783	0.0542	409.7	1.775	0.0510	409.2	1.770	5
10	0.0631	414.3	1.803	0.0591	413.8	1.796	0.0555	413.3	1.789	0.0523	412.8	1.783	10
15	0.0645	417.8	1.815	0.0604	417.3	1.808	0.0568	416.9	1.802	0.0535	416.4	1.795	15
20	0.0660	421.3	1.827	0.0618	420.9	1.821	0.0581	420.5	1.814	0.0548	420.0	1.808	20
25	0.0674	424.8	1.839	0.0631	424.4	1.833	0.0594	424.0	1.826	0.0560	423.6	1.820	25
30	0.0688	428.4	1.851	0.0644	428.0	1.844	0.0606	427.6	1.838	0.0572	427.2	1.832	30
35	0.0701	431.9	1.863	0.0658	431.5	1.855	0.0619	431.2	1.850	0.0584	430.8	1.844	35
40	0.0715	435.4	1.874	0.0671	435.1	1.868	0.0631	434.8	1.861	0.0596	434.4	1.855	40
45	0.0728	439.0	1.885	0.0683	438.7	1.879	0.0642	438.4	1.873	0.0607	438.0	1.867	45
50	0.0742	442.6	1.897	0.0696	442.3	1.890	0.0655	442.0	1.884	0.0619	441.6	1.878	50
55	0.0755	446.2	1.908	0.0709	445.9	1.901	0.0667	445.5	1.895	0.0630	445.3	1.889	55
60	0.0769	449.8	1.919	0.0721	449.5	1.912	0.0679	449.2	1.906	0.0642	448.9	1.900	60
65	0.0782	453.4	1.929	0.0734	453.1	1.923	0.0691	452.9	1.917	0.0653	452.6	1.911	65
70	0.0795	457.1	1.940	0.0745	456.8	1.934	0.0703	456.5	1.928	0.0665	456.3	1.922	70
75	0.0808	460.7	1.951	0.0759	460.5	1.944	0.0715	460.2	1.938	0.0676	460.0	1.933	75
80	0.0821	464.4	1.961	0.0771	464.2	1.955	0.0727	463.9	1.949	0.0687	463.7	1.943	80
85	0.0834	468.1	1.972	0.0783	467.9	1.965	0.0738	467.6	1.959	0.0698	467.4	1.954	85
90	0.0847	471.8	1.982	0.0796	471.6	1.976	0.0750	471.4	1.970	0.0709	471.1	1.964	90
95	0.0860	475.6	1.992	0.0808	475.4	1.986	0.0762	475.1	1.980	0.0720	474.9	1.974	95
100	0.0873	479.3	2.002	0.0820	479.1	1.996	0.0773	478.9	1.990	0.0731	478.7	1.985	100
105	0.0886	483.1	2.012	0.0832	482.9	2.006	0.0785	482.7	2.000	0.0742	482.5	1.995	105
110	0.0898	486.9	2.022	0.0844	486.7	2.016	0.0796	486.5	2.010	0.0753	486.3	2.005	110
115	0.0911	490.8	2.032	0.0856	490.6	2.026	0.0807	490.4	2.020	0.0764	490.2	2.015	115
120	0.0924	494.6	2.042	0.0868	494.4	2.036	0.0819	494.2	2.030	0.0775	494.0	2.025	120
125	0.0937	498.5	2.052	0.0880	498.3	2.046	0.0830	498.1	2.040	0.0785	497.9	2.034	125
130	0.0949	502.4	2.062	0.0892	502.2	2.055	0.0842	502.0	2.050	0.0796	501.8	2.044	130
135	0.0962	506.3	2.071	0.0904	506.1	2.065	0.0853	505.9	2.059	0.0807	505.8	2.054	135
140	0.0975	510.2	2.081	0.0916	510.0	2.075	0.0864	509.9	2.069	0.0818	509.7	2.063	140
145	0.0987	514.2	2.090	0.0928	514.0	2.084	0.0875	513.8	2.078	0.0828	513.7	2.073	145

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	500			525			550			575			
	(+0.12°C)			(+1.63°C)			(+3.09°C)			(+4.50°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0469)	(405.1)	(1.750)	(0.0448)	(405.6)	(1.748)	(0.0428)	(406.2)	(1.746)	(0.0410)	(406.7)	(1.744)	
5	0.0482	408.7	1.761	0.0456	408.1	1.757	0.0432	407.8	1.751	0.0411	407.1	1.746	5
10	0.0494	412.3	1.777	0.0466	411.8	1.771	0.0444	411.3	1.765	0.0422	410.8	1.759	10
15	0.0506	416.0	1.789	0.0479	415.5	1.783	0.0455	415.0	1.778	0.0433	414.6	1.772	15
20	0.0518	419.6	1.802	0.0491	419.2	1.796	0.0466	418.7	1.790	0.0444	418.3	1.785	20
25	0.0530	423.2	1.814	0.0502	422.8	1.808	0.0477	422.4	1.803	0.0454	422.0	1.797	25
30	0.0541	426.8	1.826	0.0513	426.4	1.820	0.0488	426.0	1.815	0.0465	425.6	1.810	30
35	0.0553	430.4	1.838	0.0524	430.1	1.832	0.0498	429.7	1.827	0.0475	429.3	1.822	35
40	0.0564	434.1	1.849	0.0535	433.7	1.844	0.0509	433.4	1.839	0.0485	433.0	1.834	40
45	0.0575	437.7	1.861	0.0546	437.4	1.855	0.0519	437.0	1.850	0.0495	436.7	1.845	45
50	0.0586	441.3	1.872	0.0557	441.0	1.867	0.0530	440.7	1.862	0.0505	440.4	1.857	50
55	0.0597	445.0	1.884	0.0567	444.7	1.878	0.0540	444.4	1.873	0.0515	444.0	1.868	55
60	0.0608	448.6	1.895	0.0578	448.3	1.889	0.0550	448.0	1.884	0.0524	447.7	1.879	60
65	0.0619	452.3	1.906	0.0588	452.0	1.900	0.0560	451.7	1.895	0.0534	451.5	1.890	65
70	0.0630	456.0	1.916	0.0598	455.7	1.911	0.0570	455.5	1.906	0.0543	455.2	1.901	70
75	0.0640	459.7	1.927	0.0609	459.4	1.922	0.0579	459.2	1.917	0.0553	458.9	1.912	75
80	0.0651	463.4	1.938	0.0619	463.2	1.932	0.0589	462.9	1.927	0.0562	462.7	1.923	80
85	0.0662	467.2	1.948	0.0629	466.9	1.943	0.0599	466.7	1.938	0.0572	466.4	1.933	85
90	0.0672	470.9	1.959	0.0639	470.7	1.953	0.0609	470.5	1.949	0.0581	470.2	1.944	90
95	0.0683	474.7	1.969	0.0649	474.5	1.964	0.0618	474.2	1.959	0.0590	474.0	1.954	95
100	0.0693	478.5	1.979	0.0659	478.3	1.974	0.0628	478.0	1.969	0.0600	477.8	1.964	100
105	0.0704	482.3	1.989	0.0669	482.1	1.984	0.0638	481.9	1.979	0.0609	481.7	1.975	105
110	0.0714	486.1	1.999	0.0679	485.9	1.994	0.0647	485.7	1.989	0.0618	485.5	1.985	110
115	0.0724	490.0	2.009	0.0689	489.7	2.004	0.0657	489.6	1.999	0.0627	489.4	1.995	115
120	0.0735	493.8	2.019	0.0699	493.7	2.014	0.0666	493.5	2.009	0.0636	493.3	2.005	120
125	0.0745	497.7	2.029	0.0709	497.6	2.024	0.0675	497.4	2.019	0.0645	497.2	2.015	125
130	0.0755	501.7	2.039	0.0718	501.5	2.034	0.0685	501.3	2.029	0.0654	501.1	2.024	130
135	0.0766	505.6	2.049	0.0728	505.4	2.044	0.0694	505.2	2.039	0.0663	505.1	2.034	135
140	0.0776	509.5	2.058	0.0738	509.4	2.053	0.0704	509.2	2.048	0.0672	509.0	2.044	140
145	0.0786	513.5	2.068	0.0748	513.3	2.063	0.0713	513.2	2.063	0.0681	513.0	2.053	145
150	0.0796	517.5	2.077	0.0757	517.3	2.072	0.0722	517.2	2.068	0.0690	517.0	2.063	150
155	0.0806	521.5	2.087	0.0767	521.4	2.082	0.0731	521.2	2.077	0.0699	521.0	2.072	155

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	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	248.2	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	67.950	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 m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/kg·K Saturation Properties in ()

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	400			425			450			475			
	(-6.56°C)			(-4.78°C)			(-3.08°C)			(-1.44°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0582)	(402.6)	(1.760)	(0.0549)	(403.2)	(1.758)	(0.0520)	(403.9)	(1.755)	(0.0493)	(404.5)	(1.753)	
-5	0.0587	403.7	1.765	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5
0	0.0602	407.2	1.778	0.0583	406.7	1.770	0.0528	406.1	1.763	0.0497	405.6	1.757	0
5	0.0616	410.7	1.790	0.0577	410.2	1.783	0.0542	409.7	1.776	0.0510	409.2	1.770	5
10	0.0631	414.3	1.803	0.0591	413.8	1.796	0.0555	413.3	1.789	0.0523	412.8	1.783	10
15	0.0645	417.8	1.815	0.0604	417.3	1.808	0.0568	416.9	1.802	0.0535	416.4	1.795	15
20	0.0660	421.3	1.827	0.0618	420.9	1.821	0.0581	420.5	1.814	0.0548	420.0	1.808	20
25	0.0674	424.8	1.839	0.0631	424.4	1.833	0.0594	424.0	1.826	0.0560	423.6	1.820	25
30	0.0688	428.4	1.851	0.0644	428.0	1.844	0.0606	427.6	1.838	0.0572	427.2	1.832	30
35	0.0701	431.9	1.863	0.0658	431.5	1.856	0.0619	431.2	1.850	0.0584	430.8	1.844	35
40	0.0715	435.4	1.874	0.0671	435.1	1.868	0.0631	434.8	1.861	0.0596	434.4	1.855	40
45	0.0728	439.0	1.885	0.0683	438.7	1.879	0.0643	438.4	1.873	0.0607	438.0	1.867	45
50	0.0742	442.6	1.897	0.0696	442.3	1.890	0.0655	442.0	1.884	0.0619	441.6	1.878	50
55	0.0755	446.2	1.908	0.0709	445.9	1.901	0.0667	445.6	1.895	0.0630	445.3	1.889	55
60	0.0769	449.8	1.919	0.0721	449.5	1.912	0.0679	449.2	1.906	0.0642	448.9	1.900	60
65	0.0782	453.4	1.929	0.0734	453.1	1.923	0.0691	452.9	1.917	0.0653	452.6	1.911	65
70	0.0795	457.1	1.940	0.0746	456.8	1.934	0.0703	456.5	1.928	0.0665	456.3	1.922	70
75	0.0808	460.7	1.951	0.0759	460.5	1.944	0.0715	460.2	1.938	0.0676	460.0	1.933	75
80	0.0821	464.4	1.961	0.0771	464.2	1.955	0.0727	463.9	1.949	0.0687	463.7	1.943	80
85	0.0834	468.1	1.972	0.0783	467.9	1.965	0.0738	467.6	1.959	0.0698	467.4	1.954	85
90	0.0847	471.8	1.982	0.0796	471.6	1.976	0.0750	471.4	1.970	0.0709	471.1	1.964	90
95	0.0860	475.6	1.992	0.0808	475.4	1.986	0.0762	475.1	1.980	0.0720	474.9	1.974	95
100	0.0873	479.3	2.002	0.0820	479.1	1.996	0.0773	478.9	1.990	0.0731	478.7	1.985	100
105	0.0886	483.1	2.012	0.0832	482.9	2.006	0.0785	482.7	2.000	0.0742	482.5	1.995	105
110	0.0898	486.9	2.022	0.0844	486.7	2.016	0.0796	486.5	2.010	0.0753	486.3	2.005	110
115	0.0911	490.6	2.032	0.0856	490.6	2.026	0.0807	490.4	2.020	0.0764	490.2	2.015	115
120	0.0924	494.4	2.042	0.0868	494.4	2.036	0.0819	494.2	2.030	0.0775	494.0	2.025	120
125	0.0937	498.5	2.052	0.0880	498.3	2.046	0.0830	498.1	2.040	0.0785	497.9	2.034	125
130	0.0949	502.4	2.062	0.0892	502.2	2.055	0.0842	502.0	2.050	0.0796	501.8	2.044	130
135	0.0962	506.3	2.071	0.0904	506.1	2.065	0.0853	505.9	2.059	0.0807	505.8	2.054	135
140	0.0975	510.2	2.081	0.0916	510.0	2.075	0.0864	509.9	2.069	0.0818	509.7	2.063	140
145	0.0987	514.2	2.090	0.0928	514.0	2.084	0.0875	513.9	2.078	0.0828	513.7	2.073	145

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	500			525			550			575			
	(+0.12°C)			(+1.63°C)			(+3.09°C)			(+4.50°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0469)	(405.1)	(1.750)	(0.0448)	(405.6)	(1.748)	(0.0428)	(406.2)	(1.746)	(0.0410)	(406.7)	(1.744)	
5	0.0462	408.7	1.754	0.0456	408.1	1.757	0.0432	407.6	1.751	0.0411	407.1	1.746	5
10	0.0484	412.3	1.777	0.0468	411.8	1.771	0.0444	411.3	1.765	0.0422	410.8	1.759	10
15	0.0508	416.0	1.798	0.0479	415.5	1.783	0.0455	415.0	1.778	0.0433	414.6	1.772	15
20	0.0531	419.6	1.807	0.0491	419.2	1.796	0.0466	418.7	1.790	0.0444	418.3	1.785	20
25	0.0550	423.2	1.814	0.0502	422.8	1.800	0.0477	422.4	1.803	0.0454	422.0	1.797	25
30	0.0564	426.8	1.826	0.0513	426.4	1.820	0.0488	426.0	1.815	0.0465	425.6	1.810	30
35	0.0553	430.4	1.838	0.0524	430.1	1.832	0.0498	429.7	1.827	0.0475	429.3	1.822	35
40	0.0564	434.1	1.849	0.0535	433.7	1.844	0.0509	433.4	1.839	0.0485	433.0	1.834	40
45	0.0575	437.7	1.861	0.0546	437.4	1.855	0.0519	437.0	1.850	0.0495	436.7	1.845	45
50	0.0586	441.3	1.872	0.0557	441.0	1.867	0.0530	440.7	1.862	0.0505	440.4	1.857	50
55	0.0597	445.0	1.884	0.0567	444.7	1.878	0.0540	444.4	1.873	0.0515	444.0	1.868	55
60	0.0608	448.8	1.895	0.0578	448.3	1.889	0.0550	448.0	1.884	0.0524	447.7	1.879	60
65	0.0619	452.3	1.906	0.0588	452.0	1.900	0.0560	451.7	1.895	0.0534	451.5	1.890	65
70	0.0630	456.0	1.916	0.0598	455.7	1.911	0.0570	455.5	1.906	0.0543	455.2	1.901	70
75	0.0640	459.7	1.927	0.0609	459.4	1.922	0.0579	459.2	1.917	0.0553	459.0	1.912	75
80	0.0651	463.4	1.938	0.0619	463.2	1.932	0.0589	462.9	1.927	0.0562	462.7	1.923	80
85	0.0662	467.2	1.948	0.0629	466.9	1.943	0.0599	466.7	1.938	0.0572	466.4	1.933	85
90	0.0672	470.9	1.959	0.0639	470.7	1.953	0.0609	470.5	1.949	0.0581	470.2	1.944	90
95	0.0683	474.7	1.969	0.0649	474.5	1.964	0.0618	474.2	1.959	0.0590	474.0	1.954	95
100	0.0693	478.5	1.979	0.0659	478.3	1.974	0.0628	478.0	1.969	0.0600	477.8	1.964	100
105	0.0704	482.3	1.989	0.0669	482.1	1.984	0.0638	481.9	1.979	0.0609	481.7	1.975	105
110	0.0714	486.1	1.999	0.0679	485.9	1.994	0.0647	485.7	1.989	0.0618	485.5	1.995	110
115	0.0724	490.0	2.009	0.0689	489.8	2.004	0.0657	489.6	1.999	0.0627	489.4	1.995	115
120	0.0735	493.8	2.019	0.0699	493.7	2.014	0.0666	493.5	2.009	0.0636	493.3	2.005	120
125	0.0745	497.7	2.029	0.0709	497.6	2.024	0.0675	497.4	2.019	0.0645	497.2	2.015	125
130	0.0755	501.7	2.039	0.0718	501.5	2.034	0.0685	501.3	2.029	0.0654	501.1	2.024	130
135	0.0766	505.6	2.049	0.0728	505.4	2.044	0.0694	505.2	2.039	0.0663	505.0	2.034	135
140	0.0776	509.5	2.058	0.0738	509.4	2.053	0.0704	509.2	2.048	0.0672	509.0	2.044	140
145	0.0786	513.5	2.068	0.0748	513.3	2.063	0.0713	513.2	2.058	0.0681	513.0	2.053	145
150	0.0796	517.5	2.077	0.0757	517.3	2.072	0.0722	517.2	2.068	0.0690	517.0	2.063	150
155	0.0806	521.5	2.087	0.0767	521.4	2.082	0.0731	521.2	2.077	0.0699	521.0	2.072	155

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _o	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
8	840.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	407.9	1.034	1.739	8
9	660.7	0.0008	0.0358	1250.0	27.070	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	1.137	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	1510.0	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	1898.0	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 m³/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	
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	0.0364	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	1.776	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	0.0399	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	0.0486	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	457.8	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	1.998	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	2.048	0.0625	512.7	2.045	0.0600	512.5	2.041	0.0577	512.3	2.037	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	2.055	160

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	700			725			750			775			
	(10.92°C)			(12.15°C)			(13.25°C)			(14.37°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
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	1.760	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	1.796	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	1.845	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	0.0448	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

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	407.9	1.034	1.739	8
9	650.7	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	28.620	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	1238.0	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 m³/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)			(7.19°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	1.733	10
15	0.0413	414.1	1.767	0.0394	413.6	1.762	0.0377	413.1	1.757	0.0361	412.3	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	0.0399	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	1.953	105
110	0.0591	485.3	1.980	0.0567	485.1	1.976	0.0544	484.9	1.972	0.0523	484.7	1.969	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	2.037	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	2.069	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	1.796	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

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K·kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid H _l	Latent H _{lg}	Vapour H _g	Liquid S _l	Vapour S _g	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	407.9	1.034	1.739	8
9	660.7	0.0008	0.0358	1250.0	27.970	210.7	197.5	408.2	1.036	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	0.0003	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	0.0003	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	1162.0	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	1.136	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	164.2	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	90.560	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 m³/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)			(8.45°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	1.884	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	466.0	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	508.8	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	2.037	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			
	(10.52°C)			(12.19°C)			(13.25°C)			(14.37°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0338)	(408.0)	(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	419.3	1.773	0.0350	419.3	1.769	0.0337	419.9	1.764	0.0324	419.4	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	524.1	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

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

Temp °C	Pressure [kPa]	Volume [m ³ /kg]		Density [kg/m ³]		Enthalpy [kJ/kg]			Entropy [kJ/K-kg]		Temp °C
		Liquid v _l	Vapour v _g	Liquid d _l	Vapour d _g	Liquid h _l	Latent h _g	Vapour h _g	Liquid s _l	Vapour s _g	
8	640.9	0.0008	0.0368	1254.0	27.150	209.5	198.4	407.9	1.034	1.739	8
9	660.7	0.0008	0.0358	1250.0	27.970	210.7	197.5	403.2	1.038	1.728	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	1.128	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	0.0160	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 m³/kg H = Enthalpy in kJ/kg S = Entropy in kJ/kg·K Saturation Properties in ()

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	400			425			450			475			
	(-6.56°C)			(-4.78°C)			(-3.06°C)			(-1.44°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0582)	(402.6)	(1.760)	(0.0549)	(403.2)	(1.758)	(0.0520)	(403.9)	(1.755)	(0.0493)	(404.5)	(1.753)	
-5	0.0587	403.7	1.765	-	-	-	0.0528	406.1	1.762	0.0497	405.6	1.757	-5
0	0.0602	407.2	1.778	0.0563	406.7	1.770	0.0542	409.7	1.776	0.0510	409.2	1.770	0
5	0.0616	410.7	1.790	0.0577	410.2	1.783	0.0555	413.3	1.789	0.0523	412.8	1.783	5
10	0.0631	414.3	1.803	0.0591	413.8	1.796	0.0568	416.9	1.802	0.0535	416.4	1.795	10
15	0.0645	417.8	1.815	0.0604	417.3	1.808	0.0581	420.5	1.814	0.0548	420.0	1.808	15
20	0.0660	421.3	1.827	0.0618	420.9	1.821	0.0594	424.0	1.826	0.0560	423.6	1.820	20
25	0.0674	424.8	1.839	0.0631	424.4	1.833	0.0606	427.6	1.838	0.0572	427.2	1.832	25
30	0.0688	428.4	1.851	0.0644	428.0	1.844	0.0619	431.2	1.850	0.0584	430.8	1.844	30
35	0.0701	431.9	1.863	0.0658	431.5	1.856	0.0631	434.8	1.861	0.0596	434.4	1.855	35
40	0.0715	435.4	1.874	0.0671	435.1	1.868	0.0643	438.4	1.873	0.0607	438.0	1.867	40
45	0.0728	439.0	1.885	0.0683	438.7	1.879	0.0655	442.0	1.884	0.0619	441.6	1.878	45
50	0.0742	442.6	1.897	0.0696	442.3	1.890	0.0667	445.6	1.895	0.0630	445.3	1.889	50
55	0.0755	446.2	1.908	0.0709	445.9	1.901	0.0679	449.2	1.906	0.0642	448.9	1.900	55
60	0.0769	449.8	1.919	0.0721	449.5	1.912	0.0691	452.9	1.917	0.0653	452.6	1.911	60
65	0.0782	453.4	1.929	0.0734	453.1	1.923	0.0703	456.5	1.928	0.0665	456.3	1.922	65
70	0.0795	457.1	1.940	0.0746	456.8	1.934	0.0715	460.2	1.938	0.0676	460.0	1.933	70
75	0.0808	460.7	1.951	0.0759	460.5	1.944	0.0727	463.9	1.949	0.0687	463.7	1.943	75
80	0.0821	464.4	1.961	0.0771	464.2	1.955	0.0738	467.6	1.959	0.0698	467.4	1.954	80
85	0.0834	468.1	1.972	0.0783	467.9	1.965	0.0750	471.4	1.970	0.0709	471.1	1.964	85
90	0.0847	471.8	1.982	0.0796	471.6	1.976	0.0762	475.1	1.980	0.0720	474.9	1.974	90
95	0.0860	475.6	1.992	0.0808	475.4	1.986	0.0773	478.9	1.990	0.0731	478.7	1.985	95
100	0.0873	479.3	2.002	0.0820	479.1	1.996	0.0785	482.7	2.000	0.0742	482.5	1.995	100
105	0.0886	483.1	2.012	0.0832	482.9	2.006	0.0796	486.5	2.010	0.0753	486.3	2.005	105
110	0.0898	486.9	2.022	0.0844	486.7	2.016	0.0807	490.4	2.020	0.0764	490.2	2.015	110
115	0.0911	490.8	2.032	0.0856	490.6	2.026	0.0819	494.2	2.030	0.0775	494.0	2.025	115
120	0.0924	494.6	2.042	0.0868	494.4	2.036	0.0830	498.1	2.040	0.0785	497.9	2.034	120
125	0.0937	498.5	2.052	0.0880	498.3	2.046	0.0842	502.0	2.050	0.0796	501.8	2.044	125
130	0.0949	502.4	2.062	0.0892	502.2	2.055	0.0853	505.9	2.059	0.0807	505.8	2.054	130
135	0.0962	506.3	2.071	0.0904	506.1	2.065	0.0864	509.9	2.069	0.0818	509.7	2.063	135
140	0.0975	510.2	2.081	0.0916	510.0	2.075	0.0875	513.8	2.078	0.0828	513.7	2.073	140
145	0.0987	514.2	2.090	0.0928	514.0	2.084							145

Temp °C	Absolute Pressure kPa												Temp °C
	500			525			550			575			
	(+0.12°C)			(+1.63°C)			(+3.09°C)			(+4.50°C)			
	V	H	S	V	H	S	V	H	S	V	H	S	
	(0.0469)	(405.1)	(1.750)	(0.0448)	(405.6)	(1.748)	(0.0428)	(406.2)	(1.746)	(0.0410)	(406.7)	(1.744)	
5	0.0462	408.7	1.764	0.0456	408.1	1.757	0.0422	407.6	1.751	0.0411	407.1	1.746	5
10	0.0494	412.3	1.777	0.0468	411.8	1.771	0.0444	411.3	1.765	0.0422	410.8	1.759	10
15	0.0506	416.0	1.789	0.0479	415.5	1.783	0.0455	415.0	1.778	0.0433	414.6	1.772	15
20	0.0518	419.6	1.802	0.0491	419.2	1.796	0.0466	418.7	1.790	0.0444	418.3	1.785	20
25	0.0530	423.2	1.814	0.0502	422.8	1.808	0.0477	422.4	1.803	0.0454	422.0	1.797	25
30	0.0541	426.8	1.826	0.0513	426.4	1.820	0.0488	426.0	1.815	0.0465	425.6	1.810	30
35	0.0553	430.4	1.838	0.0524	430.1	1.832	0.0498	429.7	1.827	0.0475	429.3	1.822	35
40	0.0564	434.1	1.849	0.0535	433.7	1.844	0.0509	433.4	1.839	0.0485	433.0	1.834	40
45	0.0575	437.7	1.861	0.0546	437.4	1.855	0.0519	437.0	1.850	0.0495	436.7	1.845	45
50	0.0586	441.3	1.872	0.0557	441.0	1.867	0.0530	440.7	1.862	0.0505	440.4	1.857	50
55	0.0597	444.9	1.884	0.0567	444.7	1.878	0.0540	444.4	1.873	0.0515	444.0	1.868	55
60	0.0608	448.6	1.895	0.0578	448.3	1.889	0.0550	448.0	1.884	0.0524	447.7	1.879	60
65	0.0619	452.3	1.906	0.0588	452.0	1.900	0.0560	451.7	1.895	0.0534	451.5	1.890	65
70	0.0630	456.0	1.916	0.0598	455.7	1.911	0.0570	455.5	1.906	0.0543	455.2	1.901	70
75	0.0640	459.7	1.927	0.0609	459.4	1.922	0.0579	459.2	1.917	0.0553	458.9	1.912	75
80	0.0651	463.4	1.938	0.0619	463.2	1.932	0.0589	462.9	1.927	0.0562	462.7	1.923	80
85	0.0662	467.2	1.948	0.0629	466.9	1.943	0.0599	466.7	1.938	0.0572	466.4	1.933	85
90	0.0672	470.9	1.959	0.0639	470.7	1.953	0.0609	470.5	1.949	0.0581	470.2	1.944	90
95	0.0683	474.7	1.969	0.0649	474.5	1.964	0.0618	474.2	1.959	0.0590	474.0	1.954	95
100	0.0693	478.5	1.979	0.0659	478.3	1.974	0.0628	478.0	1.969	0.0600	477.8	1.964	100
105	0.0704	482.3	1.989	0.0669	482.1	1.984	0.0638	481.9	1.979	0.0609	481.7	1.975	105
110	0.0714	486.1	1.999	0.0679	485.9	1.994	0.0647	485.7	1.989	0.0618	485.5	1.985	110
115	0.0724	490.0	2.009	0.0689	489.8	2.004	0.0657	489.6	1.999	0.0627	489.4	1.995	115
120	0.0735	493.8	2.019	0.0699	493.7	2.014	0.0666	493.5	2.009	0.0636	493.3	2.005	120
125	0.0745	497.7	2.029	0.0709	497.6	2.024	0.0675	497.4	2.019	0.0645	497.2	2.015	125
130	0.0755	501.7	2.039	0.0718	501.5	2.034	0.0685	501.3	2.029	0.0654	501.1	2.024	130
135	0.0766	505.6	2.049	0.0728	505.4	2.044	0.0694	505.2	2.039	0.0663	505.1	2.034	135
140	0.0776	509.5	2.058	0.0738	509.4	2.053	0.0704	509.2	2.048	0.0672	509.0	2.044	140
145	0.0786	513.5	2.068	0.0748	513.3	2.063	0.0713	513.2	2.058	0.0681	513.0	2.053	145
150	0.0796	517.5	2.077	0.0757	517.3	2.072	0.0722	517.2	2.068	0.0690	517.0	2.063	150
155	0.0806	521.5	2.087	0.0767	521.4	2.082	0.0731	521.2	2.077	0.0699	521.0	2.072	155

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (AC) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe *Helical Coil* Bersirip Sebagai Pemanas Air

Nama : Dana Setiawan
NPM : 1507230178

Dosen Pembimbing 1 : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

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

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin 16/09/2019	Perbaiki - Latar Belakang Masalah - Tujuan Penelitian	f
2.	Kamis 10/10/2019	Lengkapi BAB 2	f
3.	Selasa 15/10/2019	Perbaiki Bagan Alir Penelitian	f
4.	Selasa 22/10/2019	Perbaiki Prosedur Penelitian	f
5.	Kamis 14/11/2019	Perbaiki Analisis Data	f
6.	Selasa 28/11/2019	Perbaiki Analisis Grafik Lanjut ke Pembimbing II	f
7.	Senin 13/1-2020	Acc Seminar	f.



Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor 788/IL.3AU/UMSU-07/F/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 04 Juli 2019 dengan ini Menetapkan :

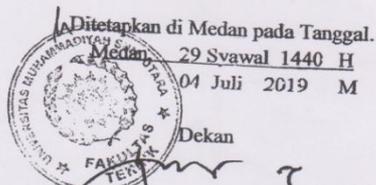
Nama : DANA SETIAWAN
Npm : 1507230178
Program Study : TEKNIK MESIN
Semester : VIII (Delapan)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS UNJUK KERJA (COP) MESIN PENGKONDISIAN UDARA AC DENGAN PENAMBAHAN ALAT PENUKAR PANAS HELICAL .COIL SEBAGAI PEMANAS AIR

Pembimbing I : H. MUHARNIF M.ST.M.Sc
Pembimbing II : CHANDRA A. SIREGAR ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan Ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhri: 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.

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



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN : 0101017202

Cc. File

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

Peserta Seminar
 Nama : Dana Setiawan
 NPM : 1507230178
 Judul Tugas Akhir : Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pengkondisian Uda-
 Ra (Ac) Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe
 Helical Cort Bersirip Sebagai Pemanas Air.

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230222	Amir Hamjah Harahap	.....
2	1507230159	M. RIZKY	.....
3	1507230166	Wandani Syarifetra	.....
4	1507230197	Selwa Dena Haldi	.....
5	1507230218	Boni Pramaza	.....
6	1507230193	Andri Kurniawan	.....
7	1507230205	Reza Elvondra Hrp	.....
8	1507230224	Fadli Wmri Pratama	.....
9	1507230258	Muhammad ma'rif	.....
10	1507230102	MIKO PRADITA	.....

Medan, 20 Jum.Akhir 1441 H
 14 Februari 2020 M


 Ketua Prodi. T.Mesin
 Affandi ST.M.T

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

NAMA : Dana Setiawan
NPM : 1507230178
Judul T.Akhir : Analisis Unjuk kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (Ac)
Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe Helical Cort Ber-
Sirip Sebagai Pemanas Air.

Dosen Pembimbing – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pemanding - II : Affandi.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

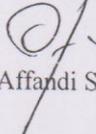
.....
.....
.....
.....
.....

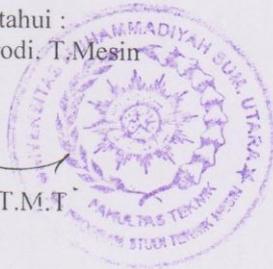
3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

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

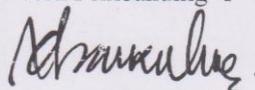
Medan 20 Jum.Akhir 1441 H
11 Februari 2020 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi S.T.M.T



Dosen Pemanding- I


Khairul Umurani.S.T.M.T

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

NAMA : Dana Setiawan
NPM : 1507230178
Judul T.Akhir : Analisis Unjuk kerja (COP) Mesin Pengkondisian Udara (Ac)
Dengan Penambahan Alat Penukar Kalor Tipe Helical Cort Ber-
Sirip Sebagai Pemanas Air.

Dosen Pembimbing - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembimbing - II : Chandra A 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 :

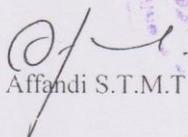
.....
..... *Belat Batu Sirip*

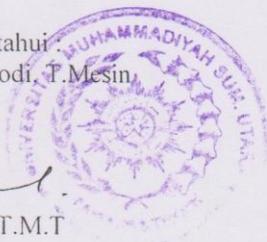
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

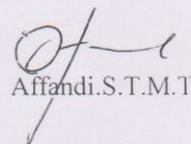
Medan 20 Jum.Akhir 1441 H
11 Februari 2020 M

Diketahui
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi S.T.M.T



Dosen Pembanding- II


Affandi.S.T.M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Dana Setiawan
NPM : 1507230178
Tempat/Tanggal Lahir : Kisaran/26 Juni 1997
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Lintas Sumatera KM. 13 Dsn. I
 Kelurahan/Desa : Air Genting
 Kecamatan : Air Batu
 Kabupaten : Asahan
 Provinsi : Sumatera Utara
 Kode Pos : 21272
No. HP/WA : +6285270303636
Email : danasetiawan97@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Purnomo
 Ibu : Yulik Rahayu

PENDIDIKAN FORMAL

2003 – 2009 : SD Negeri 010083 Kisaran
2009 – 2012 : SMP Negeri 3 Simpang Empat
2012 – 2015 : SMK Negeri 2 Kisaran
2015 – 2020 : Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara