

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN REFRIGERAN
R22, R134a, DAN CAMPURAN PROPAN ISOBUTAN
TERHADAP KINERJA MESIN PENGKONDISIAN UDARA**

*AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF THE APLICATION OF
THE REFRIGERANT R22 AND R134a AND A MIXTURE OF PROPANE
ISOBUTANE ON THE PERFORMANCE THE AIR CONDITIONER*

ARIYANTO



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN REFRIGERAN
R22, R134a, DAN CAMPURAN PROPAN ISOBUTAN
TERHADAP KINERJA MESIN PENGKONDISIAN UDARA**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Mesin

Disusun dan diajukan oleh

ARIYANTO

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

TESIS**UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN REFRIGERAN
R22, R134a, DAN CAMPURAN PROPAN ISOBUTAN
TERHADAP KINERJA MESIN PENGKONDISIAN UDARA**

Disusun dan diajukan oleh

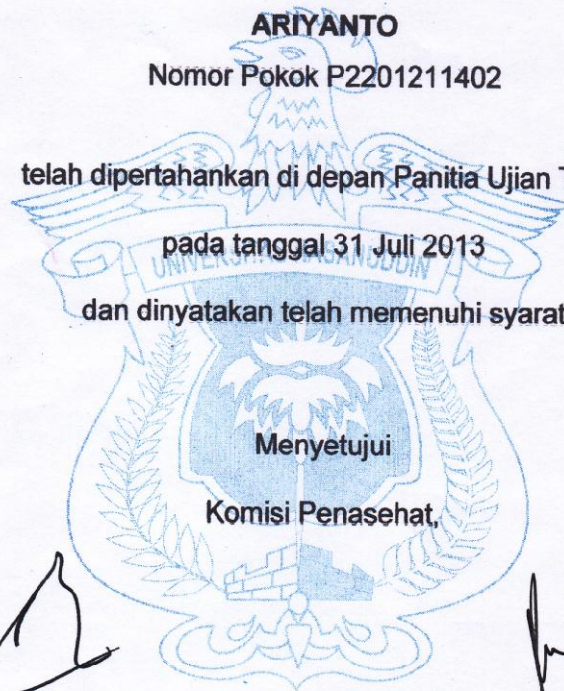
ARIYANTO

Nomor Pokok P2201211402

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 31 Juli 2013

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Prof. Dr. Ir. Effendy Arif, ME.**

Ketua

Dr.-Eng. Jalaluddin, ST.,MT

Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Mesin**Rafiuddin Syam, ST., M.Eng., Ph.D**Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin**Prof. Dr. Ir. Mursalim**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Ariyanto

Nomor mahasiswa : P2201211402

Program studi : Magister Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 31 juli 2013

Yang menyatakan

Ariyanto

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga tesis ini dapat diselesaikan sholawat serta salam kepada manusia yang paling besar pengaruhnya pada diri manusia lain nabi Muhammad,saw.

Gagasan yang melatari tajuk permasalahan ini timbul dari hasil pengamatan penulis dimana pada mesin pengkondisian udara pada umumnya menggunakan refrigeran R22, sementara penggunaan refrigeran tersebut sudah tidak diperbolehkan lagi digunakan oleh karenanya penulis mencoba mencari alternatif pengganti dari refrigeran tersebut dengan mencampur propan dan isobutan yang diketahui ramah lingkungan dan banyak terdapat di dalam negeri.

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian eksperimental dengan judul “Kaji Eksperimental Pengaruh Penggunaan Refrigeran R22, R134a, dan Campuran Propan Isobutan Terhadap Kinerja Mesin Pengkondisian Udara”.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang hanya berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terimakasih kepada : Prof.Dr.Ir.Effendy Arif, ME sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Dr.Eng.Jalaluddin,ST.MT sebagai Anggota Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari

pengembangan minat terhadap permasalahan penelitian ini, pelaksanaan penelitiannya sampai dengan penulisan tesis ini; Bapak Prof. Dr.Ir.Yusuf Siahaya, MSME, Bapak DR-Ing.Ir Wahyu H.Piarah, MSME dan Bapak Prof.Dr.Ir.H.A.Syamsul Arifin.P.ME sebagai narasumber atas saran dan arahannya demi kesempurnaan tesis ini; Bapak Rafiuddin Syam,ST. M.Eng,Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu selama studi; Bapak Yusran, Bapak Dirman dan Ibu Suriani sebagai instruktur Bengkel Teknik Pendingin BLKI Makassar atas bantuan mengisinkan melakukan pengujian di tempat mereka; Terimakasih juga penulis sampaikan kepada Muh. Fachry dan Afdal yang membantu dalam proses pengambilan data; Seluruh teman-teman konversi energi 2011 yang selama ini sangat membantu dalam proses perkuliahan; Ibuku dan Ayahandaku yang sangat penulis banggakan dan kakak dan adik tercinta serta seluruh keluarga atas segala bantuannya dari awal kuliah hingga selesainya tesis ini dan yang terakhir ucapan terimakasih kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis telah berupaya maksimal untuk kesempurnaan tesis ini, namun penulis menyadari masih terdapat berbagai kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik demi kesempurnaan tulisan ini, dengan senang hati penulis terima.

Makassar, 31 Juli 2013

Ariyanto

ABSTRAK

ARIYANTO. *Kaji Eksperimental Pengaruh Penggunaan Refrigeran R22, R134a, dan Campuran Propan Isobutan Terhadap Kinerja Mesin Pengkondisian Udara* (dibimbing oleh **Effendi Arief** dan **Jalaluddin**).

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) mencampur refrigeran Propan dan Isobutan dengan komposisi berat campuran Propan 90% + Isobutan 10%, Propan 80% + Isobutan 20%, Propan 70% + Isobutan 30% dan Propan 50% + Isobutan 50%. (2) mengetahui pengaruh refrigeran R22, R134a, propan, isobutan, dan campuran propan isobutan terhadap prestasi mesin pengkondisian udara dan penurunan temperatur ruangan yang dikondisikan, dan (3) mendapatkan refrigeran hidrokarbon campuran propan dan isobutan yang optimal untuk menggantikan refrigeran sintesis R22.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pengujian langsung pada alat simulasi mesin pengkondisian udara dengan ruangan yang berukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter, dan tinggi 2.6 meter bertempat di bengkel mesin pengkondisian udara BLKI Makassar dengan penentuan entalpi menggunakan refrop 6.0

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (1) refrigeran hidrokarbon campuran propan dan isobutan telah berhasil dibuat dengan berat yang sama dan diuji pada mesin pengkondisian udara dengan komposisi (Propan 90% + Isobutan 10%, Propan 80% + Isobutan 20%, Propan 70% + Isobutan 30%, Propan 50% + Isobutan 50%). (2) secara keseluruhan refrigeran dapat digunakan pada mesin pengkondisian udara dan dapat menurunkan temperatur ruangan. Refrigeran yang paling mampu menurunkan temperatur ruangan dengan waktu dan volume yang sama adalah refrigeran R22 dan disusul oleh refrigeran hidrokarbon campuran Propan 80% dan Isobutan 20%. Kedua refrigeran ini memiliki COP yang hampir sama. (3) refrigeran propan 80% + isobutan 20% dianggap paling optimal untuk dapat menggantikan R22

Keywords: Refrigeran, R22, R134a , Propan, Isobutan, Campuran, COP

ABSTRACT

ARIYANTO. *An Experimental Study of the Effect Of the Application Of the Refrigerant R22 and R134a And Mixture Of Propane Isobutane On The Performance the Air Conditioner* (**Supervised by Effendi Arief and Jalaluddin**).

This study aims to : (1) mix refrigerant Propane and Isobutane with the weight compositions of Propane 90% + Isobutane 10%, Propane 80% + Isobutane 20%, Propane 70% + Isobutane 30%, Propane 50% + Isobutane 50%; (2) investigate the effect of the refrigerant R22, R134a, propane, isobutane, and the mixture of propane and isobutane on the performance of the air conditioners and the decrease of the temperatures in conditioned room; (3) obtain a hydrocarbon refrigerant of the optimum mixture of propane and isobutane which could substitute the synthetic refrigerant R22.

The method used was an experimental method by directly testing a simulation engine of an air conditioner in a room of length 4 meter width 3 meter and height 2.6 meter located in the air conditioner workshop of BLKI Makassar, and by determining the enthalpy using the refprop 6.0

The research results were : (1) the mixture of hydrocarbon refrigerant propane and isobutane with same weights has successfully been created and composition (Propane 90% + Isobutane 10%, Propane 80% + Isobutane 20%, Propane 70% + Isobutane 30%, Propane 50% + Isobutane 50%) have been tested on a machine of an air conditioner (2) generally, an air conditioner could use refrigerant to lower the temperature in the room. The refrigerant that could lower the room temperature most significantly in the same time period and volume was refrigerant R22 followed by the refrigerant of the mixture of propane 80% + Isobutane 20% was considered the most optimum to replace R22

Keywords: refrigerant, R22, R134a, Propane, isobutane, Mixed, COP

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI	xv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Batasan Masalah	6
E. Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Dampak Penggunaan Refrigeran Sintesis	8
B. Refrigeran	8
1. Senyawa halokarbon	9
2. Azeotrop	9
3. Senyawa anorganik	9
4. Senyawa hidrokarbon	10
C. Refrigeran Propana (C ₃ H ₈)	10
D. Isobutana	11
E. Antisipasi Kecelakaan Pada Hidrokarbon	12
F. Persyaratan Refrigeran	13
G. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	15
1. Proses kompresi (1-2)	17
2. Proses kondensasi (2-3)	18

3. Proses ekspansi (3-4)	19
4. Proses evaporasi (4-1)	19
H. Komponen Utama Sistem Pengkondisian Udara	20
1. Kompresor	20
2. Kondensor	20
3. Evaporator	21
I. Karakteristik Refrigeran	21
III. METODOLOGI PENELITIAN	25
A. Rancangan Penelitian	25
B. Tempat dan Waktu Penelitian	25
C. Bahan dan Alat	25
1. Bahan	25
2. Alat	25
D. Skema dan Gambar alat pengkondisian udara	28
E. Prosedur pengujian dan pengambilan data	31
1. Pembuatan Alat Uji Simulasi	31
2. Pengujian Kandungan Refrigeran	32
3. Pencampuran Refrigeran	36
4. Pengujian Refrigeran pada alat simulasi mesin pengkondisian udara	38
E. Diagram Alir Penelitian	40
IV. ANALISA HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	41
A. Analisa Hasil Perhitungan	41
1. Hasil pengambilan data	41
2. Diagram p-h	42
a. Diagram P-h R22 pada menit 150	42
b. Diagram P-h R22 pada menit 155	43
c. Diagram P-h R22 pada menit 160	44

d. Diagram P-h R134a pada menit 150	46
e. Diagram P-h R134a pada menit 155	47
f. Diagram P-h R134a pada menit 160	48
3. Analisis Perhitungan	49
a. R22	52
b. R134a	40
c. Propan 100 %	54
d. Isobutan 100 %	57
e. Propan 90% + Isobutan 10%	59
f. Propan 80% + Isobutan 20%	61
g. Propan 70% + Isobutan 30%	63
h. Propan 50% + Isobutan 50%	66
B. Pembahasan	68
1. Waktu operasi terhadap Temperatur ruangan	68
2. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhada COP mesin pengkondisian udara	69
3. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap daya kompresor	70
4. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap laju aliran kalor evaporator	71
5. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap laju aliran kalor kondensor	72
V. KESIMPULAN DAN SARAN	74
A. Kesimpulan	74
B. Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN-LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

Nomor	halaman
1. Data Evaporator R22	84
2. Data Evaporator R134a	85
3. Data Evaporator Propan 100%	86
4. Data Evaporator Isobutan 100%	87
5. Data Evaporator Propan 90% + 10%	88
6. Data Evaporator Propan 80% + 20%	89
7. Data Evaporator Propan 70% + 30%	90
8. Data Evaporator Propan 50% + 50%	91
9. Refrigeran R22	92
10. Refrigeran R134a	94
11. Refrigeran Propan	96
12. Refrigeran Isobutan	98
13. Refrigeran Propan 90% + Isobutan 10%	100
14. Refrigeran Propan 80% + Isobutan 20%	102
15. Refrigeran Propan 70% + Isobutan 30%	104
16. Refrigeran Propan 50% + Isobutan 50%	106
17. Entalpi refrigeran R22	108
18. Entalpi refrigeran R134a	110
19. Entalpi refrigeran Propan 100%	112
20. Entalpi refrigeran Isobutan 100%	114

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Skema Siklus Kompresi Uap	17
2. Diagram P - h Siklus Kompresi Uap	17
3. Kompresor	20
4. Kondensor	20
5. Evaporator	21
6. Skema Instalasi Penelitian	28
7. Tampak 2 Dimensi Instalasi Pengujian	29
8. Tampak Potongan 3 Dimensi Instalasi Pengujian	30
9. Skema Sistemika Penelitian	40
10. Diagram P-h R22 pada menit 150	42
11. Diagram P-h R22 pada menit 155	43
12. Diagram P-h R22 pada menit 160	45
13. Diagram P-h R134a pada menit 150	46
14. Diagram P-h R134a pada menit 155	47
15. Diagram P-h R134a pada menit 160	48
16. Hubungan Antara Waktu Operasi Mesin Pengkondisian Udara Dengan Temperatur Ruangan	68
17. Hubungan Antara Waktu Operasi Mesin Pengkondisian Udara Dengan COP Mesin Pengkondisian Udara	69
18. Hubungan Antara Waktu Operasi Mesin Pengkondisian Udara Dengan Daya Kompresor	70

19. Hubungan Antara Waktu Operasi Mesin Pengkondisian Udara Dengan Laju Aliran Kalor Evaporator	71
20. Hubungan Antara Lamanya Waktu Operasi Mesin Pengkondisian Udara Dengan Laju Aliran Kalor Kondensor	72
13. Refrigeran R22	78
14. Refrigeran R134a	78
15. Refrigeran Propan	79
16. Refrigeran Isobutan	79
18. Insatalasi Pengujian Outdoor	80
19. Gambar Instalasi	80
20. Alat Pengukur Tekanan	81
21. Termokopel Digital	81
22. Anemometer	81
23. Timbangan Digital	82
24. Manifold	82
24. Amperemeter	82
25. Refrigeran Gas Analyser	83
26. Hasil Pengujian Refrigeran R22	83
27. Pompa Vakum	83

DAFTAR NOTASI

Notasi		Satuan
COP	Koefisien Prestasi Mesin Pendingin	-
A	Luas Penampang	m^2
T_1	Temperatur Refrigeran Masuk Kompresor	$^{\circ}C$
T_2	Temperatur Refrigeran Keluar Kompresor	$^{\circ}C$
T_3	Temperatur Refrigeran Keluar Kondensor	$^{\circ}C$
T_4	Temperatur Refrigeran Masuk Evaporator	$^{\circ}C$
P_1	Tekanan Refrigeran Masuk Kompresor	bar
P_2	Tekanan Refrigeran Keluar Kompresor	bar
P_3	Tekanan Refrigeran Keluar Kondensor	bar
P_4	Tekann Refrigeran Masuk Evaporator	bar
h_1	Entalpi Refrigeran Titik 1	kJ/kg
h_2	Entalpi Refrigeran Titik 2	kJ/kg
h_3	Entalpi Refrigeran Titik 3	kJ/kg
h_3	Entalpi Refrigeran Titik 4	kJ/kg
$\dot{m}_{ud\ evap}$	Laju aliran massa udara evaporator	kg/s
w_c	Kerja kompresi	kJ/kg
W_c	Daya kompresi	kW
\dot{m}_{ref}	Laju aliran massa refrigeran	kg/s
Q_{evap}	Laju aliran kalor evaporator	kW
q_{re}	Efek refrigerasi	kJ/kg
Q_c	laju aliran kalor kondensor	kW

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Refrigeran merupakan fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi. Refrigeran yang paling banyak digunakan saat ini dan memiliki volume penjualan terbesar diantara semua refrigeran khususnya untuk mesin pengkondisian udara adalah R22. R22, bagaimanapun, adalah CFC yang mengandung atom klorin termasuk *ozone depleting substance (ODS)*, yaitu zat yang dapat menyebabkan kerusakan lapisan ozon oleh karena itu dilarang di impor dan digunakan khususnya di Indonesia mulai tahun 2008 (*Kompas, 2012*).

Pada tahun 1980an, para ilmuwan menemukan bahwa zat CFC tidak hanya melakukan kerusakan besar terhadap lapisan ozon, tetapi juga menciptakan efek rumah kaca, dan sangat mempengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia di bumi *Bolaji, 2005*.

Setelah keberadaan lubang ozon di lapisan atmosfer diverifikasi secara saintifik, perjanjian internasional untuk mengatur dan melarang penggunaan zat-zat perusak ozon disepakati pada tahun 1987 yang terkenal dengan sebutan Protokol Montreal *Bolaji, 2012*.

Pemerintah Indonesia saat ini telah melarang penggunaan refrigeran yang mengandung bahan perusak ozon melalui peraturan yang telah di

tetapkan diantaranya : Keputusan Presiden Republik Indonesia nomor 23 tahun 1992 tentang Pengesahan Protokol Montreal, London 27 juni 1990; Keputusan Presiden Republik Indonesia nomor 92 tahun 1998 tentang Pengesahan Protokol Montreal tentang zat-zat yang merusak lapisan ozon, Copenhagen 1992; Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 33 tahun 2005 tentang Amandemen Beijing atas Protokol Montreal tentang bahan-bahan yang merusak lapisan ozon; Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia nomor 33 tahun 2007 pasal 3, bahan perusak lapisan ozon dilarang digunakan pada produksi mesin pengkondisian udara yang digunakan di dalam ruangan dan kendaraan bermotor; Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 02 tahun 2007 tentang Pedoman Teknis dan Persyaratan Kompetensi Pelaksanaan Retrofit dan Recycle pada sistem refrigerasi *kementerian lingkungan hidup, 2011*

Menteri Negara Lingkungan Hidup, Balthasar Kambuaya menyampaikan, "Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen yang tinggi dengan keberhasilan menghentikan impor bahan perusak ozon sejak Januari 2008. Selanjutnya dengan kerjasama yang erat antara pemerintah, industri, perguruan tinggi dan para pakar serta mitra internasional, Indonesia telah menetapkan strategi percepatan penghapusan HCFC (hydrochlorofluorocarbon)" *Tribun, 2013*

Refrigeran CFCs (R22) dan HCFCs (R134a) merupakan dua refrigeran yang dijadwalkan untuk dihapuskan masing-masing pada tahun

1996 dan 2030 untuk negara-negara maju. Sedangkan untuk negara-negara berkembang, kedua refrigeran utama tersebut masing-masing dijadwalkan untuk dihapus pada tahun 2010 (CFCs) dan 2040 (HCFCs).

Dengan adanya kebijakan pemerintah tentang penghentian impor serta pelarangan penggunaan refrigeran perusak ozon tersebut maka refrigeran yang umum digunakan saat ini yang masih mengandung CFC seperti R22 yang digunakan pada mesin pengkondisian udara akan tidak bisa ditemukan lagi, oleh karena itu harus ada upaya untuk mencari refrigeran pengganti yang ramah lingkungan.

Beberapa refrigeran alami yang sudah digunakan pada mesin refrigerasi adalah ammonia (NH_3), Hidrokarbon (HC), Karbon Dioksida (CO_2), air dan udara *Riffat dkk, 1997*. Kata "alami" menekankan keberadaan zat-zat tersebut yang berasal dari sumber biologis ataupun geologis, meskipun saat ini beberapa produk refrigeran alami masih didapatkan dari sumber daya alam yang terbarukan, misalnya hidrokarbon yang didapatkan dari oil cracking, serta amonia dan CO_2 yang didapatkan dari gas alam *Powel, 2002*

Hidrokarbon sebagai refrigeran dalam sistem refrigerasi telah dikenal sejak tahun 1920-an, sebelum refrigeran sintetik dikenal. Ilmuwan yang tercatat sebagai promotor hidrokarbon sebagai refrigeran antara lain *Linde (1916) dan Ilmuwan Dunia Albert Einstein (1920)*

Pada saat ini refrigeran hidrokarbon dipersiapkan sebagai refrigeran alternatif untuk digunakan sebagai pengganti CFC12, HCFC134a dan

HCFC22. Setiap senyawa hidrokarbon memiliki fisik yang berbeda-beda dengan refrigeran yang akan digantikannya dilakukan pencampuran senyawa hidrokarbon seperti propan dan isobutan

Beberapa penelitian yang di terbitkan pada jurnal internasional terbaru yang telah dilakukan diantaranya; Pengkajian Kinerja dari refrigeran alami sebagai pengganti untuk CFC dan HCFC pada iklim panas. M. Boumaza. 2010; Kinerja AC Split R22 penggantian dengan refrigeran ramah ozon (R410A dan R417A). Bolaji, B.O. 2012; Pengembangan Model statistik untuk Memprediksi Kinerja R22, R134a dan R290/R600a Campuran pendingin menggunakan Desain Eksperimen yang menyimpulkan bahwa campuran terbaik adalah propan 79% + Isobutan 21%. N. Murugan dkk. 2013.

Untuk mendapatkan sebuah refrigeran yang ramah lingkungan tentunya kita harus melakukan pengujian dengan mencoba mencampur beberapa zat dengan komposisi tertentu untuk kemudian dilakukan pengujian terhadap mesin pengkondisian udara tertentu sehingga akan di ketahui kinerja dan efisiensi mesin pendingin dari hasil penggantian refrigeran yang telah dibuat

Oleh karena itu maka diadakan penelitian secara eksperimental dari beberapa refrigeran yang telah ada dan mencoba mencari refrigeran yang lebih baik dari yang telah ada dengan judul penelitian “ ***Pengaruh Penggunaan Refrigeran R22, R134a Dan Campuran Propana Isobutana Terhadap Kinerja Mesin Pengkondisian Udara*** ”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana mencampur refrigeran propan dan isobutan dengan berbagai komposisi ?
2. Bagaimana pengaruh refrigeran R22, R134a, propan, isobutan, dan campuran propan isobutan terhadap prestasi mesin pengkondisian udara dan penurunan temperatur ruangan yang dikondisikan ?
3. Bagaimana mendapatkan campuran refrigeran hidrokarbon yang optimal untuk menggantikan refrigeran sintesis R22 ?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. Mencampur refrigeran propan dan isobutan dengan komposisi berat campuran (Propan 90% + Isobutan 10%, Propan 80% + Isobutan 20%, Propan 70% + Isobutan 30%, Propan 50% + Isobutan 50%)
2. Mengetahui pengaruh refrigeran R22, R134a, propan, isobutan, dan campuran propan isobutan terhadap prestasi mesin pengkondisian udara dan penurunan temperatur ruangan yang dikondisikan
3. Mendapatkan refrigeran hidrokarbon campuran propan dan isobutan yang optimal untuk menggantikan refrigeran sintesis R22

D. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi pada :

1. Pembahasan hanya dilakukan untuk jenis refrigeran R22, R134a, dan campuran propan, Isobutan pada berbagai komposisi berat
2. Mesin yang digunakan adalah mesin simulasi dengan merek AUX type A SW 07 EA
3. Ruang uji berukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter, dan tinggi 2.6 meter
4. Sifat-sifat termodinamika refrigeran diperoleh dari software Refrop 6.0 dengan data tekanan dan temperatur masuk dan keluar dari kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator diambil dari alat uji simulasi mesin pengkondisian udara

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi kalangan industri; dapat dijadikan informasi dan pertimbangan untuk menggunakan refrigeran hidrokarbon
2. Bagi Akademisi; dapat dijadikan bahan perbandingan dalam penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan refrigeran sintesis dan refrigeran hidrokarbon
3. Bagi peneliti; memacu peneliti untuk melakukan penelitian selanjutnya yang mendalami tentang refrigeran hidrokarbon

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Dampak Penggunaan Refrigeran Sintesis

Penggunaan refrigeran sintesis sebagai refrigeran pada mesin-mesin pendingin, berpengaruh terhadap kerusakan lingkungan. Walaupun senyawa ini merupakan refrigeran yang baik, tetapi atom klor yang dilepaskan ke atmosfer dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan ozon (O₃) pada stratosfir, dimana lapisan ozon ini berguna untuk melindungi bumi dari radiasi ultra-violet sinar matahari.

Radiasi ultra-violet yang berlebihan dapat menyebabkan peningkatan kemungkinan terkena kanker kulit, katarak mata, pelemahan sistem imunisasi seseorang, pengurangan tingkat produktivitas panen dan kemungkinan terhambatnya pertumbuhan phytoplankton. (PPAU-IR ITB, 1999).

Chlorodifluoromethana (R-22) sebagai salah satu media refrigerator yang digunakan oleh mesin pengkondisian udara, selain mempunyai potensi pengrusakan ozon (*Ozon Depletion Potential, ODP*) juga mempunyai potensi pemanasan global (*Global Warning Potential, GWP*) Devotta et al, 2005; Fatouh et al 2010.

Kesepakatan untuk menurunkan produksi dan penggunaan senyawa *Halocarbon* sebagai bahan refrigeran telah mendapat persetujuan dari beberapa negara, yaitu Amerika, Masyarakat Eropa dan 23 negara

lainnya pada tanggal 16 September 1987 dalam Konferensi Bumi dengan ditandatanganinya "*The Montreal Protocol on Substance that Deplete the Ozon Layer*", yang dikenal dengan nama Protokol Montreal dan kesepakatan yang diperbaharui setiap dua tahun sekali.

Protokol Kyoto, yang telah disetujui oleh banyak Negara, untuk mengurangi emisi gas rumah-kaca termasuk HFCs, *Jung D, 2000*. Meskipun sifat hidrokarbon yang mudah terbakar telah menjadi perhatian, ketertarikan penggunaan propan dan isobutan murni atau campuran refrigeran tersebut sebagai refrigeran pada mesin pengkondisian udara rumah tangga dan komersil telah meningkat pada dekade akhir ini. *Pederson, 1998* menyatakan bahwa hidrokarbon tidak memiliki efek terhadap penipisan ozon atau efek pemanasan global. *Aisbett E, 1996 dan Perry RH, 1997* menyatakan, refrigeran tersebut cukup murah, mudah ditemukan dan cocok dengan pelumas mineral dan oli sintetis. *Ben Adamson dkk, 1998* melaporkan bahwa biaya yang berhubungan dengan hidrokarbon secara kasar setengahnya pada pendingin R12. *Richardson, 1995 dan Maclain-cross, 1995* juga menyatakan bahwa berbagai tes yang telah dilakukan mengindikasikan bahwa hidrokarbon cukup aman.

B. Refrigeran

Refrigeran adalah fluida kerja dalam sistem mesin pengkondisian udara dengan menjadi media perpindahan panas yang menyerap kalor dengan mekanisme penguapan (*evaporasi*) di evaporator pada temperatur

rendah dan memberikan kalor dengan pengembunan (*kondensasi*) di kondensor pada temperatur dan tekanan tinggi.

Refrigeran dalam perdagangan telah diklasifikasikan oleh ASRE (*American Society of Refrigeran Enggineer*). Standar ASRE membagi refrigeran dalam beberapa kelompok penting yaitu senyawa *halokarbon* (R-11, R-12, R-22), *Azeotrop* (R-502), senyawa *Anorganik* (Amonia, Air, Karbon Dioksida). dan senyawa *hidrokarbon* (Etana, Propana, Butana

Refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap pada instalasi pengujian dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Senyawa halokarbon

Refrigeran yang memiliki satu atau lebih atom dari salah satu halogen yaitu klorin, bromine, fourin. Beberapa jenis Freon yang populer digunakan seperti R-12, R-22, R13 termasuk refrigeran halokarbon

2. Azeotrop

Campuran Azeotrop dua substansi adalah campuran yang tidak dapat dipisahkan menjadi komponen-komponen dengan cara destilasi. Azeotrop menguap dan mengembun sebagai substansi tunggal yang sifatnya berbeda dengan sifat unsur pembentuknya. Azeotrop yang paling dikenal adalah refrigeran R-502 yang merupakan campuran 48.8% R-22 dan 51,2% R-115.

3. Senyawa anorganik

Senyawa Anorganik sering digunakan pada masa awal perkembangan bidang refrigerasi dan pengkondisian udara. Beberapa senyawa anorganik yang populer digunakan seperti Amonia , Air, Udara, Karbondioksida, Sulfurdioksida.

4. Senyawa hidrokarbon

Banyak senyawa hidrokarbon yang cocok digunakan sebagai refrigeran khususnya dipakai untuk industri perminyakan dan petrokimia. Beberapa senyawa hidrokarbon yang populer digunakan seperti Metana, Etana, Propana.

C. Refrigeran Propana (C₃H₈)

Propana Berasal dari Gas Alam atau Minyak Bumi yang ditemukan bercampur di gas alam dan minyak bumi. Propana adalah salah satu gas minyak bumi cair (LP-gas atau LPG) Propana dan gas cair lainnya, termasuk etana dan butana, dipisahkan dari gas alam di pusat pengolahan gas alam, atau dari kilang minyak mentah. Jumlah propana yang dihasilkan dari gas alam dan dari minyak bumi kurang lebih sama.

Propana alami berbentuk sebagai gas. Namun, pada tekanan tinggi atau suhu yang lebih rendah, gas ini menjadi cairan. Karena propana 270 kali lebih kompak sebagai cairan daripada gas, propana diangkut dan disimpan dalam bentuk cair. Propana menjadi gas lagi ketika katup dibuka untuk melepaskannya dari wadah bertekanan-nya. Ketika kembali ke tekanan normal, propana menjadi gas sehingga kita dapat menggunakannya. Propana relatif mudah untuk dicairkan dan dikompres

dan memiliki titik didih $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$. Propana dengan mudah dapat disimpan di hampir semua lingkungan karena suhu di bawah titik beku tidak akan mempengaruhi karakteristiknya. Propana digunakan oleh jutaan orang setiap hari. Orang menggunakan propana di dalam dan sekitar rumah mereka untuk tungku, pemanas air, AC, panggangan outdoor, perapian, dan peralatan. www.propanecouncil.org diakses 2013

R290 adalah nama umum untuk Propan murni (C_3H_8) cocok untuk digunakan dalam pendinginan dan industri AC. Seiring dengan pendingin alam lainnya, hidrokarbon seperti R290 digunakan dalam pendinginan dari pertengahan 1800-an hingga 1930-an. Karena dampak ramah lingkungan, R290 telah mendapatkan kembali popularitas sejak tahun 1990, dan sekarang menjadi alternatif umum fluorocarbons dalam berbagai aplikasi.

Keuntungan dari R290

1. Potensi penyebab penipisan lapisan ozon (o)
2. Potensi penyebab pemanasan globalnya (<4)
3. Sifat termodinamika baik sehingga menyebabkan efisiensi energi yang tinggi
4. Baik kompatibilitas dengan komponen sistem
5. Biaya rendah memungkinkan penukar panas yang lebih kecil dan dimensi pipa.
6. Banyak tersedia khususnya di Indonesia

D. Isobutana

Isobutan adalah zat yang merupakan bagian dari sumber alami yang sering juga disebut R 600a. Refrigeran R 600a telah digunakan dimasa lalu, dalam lemari es. Dan kini digunakan secara luas dalam lemari es domestik dan freezer di Eropa, terutama di Jerman, di mana lebih dari 90% dari kulkas diproduksi menggunakan R 600a sebagai refrigeran bagian lain dari Eropa dan Asia saat ini menggunakan isobutana. Amerika Serikat saat ini memiliki pemesanan paling besar.

Isobutana atau, Refrigeran R 600a, adalah pengganti untuk refrigeran pendingin lain, yang memiliki dampak yang tinggi terhadap kerusakan lingkungan. Isobutana tidak mengandung zat yang menyebabkan penipisan lapisan ozon dan potensi pemanasan global.

Karena ketersediaan isobutana, diseluruh dunia telah dibahas secara luas untuk penggantian CFC. Isobutana R 600a adalah refrigeran mungkin untuk aplikasi ini, dengan efisiensi energi yang baik, tetapi dengan karakteristik yang sangat berbeda dalam beberapa hal, yang menyiratkan desain yang akan dibuat atau diadopsi untuk refrigeran ini

E. Antisipasi Kecelakaan Pada Hidrokarbon

Pada saat pengisian maka perlu dilakukan dengan baik dan benar dengan menghindari sekecil mungkin kebocoran pada rangkaian mesin pendingin, kemudian isolasi pipa dengan baik sehingga potensi kebocoran dari refrigeran kecil. Memasang alat detektor gas di dalam ruangan, menjauhkan sumber nyala api dengan refrigeran hidrokarbon.

Jika terjadi kebakaran janganlah padamkan, kecuali kebocoran dapat dihentikan dengan aman. Hilangkan semua sumber penyulut jika aman untuk melakukannya. Keselamatan Peralatan pelindung dan Pencegahan untuk Pemadam Kebakaran Pakailah pelindung api pertempuran gigi lengkap termasuk alat bernafas mandiri (SCBA) untuk perlindungan terhadap paparan mungkin.

Tindakan Pemadaman Kebakaran Pindahkan wadah dari daerah kebakaran jika dapat dilakukan tanpa risiko. Dinginkan wadah dengan semprotan air sampai benar-benar dingin setelah api padam. menjauh dari ujung tangki.

Untuk kebakaran di kargo atau tempat penyimpanan. Dinginkan wadah dengan air dari selang pemegang tak berawak atau monitor nozel sampai setelah api dapat dipadamkan. Jika ini tidak mungkin maka lakukan tindakan pencegahan berikut. Jangan biarkan orang mendekati dengan sumber kebakaran, mengisolasi daerah bahaya dan melarang masuk.

Jika api semakin besar biarkan api membakar. Segera menjauh dari tempat kebakaran dalam kasus meningkatnya suara dari alat pengaman ventilasi atau perubahan warna tank akibat kebakaran. Untuk tangki, mobil kereta api atau truk tangki. Hentikan kebocoran jika mungkin tanpa risiko pribadi.

Untuk tangki kecil atau silinder, memadamkan dan mengisolasi dari flammables lainnya. Evakuasi radius: 800 meter. Hentikan aliran gas.

F. Persyaratan Refrigeran

Persyaratan refrigeran (zat pendingin) untuk unit refrigerasi adalah sebagai berikut :

1. Tekanan penguapannya harus cukup tinggi.

Sebaiknya refrigeran memiliki temperatur penguapan pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator, dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi.

2. Tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi.

Apabila tekanan pengembunannya rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah sehingga penurunan prestasi kompresor dapat dihindarkan. Selain itu, dengan tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan menjadi lebih kecil.

3. Kalor laten penguapan harus tinggi.

Refrigeran yang memiliki kalor laten penguapan yang tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersirkulasi menjadi lebih kecil. Refrigeran dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume torak yang lebih kecil.

4. Koefisien prestasi harus tinggi.

Dari segi karakteristik termodinamika dari refrigeran, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menentukan biaya operasi.

5. Konduktifitas termal yang tinggi

konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor.

6. Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas.

Dengan turunnya tahanan aliran refrigeran dalam pipa, kerugian tekanan akan berkurang.

7. Konstanta dielektrika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik utamanya untuk kompresor hermatik.

8. Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, sehingga tidak menyebabkan korosi

9. Refrigeran tidak boleh beracun dan berbau merangsang

10. Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil.

11. Refrigeran harus mudah dideteksi, jika terjadi kebocoran

12. Ramah lingkungan.

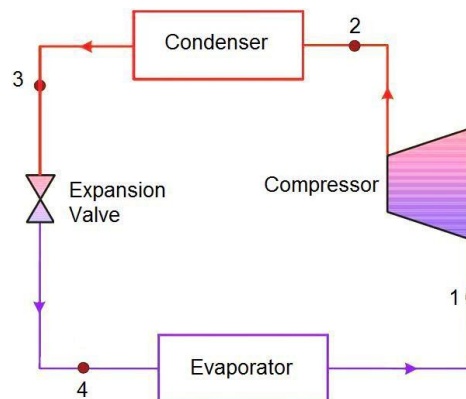
G. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi mengambil keuntungan dari kenyataan bahwa fluida yang bertekanan tinggi pada suhu tertentu cenderung menjadi lebih dingin jika dibiarkan mengembang. Jika perubahan tekanan cukup tinggi, maka gas yang ditekan akan menjadi lebih panas daripada

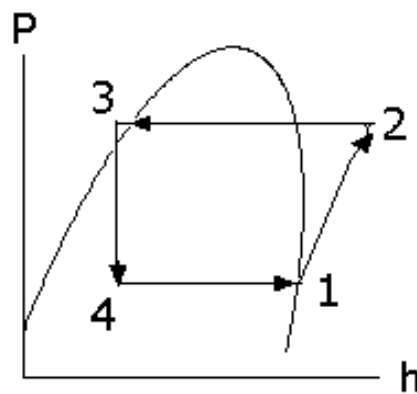
sumber dingin diluar (contoh udara diluar) dan gas yang mengembang akan menjadi lebih dingin daripada suhu dingin yang dikehendaki. Dalam kasus ini, fluida digunakan untuk mendinginkan lingkungan bersuhu rendah dan membuang panas ke lingkungan yang bersuhu tinggi.

Siklus refrigerasi kompresi uap memiliki dua keuntungan. Pertama, sebagian besar energy panas diperlukan untuk merubah cairan menjadi uap, dan oleh karena itu banyak panas yang dapat dibuang dari ruang yang dikondisikan. Kedua, sifat-sifat isothermal penguapan membolehkan pengambilan panas tanpa menaikkan suhu fluida kerja ke suhu berapapun didinginkan. Hal ini berarti bahwa laju perpindahan panas menjadi tinggi, sebab semakin dekat suhu fluida kerja mendekati suhu sekitarnya akan semakin rendah laju perpindahan panasnya.

Komponen utama dari sebuah siklus kompresi uap adalah kompresor, evaporator, kondensor dan katup ekspansi. Pada siklus kompresi uap, di evaporator refrigeran akan menyerap panas dari lingkungan sehingga panas tersebut akan menguapkan refrigeran. Kemudian uap refrigeran akan dikompres oleh kompresor hingga mencapai tekanan kondensasi, dalam kondensor uap refrigeran dikondensasikan dengan cara membuang panas dari uap refrigeran ke lingkungannya. Kemudian refrigeran akan kembali di teruskan ke dalam evaporator.



Gambar 1. Skema siklus kompresi uap



Gambar 2. Diagram P-H siklus kompresi uap

Proses-proses yang terjadi pada siklus kompresi uap seperti pada gambar.1 adalah sebagai berikut :

1. Proses kompresi (1-2)

Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap dipanaskan lanjut bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik,

maka temperatur ke luar kompresor pun meningkat. Besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigeran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$w_c = h_2 - h_1$$

Dimana : w_c = Besarnya kerja kompresor (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

Dalam diagram P-h siklus kompresi uap ideal dapat dilihat dalam gambar berikut ini.

2. Proses kondensasi (2-3)

Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang berasal dari kompresor akan membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya (udara), sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair. Besar panas per satuan massa refrigeran yang dilepaskan di kondensor dinyatakan sebagai:

$$Q_c = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3)$$

dimana : Q_c = Besarnya panas dilepas di kondensor (kJ/kg)

\dot{m}_{ref} = Laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = Entalpi refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

3. Proses ekspansi (3-4)

Proses ekspansi ini berlangsung secara isoentalpi. Hal ini berarti tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi drop tekanan dan penurunan temperatur, atau dapat dituliskan dengan:

$$h_3 = h_4$$

Proses penurunan tekanan terjadi pada katup ekspansi yang berbentuk pipa kapiler atau orifice yang berfungsi untuk mengatur laju aliran refrigeran dan menurunkan tekanan.

5. Proses evaporasi (4-1)

Proses ini berlangsung secara isobar isothermal (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari lingkungan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Kondisi refrigeran saat masuk evaporator sebenarnya adalah campuran cair dan uap, seperti pada titik 4 dari gambar diatas. Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah:

$$Q_e = \dot{m}_{ref} (h_1 - h_4)$$

Dimana : Q_e = Besarnya panas yang diserap di evaporator (kJ/kg)

h_1 = Entalpi refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)

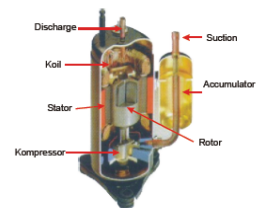
h_4 = Entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

Selanjutnya, refrigeran kembali masuk ke dalam kompresor dan bersirkulasi lagi. Begitu seterusnya sampai kondisi yang diinginkan tercapai. Untuk menentukan harga entalpi pada masing-masing titik dapat dilihat dari tabel sifat-sifat refrigeran atau dengan bantuan software Refrop

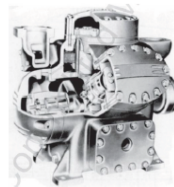
H. Komponen Utama Sistem Pengkondisian Udara

1. Kompresor

Kompresor berfungsi sebagai alat untuk mensirkulasikan refrigeran sekaligus menaikkan tekanannya



Kompresor Hermetik (antara mekanik dan elektriknya jadi satu) : banyak digunakan untuk AC-Split, Window, Cassete dll.



Semi hermetik : dimana antara mekanik dan elektriknya terpisah

Gambar 3. Kompresor

2. Kondensor

Kondensor berfungsi sebagai alat pembuang panas dengan melalui proses kondensasi



Gambar 4. Kondensor

3. Katup Ekspansi

Katup Ekspansi atau pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan dan di sini refrigeran di kabutkan

4. Evaporator

Evaporator berfungsi sebagai alat penyerap kalor/panas ruangan yang didinginkan dengan melalui proses evaporasi (penguapan)



Gambar 5. Evaporator

I. Karakteristik Refrigeran

Refrigeran harus memiliki jumlah minimum karakteristik penting yang menguntungkan, di antaranya yang paling signifikan adalah: kepadatan rendah dalam fase cair, panas laten penguapan yang tinggi, volume spesifik rendah dalam fasa uap dan panas jenis yang rendah dalam fasa cair. Karakteristik ini akan dievaluasi dan dibandingkan antara cairan tersebut, seperti yang direkomendasikan oleh Poggi dkk.

1. Laju aliran massa udara evaporator

$$\dot{m}_{ud\ evap} = \rho_{udara} \times A \times V$$

dimana :

$\dot{m}_{ud\text{evap}}$: Laju aliran massa udara evaporator (kg/s)

ρ : Massa jenis udara kg/m³

A : Luas penampang hembusan evaporator m²

V : Kecepatan udara melalui saluran udara evaporator m/s

2. Laju aliran kalor udara evaporator

$$Q_{udara} = \dot{m}_{ud\text{evap}} \times c_p \times (T_{in} - T_{out})$$

dimana :

Q_{udara} : Laju aliran kalor udara evaporator (kW)

$\dot{m}_{ud\text{evap}}$: Laju aliran massa udara evaporator (kg/s)

c_p : kalor spesifik (kJ/kg.K)

T_{in} : temperatur udara pada sisi masuk evaporator dan dikoreksi pada temperatur T_{wb} ruang (kJ/kg)

T_{out} : temperatur udara pada sisi keluar evaporator dan dikoreksi pada temperatur T_{wb} ruang (kJ/kg)

3. Daya kompresi

$$W_c = V \times I$$

dimana :

W_c : Daya kompresi (kJ/kg)

V : Voltase (Volt)

I : Arus (A)

4. Kerja kompresi

$$w_c = h_2 - h_1$$

dimana :

w_c : Kerja kompresor (kJ/kg)

h_2 : Entalpi keluar kompresor (kJ/kg)

h_1 : Entalpi masuk kompresor (kJ/kg)

5. *Laju aliran massa refrigeran*

$$\dot{m}_{ref} = W_c / w_c$$

dimana :

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

W_c : Daya kompresi

w_c : Kerja kompresor (kJ/kg)

6. *Perhitungan laju pelepasan kalor evaporator (Qe)*

$$Q_e = \dot{m}_{ref} (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg}$$

dimana :

Q_{evap} : besarnya laju aliran kalor evaporasi (kW)

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

h_1 : entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

h_2 : entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

7. *Perhitungan laju pelepasan kalor evaporator (Qc)*

$$Q_c = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg}$$

dimana :

Q_c : besarnya laju aliran kalor kondensasi (kW)

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

h_2 : entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

h_3 : entalpi refrigeran pada titik 3 (kJ/kg)

8. *Coefisien of performance (COP)*

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \end{aligned}$$

dimana :

h_1 : Entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)

h_2 : entalpi refrigeran pada titik 2 (kJ/kg)

h_3 : entalpi refrigeran pada titik 3 (kJ/kg)

h_4 : entalpi refrigeran pada titik 4 (kJ/kg)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Berdasarkan tipe dan rangkaian alat uji simulasi mesin pengkondisian udara yang di pasang langsung pada ruangan dengan ukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter, dan tinggi 2.6 meter. Selanjutnya dapat dihitung prestasi dari mesin pengkondisian udara

B. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian dilakukan di bengkel mesin pengkondisian udara
Balai Latihan Kerja Industri Makassar Indonesia
2. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Januari-April 2013

C. Bahan dan Alat

1. **Bahan :**

- a. R22
- b. R134a
- c. Propana
- d. Isobutana

Fungsi : Sebagai bahan yang akan disimulasikan pada alat simulasi mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran A

2. **Alat :**

- a. Alat Simulasi Mesin Pengkondisian Udara
Merek : Aux

Type : A SW 07 EA

Rated Cooling Capacity (BTU): 7000

Air Circulation : 370 m³/h

Fungsi : Sebagai mesin pengkondisian udara dimana tempat mensimulasikan fluida refrigeran dengan dilengkapi alat pengukur temperatur dan tekanan di tiap-tiap tempat masuk dan keluar komponen utama mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran B.2

b. Alat Pengukur Tekanan

Merek : Royal

Ukuran : 100

Bahan : Plastic

Ketelitian : 1.5 % - 2,5 %

Satuan : Psi, bar

Skala range : 0 - 40 bar

Fungsi : Sebagai alat untuk mengukur tekanan pada tiap-tiap saluran masuk dan keluar komponen-komponen utama mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran B.3

c. Termokopel Digital :

Merek : Digital Temperature Panel

Model : TI-106

Satuan : °C

Kisaran Pemeriksaan : -50°C - 90°C

Ketelitian : +/- 1 %

Fungsi : Sebagai alat untuk mengukur temperatur pada tiap-tiap saluran masuk dan keluar komponen-komponen utama mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran B.4

d. Anemometer digital

Merek : SK

Type : KPKP1SBW

Kecepatan : m/s

Fungsi : Untuk mengukur kecepatan udara yang dihembuskan evaporator, foto terdapat pada lampiran B.5

e. Timbangan Digital

Merek : Yanwa

Type : YX360TRF

Fungsi : Untuk mengukur berat persentase bahan yang akan dicampur dan berat bahan yang dimasukkan kedalam alat simulasi, foto terdapat pada lampiran B.6

f. Manifold

Merek : Revco

Type : Royal

Fungsi : Sebagai alat untuk memasukkan refrigeran kedalam sistem sekaligus mengukur tekanan discharge, foto terdapat pada lampiran B.7

g. Amperemeter

Merek : Kyoritsu digital clamp

Type : Kew snap 2007 A

Fungsi : Untuk mengukur arus yang masuk kedalam sistem mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran B.8

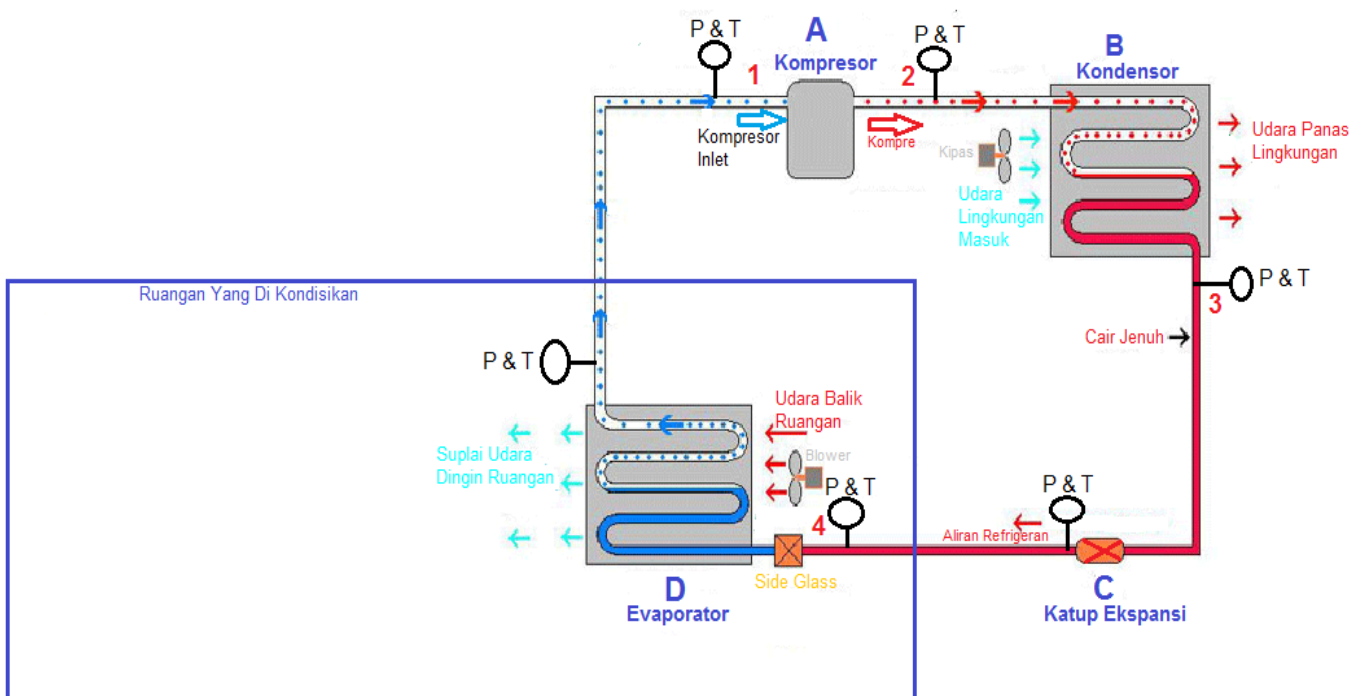
h. Identifier

Merek : Refrigerant Gas Analyzer

Type : GA 500 Plus

Fungsi : Untuk mengetahui kandungan refrigeran yang akan di uji pada mesin pengkondisian udara, foto terdapat pada lampiran B.9

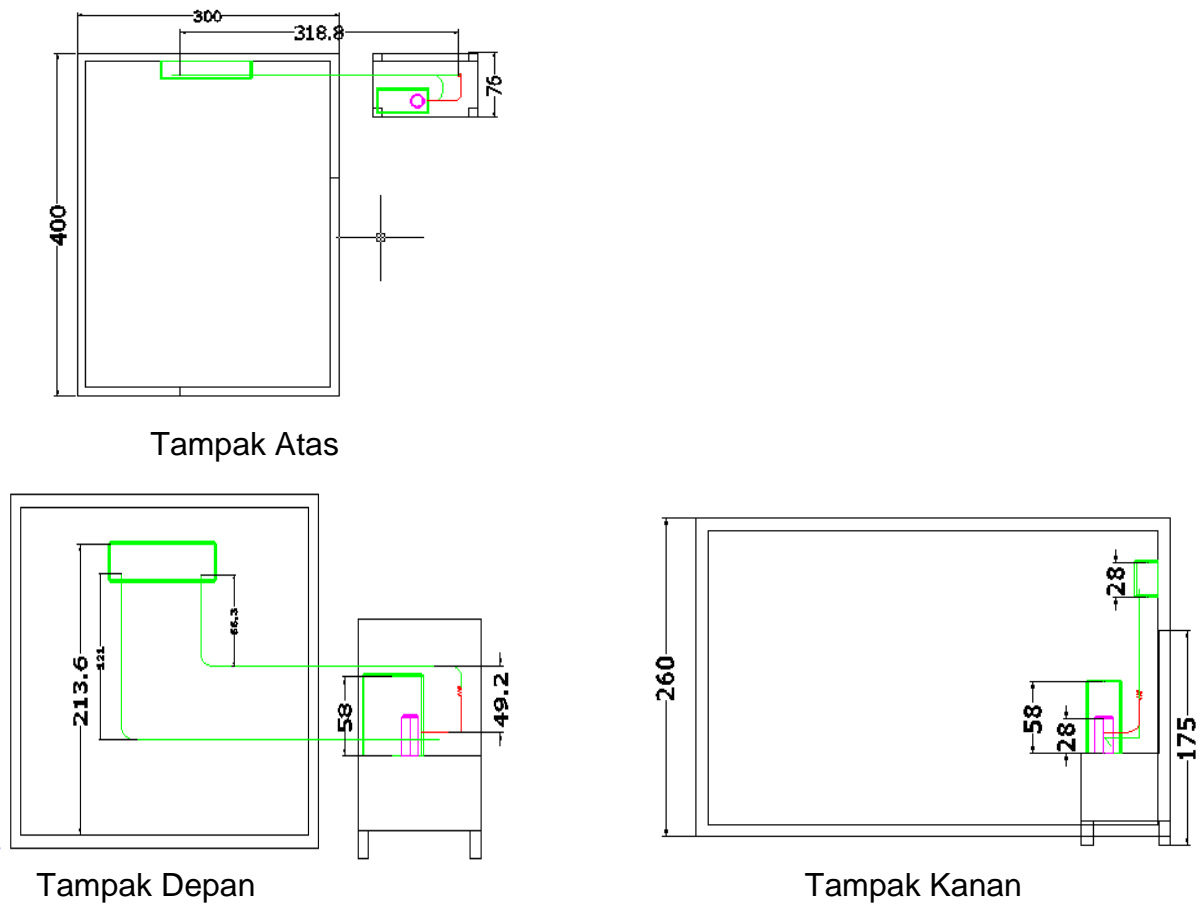
D. Skema dan Gambar alat pengkondisian udara



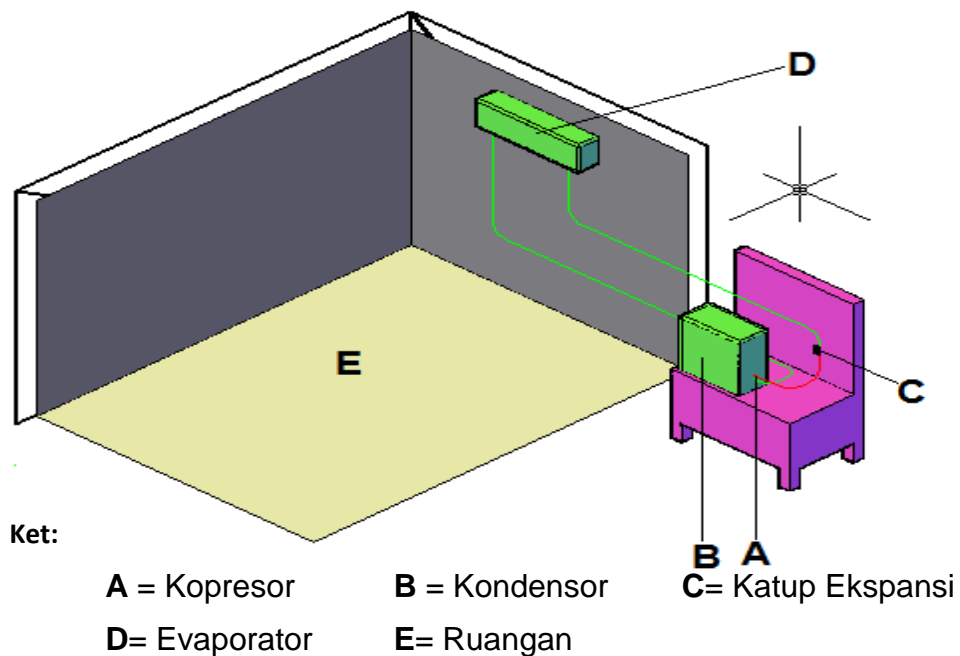
Gambar 6. Skema instalasi penelitian

Gambar 6 diatas memperlihatkan skema instalasi penelitian yang dibuat dalam penelitian ini dimana pada rangkaian mesin pengkondisian udara terdiri dari empat komponen utama yaitu Kompresor (A), Kondensor (B), Katup ekspansi (C) , Evaporator (D).

Pada saluran masuk dan keluar komponen utama dipasangkan alat pengukur tekanan dan temperatur, serta pada evaporator udara balik maupun udara yang dihembuskan melalui blower evaporator dipasangkan alat pengukur temperatur dan kecepatan, serta dalam ruangan di pasang alat pengukur temperatur.



Gambar 7. Tampak 2 Dimensi Instalasi Pengujian Mesin Pengkondisian Udara



Gambar 8. Tampak Potongan 3 Dimensi Instalasi Pengujian Mesin Pengkondisian Udara

E. Prosedur pengujian dan pengambilan data

1. Pembuatan Alat Uji Simulasi

- a. Memasang evaporator pada ruangan dengan ukuran panjang 4 meter, lebar 3 meter, tinggi 2.6 meter dengan posisi evaporator 2 meter diatas lantai
- b. Memasang alat pengukur tekanan dan temperatur pada sisi masuk dan keluar pipa evaporator
- c. Memasang side glass pada sisi masuk dan keluar evaporator
- d. Memasang kompresor dekat dengan kondensor diluar ruangan dimana pada saluran masuk dan keluar masing-masing dipasang alat pengukur tekanan dan temperatur
- e. Memasang kondensor dimana pada sisi keluar dipasangi alat pengukur tekanan dan temperatur
- f. Memasang side glass diantara kondensor dengan katup ekspansi
- g. Memasang katup ekspansi/pipa kapiler dimana pada sisi masuk dan keluar dipasangi alat pengukur tekanan dan temperatur.
- h. Memasang side glass pada saluran keluar katup ekspansi
- i. Menghubungkan pipa pipa antara tiap komponen utama yaitu evaporator, kompresor, kondensor dan katup ekspansi
- j. Mengecek kebocoran pada sistem dengan cara memvakum selama 20 menit kemudian melihat pengukur tekanan pada sisi masuk hingga jarum penunjuk berada pada posisi minus.

- k. Memasang termometer pada saluran masuk dan keluar udara evaporator
- l. Memasang anemometer pada saluran keluar udara evaporator untuk mengukur kecepatan hembusan udara evaporator
- m. Memasang termometer dalam dan luar ruangan.

2. Pengujian Kandungan Refrigeran

Pengujian ini menggunakan alat Refrigerant Gas Analyzer produksi PT. Gloria Scientific, dengan metode pengukuran langsung pada refrigeran yang akan dijadikan bahan penelitian adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut, foto terdapat pada lampiran B.9 :

- a. Hubungkan identifier dengan sumber listrik
- b. Hubungkan selang identifier ketabung refrigeran
- c. Tekan tombol pump 4 kali untuk mengosongkan refrigeran dalam sistem alat identifier
- d. Tekan tombol satu kali identifier akan mengambil sampel
- e. Analisis sampel
- f. Baca zat-zat yang terkandung dalam refrigeran yang ada dalam sampel.

Contoh Pengujian Sampel

- a. Refrigeran R22
 - 1.) Menghubungkan alat identifier dengan sumber listrik 220 volt

- 2.) Menghubungkan selang identifier dengan tabung refrigeran R22
- 3.) Menekan tombol pump yang ada pada alat identifier sebanyak 4 kali berturut-turut untuk mengosongkan refrigeran dalam sistem alat identifier
- 4.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier sebanyak satu kali, alat akan mengambil sampel dari refrigeran R22 sebanyak volume tertentu
- 5.) Menganalisis sampel, secara otomatis alat akan menganalisis sampel refrigeran R22
- 6.) Mencatat zat-zat yang terkandung dalam refrigeran R22 yang ada dalam sampel, adapun kandungan yang ada dalam sampel adalah sebagai berikut :

R22 = 97.8 %

R134 = 0.8 %

R12 = 1.3 %

HC = 0.0 %

Udara = 0.0 %

- 7.) Foto terdapat pada lampiran B.10

b. Refrigeran R134a

- 1.) Menghubungkan alat identifier dengan sumber listrik 220 volt
- 2.) Menghubungkan selang identifier dengan tabung refrigeran R134a

- 3.) Menekan tombol pump yang ada pada alat identifier sebanyak 4 kali berturut-turut untuk mengosongkan refrigeran dalam sistem alat identifier
- 4.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier sebanyak satu kali, alat akan mengambil sampel dari refrigeran R22 sebanyak volume tertentu
- 5.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier, secara otomatis alat akan menganalisis sampel refrigeran R22
- 6.) Mencatat zat-zat yang terkandung dalam refrigeran R22 yang ada dalam sampel, adapun kandungan yang ada dalam sampel adalah sebagai berikut :

R134 = 100 %

R22 = 0.0 %

R12 = 0.0 %

HC = 0.0 %

Udara = 0.0 %

- 7.) Foto terdapat pada lampiran B.11

c. Refrigeran propan

- 1.) Menghubungkan alat identifier dengan sumber listrik 220 volt
- 2.) Menghubungkan selang identifier dengan tabung refrigeran propan

- 3.) Menekan tombol pump yang ada pada alat identifier sebanyak 4 kali berturut-turut untuk mengosongkan refrigeran dalam sistem alat identifier
- 4.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier sebanyak satu kali, alat akan mengambil sampel dari refrigeran propan sebanyak volume tertentu
- 5.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier, secara otomatis alat akan menganalisis sampel refrigeran propan
- 6.) Mencatat zat-zat yang terkandung dalam refrigeran propan yang ada dalam sampel, adapun kandungan yang ada dalam sampel adalah sebagai berikut :

HC = 100%

R134 = 0.0%

R22 = 0.0 %

R12 = 0.0 %

Udara = 0.0 %

- 7.) Foto terdapat pada lampiran B.12

d. Refrigeran isobutan

- 1.) Menghubungkan alat identifier dengan sumber listrik 220 volt
- 2.) Menghubungkan selang identifier dengan tabung refrigeran isobutan

- 3.) Menekan tombol pump yang ada pada alat identifier sebanyak 4 kali berturut-turut untuk mengosongkan refrigeran dalam sistem alat identifier
- 4.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier sebanyak satu kali, alat akan mengambil sampel dari refrigeran isobutan sebanyak volume tertentu
- 5.) Menekan tombol yang ada pada alat identifier, secara otomatis alat akan menganalisis sampel refrigeran isobutan
- 6.) Mencatat zat-zat yang terkandung dalam refrigeran isobutan yang ada dalam sampel, adapun kandungan yang ada dalam sampel adalah sebagai berikut :

HC = 100%

R134 = 0.0%

R22 = 0.0 %

R12 = 0.0 %

Udara = 0.0 %

- 7.) Foto terdapat pada lampiran B.13

3. Pencampuran Refrigeran

- a. Propan 90% + Isobutan 10%

- 1.) Menguji kandungan propan dan isobutan di dalam tabung masing-masing dengan identifier refrigeran
- 2.) Memvakum tabung kosong selama 20 menit

- 3.) Menimbang tabung kosong pada timbangan digital berat tabung = 12935 gram
 - 4.) Memasukkan Isobutan sebanyak = 40 gram sehingga berat tabung = 12975 gram
 - 5.) Memasukkan propan sebanyak = 360 gram sehingga berat tabung = 13335 gram
 - 6.) Mengocok refrigeran yang ada dalam tabung
- b. Propan 80% + Isobutan 20%
- 1.) Menguji kandungan propan dan isobutan di dalam tabung masing-masing dengan identifier refrigeran
 - 2.) Memvakum tabung kosong selama 20 menit
 - 3.) Menimbang tabung kosong pada timbangan digital berat tabung = 12935 gram
 - 4.) Memasukkan Isobutan sebanyak = 80 gram sehingga berat tabung = 13015 gram
 - 5.) Memasukkan propan sebanyak = 320 gram sehingga berat tabung = 13335 gram
 - 6.) Mengocok refrigeran yang ada dalam tabung
- c. Propan 70% + Isobutan 30%
- 1.) Menguji kandungan propan dan isobutan di dalam tabung masing-masing dengan alat identifier refrigeran
 - 2.) Memvakum tabung kosong selama 20 menit

- 3.) Menimbang tabung kosong pada timbangan digital berat tabung = 12935 gram
 - 4.) Memasukkan Isobutan sebanyak = 120 gram sehingga berat tabung = 13055 gram
 - 5.) Memasukkan propan sebanyak = 280 gram sehingga berat tabung = 13335 gram
 - 6.) Mengocok refrigeran yang ada dalam tabung
- d. Propan 50% + Isobutan 50%
- 1.) Menguji kandungan propan dan isobutan di dalam tabung masing-masing dengan alat identifier refrigeran
 - 2.) Memvakum tabung kosong selama 20 menit
 - 3.) Menimbang tabung kosong pada timbangan digital berat tabung = 12935 gram
 - 4.) Memasukkan Isobutan sebanyak = 200 gram sehingga berat tabung = 13135 gram
 - 5.) Memasukkan propan sebanyak = 200 gram sehingga berat tabung = 13335 gram
 - 6.) Mengocok refrigeran yang ada dalam tabung

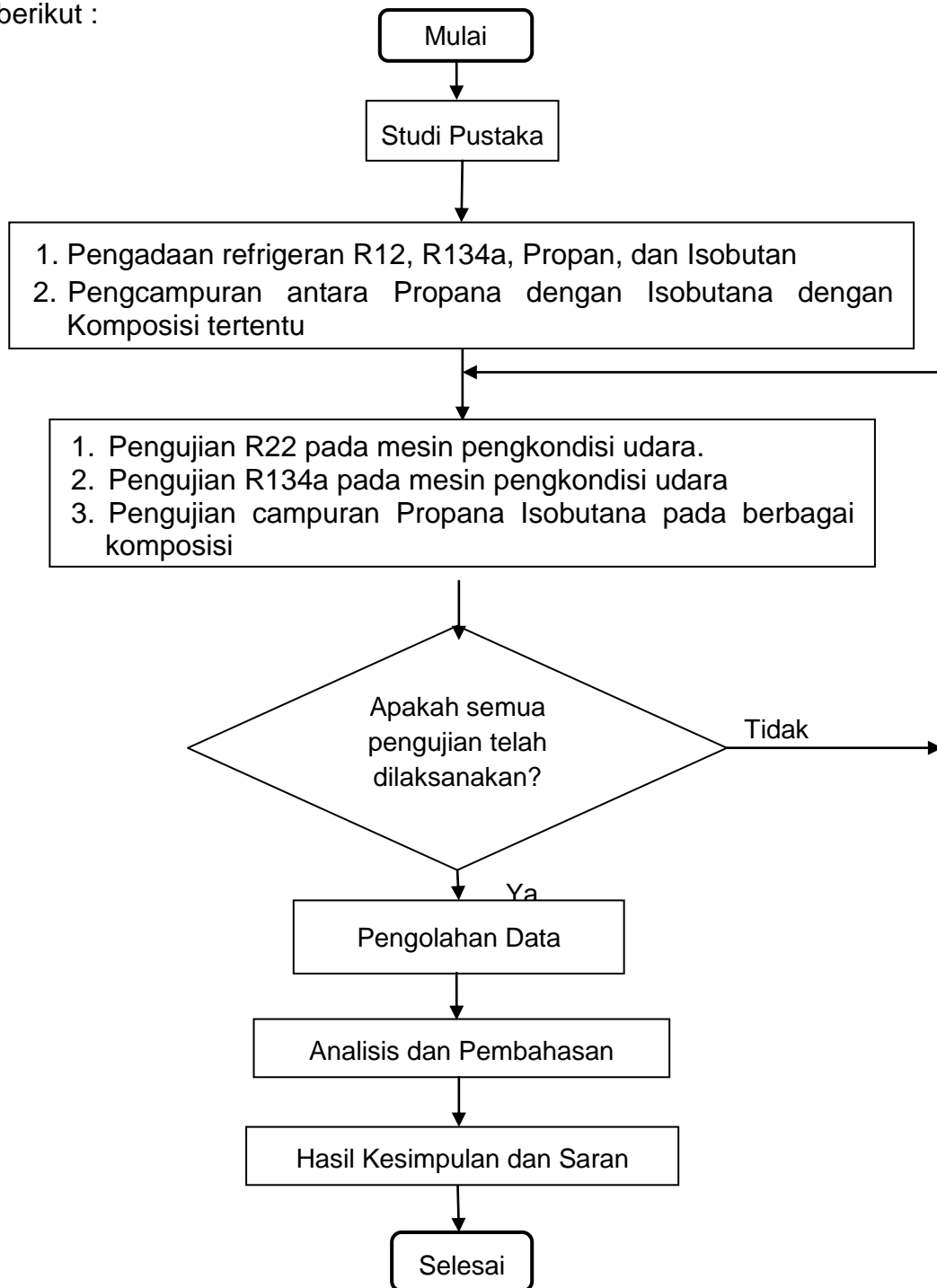
4. Pengujian refrigeran pada sistem mesin pengkondisian udara

- a. Pengisian refrigeran pada sistem mesin pengkondisian udara
 - 1.) Memvakumkan sistem pengkondisian udara sekitar 20 menit
 - 2.) Memasukkan refrigeran kedalam sistem pengkondisi udara
 - 3.) Menghidupkan alat simulasi mesin pengkondisian udara

- 4.) Mengecek tekanan dan arus yang masuk kedalam sistem pengkondisi udara tidak melebihi 3.1 A
 - 5.) Menjalankan sistem sekitar 15 menit hingga tekanan dan temperatur sudah sesuai dengan standar yang tertera pada manual book mesin pengkondisian udara
 - 6.) Menimbang kembali sisa refrigeran yang ada dalam tabung untuk mengetahui banyaknya refrigeran yang digunakan.
- b. Pengambilan data
- 1.) Menjalankan mesin pengkondisian udara selama lima menit
 - 2.) Mencatat data tekanan dan temperatur refrigeran yang masuk dan keluar komponen utama
 - 3.) Mencatat temperatur dalam dan luar ruangan
 - 4.) Mencatat kecepatan udara keluar evaporator
 - 5.) Data dicatat tiap lima menit secara bersamaan
 - 6.) Mencatat data hingga temperatur ruangan konstan
 - 7.) Mesin simulasi pengkondisian udara di matikan
- c. Pengeluaran refrigeran dari sistem mesin pengkondisian udara.
- 1.) Menghubungkan selang warna kuning mesin recovery dengan saluran masuk evaporator
 - 2.) Menghubungkan selang warna biru mesin recovery dengan tabung kosong.
 - 3.) Menjalankan mesin recovery hingga refrigeran dalam sistem dalam keadaan kosong.

F. Diagram alir penelitian

Agar penelitian lebih terarah, maka alur penelitian ini dibuat sebagai berikut :



Gambar 9. Skema sistematika penelitian

BAB IV

ANALISA HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

F. Analisa Hasil Perhitungan

1. Hasil pengambilan data

Dalam pengujian pada alat simulasi mesin pengkondisian udara merek AUX maka data yang di peroleh diantaranya : tekanan dan temperatur masuk kompresor (T_1), (P_1) diperoleh entalpi (h_1), tekanan dan temperatur keluar kompresor (T_2), (P_2) diperoleh entalpi (h_2), tekanan dan temperatur keluar kondensor (T_3), (P_3) diperoleh entalpi (h_3), tekanan dan temperatur masuk evaporator (T_4), (P_4) diperoleh entalpi (h_4), penentuan entalpi dengan menggunakan REFROP 6.0

Hasil penelitian secara lengkap, spesifikasi bahan refrigeran sintesis R22, R134a, Propan100%, isobutan 100% dan campuran (Propan 90% + Isobutan 10%, Propan 80% + Isobutan 20%, Propan 70% + Isobutan 30%, Propan 50% + Isobutan 50%) yang diuji pada ruangan bengkel mesin pengkondisian udara BLKI Makassar, dapat dilihat pada lampiran C.

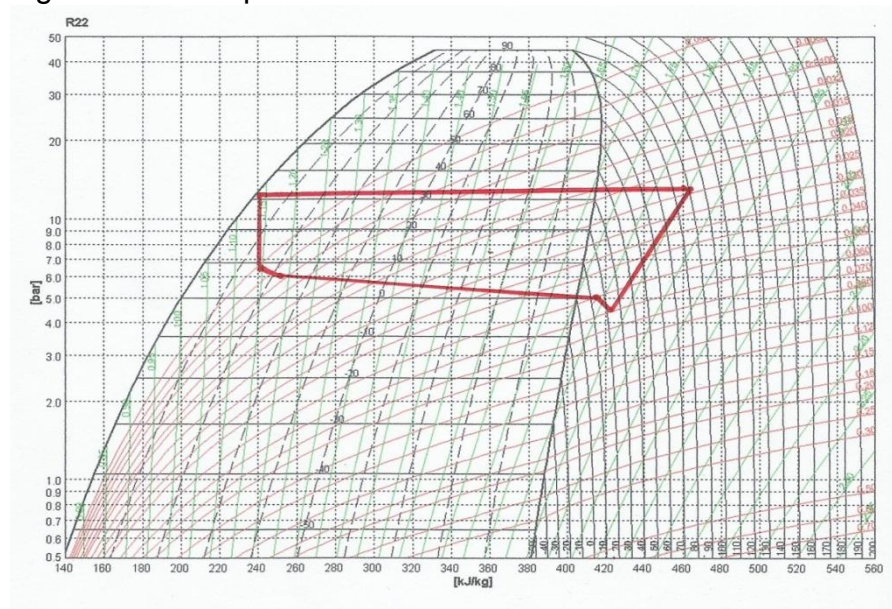
Selanjutnya data temperatur yang diperoleh diantaranya ; T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , menggunakan sensor termokopel (Terdapat pada lampiran B.4), serta temperatur bola kering, temperatur bola basah yang diukur dengan menggunakan termometer bola kering dan termometer bola basah yang dibalut dengan kain basah.

Pengambilan data diatas dilakukan secara bersamaan dengan dua orang dimana satu orang mencatat data di dalam ruangan dan satu orang di luar ruangan secara bersamaan dengan waktu pengambilan data tiap 5 menit yang dilakukan hingga temperatur didalam ruangan cenderung konstan untuk sekali pengambilan data, pada penelitian ini pengambilan data dilakukan sebanyak delapan kali data lengkap terdapat pada lampiran C

2. Diagram P-h

Penentuan nilai entalpi dengan cara mengimput nilai tekanan dan temperatur yang di dapat dari hasil pengujian pada alat simulasi mesin pengkondisian udara kedalam software Refrop 6.0

a. Diagram P-h R22 pada menit 150

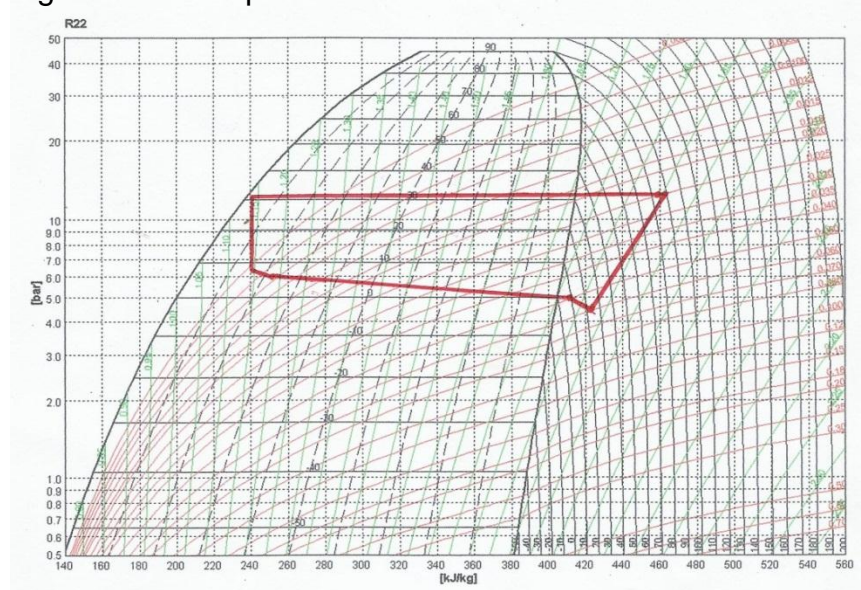


Gambar 10. Diagram P-h R22 pada menit 150

Pada Gambar 10 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.5 bar dan entalpinya 423.7 kJ/kg, refrigeran berada dalam keadaan gas semua, kemudian dikompresi oleh

kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 13.50 bar dan entalpi 462.7 kJ/kg, kemudian masuk kondensator pada tekanan 13.50 bar dan entalpi 462 kJ/kg dan pada kondensator akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensator adalah 13 bar dan entalpi 240.6 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 6.2 bar dan entalpi 251.6 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 6.0 bar dan entalpinya 253.6 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 5.0 bar dan entalpi 417.3 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.

b. Diagram P-h R22 pada menit 155



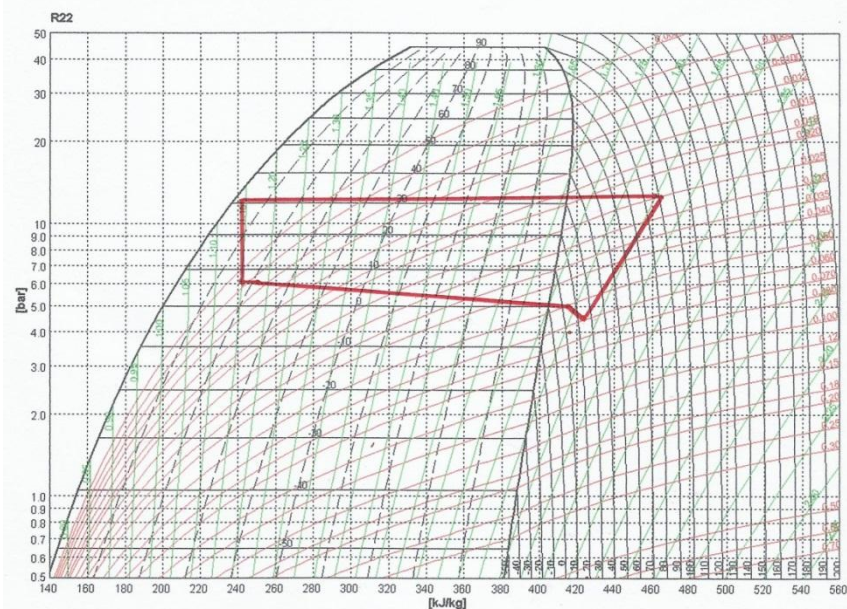
Gambar 11. Diagram P-h R22 pada menit 155

Pada Gambar 11 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.5 bar dan entalpinya 423.7 kJ/kg, refrigeran berada dalam keadaan gas semua, kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 13.50 bar dan entalpi 462.7 kJ/kg, kemudian masuk kondensor pada tekanan 13.50 bar dan entalpi 462.1 kJ/kg dan pada kondensor akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensor adalah 13 bar dan entalpi 240.5 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 6.2 bar dan entalpi 251.5 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 6.0 bar dan entalpinya 253.5 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 5.0 bar dan entalpi 417.3 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.

c. Diagram P-h R22 pada menit 160

Pada Gambar 12 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.5 bar dan entalpinya 423.5 kJ/kg, refrigeran berada dalam keadaan gas semua, kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 13.50 bar dan entalpi 462.7 kJ/kg, kemudian masuk

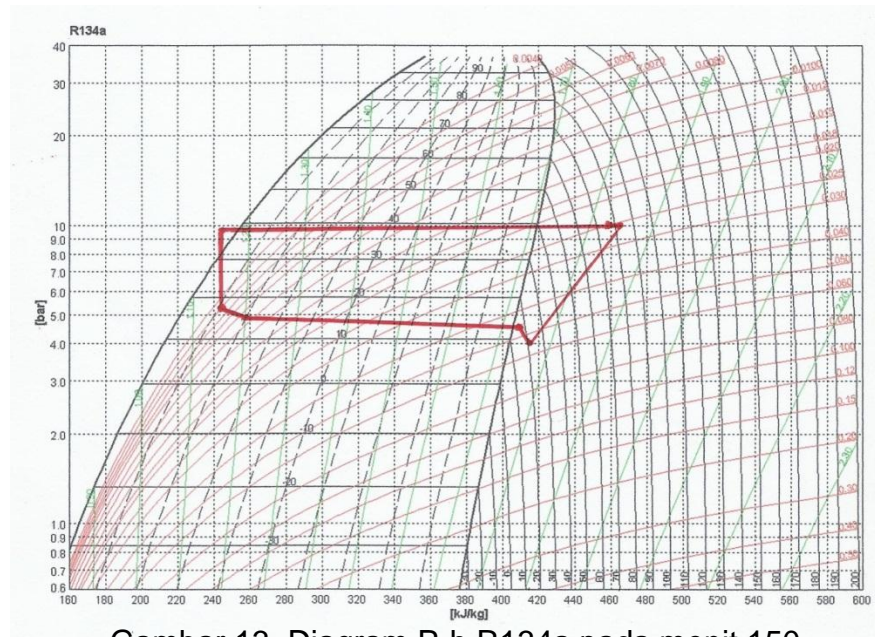
kondensor pada tekanan 13.50 bar dan entalpi 461.9 kJ/kg dan pada kondensor akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensor adalah 13 bar dan entalpi 240.5 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 6.2 bar dan entalpi 251.5 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 6.0 bar dan entalpinya 253.5 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 5.0 bar dan entalpi 417.3 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.



Gambar 12. Diagram P-h R22 pada menit 160

Untuk diagram P-h R22 pada temperatur ruangan konstan lainnya dapat dilihat pada lampiran D

d. Diagram P-h R134a pada menit 150

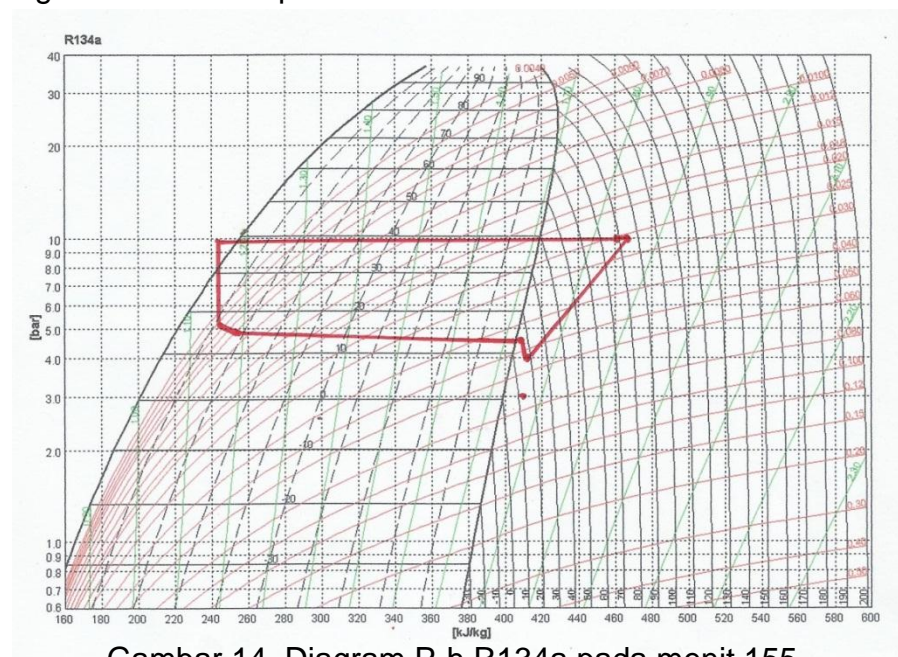


Gambar 13. Diagram P-h R134a pada menit 150

Pada Gambar 13 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.0 bar dan entalpinya 413.8 kJ/kg, refrigeran seluruhnya berada dalam keadaan gas , kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 10. bar dan entalpi 463 kJ/kg, kemudian masuk kondensor pada tekanan 10 bar dan entalpi 460.7 kJ/kg dan pada kondensor akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensor adalah 9.8 bar dan entalpi 243.5 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 5.1 bar dan entalpi 254.5 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 4.9 bar dan entalpinya 258.5 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan

refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 4.5 bar dan entalpi 412.7 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.

e. Diagram P-h R134a pada menit 155

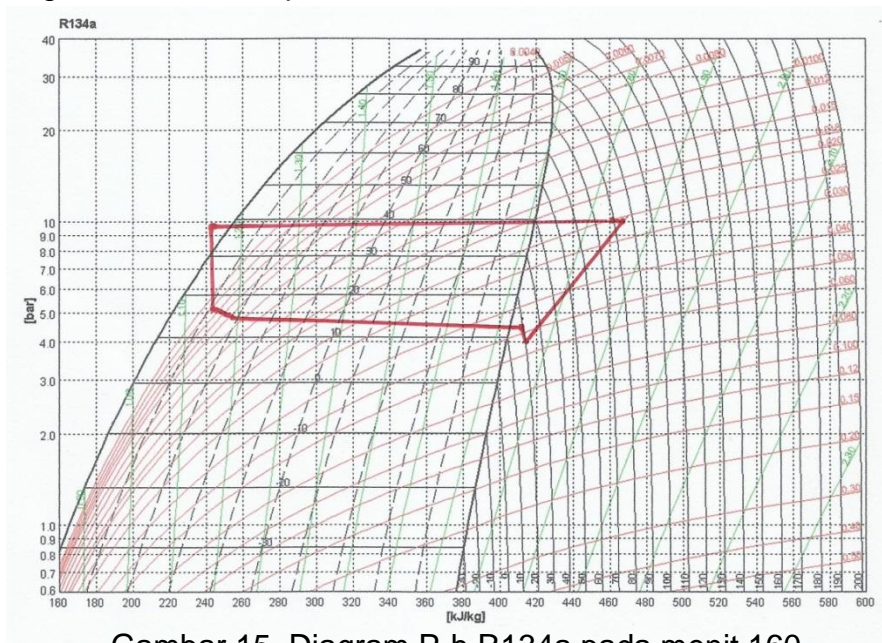


Gambar 14. Diagram P-h R134a pada menit 155

Pada Gambar 14 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.0 bar dan entalpinya 413.8 kJ/kg, refrigeran seluruhnya berada dalam keadaan gas, kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 10 bar dan entalpi 463 kJ/kg, kemudian masuk kondensor pada tekanan 10 bar dan entalpi 460.6 kJ/kg dan pada kondensor akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensor adalah 9.8 bar dan entalpi 243.5 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi

tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 5.1 bar dan entalpi 254.5 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 4.9 bar dan entalpinya 258.5 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 4.5 bar dan entalpi 412.7 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.

f. Diagram P-h R134a pada menit 160



Gambar 15. Diagram P-h R134a pada menit 160

Pada Gambar 15 terlihat bahwa refrigeran masuk kompresor pada tekanan 4.0 bar dan entalpinya 413.8 kJ/kg, refrigeran seluruhnya berada dalam keadaan gas, kemudian dikompresi oleh kompresor sehingga tekanan dan entalpinya naik menjadi tekanan 10 bar dan entalpi 463.1 kJ/kg, kemudian masuk

kondensor pada tekanan 10 bar dan entalpi 460.6 kJ/kg dan pada kondensor akibat banyaknya belokan dan gesekan sehingga terjadi penurunan tekanan dimana tekanan keluar kondensor adalah 9.8 bar dan entalpi 243.5 kJ/kg, selanjutnya pada katup ekspansi tekanan dan temperaturnya turun tapi entalpinya konstan dimana keluar katup ekspansi pada tekanan 5.1 bar dan entalpi 254.5 kJ/kg, kemudian masuk evaporator pada tekanan 4.9 bar dan entalpinya 258.5 kJ/kg, kemudian pada evaporator tekanan refrigeran turun lagi hal ini terjadi karena adanya belokan dan gesekan pada pipa-pipa evaporator adapun tekanan keluar evaporator 4.5 bar dan entalpi 412.7 kJ/kg, kemudian refrigeran masuk kembali kedalam kompresor.

Untuk diagram P-h R134a pada temperatur ruangan konstan lainnya dapat dilihat pada lampiran D

3. Analisis Perhitungan

Dalam pengujian ini, data yang dihitung adalah :

1. Laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud\ evap}$) dalam satuan kg/s
2. Kerja kompresi dalam satuan (w_c) kJ/kg
3. Daya kompresi (W_c) dalam satuan kW
4. Laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref}) dalam satuan kg/s
5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap}) dalam satuan kW
6. Efek refrigerasi (q_{re}) dalam satuan kJ/kg

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c) dalam satuan kW
8. Coefisien of performance (COP)

Contoh Perhitungan

a. R22

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.1 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud\ evap}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika: P = 496.42 psi $T_1 = 24\ ^\circ\text{C} = 297\ \text{K}$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{496.42}{0.287 \times 297} \\ &= 5.824\ \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ud\ evap} &= \rho_{udara} \times A \times V \\ &= 5.824\ \text{kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045)\ \text{m}^2 \times 3.99\ \text{m/s} \\ &= 0.173\ \text{kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$\begin{aligned}
 w_c &= (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \\
 &= (461.5 - 424.3) \text{ kJ/kg} \\
 &= 37.20 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$\begin{aligned}
 W_c &= (I \times V) / 1000 \\
 &= (2.6 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000 \\
 &= 0.572 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\begin{aligned}
 \dot{m}_{ref} &= \frac{W_c}{w_c} \\
 &= \frac{0.572}{37.20} \\
 &= 0.0154 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$\begin{aligned}
 Q_{evap} &= \dot{m}_{ref} \times (h_1 - h_4) \\
 &= 0.0154 \text{ kg/s} (424.3 - 239.1) \text{ kJ/kg} \\
 &= 2.848 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$\begin{aligned}
 q_{re} &= (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \\
 &= (424.3 - 239.1) \text{ kJ/kg} \\
 &= 185.20 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \dot{m}_{ref} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\
 &= 0.0154 \text{ kg/s} (461.5 - 239.1) \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$= 3.400 \text{ kJ/s}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{424.3 - 239.1}{461.5 - 424.3} \\ &= 4.978 \end{aligned}$$

b. R134a

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.2 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator (\dot{m}_{udevap})

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika P = 448.16 psi $T_1 = 24.8 \text{ }^\circ\text{C} = 297.8 \text{ K}$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{448.16}{0.287 \times 297.8} \end{aligned}$$

$$= 5.244 \text{ kg/m}^3$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{ud evap}} &= \rho_{\text{udara}} \times A \times V \\ &= 5.244 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 3.1 \text{ m/s} \\ &= 0.878 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$\begin{aligned} w_c &= (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \\ &= (462.5 - 415.8) \text{ kJ/kg} \\ &= 46.70 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$\begin{aligned} W_c &= (I \times V) / 1000 \\ &= (1.9 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000 \\ &= 0.418 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{ref}} &= \frac{W_c}{w_c} \\ &= \frac{0.418}{46.70} \\ &= 0.00895 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$\begin{aligned} Q_{\text{evap}} &= \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4) \\ &= 0.00895 \text{ kg/s} (415.8 - 244.9) \text{ kJ/kg} \\ &= 1.530 \text{ kW} \end{aligned}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$\begin{aligned}
 q_{re} &= (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \\
 &= (415.8 - 244.9) \text{ kJ/kg} \\
 &= 170.90 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \dot{m}_{ref} \text{ kg/s} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\
 &= 0.00895 \text{ kg/s} (462.5 - 244.9) \text{ kJ/kg} \\
 &= 1.940 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{415.8 - 244.9}{462.5 - 415.8} \\
 &= 3.660
 \end{aligned}$$

c. Propan 100 %

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.3 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud \text{ evap}}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m²

V = kecepatan m/s

Jika P = 420.58 psi T₁ = 26.4⁰C = 297.4 K

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{420.58}{0.287 \times 297.4} \\ &= 4.932 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{ud evap}} &= \rho_{\text{udara}} \times A \times V \\ &= 4.93 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 3.2 \text{ m/s} \\ &= 0.844 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$\begin{aligned}w_c &= (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \\ &= (688.8 - 629.8) \text{ kJ/kg} \\ &= 59.00 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$\begin{aligned}W_c &= (I \times V) / 1000 \\ &= (2 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000 \\ &= 0.440 \text{ kW}\end{aligned}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (ṁ_{ref})

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{ref}} &= \frac{W_c}{w_c} \\ &= \frac{0.440}{59.00} \\ &= 0.00746 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{evap}} &= \dot{m}_{\text{refrigeran}} \times (h_1 - h_4) \\
 &= 0.00746 \text{ kg/s} (629.8 - 286.4) \text{ kJ/kg} \\
 &= 2.561 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$\begin{aligned}
 q_{\text{re}} &= (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \\
 &= (629.8 - 286.4) \text{ kJ/kg} \\
 &= 343.40 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \dot{m}_{\text{ref}} \text{ kg/s} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\
 &= 0.00746 \text{ kg/s} (688.8 - 286.4) \text{ kJ/kg} \\
 &= 3.000 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{629.8 - 286.4}{688.8 - 629.8} \\
 &= 5.820
 \end{aligned}$$

d. Isobutan 100 %

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.4 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator

$$(\dot{m}_{\text{ud evap}})$$

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika P = 172.36 psi $T_1 = 19.6^\circ\text{C} = 292.6 \text{ K}$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{172.36}{0.287 \times 292.6} \\ &= 2.055 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{ud evap}} &= \rho_{\text{udara}} \times A \times V \\ &= 2.055 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 4.53 \text{ m/s} \\ &= 0.503 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$\begin{aligned}w_c &= (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \\ &= (676.4 - 585.8) \text{ kJ/kg} \\ &= 90.60 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$\begin{aligned}W_c &= (I \times V) / 1000 \\ &= (1.4 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000\end{aligned}$$

$$= 0.308 \text{ kW}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \frac{W_c}{w_c}$$

$$= \frac{0.308}{90.60}$$

$$= 0.00340 \text{ kg/s}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4)$$

$$= 0.00340 \text{ kg/s} (585.8 - 267.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1.082 \text{ kW}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$q_{\text{re}} = (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg}$$

$$= (585.8 - 267.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 318.30 \text{ kJ/kg}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$Q_c = \dot{m}_{\text{ref}} \text{ kg/s} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg}$$

$$= 0.00340 \text{ kg/s} (676.4 - 267.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1.390 \text{ kJ/s}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\text{COP} = \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}}$$

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

$$= \frac{585.8 - 267.5}{676.4 - 585.8}$$

$$= 3.513$$

e. Propan 90% + Isobutan 10%

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.5 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud\ evap}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika $P = 344.74$ psi $T_1 = 28.8^\circ\text{C} = 301.8$ K

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{P}{RT} \\ &= \frac{344.74}{0.287 \times 301.8} \\ &= 3.980 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{ud\ evap} &= \rho_{udara} \times A \times V \\ &= 3.980 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 5.35 \text{ m/s} \\ &= 1.150 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$w_c = (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg}$$

$$= (690.0 - 625.2) \text{ kJ/kg}$$

$$= 64.80 \text{ kJ/kg}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$W_c = (I \times V) / 1000$$

$$= (1.9 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000$$

$$= 0.418 \text{ kW}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \frac{W_c}{w_c}$$

$$= \frac{0.42}{64.8}$$

$$= 0.00645 \text{ kg/s}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4)$$

$$= 0.00645 \text{ kg/s} (625.2 - 283.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.204 \text{ kW}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$q_{\text{re}} = (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg}$$

$$= (625.2 - 283.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 341.70 \text{ kJ/kg}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$Q_c = \dot{m}_{\text{ref}} \text{ kg/s} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg}$$

$$= 0.00645 \text{ kg/s} (690.0 - 283.5) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.622 \text{ kJ/s}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\
 &= \frac{h1-h4}{h2-h1} \\
 &= \frac{625.2 - 283.5}{690.0 - 625.2} \\
 &= 5.273
 \end{aligned}$$

f. Propan 80% + Isobutan 20%

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.6 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{\text{ud evap}}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika $P = 358.53 \text{ psi}$ $T_1 = 29.3^\circ\text{C} = 302.3 \text{ K}$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{P}{RT} \\
 &= \frac{358.53}{0.287 \times 302.3} \\
 &= 4.132 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\dot{m}_{\text{ud evap}} = \rho_{\text{udara}} \times A \times V$$

$$= 4.132 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 5.35 \text{ m/s}$$

$$= 1.194 \text{ kg/s}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$w_c = (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg}$$

$$= (690.3 - 621.1) \text{ kJ/kg}$$

$$= 69.20 \text{ kJ/kg}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$W_c = (I \times V) / 1000$$

$$= (1.9 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000$$

$$= 0.418 \text{ kW}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\dot{m}_{ref} = \frac{W_c}{w_c}$$

$$= \frac{0.418}{69.20}$$

$$= 0.00604 \text{ kg/s}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$Q_{evap} = \dot{m}_{ref} \times (h_1 - h_4)$$

$$= 0.00604 \text{ kg/s} (621.1 - 282.1) \text{ kJ/kg}$$

$$= 2.048 \text{ kW}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$q_{re} = (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg}$$

$$= (621.1 - 282.1) \text{ kJ/kg}$$

$$= 339.00 \text{ kJ/kg}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$\begin{aligned}
 Q_c &= \dot{m}_{ref} \text{ kg/s } (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\
 &= 0.01 \text{ kg/s } (621.1 - 282.1) \text{ kJ/kg} \\
 &= 2.466 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned}
 \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\
 &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
 &= \frac{621.1 - 282.1}{690.3 - 621.1} \\
 &= 4.899
 \end{aligned}$$

g. Propan 70% + Isobutan 30%

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.7 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud \text{ evap}}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3

P = Tekanan

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg untuk udara

T = Suhu absolut K

A = Luas penampang m^2

V = kecepatan m/s

Jika $P = 399.9 \text{ psi}$ $T_1 = 22.8^\circ\text{C} = 295.8 \text{ K}$

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

$$= \frac{399.9}{0.287 \times 295.8}$$

$$= 4.710 \text{ kg/m}^3$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\dot{m}_{\text{ud evap}} = \rho_{\text{udara}} \times A \times V$$

$$= 4.710 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 4.5 \text{ m/s}$$

$$= 1.145 \text{ kg/s}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$w_c = (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg}$$

$$= (674.3 - 604.0) \text{ kJ/kg}$$

$$= 70.30 \text{ kJ/kg}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$W_c = (I \times V) / 1000$$

$$= (1.9 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000$$

$$= 0.418 \text{ kW}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (\dot{m}_{ref})

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \frac{W_c}{w_c}$$

$$= \frac{0.418}{70.30}$$

$$= 0.00595 \text{ kg/s}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4)$$

$$= 0.00595 \text{ kg/s} (604.0 - 283.7) \text{ kJ/kg}$$

$$= 1.904 \text{ kW}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$\begin{aligned} q_{re} &= (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \\ &= (604.0 - 283.7) \text{ kJ/kg} \\ &= 320.30 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

$$\begin{aligned} Q_c &= \dot{m}_{ref} \text{ kg/s} (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\ &= 0.00595 \text{ kg/s} (674.3 - 283.7) \text{ kJ/kg} \\ &= 2.322 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{604.0 - 283.7}{674.3 - 604.0} \\ &= 4.556 \end{aligned}$$

h. Propan 50% + Isobutan 50%

Sebagai contoh perhitungan digunakan data lampiran C.8 nomor satu menit ke lima.

1. Perhitungan laju aliran massa udara evaporator ($\dot{m}_{ud \text{ evap}}$)

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

Dimana : ρ = Massa jenis udara kg/m^3 P = Tekanan bar

R = Tetapan gas 0.287 kJ/kg

T = Suhu absolut (K)

A = Luas penampang (m²) V = kecepatan m/s

Jika P = 489.53 psi T₁ = 21⁰C = 294 K

$$\rho = \frac{P}{RT} = \frac{489.53}{0.287 \times 294} = 5.802 \text{ kg/m}^3$$

Laju aliran massa udara evaporator :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{ud evap}} &= \rho_{\text{udara}} \times A \times V \\ &= 5.802 \text{ kg/m}^3 \times (0.165 \times 0.045) \text{ m}^2 \times 3.61 \text{ m/s} \\ &= 1.131 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan kerja kompresi (w_c)

$$\begin{aligned} w_c &= (h_2 - h_1) \text{ kJ/kg} \\ &= (671.2 - 597.8) \text{ kJ/kg} \\ &= 73.40 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

3. Perhitungan daya kompresi (W_c)

$$\begin{aligned} W_c &= (I \times V) / 1000 \\ &= (2.2 \text{ A} \times 220 \text{ Volt}) / 1000 = 0.484 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. Perhitungan laju aliran massa refrigeran (ṁ_{ref})

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{ref}} &= \frac{W_c}{w_c} \\ &= \frac{0.484}{73.40} \\ &= 0.00659 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

5. Perhitungan laju aliran kalor evaporator (Q_{evap})

$$\begin{aligned} Q_{\text{evap}} &= \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4) \\ &= 0.00659 \text{ kg/s} (597.8 - 275.1) \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$= 2.128 \text{ kW}$$

6. Perhitungan efek refrigerasi (q_{re})

$$\begin{aligned} q_{re} &= (h_1 - h_4) \text{ kJ/kg} \\ &= (597.8 - 275.1) \text{ kJ/kg} \\ &= 322.70 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

7. Perhitungan laju aliran kalor kondensor (Q_c)

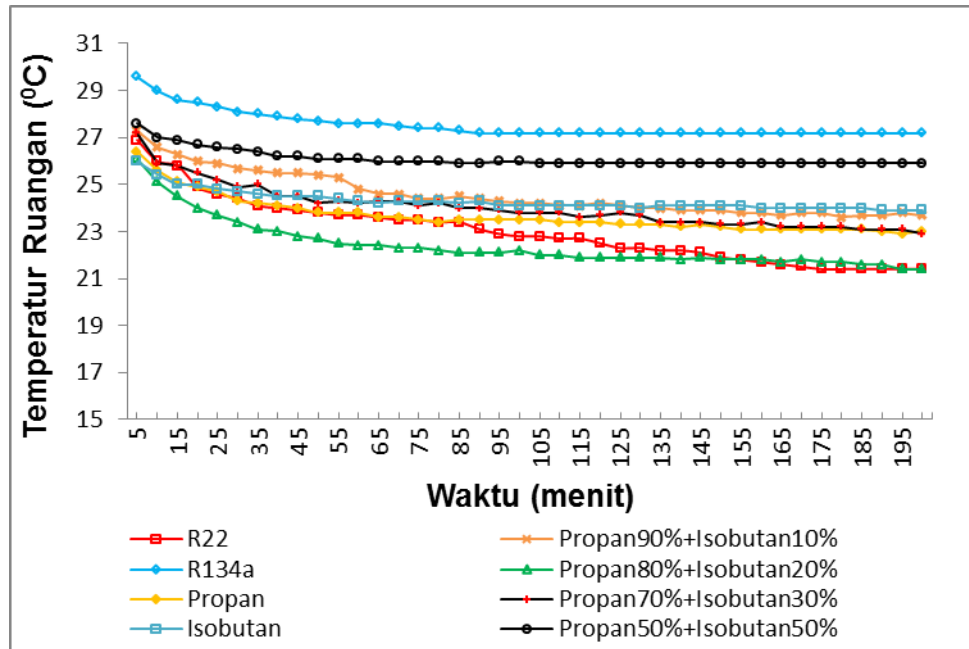
$$\begin{aligned} Q_c &= \dot{m}_{ref} \text{ kg/s } (h_2 - h_3) \text{ kJ/kg} \\ &= 0.00659 \text{ kg/s } (671.2 - 275.1) \text{ kJ/kg} \\ &= 2.612 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

8. Perhitungan coefisien of performance (COP)

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{efek refrigerasi}}{\text{kerja kompresi}} \\ &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ &= \frac{597.8 - 275.1}{671.2 - 597.8} \\ &= 4.396 \end{aligned}$$

G. Pembahasan

1. Waktu operasi terhadap Temperatur ruangan



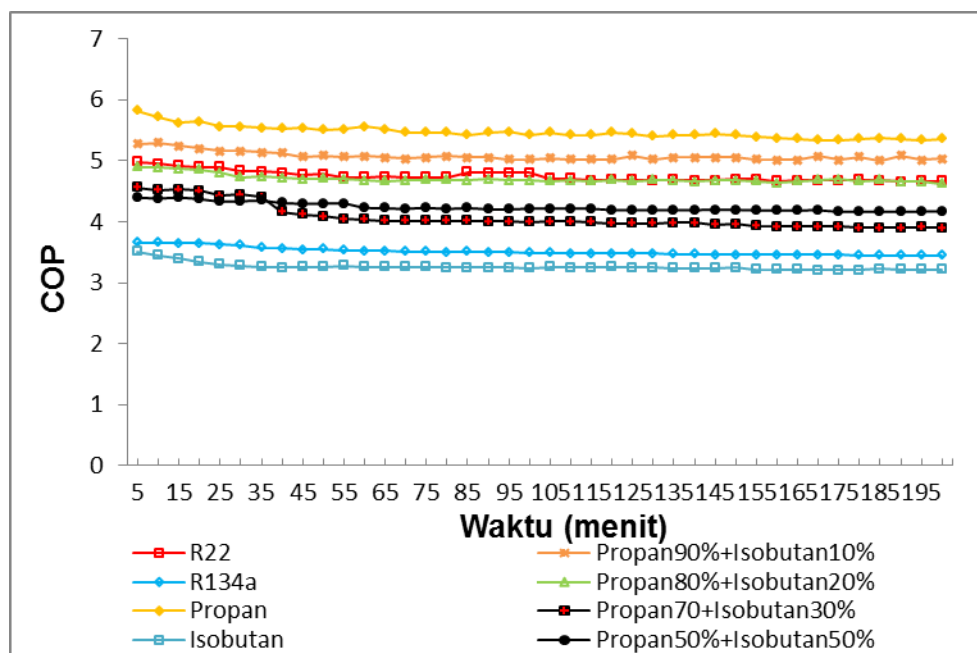
Gambar 16. Hubungan antara waktu operasi mesin pengkondisian udara dengan Temperatur ruangan

Pada gambar 16 di atas terlihat bahwa semakin lama waktu operasi dari mesin pengkondisian udara maka temperatur ruangan ikut turun atau dengan kata lain lama waktu operasi mesin pengkondisian udara berbanding lurus dengan temperatur ruangan.

Pada gambar 16 juga terlihat bahwa jenis refrigeran sintesis R22 yang mampu mendinginkan ruangan lebih rendah dibanding refrigeran lainnya dan refrigeran hidrokarbon dengan campuran propan 80% + isobutan 20% hampir sama kemampuan mendinginkannya dengan refrigeran sintesis R22.

itu artinya refrigeran tersebut sangat berpotensi menggantikan R22. Hal ini hampir sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh *N. Murugan dkk 2013* dimana mereka mendapatkan campuran terbaik adalah Propan 79% + Isobutan 21%.

2. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap COP mesin pengkondisian udara



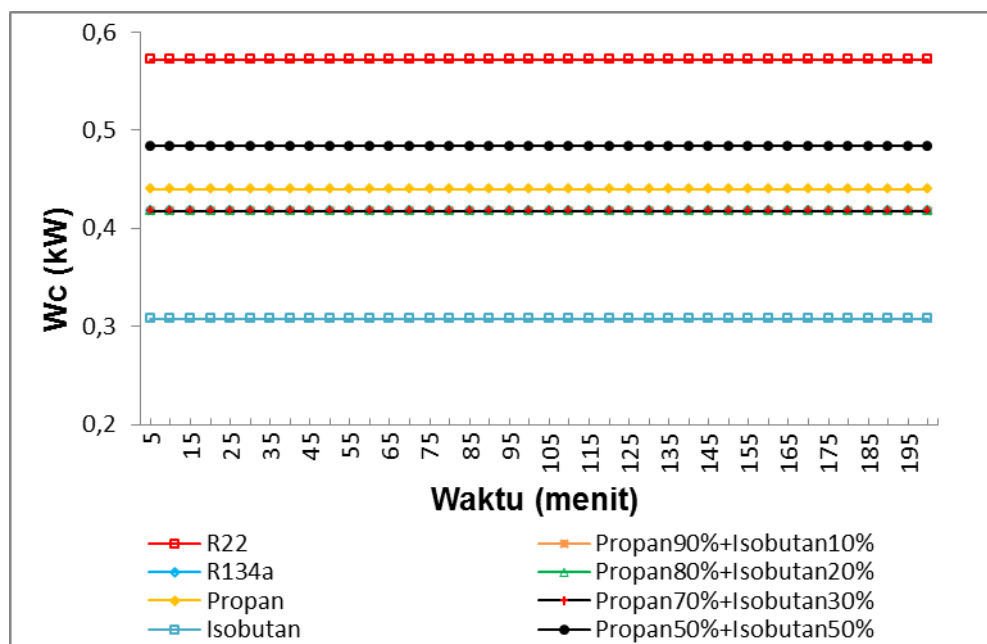
Gambar 17. Hubungan antara waktu operasi mesin pengkondisian udara dengan COP mesin pengkondisian udara

Pada gambar 17 terlihat bahwa semakin lama waktu operasi mesin pengkondisian udara maka COP ikut turun atau boleh dikatakan bahwa COP berbanding lurus terhadap waktu operasi mesin pengkondisian udara hal ini terjadi karena semakin lama mesin pengkondisian udara beroperasi maka temperatur refrigeran keluar evaporator ikut turun sehingga entalpi masuk kompresor (h_1) ikut

turun sementara COP adalah entalpi pada titik satu (h_1) dikurang entalpi masuk evaporator (h_4) dibagi entalpi keluar kompresor (h_2) dikurang entalpi masuk kompresor (h_1).

Pada gambar 17 terlihat bahwa refrigeran R22 cenderung berimpit dengan refrigeran hidrokarbon campuran Propan 80% + Isobutan 20% itu artinya refrigeran tersebut sangat berpotensi menggantikan R22 . Hal ini hampir sama dengan hasil penelitian yang diperoleh oleh M. Boumaza 2010

3. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap daya kompresor



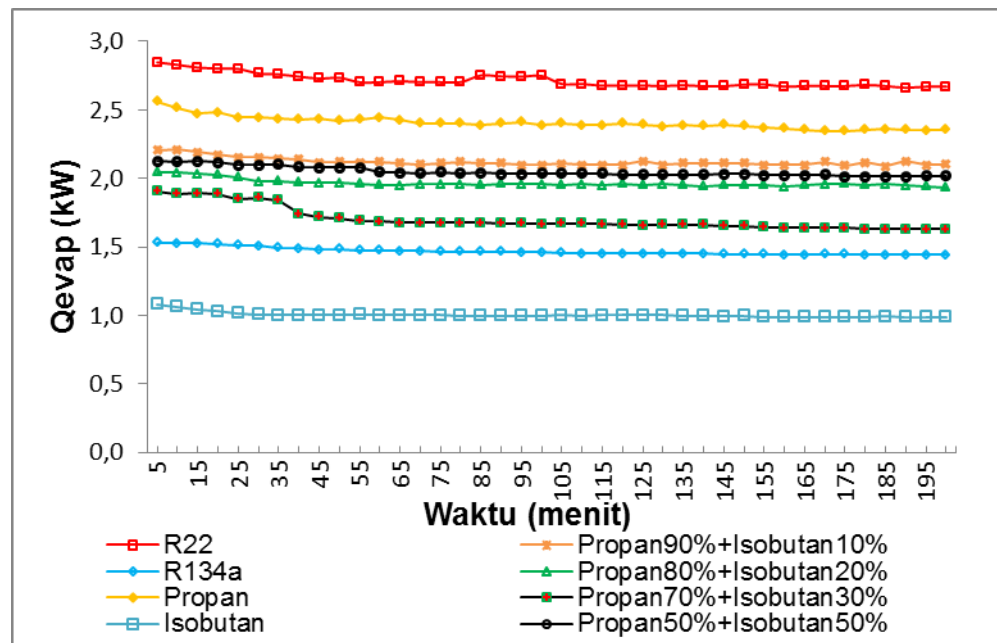
Gambar 18. Hubungan antara waktu operasi mesin pengkondisian udara dengan COP mesin pengkondisian udara

Pada gambar 18 terlihat bahwa waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap daya kompresor cenderung konstan.

Hal ini terjadi karena beban yang ada di dalam ruangan tidak berubah-ubah sehingga kalor yang di serap di evaporator cenderung konstan sehingga daya kompresor cenderung konstan.

Pada gambar 18 juga terlihat bahwa refrigeran R22 membutuhkan daya kompresi lebih besar di bandingkan dengan refrigeran hidrokarbon campuran propan dan isobutan itu artinya refrigeran R22 membutuhkan konsumsi daya listrik yang lebih besar dibandingkan dengan refrigeran hidrokarbon.

4. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap laju aliran kalor evaporator



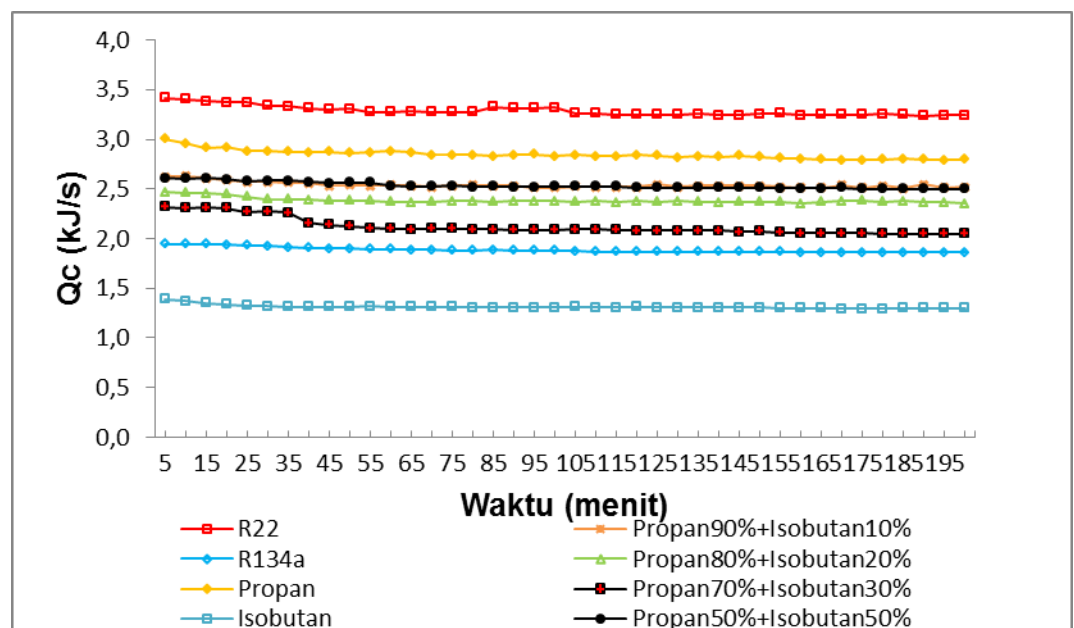
Gambar 19. Hubungan antara waktu operasi mesin pengkondisian udara dengan Laju aliran kalor evaporator

Pada gambar 19 terlihat bahwa semakin lama waktu operasi mesin pengkondisian udara maka laju aliran kalor evaporator cenderung

ikut menurun atau boleh dikatakan bahwa laju aliran kalor evaporator berbanding lurus terhadap waktu operasi mesin pengkondisian udara.

Hal tersebut terjadi karena semakin lama mesin pengkondisian udara beroperasi maka kalor yang di serap di dalam ruangan semakin kecil sehingga perubahan entalpi masuk evaporator dengan keluar evaporator kecil. Oleh karena itu laju aliran kalor cenderung menurun dengan berjalannya waktu operasi mesin pengkondisian udara.

5. Waktu operasi mesin pengkondisian udara terhadap laju aliran kalor kondensator



Gambar 20. Hubungan antara waktu operasi mesin pengkondisian udara dengan Laju aliran kalor kondensator

Pada gambar 20 diatas terlihat bahwa semakin lama waktu operasi mesin pengkondisian udara maka laju aliran kalor kondensor cenderung ikut menurun atau boleh dikatakan bahwa laju aliran kalor kondensor berbanding lurus terhadap waktu operasi mesin pengkondisian udara.

Hal tersebut terjadi karena semakin lama mesin pengkondisian udara beroperasi maka kalor yang di serap di dalam ruangan semakin kecil sehingga kalor yang di buang dikondensor ikut turun. Besarnya kalor yang dibuang oleh kondensor adalah kalor yang di serap kondensor ditambah dengan kalor yang di bangkitkan oleh kompresor. Oleh karena itu laju aliran kalor cenderung menurun dengan berjalannya waktu operasi mesin pengkondisian udara.

Ditinjau dari nilai COP dan penurunan temperatur ruangan terlihat dengan jelas bahwa R22 dan refrigeran hidrokarbon campuran propan 80% + isobutan 20% mempunyai nilai yang hampir sama atau sangat dekat, dengan demikian dapat diperkirakan bahwa campuran propan 80% + isobutan 20% merupakan campuran hidrokarbon yang optimal dapat menggantikan refrigeran R22.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan, pengolahan data, dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Refrigeran hidrokarbon campuran propan dan isobutan telah berhasil dibuat dengan berat yang sama dan diuji pada mesin pengkondisian udara dengan komposisi (propan 100%, Isobutan 100%, Propan 90% + Isobutan 10%, Propan 80% + Isobutan 20%, Propan 70% + Isobutan 30%, Propan 50% + Isobutan 50%).
2. Secara keseluruhan semua refrigeran yang diuji cocok dengan mesin pengkondisian udara yang diuji dan dapat menurunkan temperatur ruangan. Refrigeran yang paling mampu menurunkan temperatur ruangan dengan waktu dan volume yang sama adalah refrigeran R22 dan kemudian refrigeran hidrokarbon campuran Propan 80% + Isobutan 20% yang mampu mendinginkan ruangan hampir sama dengan R22. Kedua refrigeran ini memiliki COP yang hampir sama.
3. Refrigeran hidrokarbon campuran propan 80% + isobutan 20% mempunyai COP dan pendinginan ruangan yang bisa dicapai hampir sama dengan refrigeran R22 oleh karena itu refrigeran tersebut dianggap bisa menggantikan refrigeran R22

B. Saran

1. Diharapkan pada penelitian berikutnya refrigeran hidrokarbon dengan komposisi Propan 80% + Isobutan 20% bisa diuji pada mesin pengkondisian udara dengan merek dan pk yang berbeda-beda
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan refrigeran hidrokarbon dengan komposisi propan 80% + isobutan 20% bisa diuji pada mesin pengkondisian udara dengan beban pendinginan yang dipariasikan.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan mampu menemukan refrigeran yang sifat-sifatnya sama dengan R22 sehingga refrigeran yang banyak digunakan saat ini yang mengandung klor bisa digantikan penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, W., H. Saito. 2002. *Penyegar Udara*. Edisi keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
2. Arora, C.P. *Refrigeration and Air Conditioning*. Tata McGraw-Hill Publising Company Limited, New Delhi
3. Bolaji, B.O. 2010. Experimental Study of R152a and R32 to Replace R134a in a Domestic Refrigerator. *Journal Energy* 35, 3793-3798, Nigeria
4. Bolaji, B.O. 2012. Performance of a R22 split air conditioner when retrofitted with ozone friendly refrigerants (R410A and R417A). *Journal Energy in south Africa* vol 23 no 3, Nigeria
5. Carrier Air Conditioning Company, 1965, *Handbook of Air Conditioning System* McGraw-Hill Book Company, New York
6. Irwan. 2011. Analisis Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Masuk Evaporator Terhadap Prestasi Mesin Pendingin Model. BC/EV. Tesis Pasca Sarjana Unhas, Makassar
7. M. Boumaza. 2010. Performances Assesment of Natural Refrigerants as Subtitutes to CFC and HCFC in Hot Climate. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering* vol 1 no 2, Saudi Arabia
8. N. Murugan dkk. 2013. Development of Statistical Models for Predicting Performance of R22, R134a and R290/R600a Mixture Refrigerants using Design of Experiments. *International Journal of Thermodynamics (IJoT)* vol. 16 no.1, India

LAMPIRAN

Lampiran A



Gambar A.1 Refrigeran R22



Gambar A.2 Refrigeran R134a



Gambar A.3 Refrigeran Propan



Gambar A.4 Refrigeran Isobutan



Gambar A.5 Instalasi pengujian outdoor



Gambar A.7 Alat pengukur tekanan



Gambar A.8 Termokopel digital



Gambar A.9 Anemometer



Gambar A.10 Timbangan digital



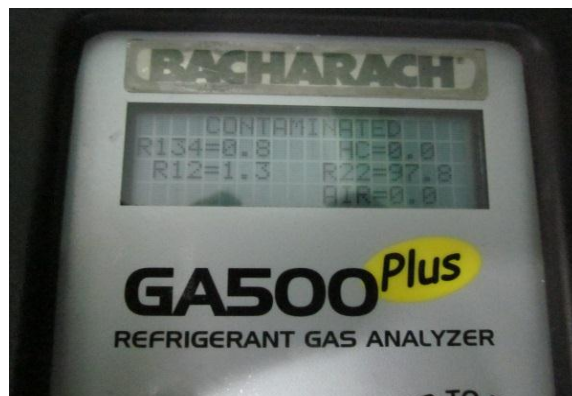
Gambar A.11 Manifold



Gambar A.12 Amperemeter



Gambar A.13 Refrigeran gas analyzer



Gambar A.14 Hasil pengujian refrigeran R22



Gambar A.15 Pompa Vakum

Lampiran C

Tabel C.1.1 Data Evaporator R22

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	496	13.4	24.1	3.9	27.1	20.8	26.9
2	10	496	13.0	23.2	4.1	26.2	19.2	26.0
3	15	503	12.6	22.5	4.0	25.8	18.2	25.8
4	20	503	12.6	22.0	4.1	25.3	17.2	24.9
5	25	503	12.3	21.6	4.1	25.2	16.8	24.6
6	30	503	12.1	21.2	4.0	24.8	16.5	24.4
7	35	503	12.0	21.0	4.1	24.6	16.2	24.1
8	40	503	11.9	20.9	4.0	24.4	15.8	24.0
9	45	496	11.8	20.8	4.0	24.1	15.4	23.9
10	50	496	11.7	20.6	4.1	24.1	15.4	23.8
11	55	496	11.7	20.5	4.0	23.8	15.2	23.7
12	60	496	11.7	20.4	4.0	23.9	15.1	23.7
13	65	496	11.6	20.3	4.0	23.8	14.9	23.6
14	70	496	11.6	20.2	4.1	23.8	14.9	23.5
15	75	496	11.5	20.2	4.0	23.7	14.8	23.5
16	80	496	11.5	20.2	4.1	23.6	14.8	23.4
17	85	490	11.5	20.2	4.0	23.5	14.7	23.4
18	90	490	11.4	20.1	4.0	23.4	14.6	23.1
19	95	490	11.4	20.1	4.0	23.4	14.4	22.9
20	100	490	11.4	20.1	4.0	23.2	14.3	22.8
21	105	490	11.3	20.0	4.0	23.1	14.3	22.8
22	110	490	11.3	20.0	4.0	23.1	14.2	22.7
23	115	483	11.3	20.1	4.0	23.0	14.1	22.7
24	120	483	11.3	20.1	4.0	22.9	14.0	22.5
25	125	483	11.3	20.1	4.0	22.9	13.9	22.3
26	130	483	11.4	20.1	4.0	22.9	13.9	22.3
27	135	483	11.4	20.1	4.1	23.0	13.9	22.2
28	140	483	11.4	20.1	4.1	22.9	13.8	22.2
29	145	483	11.3	20.0	4.0	22.9	13.9	22.1
30	150	483	11.2	20.0	4.0	23.0	13.8	21.9
31	155	483	11.2	19.9	4.1	22.9	13.8	21.8
32	160	483	11.3	19.8	3.9	22.8	13.8	21.7
33	165	483	11.3	19.9	4.0	22.9	14.2	21.6
34	170	483	11.2	19.8	4.0	22.8	14.4	21.5
35	175	483	11.1	19.7	4.0	22.9	14.4	21.4
36	180	483	11.1	19.7	4.0	22.8	14.3	21.4
37	185	483	10.9	19.7	4.0	22.8	14.4	21.4
38	190	483	11.0	19.8	4.0	22.9	14.3	21.4
39	195	483	11.1	19.8	4.0	22.8	14.3	21.4
40	200	483	11.1	19.8	4.1	22.8	14.4	21.4

Tabel C.1.2 Data Evaporator R134a

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	448.2	22.0	24.8	3.1	28.7	22.9	29.6
2	10	413.7	22.0	22.7	3.1	28.5	22.4	29.0
3	15	406.8	21.8	22.1	3.1	28.3	21.8	28.6
4	20	399.9	21.7	21.6	3.2	28.2	21.4	28.5
5	25	399.9	21.7	21.4	3.1	27.8	21.1	28.3
6	30	393.0	21.2	21.2	3.2	27.8	20.8	28.1
7	35	393.0	21.0	21.0	3.2	27.6	20.6	28.0
8	40	386.1	20.9	20.9	3.2	27.5	20.4	27.9
9	45	386.1	20.8	20.8	3.1	27.4	20.2	27.8
10	50	386.1	20.7	20.7	3.2	27.4	20.1	27.7
11	55	386.1	20.6	20.6	3.2	27.3	19.9	27.6
12	60	386.1	20.5	20.5	3.2	27.2	19.8	27.6
13	65	379.2	20.4	20.4	3.1	27.2	19.7	27.6
14	70	379.2	20.4	20.4	3.1	27.2	19.7	27.5
15	75	379.2	20.3	20.3	3.2	27.2	19.7	27.4
16	80	379.2	20.2	20.2	3.2	27.1	19.6	27.4
17	85	379.2	20.2	20.2	3.1	27.1	19.5	27.3
18	90	379.2	20.1	20.1	3.1	27.0	19.4	27.2
19	95	379.2	20.0	20.0	3.2	26.9	19.3	27.2
20	100	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
21	105	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
22	110	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
23	115	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
24	120	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
25	125	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
26	130	379.2	20.0	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
27	135	379.2	19.9	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
28	140	379.2	19.9	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
29	145	379.2	19.9	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
30	150	379.2	19.9	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
31	155	379.2	19.9	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
32	160	379.2	19.8	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
33	165	379.2	19.8	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
34	170	379.2	19.8	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
35	175	379.2	19.8	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
36	180	379.2	19.7	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
37	185	379.2	19.7	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
38	190	379.2	19.7	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
39	195	379.2	19.7	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2
40	200	379.2	19.7	19.9	3.2	26.8	19.3	27.2

Tabel C.1.3 Data Evaporator Propan 100%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit							
1	5	420.6	13.4	24.1	3.2	26.8	21.9	26.4
2	10	420.6	13.0	23.2	3.2	26.1	20.4	25.6
3	15	427.5	12.6	22.5	3.2	25.6	19.9	25.1
4	20	427.5	12.6	22.0	3.3	25.3	19.6	24.9
5	25	427.5	12.3	21.6	3.2	24.9	19.4	24.7
6	30	427.5	12.1	21.2	3.1	24.9	18.9	24.3
7	35	427.5	12.0	21.0	3.2	24.5	18.8	24.2
8	40	420.6	11.9	20.9	3.3	24.4	18.7	24.1
9	45	420.6	11.8	20.8	3.2	24.3	18.6	24.0
10	50	420.6	11.7	20.6	3.2	24.1	18.4	23.8
11	55	420.6	11.7	20.5	3.3	24.0	18.3	23.8
12	60	420.6	11.7	20.4	3.2	24.0	18.1	23.8
13	65	420.6	11.6	20.3	3.3	24.4	18.0	23.6
14	70	420.6	11.6	20.2	3.3	24.0	18.0	23.6
15	75	413.7	11.5	20.2	3.4	24.0	17.7	23.5
16	80	413.7	11.5	20.2	3.2	24.1	17.9	23.4
17	85	413.7	11.5	20.2	3.3	24.2	17.8	23.5
18	90	413.7	11.4	20.1	3.3	24.2	17.8	23.5
19	95	413.7	11.4	20.1	3.2	23.9	17.8	23.5
20	100	413.7	11.4	20.1	3.2	24.0	17.8	23.5
21	105	413.7	11.3	20.0	3.2	23.8	17.9	23.5
22	110	413.7	11.3	20.0	3.2	23.9	17.8	23.4
23	115	413.7	11.3	20.1	3.2	23.9	17.8	23.4
24	120	413.7	11.3	20.1	3.2	23.9	17.9	23.4
25	125	413.7	11.3	20.1	3.3	23.8	17.8	23.3
26	130	413.7	11.4	20.1	3.2	24.0	18.0	23.3
27	135	413.7	11.4	20.1	3.1	23.8	17.9	23.3
28	140	413.7	11.4	20.1	3.2	23.7	17.8	23.2
29	145	413.7	11.3	20.0	3.3	23.9	17.7	23.3
30	150	413.7	11.2	20.0	3.2	23.8	17.7	23.2
31	155	413.7	11.2	19.9	3.2	23.8	17.6	23.1
32	160	413.7	11.3	19.8	3.3	23.7	17.6	23.1
33	165	413.7	11.3	19.9	3.2	23.7	17.7	23.1
34	170	413.7	11.2	19.8	3.3	23.7	17.6	23.1
35	175	413.7	11.1	19.7	3.3	23.7	17.5	23.1
36	180	413.7	11.1	19.7	3.4	23.6	17.5	23.1
37	185	413.7	10.9	19.7	3.2	23.7	17.6	23.1
38	190	413.7	11.0	19.8	3.3	23.6	17.6	23.0
39	195	413.7	11.1	19.8	3.3	23.5	17.6	22.9
40	200	413.7	11.1	19.8	3.2	23.7	17.7	23.0

Tabel C.1.4 Data Evaporator Isobutan 100%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	172.4	19.6	23.1	4.53	26.9	21.1	26.0
2	10	172.4	19.9	22.5	4.48	26.5	20.5	25.4
3	15	172.4	19.8	21.5	4.47	26.1	20.2	25.0
4	20	165.5	19.7	21.0	4.43	26.1	20.0	25.0
5	25	165.5	19.6	20.7	4.45	25.9	19.9	24.8
6	30	165.5	19.5	20.1	4.10	25.7	19.8	24.7
7	35	165.5	19.2	19.8	4.11	25.8	19.6	24.6
8	40	165.5	19.2	19.8	4.06	25.8	19.6	24.5
9	45	165.5	19.2	19.7	4.04	25.6	19.5	24.5
10	50	165.5	19.0	19.6	4.05	25.5	19.4	24.5
11	55	165.5	19.0	19.5	4.07	25.5	19.4	24.4
12	60	165.5	19.0	19.4	4.20	25.6	19.4	24.3
13	65	165.5	19.0	19.3	4.08	25.4	19.3	24.2
14	70	165.5	18.9	19.3	4.55	25.4	19.2	24.3
15	75	165.5	18.8	19.3	4.51	25.5	19.3	24.3
16	80	165.5	18.9	19.3	4.6	25.4	19.3	24.3
17	85	165.5	18.9	19.3	4.63	25.5	19.2	24.2
18	90	165.5	18.8	19.3	4.67	25.5	19.2	24.3
19	95	165.5	18.8	19.3	4.65	25.4	19.2	24.1
20	100	165.5	18.8	19.3	4.51	25.3	19.2	24.1
21	105	165.5	18.8	19.2	4.65	25.3	19.2	24.1
22	110	165.5	18.8	19.1	4.70	25.3	19.1	24.1
23	115	165.5	18.8	19.1	4.08	25.3	19.1	24.1
24	120	165.5	18.7	19.1	4.09	25.4	19.1	24.1
25	125	165.5	18.8	19.1	4.10	25.6	19.1	24.1
26	130	165.5	18.8	19.1	4.02	25.4	19.1	24.0
27	135	165.5	18.8	19.0	4.40	25.2	19.1	24.1
28	140	165.5	18.7	19.1	4.23	25.4	19.1	24.1
29	145	165.5	18.8	19.1	4.26	25.6	19.1	24.1
30	150	165.5	18.8	19.1	4.46	25.6	19.1	24.1
31	155	165.5	18.7	19.1	4.47	25.5	19.2	24.1
32	160	165.5	18.8	19.0	4.37	25.3	19.1	24.0
33	165	165.5	18.6	19.0	4.34	25.3	19.1	24.0
34	170	165.5	18.6	19.0	4.25	25.4	19.0	24.0
35	175	165.5	18.7	19.0	4.27	25.5	19.0	24.0
36	180	165.5	18.7	18.9	4.35	25.5	19.0	24.0
37	185	165.5	18.7	18.9	4.13	25.3	19.0	24.0
38	190	165.5	18.6	18.9	4.02	25.3	19.0	23.9
39	195	165.5	18.6	18.9	4.06	25.3	18.9	23.9
40	200	165.5	18.6	18.8	4.70	25.3	19.0	23.9

Tabel C.1.5 Data Evaporator Propan 90% + 10%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	344.7	11.3	24.0	5.35	27.2	26.4	27.3
2	10	344.7	11.0	24.0	5.45	26.6	24.5	26.6
3	15	351.6	10.9	23.7	5.50	26.3	20.2	26.3
4	20	351.6	10.8	23.4	5.55	26.3	19.7	26.0
5	25	351.6	10.6	23.2	5.55	26.1	19.6	25.9
6	30	351.6	10.4	22.9	5.65	25.7	19.7	25.7
7	35	351.6	10.3	22.8	5.65	25.6	19.7	25.6
8	40	351.6	10.3	22.7	5.65	25.7	19.9	25.5
9	45	351.6	10.3	22.6	5.60	25.6	19.7	25.5
10	50	351.6	10.2	22.5	5.55	25.4	19.6	25.4
11	55	351.6	10.1	22.4	5.55	25.2	19.5	25.3
12	60	351.6	10.3	22.2	5.50	25.1	20.0	24.8
13	65	344.7	10.2	22.2	5.40	25.3	19.9	24.6
14	70	344.7	10.1	22.1	5.25	25.1	19.9	24.6
15	75	344.7	10.2	22.1	5.45	25.1	19.8	24.4
16	80	344.7	10.2	22.0	5.30	25.1	19.8	24.4
17	85	344.7	10.2	21.9	5.25	24.9	19.7	24.5
18	90	344.7	10.2	21.8	5.05	24.8	19.7	24.4
19	95	344.7	10.2	21.7	5.10	24.7	19.6	24.3
20	100	344.7	10.1	21.6	5.15	24.7	19.5	24.2
21	105	344.7	10.1	21.6	5.05	24.7	19.4	24.2
22	110	344.7	10.1	21.6	5.00	24.7	19.3	24.1
23	115	344.7	10.0	21.6	5.00	24.7	19.3	24.1
24	120	344.7	10.1	21.6	4.99	24.9	19.3	24.2
25	125	344.7	10.1	21.6	4.95	24.7	19.3	24.1
26	130	344.7	10.1	21.5	4.94	24.8	19.2	24.0
27	135	344.7	10.1	21.5	4.97	24.7	19.2	24.0
28	140	344.7	10.1	21.5	4.99	24.7	19.2	23.9
29	145	344.7	10.1	21.5	5.00	24.6	19.1	23.9
30	150	344.7	9.9	21.4	4.97	24.6	19.1	23.9
31	155	344.7	10	21.4	4.95	24.7	18.9	23.8
32	160	344.7	9.9	21.4	4.94	24.4	19.9	23.8
33	165	344.7	9.9	21.3	4.89	24.4	18.9	23.7
34	170	344.7	9.9	21.3	4.91	24.5	19.8	23.8
35	175	344.7	9.9	21.3	4.94	24.4	19.7	23.8
36	180	344.7	9.9	21.2	4.89	24.6	18.8	23.6
37	185	344.7	9.9	21.2	4.89	24.4	19.8	23.7
38	190	344.7	9.9	21.2	4.80	24.8	18.8	23.7
39	195	344.7	9.9	21.2	4.86	24.3	19.8	23.8
40	200	344.7	9.9	21.2	4.75	24.3	18.9	23.7

Tabel C.1.6 Data Evaporator Propan 80% + 20%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit							
1	5	358.5	14.4	25.0	5.35	27.7	21.7	26.1
2	10	358.5	13.8	24.1	5.45	26.9	20.7	25.1
3	15	358.5	13.7	23.3	5.50	26.5	20.0	24.5
4	20	358.5	13.2	22.7	5.55	26.2	19.3	24.0
5	25	358.5	12.8	22.2	5.55	25.9	18.8	23.7
6	30	358.5	12.8	21.8	5.65	25.7	18.3	23.4
7	35	358.5	12.7	21.4	5.65	25.5	17.9	23.1
8	40	358.5	12.5	21.2	5.65	25.2	17.7	23.0
9	45	358.5	12.6	21.0	5.60	25.1	17.6	22.8
10	50	358.5	12.3	20.9	5.55	24.9	17.5	22.7
11	55	358.5	12.2	20.6	5.55	24.8	17.3	22.5
12	60	358.5	12.3	20.5	5.50	24.6	17.1	22.4
13	65	358.5	12.3	20.4	5.40	24.7	17.1	22.4
14	70	358.5	12.2	20.3	5.25	24.5	17.0	22.3
15	75	358.5	12.2	20.3	5.45	24.5	17.0	22.3
16	80	358.5	12.2	20.2	5.30	24.4	16.9	22.2
17	85	358.5	12.2	20.1	5.25	24.4	16.9	22.1
18	90	358.5	12.1	20.1	5.05	24.4	16.8	22.1
19	95	358.5	12.0	20.0	5.10	24.3	16.7	22.1
20	100	358.5	11.8	20.0	5.15	24.5	16.8	22.2
21	105	358.5	12.1	20.0	5.05	24.4	16.7	22.0
22	110	358.5	12.2	19.9	5.00	24.3	16.6	22.0
23	115	358.5	12.1	19.9	5.00	24.4	16.6	21.9
24	120	358.5	12.0	19.9	4.99	24.2	16.6	21.9
25	125	358.5	12.1	19.9	4.95	24.2	16.5	21.9
26	130	358.5	12.1	19.9	4.94	24.1	16.6	21.9
27	135	358.5	12.0	19.8	4.97	24.1	16.5	21.9
28	140	358.5	12.0	19.8	4.99	24.3	16.6	21.8
29	145	358.5	12.1	19.8	5.00	24.5	16.5	21.9
30	150	358.5	12.0	19.8	4.97	24.4	16.5	21.8
31	155	358.5	12.1	19.8	4.95	24.3	16.5	21.8
32	160	358.5	12.0	19.8	4.94	24.3	16.5	21.8
33	165	358.5	11.9	19.7	4.89	24.2	16.4	21.7
34	170	358.5	11.9	19.7	4.91	24.3	16.4	21.8
35	175	358.5	12.0	19.8	4.94	24.2	16.5	21.7
36	180	358.5	12.0	19.8	4.89	24.3	16.4	21.7
37	185	358.5	11.9	19.7	4.89	24.3	16.4	21.6
38	190	358.5	11.9	19.7	4.80	24.1	16.4	21.6
39	195	358.5	12.0	19.7	4.86	24.1	16.3	21.4
40	200	358.5	11.8	19.6	4.75	23.9	16.2	21.4

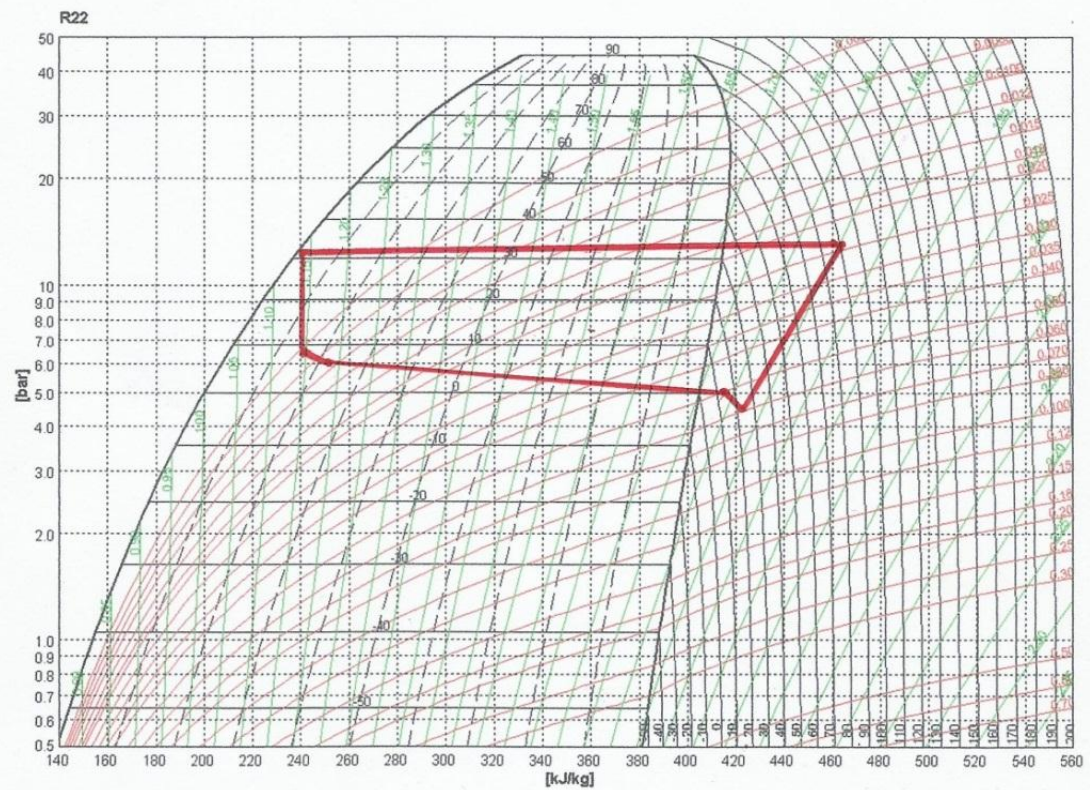
Tabel C.1.7 Data Evaporator Propan 70% + 30%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	399.9	16.8	22.8	4.5	26.9	20.1	27.2
2	10	406.8	16.4	21.5	4.4	26.3	19.1	25.9
3	15	406.8	16.2	20.6	4.5	26.0	18.5	25.8
4	20	406.8	15.9	19.6	4.7	25.6	18.0	25.5
5	25	406.8	15.5	18.9	4.5	25.5	17.6	25.2
6	30	406.8	15.3	18.6	4.4	25.3	17.4	24.9
7	35	406.8	15.1	18.3	4.2	25.1	17.2	25.0
8	40	365.4	15.0	18.1	4.2	24.9	17.0	24.5
9	45	365.4	14.9	18.0	4.3	24.8	17.0	24.5
10	50	365.4	14.8	17.9	4.2	24.7	16.9	24.2
11	55	365.4	14.8	17.8	4.3	24.6	16.8	24.3
12	60	365.4	14.7	17.7	4.7	24.5	16.7	24.2
13	65	365.4	14.7	17.6	4.6	24.5	16.7	24.3
14	70	365.4	14.6	17.6	4.6	24.5	16.6	24.3
15	75	365.4	14.6	17.6	4.6	24.4	16.6	24.1
16	80	365.4	14.7	17.6	4.6	24.3	16.6	24.2
17	85	365.4	14.6	17.6	4.6	24.4	16.6	24.0
18	90	365.4	14.6	17.5	4.6	24.3	16.5	24.0
19	95	365.4	14.6	17.5	4.6	24.3	16.6	23.9
20	100	365.4	14.6	17.5	4.5	24.3	16.5	23.8
21	105	365.4	14.2	17.5	4.6	24.3	16.5	23.8
22	110	365.4	14.5	17.4	4.6	24.3	16.5	23.8
23	115	365.4	14.5	17.5	4.6	24.2	16.6	23.6
24	120	365.4	14.5	17.4	4.4	24.3	16.5	23.7
25	125	365.4	14.6	17.5	4.4	24.2	16.6	23.8
26	130	365.4	14.6	17.4	4.4	24.2	16.5	23.7
27	135	365.4	14.4	17.3	4.3	24.2	16.4	23.4
28	140	365.4	14.3	17.2	4.3	24.1	16.3	23.4
29	145	365.4	14.2	17.1	4.3	24.0	16.2	23.4
30	150	351.6	14.1	17.0	4.3	24.0	16.2	23.3
31	155	351.6	14.0	16.9	4.3	23.9	16.1	23.3
32	160	351.6	14.0	16.9	4.3	23.8	16.1	23.4
33	165	351.6	14.0	16.9	4.4	23.7	16.0	23.2
34	170	351.6	14.1	16.9	4.3	23.7	16.0	23.2
35	175	351.6	14.1	16.9	4.2	23.8	16.0	23.2
36	180	351.6	14.0	16.8	4.1	23.7	15.9	23.2
37	185	351.6	14.0	16.8	4.1	23.7	15.9	23.1
38	190	351.6	14.0	16.8	4.1	23.7	15.9	23.1
39	195	351.6	13.9	16.7	4.1	23.7	15.9	23.1
40	200	351.6	13.9	16.7	4.3	23.8	15.9	22.9

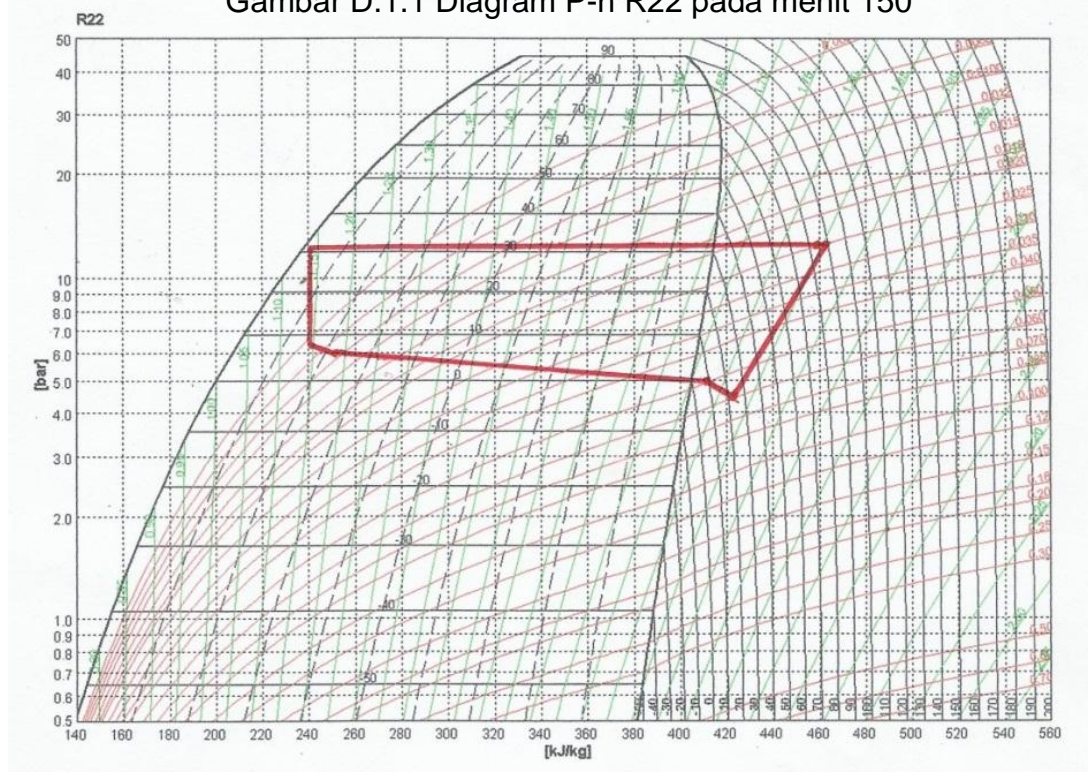
Tabel C.1.8 Data Evaporator Propan 50% + 50%

No	Waktu	P	T _{inlet}	T _{outlet}	V _{udara}	T _{inlet udara}	T _{outlet udara}	T _{ruangan}
	menit	kpa	(^o C)	(^o C)	m/s	(^o C)	(^o C)	(^o C)
1	5	489.5	19.3	22.0	3.61	27.0	21.2	27.6
2	10	489.5	19.0	21.4	3.74	26.6	20.7	27.0
3	15	489.5	18.7	21.1	3.82	26.4	20.4	26.9
4	20	482.6	18.6	20.9	3.82	26.3	20.2	26.7
5	25	475.7	18.4	20.7	3.77	26.3	20.0	26.6
6	30	475.7	18.3	20.6	3.81	26.2	19.9	26.5
7	35	475.7	18.0	20.4	3.78	26.0	19.7	26.4
8	40	475.7	17.9	20.2	3.70	26.0	19.6	26.2
9	45	475.7	17.9	20.1	3.78	25.9	19.5	26.2
10	50	475.7	17.9	20.0	3.85	25.9	19.5	26.1
11	55	475.7	17.8	20.0	3.8	25.9	19.4	26.1
12	60	468.8	17.9	20.0	3.72	25.9	19.4	26.1
13	65	468.8	17.9	20.0	3.82	25.8	19.4	26.0
14	70	468.8	17.9	20.0	3.74	25.9	19.4	26.0
15	75	468.8	17.8	19.9	3.73	25.9	19.4	26.0
16	80	468.8	17.9	20.0	3.75	26.0	19.3	26.0
17	85	468.8	17.9	19.9	3.73	25.8	19.3	25.9
18	90	468.8	17.8	19.9	3.91	25.8	19.3	25.9
19	95	468.8	17.7	19.9	3.92	25.7	19.2	26.0
20	100	468.8	17.8	19.9	3.95	25.8	19.2	26.0
21	105	468.8	17.7	19.8	3.98	25.7	19.2	25.9
22	110	468.8	17.8	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
23	115	468.8	17.7	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
24	120	461.9	17.8	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
25	125	461.9	17.7	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
26	130	461.9	17.8	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
27	135	461.9	17.7	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
28	140	461.9	17.8	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
29	145	461.9	17.7	19.8	3.97	25.7	19.2	25.9
30	150	461.9	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
31	155	461.9	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
32	160	461.9	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
33	165	455.1	17.6	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
34	170	455.1	17.6	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
35	175	455.1	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
36	180	455.1	17.8	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
37	185	455.1	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
38	190	455.1	17.7	19.7	3.97	25.7	19.2	25.9
39	195	441.3	17.6	19.6	3.97	25.7	19.2	25.9
40	200	441.3	17.6	19.6	3.97	25.7	19.2	25.9

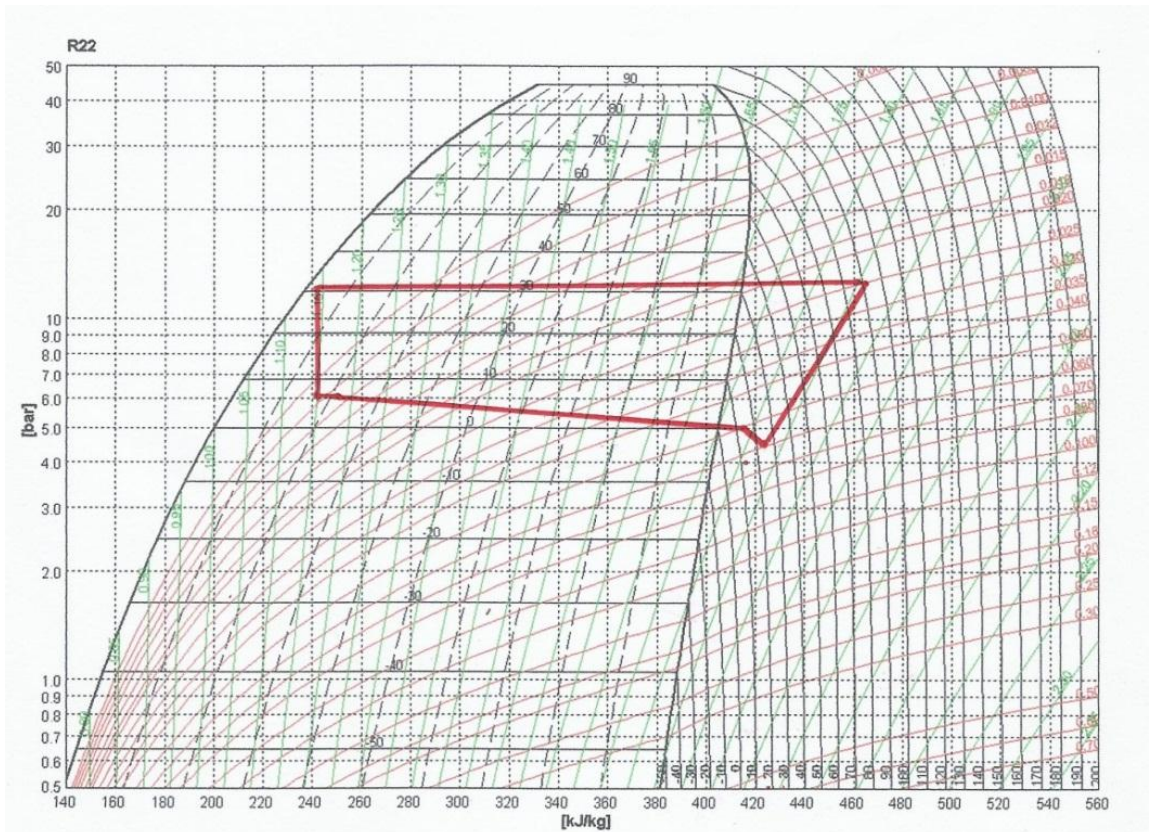
Lampiran D



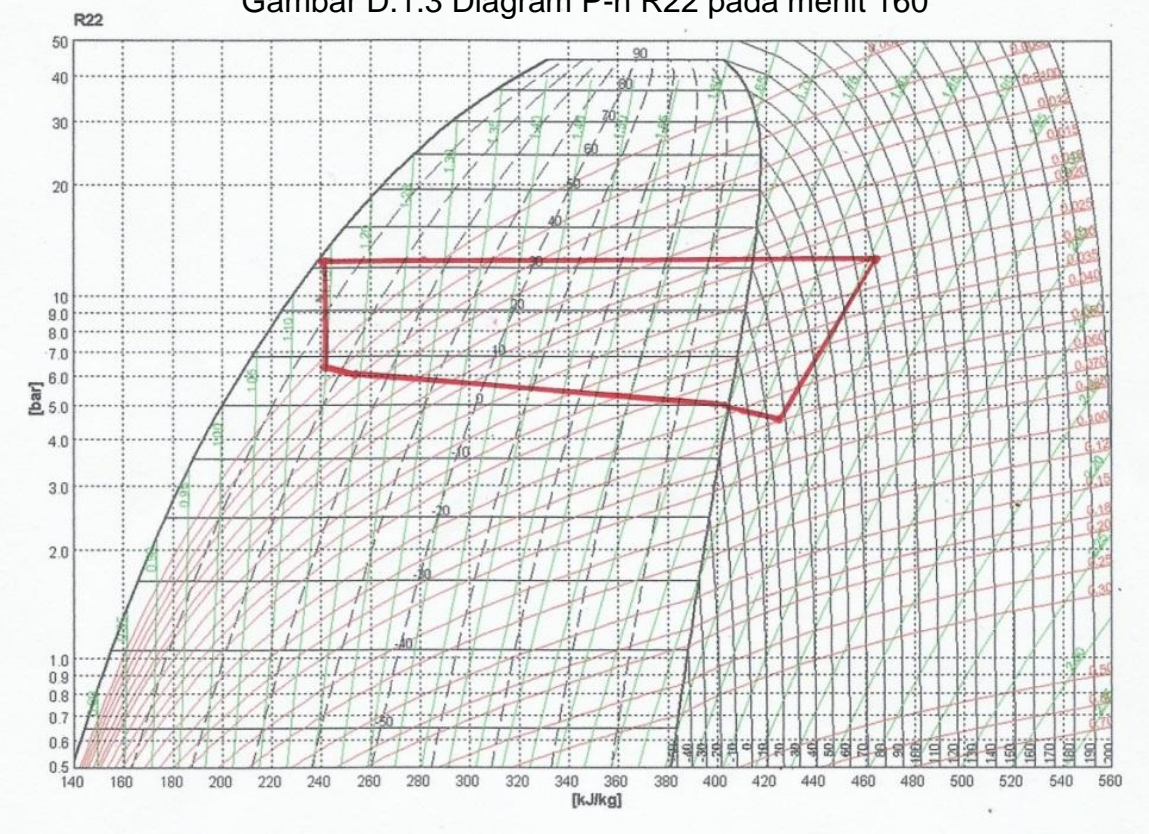
Gambar D.1.1 Diagram P-h R22 pada menit 150



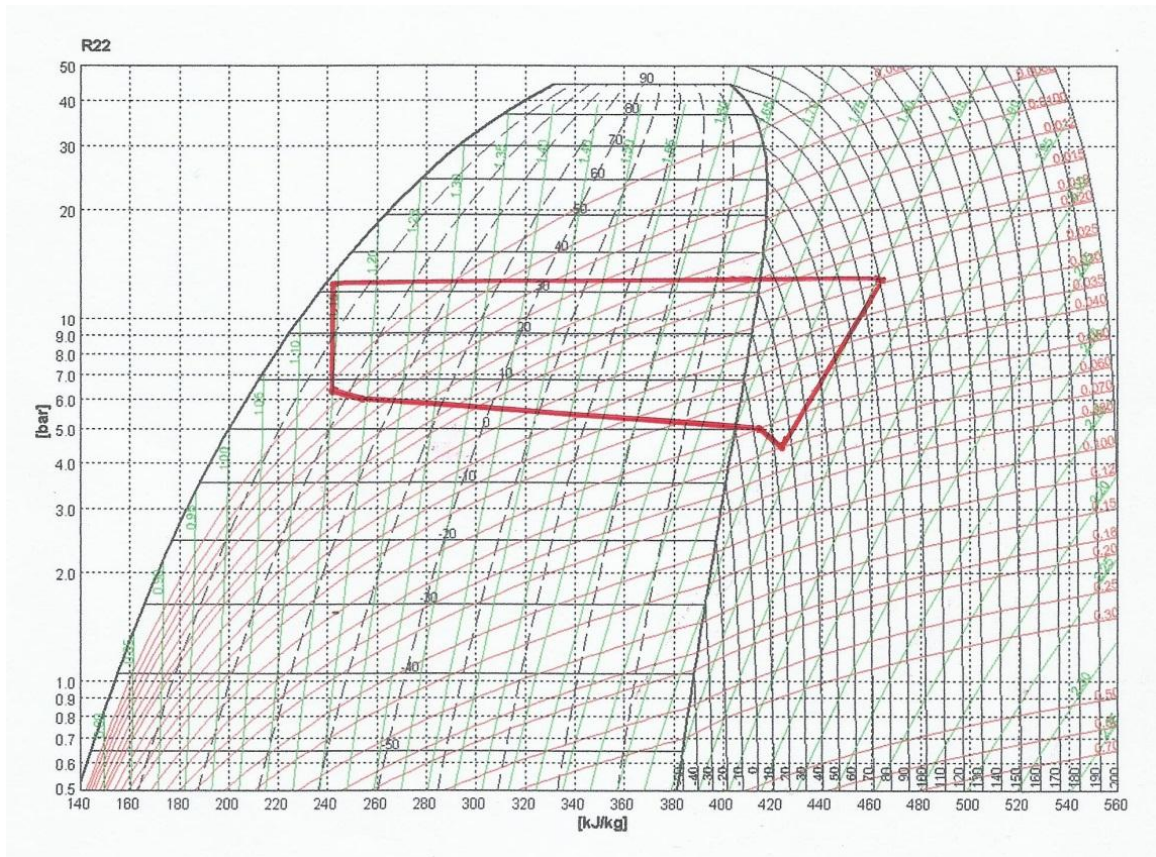
Gambar D.1.2 Diagram P-h R22 pada menit 155



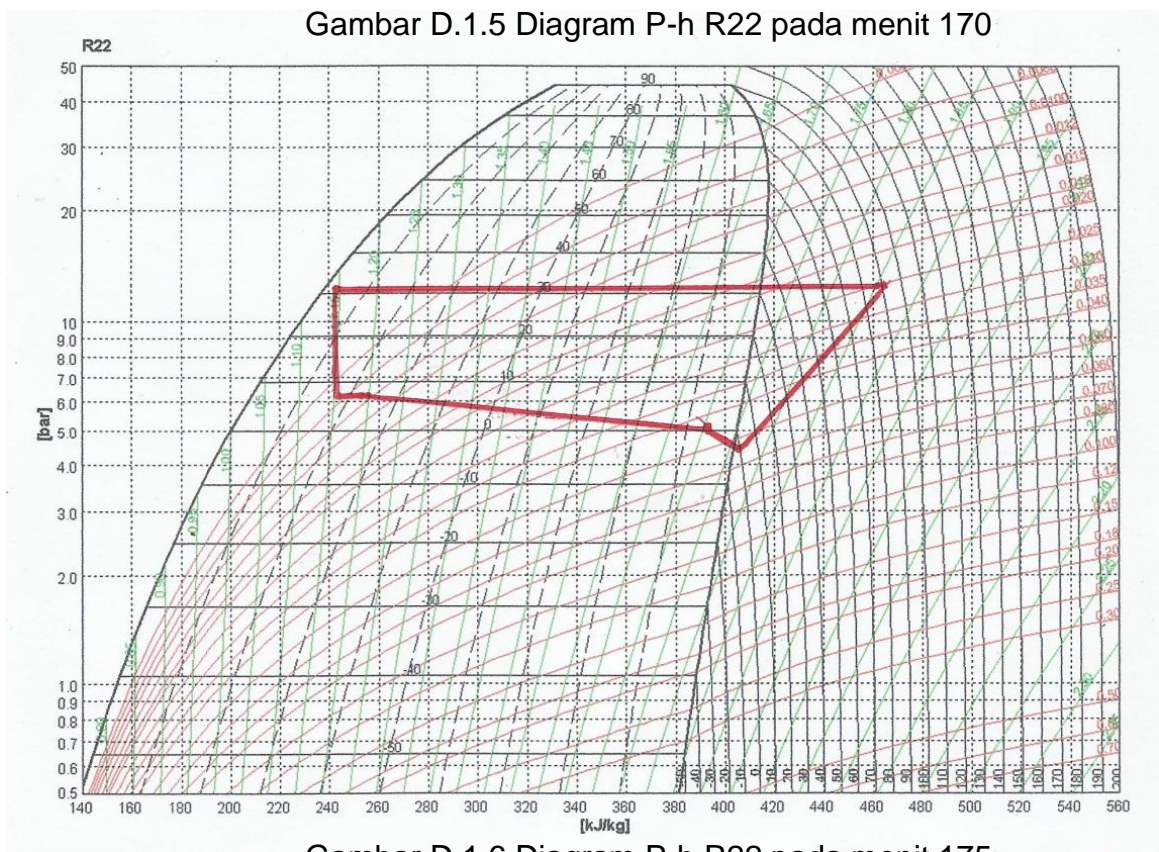
Gambar D.1.3 Diagram P-h R22 pada menit 160



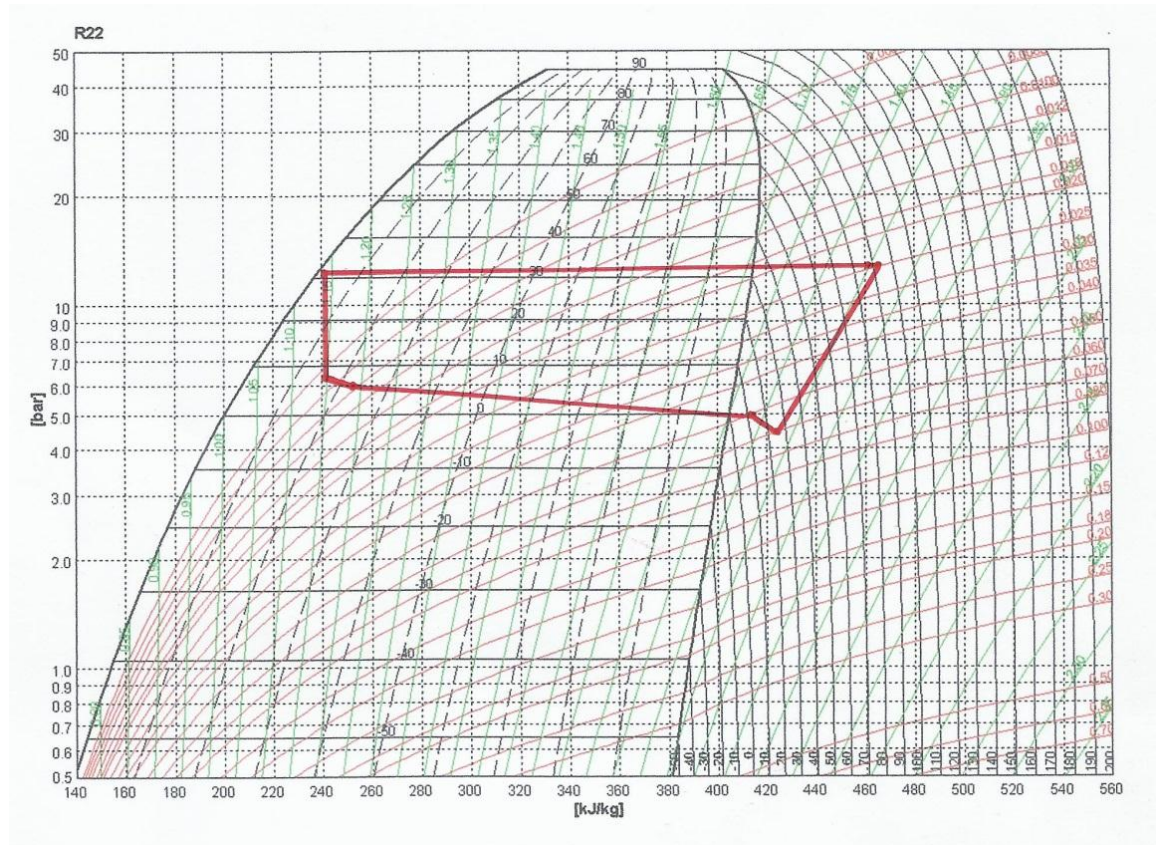
Gambar D.1.4 Diagram P-h R22 pada menit 165



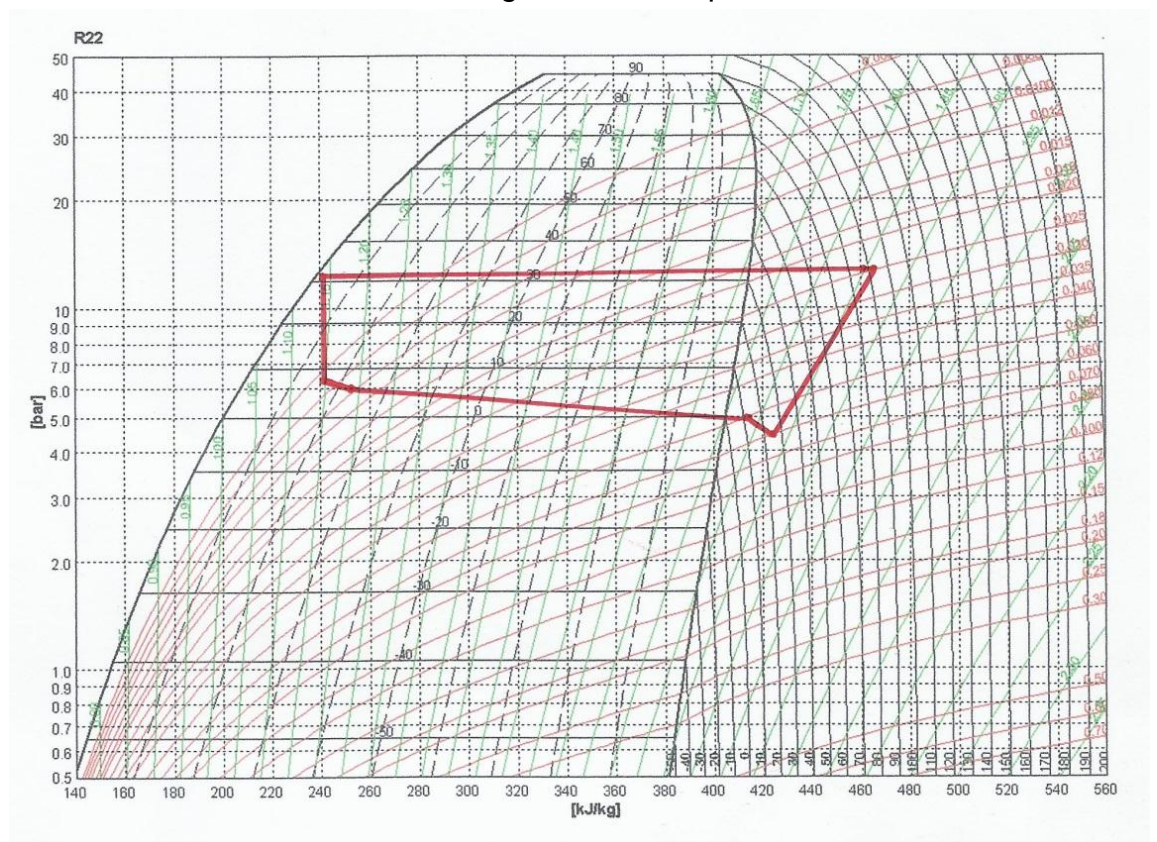
Gambar D.1.5 Diagram P-h R22 pada menit 170



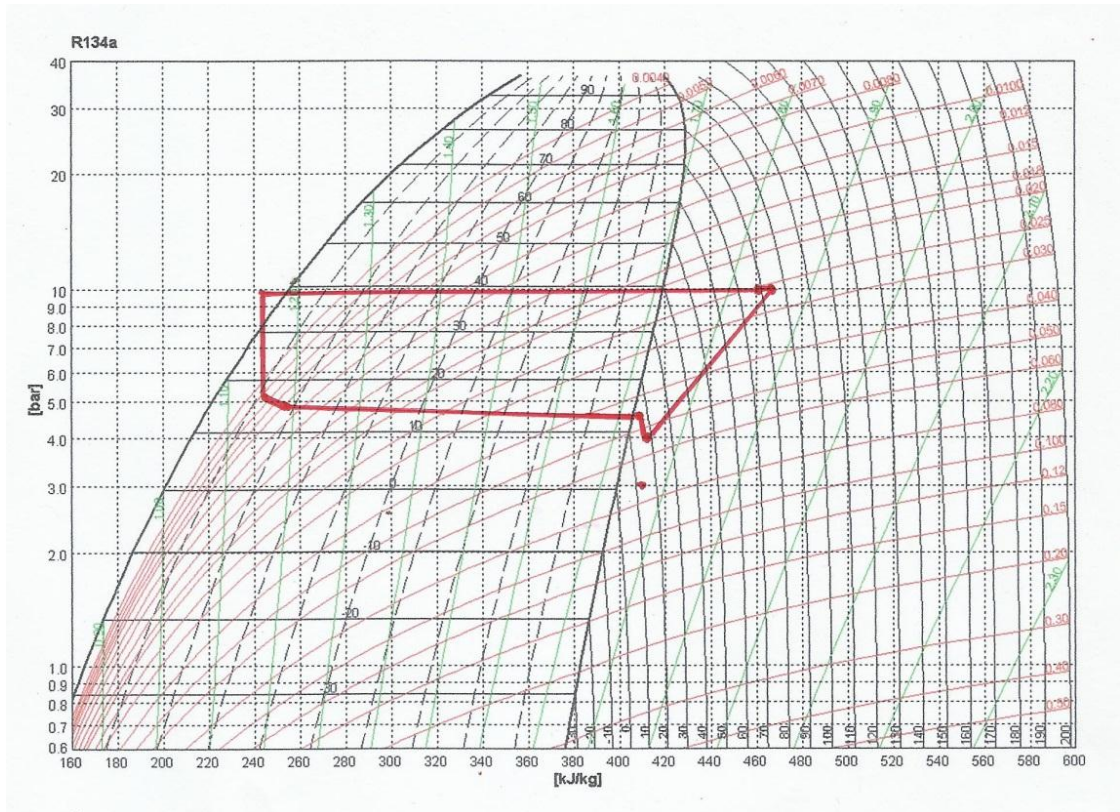
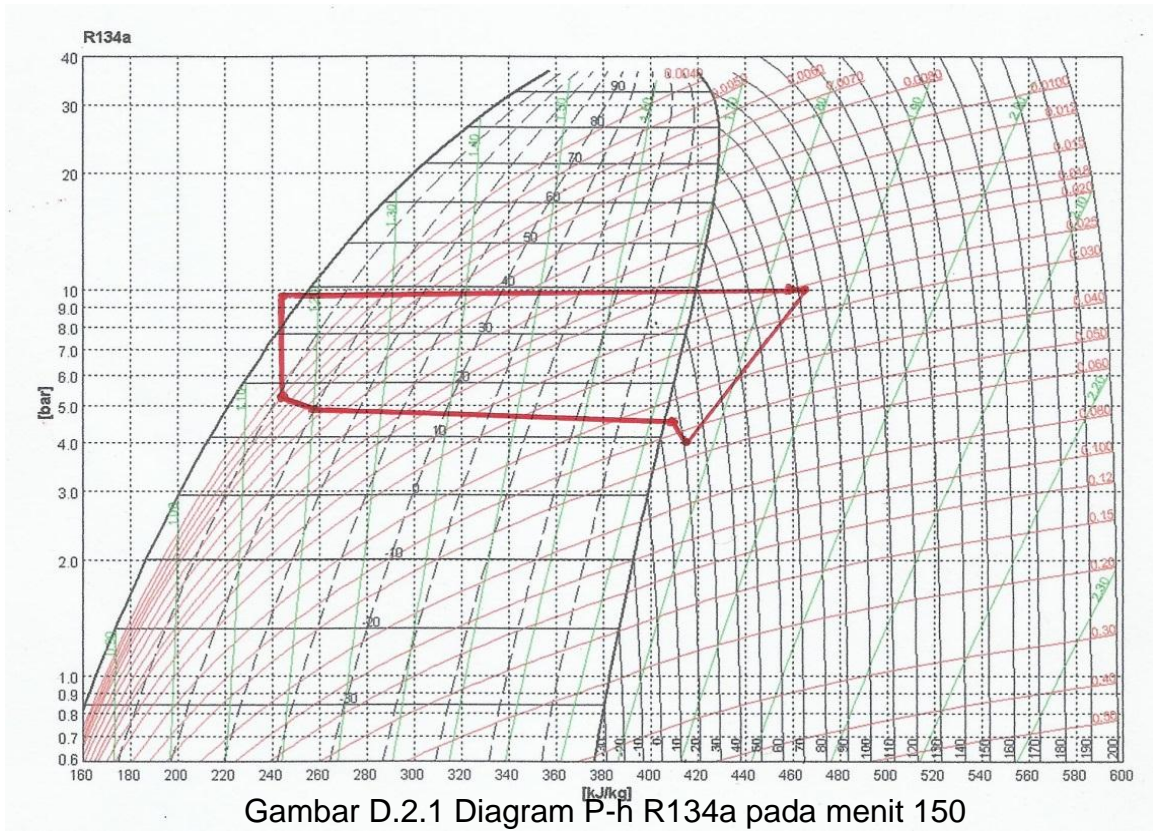
Gambar D.1.6 Diagram P-h R22 pada menit 175

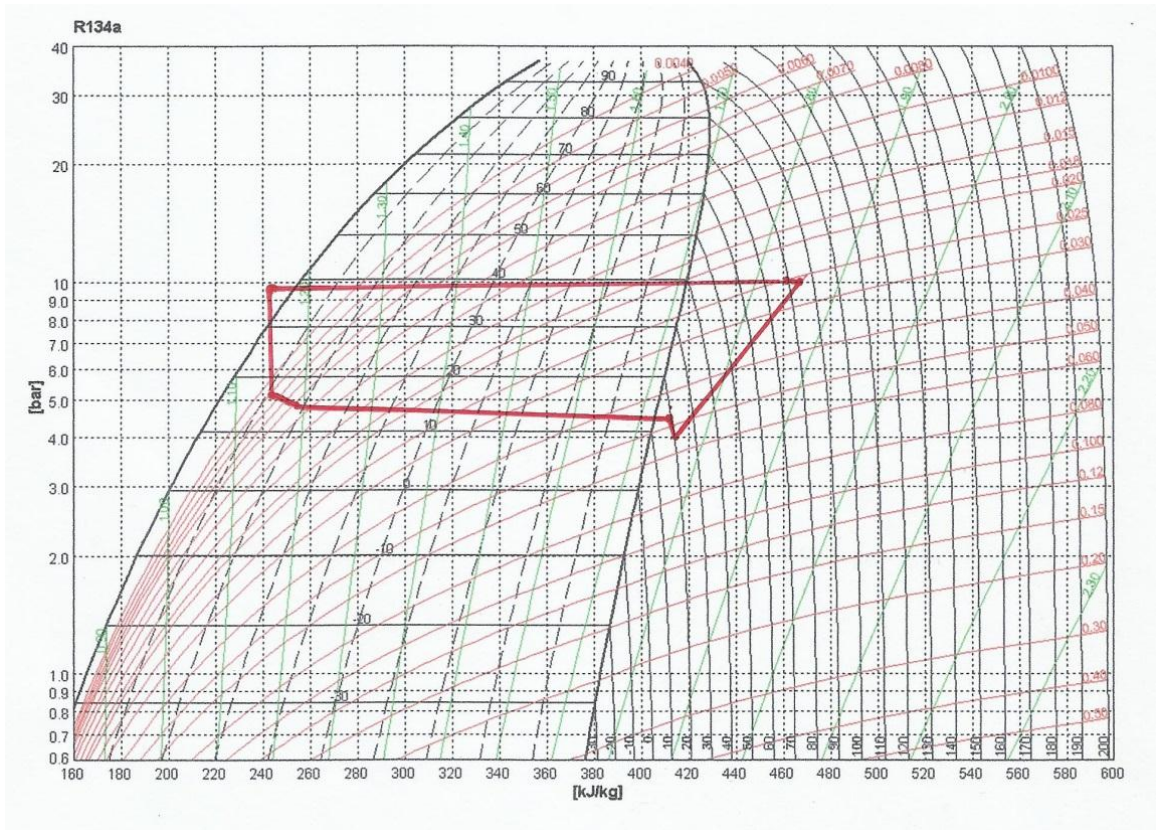


Gambar D.1.7 Diagram P-h R22 pada menit 180

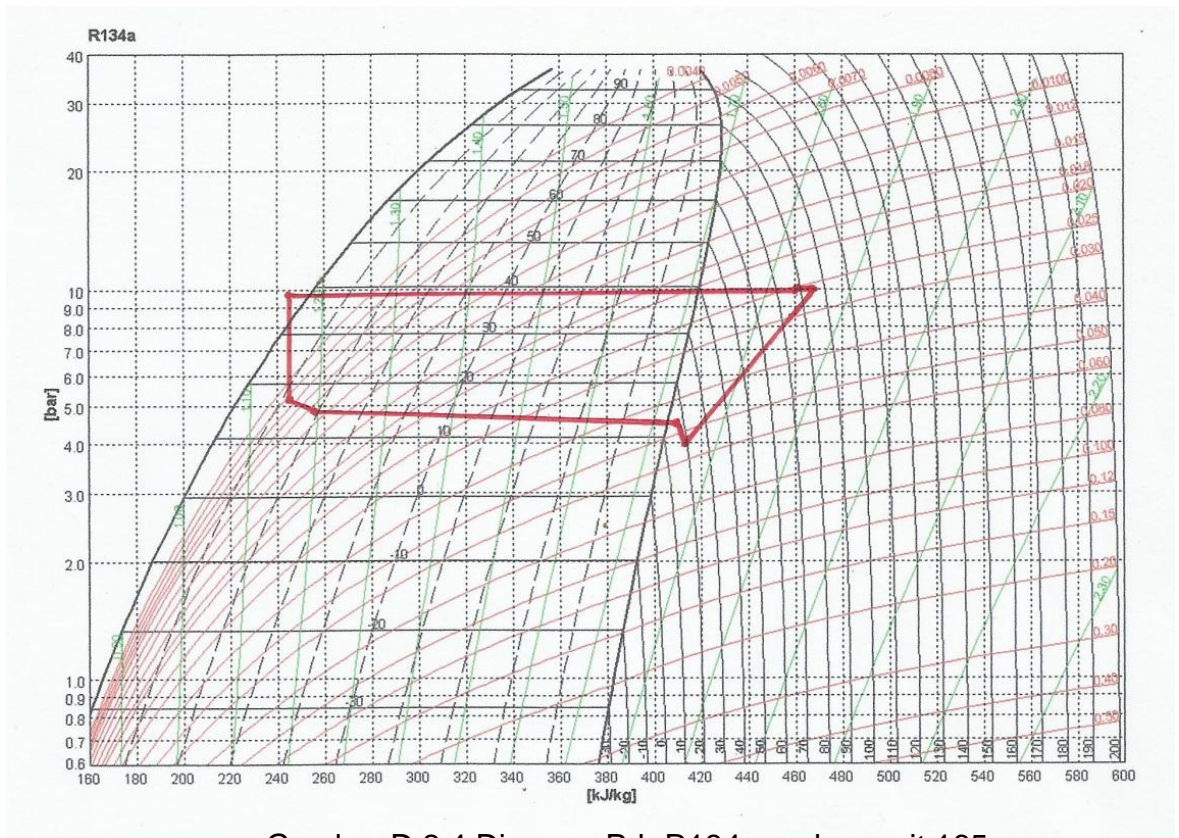


Gambar D.1.8 Diagram P-h R22 pada menit 185

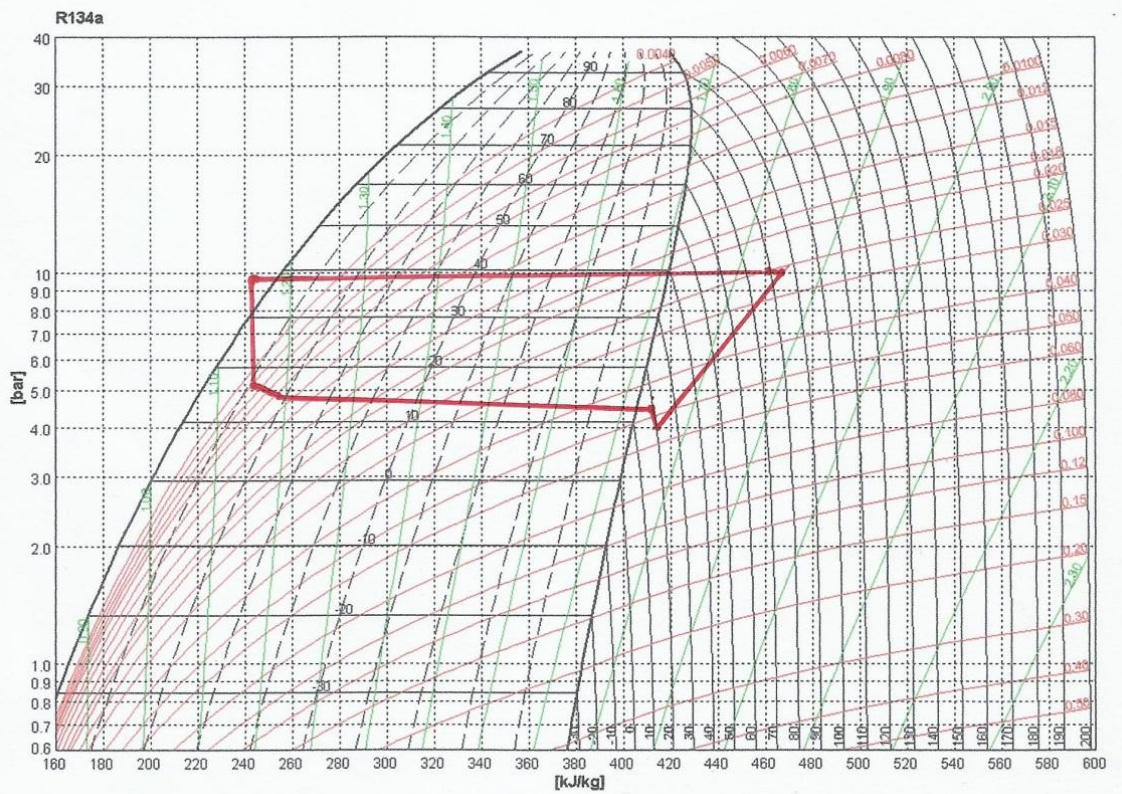




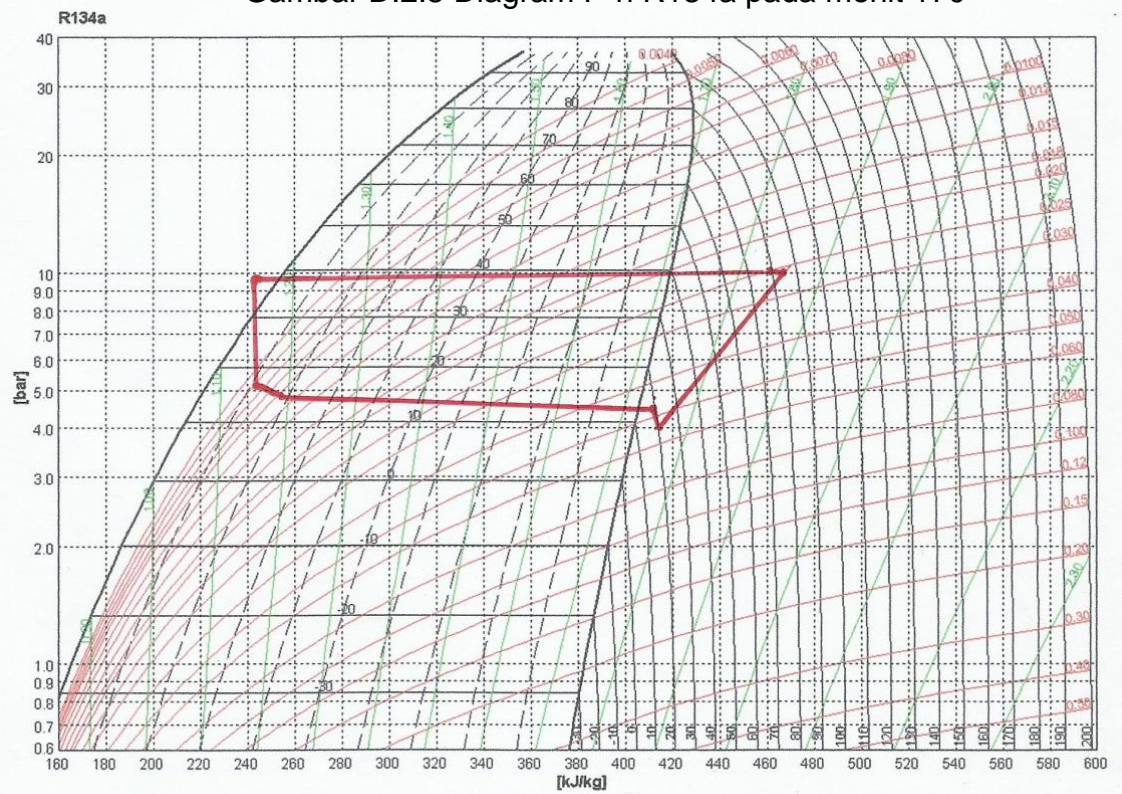
Gambar D.2.3 Diagram P-h R134a pada menit 160



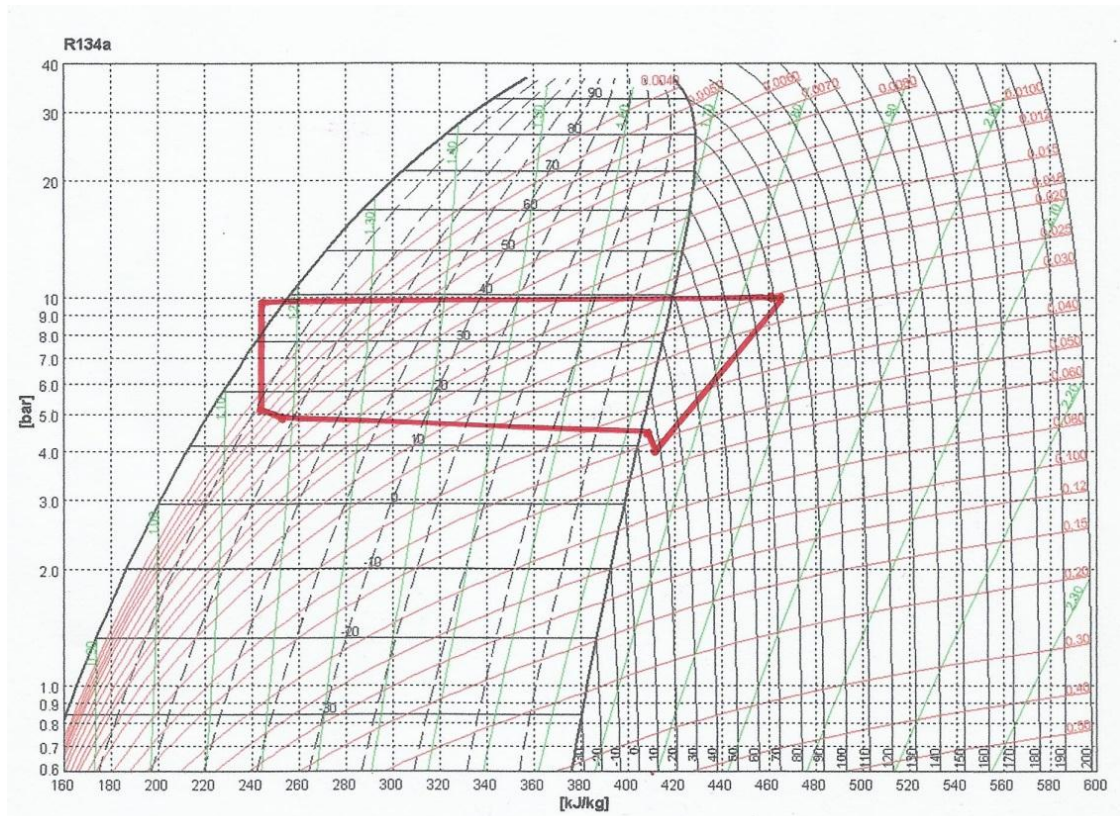
Gambar D.2.4 Diagram P-h R134a pada menit 165



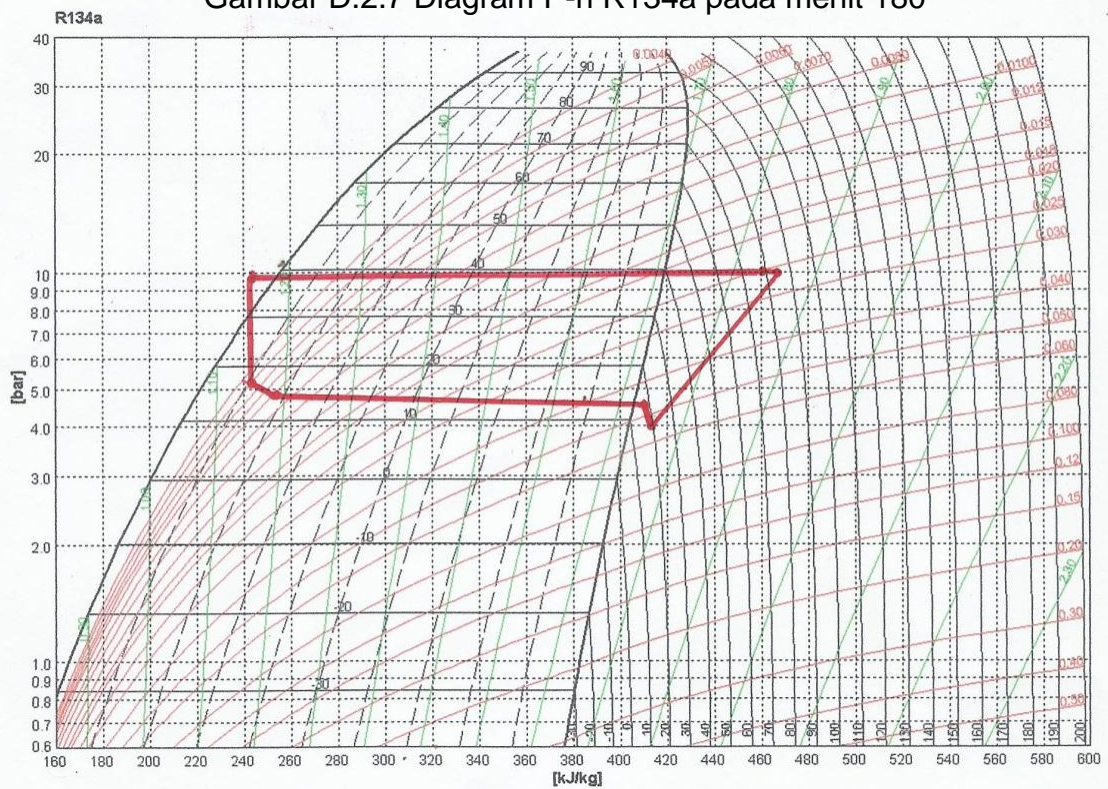
Gambar D.2.5 Diagram P-h R134a pada menit 170



Gambar D.2.6 Diagram P-h R134a pada menit 175



Gambar D.2.7 Diagram P-h R134a pada menit 180



Gambar D.2.7 Diagram P-h R134a pada menit 185

Lampiran E

Tabel D.1 Hasil Perhitungan refrigeran sintesis R22

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m ³	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		°C
1	5	5.824	0.173	2.848	185.20	0.0154	37.20	0.572	3.420	4.978	26.9
2	10	5.853	0.178	2.829	184.50	0.0153	37.30	0.572	3.401	4.946	26.0
3	15	5.959	0.177	2.810	184.20	0.0153	37.50	0.572	3.382	4.912	25.8
4	20	5.971	0.182	2.801	184.10	0.0152	37.60	0.572	3.373	4.896	24.9
5	25	5.981	0.183	2.799	184.00	0.0152	37.60	0.572	3.371	4.894	24.6
6	30	5.989	0.180	2.767	183.80	0.0151	38.00	0.572	3.339	4.837	24.4
7	35	5.998	0.182	2.759	183.80	0.0150	38.10	0.572	3.331	4.824	24.1
8	40	6.006	0.180	2.744	183.70	0.0149	38.30	0.572	3.316	4.796	24.0
9	45	5.944	0.177	2.729	183.70	0.0149	38.50	0.572	3.301	4.771	23.9
10	50	5.934	0.179	2.735	183.60	0.0149	38.40	0.572	3.307	4.781	23.8
11	55	5.944	0.178	2.702	183.30	0.0147	38.80	0.572	3.274	4.724	23.7
12	60	5.946	0.178	2.702	183.30	0.0147	38.80	0.572	3.274	4.724	23.7
13	65	5.948	0.177	2.709	183.30	0.0148	38.70	0.572	3.281	4.736	23.6
14	70	5.948	0.180	2.702	183.30	0.0147	38.80	0.572	3.274	4.724	23.5
15	75	5.950	0.178	2.702	183.30	0.0147	38.80	0.572	3.274	4.724	23.5
16	80	5.952	0.179	2.704	183.40	0.0147	38.80	0.572	3.276	4.727	23.4
17	85	5.869	0.174	2.752	186.20	0.0148	38.70	0.572	3.324	4.811	23.4
18	90	5.872	0.175	2.745	186.20	0.0147	38.80	0.572	3.317	4.799	23.1
19	95	5.874	0.175	2.744	186.10	0.0147	38.80	0.572	3.316	4.796	22.9
20	100	5.878	0.175	2.748	186.40	0.0147	38.80	0.572	3.320	4.804	22.8
21	105	5.878	0.175	2.690	183.40	0.0147	39.00	0.572	3.262	4.703	22.8
22	110	5.878	0.175	2.690	183.40	0.0147	39.00	0.572	3.262	4.703	22.7
23	115	5.797	0.173	2.677	183.00	0.0146	39.10	0.572	3.249	4.680	22.7
24	120	5.801	0.173	2.679	183.10	0.0146	39.10	0.572	3.251	4.683	22.5
25	125	5.801	0.174	2.679	183.10	0.0146	39.10	0.572	3.251	4.683	22.3
26	130	5.801	0.174	2.674	182.80	0.0146	39.10	0.572	3.246	4.675	22.3
27	135	5.803	0.174	2.681	182.80	0.0147	39.00	0.572	3.253	4.687	22.2
28	140	5.803	0.176	2.673	183.20	0.0146	39.20	0.572	3.245	4.673	22.2
29	145	5.805	0.173	2.673	183.20	0.0146	39.20	0.572	3.245	4.673	22.1
30	150	5.803	0.171	2.685	183.10	0.0147	39.00	0.572	3.257	4.695	21.9
31	155	5.803	0.174	2.687	183.20	0.0147	39.00	0.572	3.259	4.697	21.8
32	160	5.803	0.166	2.670	183.00	0.0146	39.20	0.572	3.242	4.668	21.7
33	165	5.809	0.174	2.674	182.80	0.0146	39.10	0.572	3.246	4.675	21.6
34	170	5.807	0.173	2.674	182.80	0.0146	39.10	0.572	3.246	4.675	21.5
35	175	5.809	0.173	2.674	182.80	0.0146	39.10	0.572	3.246	4.675	21.4
36	180	5.809	0.174	2.683	182.90	0.0147	39.00	0.572	3.255	4.690	21.4
37	185	5.809	0.173	2.674	182.80	0.0146	39.10	0.572	3.246	4.675	21.4
38	190	5.809	0.174	2.662	182.90	0.0146	39.30	0.572	3.234	4.654	21.4
39	195	5.809	0.174	2.670	183.00	0.0146	39.20	0.572	3.242	4.668	21.4
40	200	5.807	0.175	2.670	183.00	0.0146	39.20	0.572	3.242	4.668	21.4

Tabel D.2 Hasil perhitungan refrigeran R134a

No	t	p	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m ³	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		°C
1	5	5.244	0.878	1.530	170.90	0.00895	46.70	0.418	3.449	3.660	29.6
2	10	4.875	0.816	1.529	170.80	0.00895	46.70	0.418	3.448	3.657	29.0
3	15	4.803	0.804	1.526	170.80	0.00893	46.80	0.418	3.441	3.650	28.6
4	20	4.730	0.807	1.523	170.90	0.00891	46.90	0.418	3.436	3.644	28.5
5	25	4.733	0.800	1.513	170.50	0.00887	47.10	0.418	3.419	3.620	28.3
6	30	4.654	0.794	1.510	170.90	0.00884	47.30	0.418	3.409	3.613	28.1
7	35	4.658	0.807	1.493	170.40	0.00876	47.70	0.418	3.380	3.572	28.0
8	40	4.577	0.786	1.488	170.20	0.00874	47.80	0.418	3.372	3.561	27.9
9	45	4.579	0.776	1.481	169.70	0.00873	47.90	0.418	3.362	3.543	27.8
10	50	4.581	0.779	1.483	169.90	0.00873	47.90	0.418	3.364	3.547	27.7
11	55	4.582	0.782	1.476	169.80	0.00869	48.10	0.418	3.351	3.530	27.6
12	60	4.584	0.780	1.473	169.90	0.00867	48.20	0.418	3.345	3.525	27.6
13	65	4.503	0.749	1.470	169.90	0.00865	48.30	0.418	3.339	3.518	27.6
14	70	4.503	0.754	1.469	170.10	0.00864	48.40	0.418	3.334	3.514	27.5
15	75	4.505	0.769	1.465	170.00	0.00862	48.50	0.418	3.327	3.505	27.4
16	80	4.506	0.776	1.464	169.90	0.00862	48.50	0.418	3.326	3.503	27.4
17	85	4.506	0.762	1.468	170.30	0.00862	48.50	0.418	3.328	3.511	27.3
18	90	4.508	0.752	1.464	170.20	0.00860	48.60	0.418	3.322	3.502	27.2
19	95	4.510	0.779	1.462	170.30	0.00858	48.70	0.418	3.316	3.497	27.2
20	100	4.511	0.770	1.460	170.40	0.00857	48.80	0.418	3.311	3.492	27.2
21	105	4.511	0.777	1.459	170.30	0.00857	48.80	0.418	3.310	3.490	27.2
22	110	4.511	0.777	1.453	170.30	0.00853	49.00	0.418	3.298	3.476	27.2
23	115	4.511	0.777	1.453	170.30	0.00853	49.00	0.418	3.298	3.476	27.2
24	120	4.511	0.777	1.453	170.30	0.00853	49.00	0.418	3.298	3.476	27.2
25	125	4.511	0.777	1.453	170.30	0.00853	49.00	0.418	3.298	3.476	27.2
26	130	4.511	0.777	1.453	170.30	0.00853	49.00	0.418	3.298	3.476	27.2
27	135	4.511	0.777	1.451	170.40	0.00851	49.10	0.418	3.293	3.470	27.2
28	140	4.511	0.777	1.451	170.40	0.00851	49.10	0.418	3.293	3.470	27.2
29	145	4.511	0.777	1.447	170.30	0.00850	49.20	0.418	3.286	3.461	27.2
30	150	4.511	0.777	1.447	170.30	0.00850	49.20	0.418	3.286	3.461	27.2
31	155	4.511	0.777	1.447	170.30	0.00850	49.20	0.418	3.286	3.461	27.2
32	160	4.511	0.777	1.444	170.30	0.00848	49.30	0.418	3.280	3.454	27.2
33	165	4.511	0.777	1.444	170.30	0.00848	49.30	0.418	3.280	3.454	27.2
34	170	4.511	0.777	1.446	170.50	0.00848	49.30	0.418	3.281	3.458	27.2
35	175	4.511	0.777	1.446	170.50	0.00848	49.30	0.418	3.281	3.458	27.2
36	180	4.511	0.777	1.443	170.50	0.00846	49.40	0.418	3.275	3.451	27.2
37	185	4.511	0.777	1.443	170.50	0.00846	49.40	0.418	3.275	3.451	27.2
38	190	4.511	0.777	1.441	170.60	0.00844	49.50	0.418	3.271	3.446	27.2
39	195	4.511	0.777	1.441	170.60	0.00844	49.50	0.418	3.271	3.446	27.2
40	200	4.511	0.777	1.441	170.60	0.00844	49.50	0.418	3.271	3.446	27.2

Tabel D.3 Hasil perhitungan refrigeran Propan 100%

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m^3	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		$^{\circ}C$
1	5	4.932	0.844	4.246	569.30	0.00746	59.000	0.440	4.686	9.649	26.4
2	10	4.947	0.852	4.180	569.00	0.00735	59.900	0.440	4.620	9.499	25.6
3	15	5.040	0.866	4.109	568.70	0.00722	60.900	0.440	4.549	9.338	25.1
4	20	5.049	0.894	4.124	568.90	0.00725	60.700	0.440	4.564	9.372	24.9
5	25	5.056	0.874	4.062	568.70	0.00714	61.600	0.440	4.502	9.232	24.7
6	30	5.063	0.842	4.062	568.70	0.00714	61.600	0.440	4.502	9.232	24.3
7	35	5.066	0.878	4.049	568.70	0.00712	61.800	0.440	4.489	9.202	24.2
8	40	4.986	0.891	4.042	568.60	0.00711	61.900	0.440	4.482	9.186	24.1
9	45	4.988	0.873	4.049	568.70	0.00712	61.800	0.440	4.489	9.202	24.0
10	50	4.991	0.873	4.028	568.50	0.00709	62.100	0.440	4.468	9.155	23.8
11	55	4.993	0.876	4.041	568.50	0.00711	61.900	0.440	4.481	9.184	23.8
12	60	4.995	0.874	4.062	568.70	0.00714	61.600	0.440	4.502	9.232	23.8
13	65	4.996	0.882	4.039	568.20	0.00711	61.900	0.440	4.479	9.179	23.6
14	70	4.998	0.901	3.999	568.10	0.00704	62.500	0.440	4.439	9.090	23.6
15	75	4.916	0.892	3.999	568.00	0.00704	62.500	0.440	4.439	9.088	23.5
16	80	4.916	0.855	4.001	568.30	0.00704	62.500	0.440	4.441	9.093	23.4
17	85	4.916	0.865	3.974	568.10	0.00700	62.900	0.440	4.414	9.032	23.5
18	90	4.918	0.866	3.999	568.10	0.00704	62.500	0.440	4.439	9.090	23.5
19	95	4.918	0.852	4.012	568.10	0.00706	62.300	0.440	4.452	9.119	23.5
20	100	4.918	0.855	3.974	568.10	0.00700	62.900	0.440	4.414	9.032	23.5
21	105	4.919	0.839	3.999	568.10	0.00704	62.500	0.440	4.439	9.090	23.5
22	110	4.919	0.842	3.974	568.10	0.00700	62.900	0.440	4.414	9.032	23.4
23	115	4.918	0.847	3.974	568.10	0.00700	62.900	0.440	4.414	9.032	23.4
24	120	4.918	0.844	3.999	568.10	0.00704	62.500	0.440	4.439	9.090	23.4
25	125	4.918	0.871	3.986	568.00	0.00702	62.700	0.440	4.426	9.059	23.3
26	130	4.918	0.850	3.961	568.00	0.00697	63.100	0.440	4.401	9.002	23.3
27	135	4.918	0.818	3.974	568.10	0.00700	62.900	0.440	4.414	9.032	23.3
28	140	4.918	0.852	3.972	567.80	0.00700	62.900	0.440	4.412	9.027	23.2
29	145	4.919	0.879	3.987	568.10	0.00702	62.700	0.440	4.427	9.061	23.3
30	150	4.919	0.861	3.972	567.80	0.00700	62.900	0.440	4.412	9.027	23.2
31	155	4.921	0.861	3.946	567.70	0.00695	63.300	0.440	4.386	8.968	23.1
32	160	4.923	0.864	3.938	567.40	0.00694	63.400	0.440	4.378	8.950	23.1
33	165	4.921	0.861	3.925	567.30	0.00692	63.600	0.440	4.365	8.920	23.1
34	170	4.923	0.869	3.911	567.10	0.00690	63.800	0.440	4.351	8.889	23.1
35	175	4.925	0.888	3.911	567.10	0.00690	63.800	0.440	4.351	8.889	23.1
36	180	4.925	0.894	3.924	567.20	0.00692	63.600	0.440	4.364	8.918	23.1
37	185	4.925	0.856	3.925	567.40	0.00692	63.600	0.440	4.365	8.921	23.1
38	190	4.923	0.867	3.923	567.10	0.00692	63.600	0.440	4.363	8.917	23.0
39	195	4.923	0.867	3.915	566.80	0.00691	63.700	0.440	4.355	8.898	22.9
40	200	4.923	0.853	3.927	566.80	0.00693	63.500	0.440	4.367	8.926	23.0

Tabel D.4 Hasil perhitungan refrigeran Isobutan 100%

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m^3	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		$^{\circ}C$
1	5	2.055	0.503	1.777	522.60	0.00340	90.60	0.308	2.085	5.768	26.0
2	10	2.056	0.497	1.749	521.90	0.00335	91.90	0.308	2.057	5.679	25.4
3	15	2.056	0.496	1.725	521.50	0.00331	93.10	0.308	2.033	5.602	25.0
4	20	1.974	0.472	1.700	521.50	0.00326	94.50	0.308	2.008	5.519	25.0
5	25	1.974	0.474	1.681	521.20	0.00323	95.50	0.308	1.989	5.458	24.8
6	30	1.974	0.437	1.670	521.20	0.00320	96.10	0.308	1.978	5.424	24.7
7	35	1.975	0.427	1.659	520.90	0.00319	96.70	0.308	1.967	5.387	24.6
8	40	1.974	0.433	1.659	521.00	0.00319	96.70	0.308	1.967	5.388	24.5
9	45	1.974	0.431	1.663	521.10	0.00319	96.50	0.308	1.971	5.400	24.5
10	50	1.974	0.432	1.660	521.10	0.00319	96.70	0.308	1.968	5.389	24.5
11	55	1.974	0.434	1.670	521.10	0.00320	96.10	0.308	1.978	5.422	24.4
12	60	1.975	0.448	1.662	520.80	0.00319	96.50	0.308	1.970	5.397	24.3
13	65	1.975	0.435	1.662	520.80	0.00319	96.50	0.308	1.970	5.397	24.2
14	70	1.975	0.485	1.662	520.80	0.00319	96.50	0.308	1.970	5.397	24.3
15	75	1.975	0.481	1.663	520.90	0.00319	96.50	0.308	1.971	5.398	24.3
16	80	1.975	0.491	1.658	520.60	0.00319	96.70	0.308	1.966	5.384	24.3
17	85	1.975	0.494	1.658	520.60	0.00319	96.70	0.308	1.966	5.384	24.2
18	90	1.975	0.498	1.658	520.50	0.00319	96.70	0.308	1.966	5.383	24.3
19	95	1.975	0.496	1.658	520.50	0.00319	96.70	0.308	1.966	5.383	24.1
20	100	1.976	0.481	1.653	520.50	0.00318	97.00	0.308	1.961	5.366	24.1
21	105	1.976	0.496	1.663	520.50	0.00320	96.40	0.308	1.971	5.399	24.1
22	110	1.976	0.501	1.656	520.50	0.00318	96.80	0.308	1.964	5.377	24.1
23	115	1.976	0.427	1.659	520.40	0.00319	96.60	0.308	1.967	5.387	24.1
24	120	1.976	0.436	1.663	520.50	0.00320	96.40	0.308	1.971	5.399	24.1
25	125	1.976	0.437	1.660	520.50	0.00319	96.60	0.308	1.968	5.388	24.1
26	130	1.976	0.429	1.660	520.50	0.00319	96.60	0.308	1.968	5.388	24.0
27	135	1.977	0.470	1.655	520.20	0.00318	96.80	0.308	1.963	5.374	24.1
28	140	1.977	0.451	1.656	520.30	0.00318	96.80	0.308	1.964	5.375	24.1
29	145	1.977	0.455	1.652	520.20	0.00318	97.00	0.308	1.960	5.363	24.1
30	150	1.977	0.476	1.659	520.20	0.00319	96.60	0.308	1.967	5.385	24.1
31	155	1.977	0.477	1.645	520.10	0.00316	97.40	0.308	1.953	5.340	24.1
32	160	1.977	0.466	1.645	520.10	0.00316	97.40	0.308	1.953	5.340	24.0
33	165	1.977	0.463	1.644	519.90	0.00316	97.40	0.308	1.952	5.338	24.0
34	170	1.977	0.454	1.640	519.80	0.00316	97.60	0.308	1.948	5.326	24.0
35	175	1.977	0.456	1.641	519.90	0.00316	97.60	0.308	1.949	5.327	24.0
36	180	1.977	0.464	1.640	519.80	0.00316	97.60	0.308	1.948	5.326	24.0
37	185	1.977	0.441	1.648	520.00	0.00317	97.20	0.308	1.956	5.350	24.0
38	190	1.977	0.429	1.644	520.00	0.00316	97.40	0.308	1.952	5.339	23.9
39	195	1.977	0.433	1.644	520.00	0.00316	97.40	0.308	1.952	5.339	23.9
40	200	1.977	0.502	1.644	520.00	0.00316	97.40	0.308	1.952	5.339	23.9

Tabel D.5 Hasil perhitungan campuran Propan 90% + Isobutan 10%

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m^3	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		$^{\circ}C$
1	5	3.980	1.150	3.647	565.40	0.00645	64.80	0.418	4.065	8.725	27.3
2	10	3.975	1.170	3.666	565.70	0.00648	64.50	0.418	4.084	8.771	26.6
3	15	4.056	1.205	3.632	565.70	0.00642	65.10	0.418	4.050	8.690	26.3
4	20	4.054	1.215	3.596	566.00	0.00635	65.80	0.418	4.014	8.602	26.0
5	25	4.057	1.216	3.571	565.50	0.00631	66.20	0.418	3.989	8.542	25.9
6	30	4.057	1.238	3.571	565.50	0.00631	66.20	0.418	3.989	8.542	25.7
7	35	4.058	1.238	3.558	565.20	0.00630	66.40	0.418	3.976	8.512	25.6
8	40	4.056	1.237	3.550	565.60	0.00628	66.60	0.418	3.968	8.492	25.5
9	45	4.060	1.228	3.509	565.00	0.00621	67.30	0.418	3.927	8.395	25.5
10	50	4.058	1.216	3.525	565.00	0.00624	67.00	0.418	3.943	8.433	25.4
11	55	4.061	1.217	3.517	564.60	0.00623	67.10	0.418	3.935	8.414	25.3
12	60	4.060	1.206	3.519	564.90	0.00623	67.10	0.418	3.937	8.419	24.8
13	65	3.981	1.161	3.507	564.70	0.00621	67.30	0.418	3.925	8.391	24.6
14	70	3.981	1.129	3.496	564.60	0.00619	67.50	0.418	3.914	8.364	24.6
15	75	3.980	1.171	3.509	564.90	0.00621	67.30	0.418	3.927	8.394	24.4
16	80	3.980	1.139	3.520	565.00	0.00623	67.10	0.418	3.938	8.420	24.4
17	85	3.981	1.129	3.507	564.70	0.00621	67.30	0.418	3.925	8.391	24.5
18	90	3.983	1.086	3.507	564.60	0.00621	67.30	0.418	3.925	8.389	24.4
19	95	3.984	1.097	3.484	564.30	0.00617	67.70	0.418	3.902	8.335	24.3
20	100	3.984	1.108	3.484	564.30	0.00617	67.70	0.418	3.902	8.335	24.2
21	105	3.983	1.086	3.496	564.60	0.00619	67.50	0.418	3.914	8.364	24.2
22	110	3.983	1.075	3.485	564.50	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.338	24.1
23	115	3.983	1.075	3.486	564.60	0.00617	67.70	0.418	3.904	8.340	24.1
24	120	3.983	1.073	3.485	564.50	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.338	24.2
25	125	3.979	1.064	3.526	565.10	0.00624	67.00	0.418	3.944	8.434	24.1
26	130	3.983	1.062	3.485	564.50	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.338	24.0
27	135	3.980	1.068	3.509	564.90	0.00621	67.30	0.418	3.927	8.394	24.0
28	140	3.980	1.072	3.509	564.90	0.00621	67.30	0.418	3.927	8.394	23.9
29	145	3.980	1.075	3.509	564.90	0.00621	67.30	0.418	3.927	8.394	23.9
30	150	3.980	1.068	3.508	564.80	0.00621	67.30	0.418	3.926	8.392	23.9
31	155	3.983	1.065	3.485	564.50	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.338	23.8
32	160	3.981	1.062	3.485	564.50	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.338	23.8
33	165	3.983	1.052	3.485	564.40	0.00617	67.70	0.418	3.903	8.337	23.7
34	170	3.980	1.055	3.519	564.90	0.00623	67.10	0.418	3.937	8.419	23.8
35	175	3.984	1.063	3.484	564.20	0.00617	67.70	0.418	3.902	8.334	23.8
36	180	3.983	1.052	3.517	564.50	0.00623	67.10	0.418	3.935	8.413	23.6
37	185	3.984	1.052	3.482	563.90	0.00617	67.70	0.418	3.900	8.329	23.7
38	190	3.981	1.032	3.528	564.70	0.00625	66.90	0.418	3.946	8.441	23.7
39	195	3.984	1.046	3.492	563.90	0.00619	67.50	0.418	3.910	8.354	23.8
40	200	3.983	1.022	3.504	564.10	0.00621	67.30	0.418	3.922	8.382	23.7

Tabel D.6 Hasil perhitungan refrigeran campuran Propan 80% + Isobutan 20%

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m^3	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		$^{\circ}C$
1	5	4.132	1.194	3.380	559.50	0.00604	69.20	0.418	3.798	8.085	26.1
2	10	4.131	1.216	3.379	559.40	0.00604	69.20	0.418	3.797	8.084	25.1
3	15	4.130	1.227	3.365	559.50	0.00601	69.50	0.418	3.783	8.050	24.5
4	20	4.128	1.237	3.348	559.90	0.00598	69.90	0.418	3.766	8.010	24.0
5	25	4.130	1.238	3.318	559.60	0.00593	70.50	0.418	3.736	7.938	23.7
6	30	4.132	1.261	3.291	558.20	0.00590	70.90	0.418	3.709	7.873	23.4
7	35	4.134	1.261	3.277	559.00	0.00586	71.30	0.418	3.695	7.840	23.1
8	40	4.135	1.262	3.266	558.70	0.00585	71.50	0.418	3.684	7.814	23.0
9	45	4.137	1.251	3.259	558.30	0.00584	71.60	0.418	3.677	7.797	22.8
10	50	4.137	1.240	3.261	558.50	0.00584	71.60	0.418	3.679	7.800	22.7
11	55	4.137	1.240	3.251	558.50	0.00582	71.80	0.418	3.669	7.779	22.5
12	60	4.138	1.229	3.241	558.20	0.00581	72.00	0.418	3.659	7.753	22.4
13	65	4.142	1.208	3.229	557.80	0.00579	72.20	0.418	3.647	7.726	22.4
14	70	4.142	1.174	3.239	557.90	0.00581	72.00	0.418	3.657	7.749	22.3
15	75	4.139	1.218	3.241	558.30	0.00581	72.00	0.418	3.659	7.754	22.3
16	80	4.139	1.185	3.249	558.00	0.00582	71.80	0.418	3.667	7.772	22.2
17	85	4.139	1.173	3.240	558.10	0.00581	72.00	0.418	3.658	7.751	22.1
18	90	4.139	1.129	3.250	558.20	0.00582	71.80	0.418	3.668	7.774	22.1
19	95	4.139	1.140	3.241	558.20	0.00581	72.00	0.418	3.659	7.753	22.1
20	100	4.139	1.151	3.241	558.20	0.00581	72.00	0.418	3.659	7.753	22.2
21	105	4.143	1.130	3.233	557.70	0.00580	72.10	0.418	3.651	7.735	22.0
22	110	4.139	1.118	3.241	558.20	0.00581	72.00	0.418	3.659	7.753	22.0
23	115	4.141	1.118	3.231	558.00	0.00579	72.20	0.418	3.649	7.729	21.9
24	120	4.141	1.116	3.249	558.00	0.00582	71.80	0.418	3.667	7.772	21.9
25	125	4.143	1.108	3.233	557.70	0.00580	72.10	0.418	3.651	7.735	21.9
26	130	4.142	1.105	3.247	557.80	0.00582	71.80	0.418	3.665	7.769	21.9
27	135	4.142	1.112	3.238	557.70	0.00581	72.00	0.418	3.656	7.746	21.9
28	140	4.143	1.116	3.224	557.70	0.00578	72.30	0.418	3.642	7.714	21.8
29	145	4.141	1.118	3.240	558.00	0.00581	72.00	0.418	3.658	7.750	21.9
30	150	4.142	1.112	3.238	557.80	0.00581	72.00	0.418	3.656	7.747	21.8
31	155	4.143	1.108	3.233	557.70	0.00580	72.10	0.418	3.651	7.735	21.8
32	160	4.147	1.106	3.212	557.10	0.00577	72.50	0.418	3.630	7.684	21.8
33	165	4.145	1.094	3.233	557.60	0.00580	72.10	0.418	3.651	7.734	21.7
34	170	4.145	1.099	3.242	557.60	0.00581	71.90	0.418	3.660	7.755	21.8
35	175	4.143	1.105	3.252	557.80	0.00583	71.70	0.418	3.670	7.780	21.7
36	180	4.145	1.094	3.233	557.60	0.00580	72.10	0.418	3.651	7.734	21.7
37	185	4.143	1.094	3.243	557.80	0.00581	71.90	0.418	3.661	7.758	21.6
38	190	4.146	1.075	3.223	557.50	0.00578	72.30	0.418	3.641	7.711	21.6
39	195	4.147	1.088	3.222	557.30	0.00578	72.30	0.418	3.640	7.708	21.4
40	200	4.149	1.064	3.203	557.10	0.00575	72.70	0.418	3.621	7.663	21.4

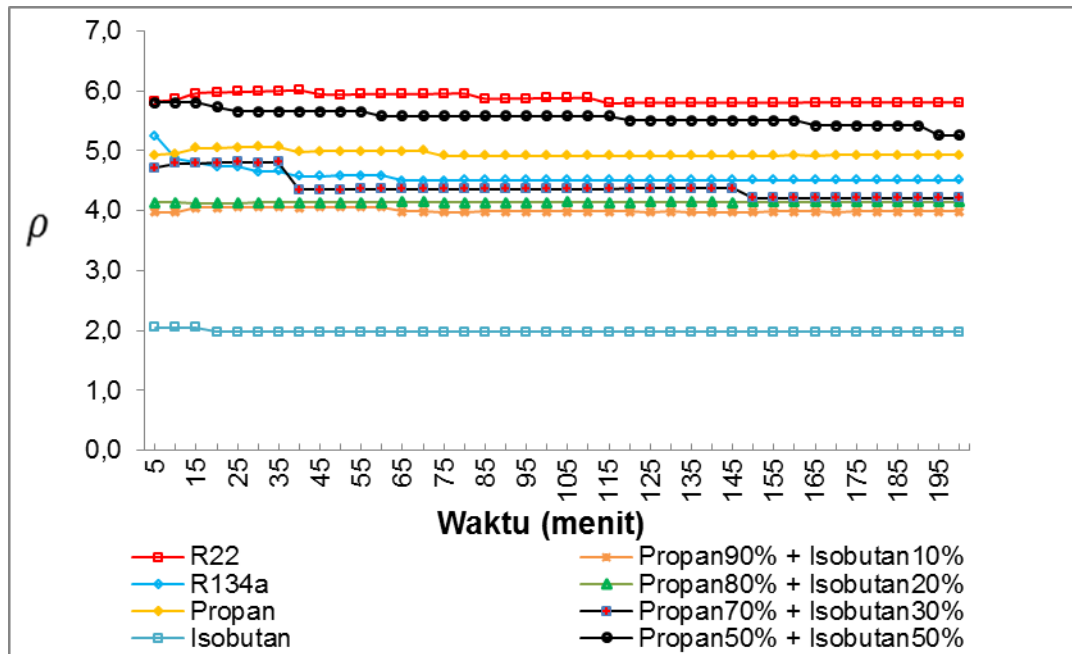
Tabel D.7 Hasil perhitungan Propan 70% + Isobutan 30%

No	t	ρ	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r
	menit	kg/m^3	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		$^{\circ}C$
1	5	4.710	1.145	3.249	546.50	0.00595	70.300	0.418	3.667	7.774	27.2
2	10	4.793	1.149	3.235	545.70	0.00593	70.500	0.418	3.653	7.740	25.9
3	15	4.793	1.173	3.237	545.90	0.00593	70.500	0.418	3.655	7.743	25.8
4	20	4.795	1.207	3.226	545.70	0.00591	70.700	0.418	3.644	7.719	25.5
5	25	4.805	1.173	3.171	544.60	0.00582	71.800	0.418	3.589	7.585	25.2
6	30	4.803	1.144	3.181	544.90	0.00584	71.600	0.418	3.599	7.610	24.9
7	35	4.808	1.101	3.156	544.30	0.00580	72.100	0.418	3.574	7.549	25.0
8	40	4.346	0.976	2.999	540.90	0.00554	75.400	0.418	3.417	7.174	24.5
9	45	4.351	1.006	2.967	540.20	0.00549	76.100	0.418	3.385	7.099	24.5
10	50	4.354	0.990	2.949	539.80	0.00546	76.500	0.418	3.367	7.056	24.2
11	55	4.360	1.010	2.919	539.10	0.00541	77.200	0.418	3.337	6.983	24.3
12	60	4.362	1.102	2.910	538.90	0.00540	77.400	0.418	3.328	6.963	24.2
13	65	4.363	1.089	2.901	538.60	0.00539	77.600	0.418	3.319	6.941	24.3
14	70	4.363	1.077	2.902	538.70	0.00539	77.600	0.418	3.320	6.942	24.3
15	75	4.363	1.084	2.902	538.70	0.00539	77.600	0.418	3.320	6.942	24.1
16	80	4.363	1.086	2.901	538.60	0.00539	77.600	0.418	3.319	6.941	24.2
17	85	4.363	1.093	2.901	538.60	0.00539	77.600	0.418	3.319	6.941	24.0
18	90	4.365	1.084	2.893	538.40	0.00537	77.800	0.418	3.311	6.920	24.0
19	95	4.365	1.082	2.893	538.40	0.00537	77.800	0.418	3.311	6.920	23.9
20	100	4.365	1.063	2.885	538.40	0.00536	78.000	0.418	3.303	6.903	23.8
21	105	4.365	1.094	2.893	538.50	0.00537	77.800	0.418	3.311	6.922	23.8
22	110	4.365	1.087	2.893	538.50	0.00537	77.800	0.418	3.311	6.922	23.8
23	115	4.365	1.084	2.886	538.50	0.00536	78.000	0.418	3.304	6.904	23.6
24	120	4.366	1.040	2.876	538.10	0.00535	78.200	0.418	3.294	6.881	23.7
25	125	4.366	1.033	2.876	538.00	0.00535	78.200	0.418	3.294	6.880	23.8
26	130	4.366	1.028	2.876	538.10	0.00535	78.200	0.418	3.294	6.881	23.7
27	135	4.368	1.007	2.876	538.10	0.00535	78.200	0.418	3.294	6.881	23.4
28	140	4.368	1.002	2.876	538.10	0.00535	78.200	0.418	3.294	6.881	23.4
29	145	4.372	1.008	2.856	537.70	0.00531	78.700	0.418	3.274	6.832	23.4
30	150	4.207	0.966	2.857	537.90	0.00531	78.700	0.418	3.275	6.835	23.3
31	155	4.210	0.978	2.840	537.50	0.00528	79.100	0.418	3.258	6.795	23.3
32	160	4.210	0.973	2.833	537.50	0.00527	79.300	0.418	3.251	6.778	23.4
33	165	4.210	0.996	2.833	537.50	0.00527	79.300	0.418	3.251	6.778	23.2
34	170	4.210	0.980	2.833	537.50	0.00527	79.300	0.418	3.251	6.778	23.2
35	175	4.210	0.944	2.833	537.50	0.00527	79.300	0.418	3.251	6.778	23.2
36	180	4.212	0.928	2.818	537.30	0.00524	79.700	0.418	3.236	6.742	23.2
37	185	4.212	0.930	2.818	537.30	0.00524	79.700	0.418	3.236	6.742	23.1
38	190	4.212	0.928	2.818	537.30	0.00524	79.700	0.418	3.236	6.742	23.1
39	195	4.212	0.932	2.818	537.40	0.00524	79.700	0.418	3.236	6.743	23.1
40	200	4.212	0.973	2.818	537.30	0.00524	79.700	0.418	3.236	6.742	22.9

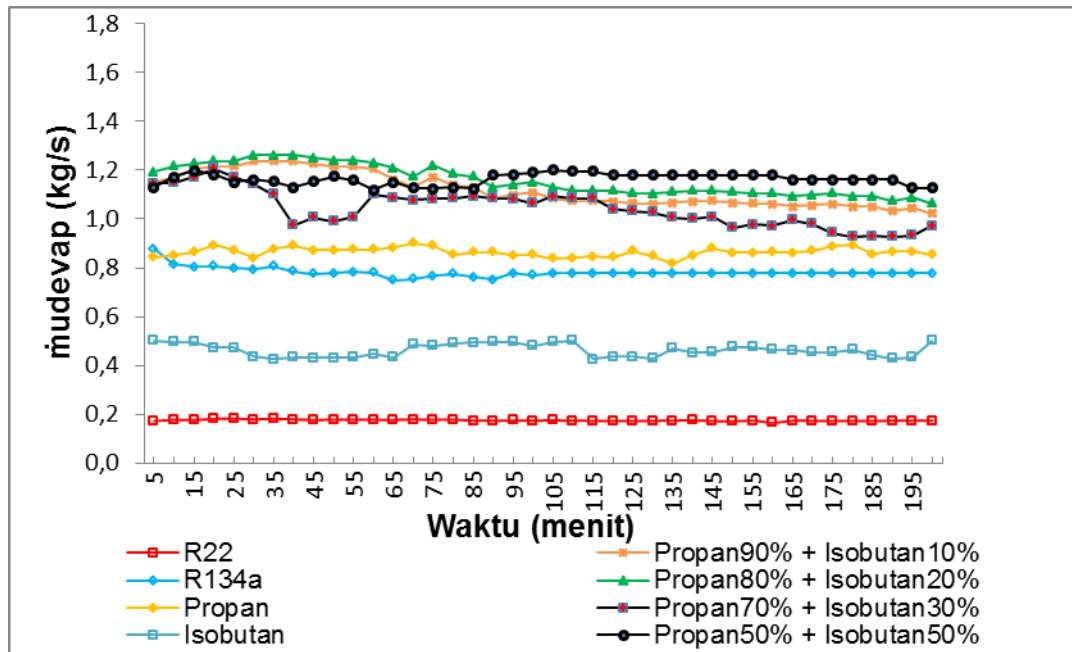
Tabel D.8 Hasil perhitungan Propan 50% + Isobutan 50%

No	t	P	\dot{m}_{ud}	Q_{evap}	q_{re}	\dot{m}_{ref}	w_c	W_c	Q_c	COP	T_r °C
	menit	kg/m ³	kg/s	kW	kJ/kg	kg/s	kJ/kg	kW	kW		
1	5	5.802	1.131	2.128	322.70	0.00659	73.40	0.484	2.612	4.396	27.6
2	10	5.804	1.172	2.121	322.50	0.00658	73.60	0.484	2.605	4.382	27.0
3	15	5.806	1.198	2.126	325.10	0.00654	74.00	0.484	2.610	4.393	26.9
4	20	5.728	1.182	2.116	324.80	0.00651	74.30	0.484	2.600	4.371	26.7
5	25	5.650	1.150	2.096	324.40	0.00646	74.90	0.484	2.580	4.331	26.6
6	30	5.650	1.162	2.098	324.70	0.00646	74.90	0.484	2.582	4.335	26.5
7	35	5.650	1.153	2.103	325.50	0.00646	74.90	0.484	2.587	4.346	26.4
8	40	5.650	1.129	2.084	323.40	0.00644	75.10	0.484	2.568	4.306	26.2
9	45	5.652	1.154	2.077	323.20	0.00643	75.30	0.484	2.561	4.292	26.2
10	50	5.652	1.175	2.081	323.70	0.00643	75.30	0.484	2.565	4.299	26.1
11	55	5.652	1.160	2.079	323.50	0.00643	75.30	0.484	2.563	4.296	26.1
12	60	5.579	1.121	2.047	322.30	0.00635	76.20	0.484	2.531	4.230	26.1
13	65	5.581	1.151	2.042	322.40	0.00634	76.40	0.484	2.526	4.220	26.0
14	70	5.583	1.128	2.039	322.30	0.00633	76.50	0.484	2.523	4.213	26.0
15	75	5.581	1.124	2.046	322.10	0.00635	76.20	0.484	2.530	4.227	26.0
16	80	5.583	1.131	2.037	322.00	0.00633	76.50	0.484	2.521	4.209	26.0
17	85	5.581	1.124	2.044	321.80	0.00635	76.20	0.484	2.528	4.223	25.9
18	90	5.583	1.179	2.034	321.50	0.00633	76.50	0.484	2.518	4.203	25.9
19	95	5.583	1.182	2.034	321.50	0.00633	76.50	0.484	2.518	4.203	26.0
20	100	5.583	1.191	2.039	321.50	0.00634	76.30	0.484	2.523	4.214	26.0
21	105	5.583	1.200	2.039	321.50	0.00634	76.30	0.484	2.523	4.214	25.9
22	110	5.583	1.197	2.039	321.50	0.00634	76.30	0.484	2.523	4.214	25.9
23	115	5.583	1.197	2.039	321.50	0.00634	76.30	0.484	2.523	4.214	25.9
24	120	5.503	1.180	2.029	321.50	0.00631	76.70	0.484	2.513	4.192	25.9
25	125	5.503	1.180	2.029	321.50	0.00631	76.70	0.484	2.513	4.192	25.9
26	130	5.503	1.180	2.029	321.50	0.00631	76.70	0.484	2.513	4.192	25.9
27	135	5.503	1.180	2.029	321.50	0.00631	76.70	0.484	2.513	4.192	25.9
28	140	5.503	1.180	2.029	321.50	0.00631	76.70	0.484	2.513	4.192	25.9
29	145	5.503	1.180	2.031	321.80	0.00631	76.70	0.484	2.515	4.196	25.9
30	150	5.503	1.180	2.031	321.80	0.00631	76.70	0.484	2.515	4.196	25.9
31	155	5.503	1.180	2.025	321.80	0.00629	76.90	0.484	2.509	4.185	25.9
32	160	5.503	1.180	2.025	321.80	0.00629	76.90	0.484	2.509	4.185	25.9
33	165	5.421	1.162	2.025	321.80	0.00629	76.90	0.484	2.509	4.185	25.9
34	170	5.421	1.162	2.027	322.10	0.00629	76.90	0.484	2.511	4.189	25.9
35	175	5.423	1.162	2.016	321.90	0.00626	77.30	0.484	2.500	4.164	25.9
36	180	5.423	1.162	2.016	321.90	0.00626	77.30	0.484	2.500	4.164	25.9
37	185	5.423	1.162	2.016	321.90	0.00626	77.30	0.484	2.500	4.164	25.9
38	190	5.423	1.162	2.016	321.90	0.00626	77.30	0.484	2.500	4.164	25.9
39	195	5.258	1.127	2.017	322.10	0.00626	77.30	0.484	2.501	4.167	25.9
40	200	5.258	1.127	2.017	322.10	0.00626	77.30	0.484	2.501	4.167	25.9

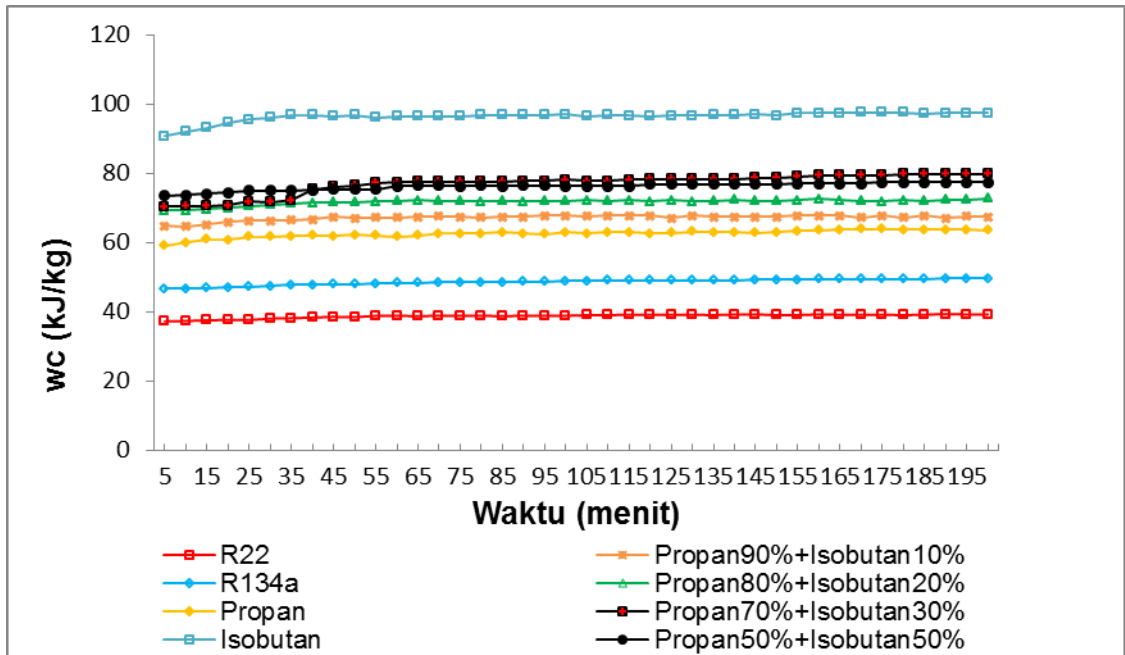
Lampiran



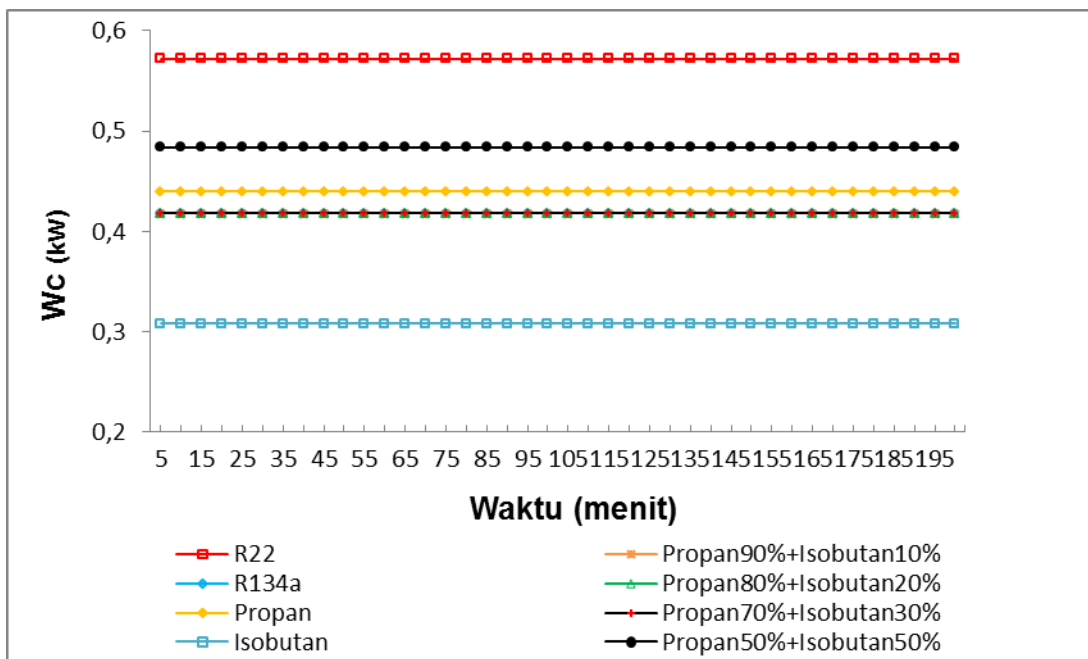
Gambar E.1 Waktu Vs Roh



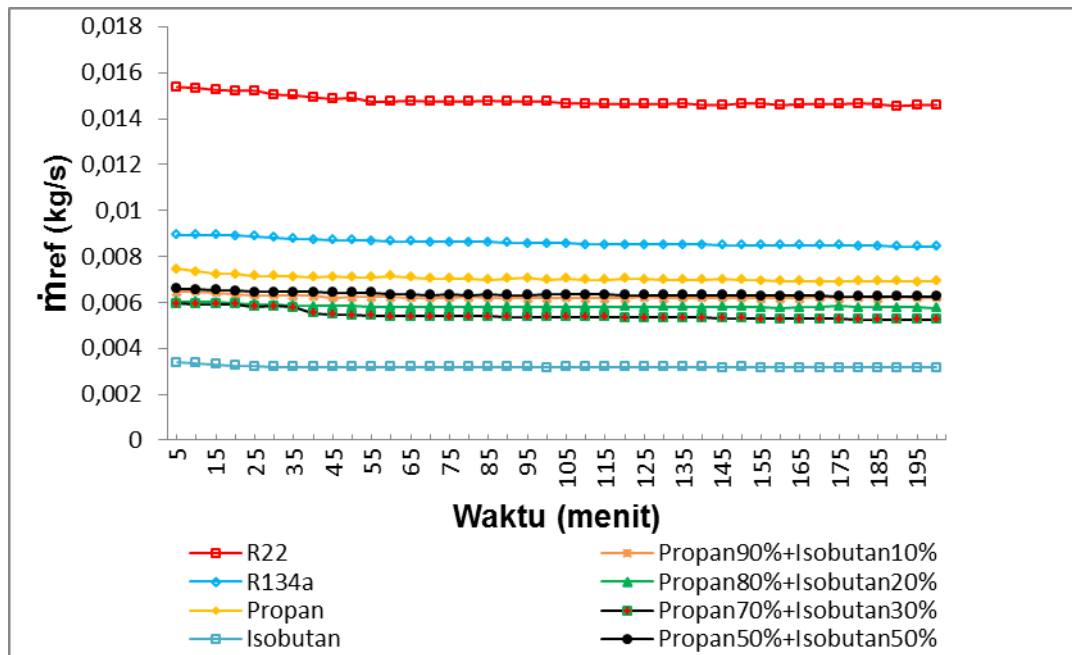
Gambar E.2 Waktu Vs Laju aliran massa udara evaporator



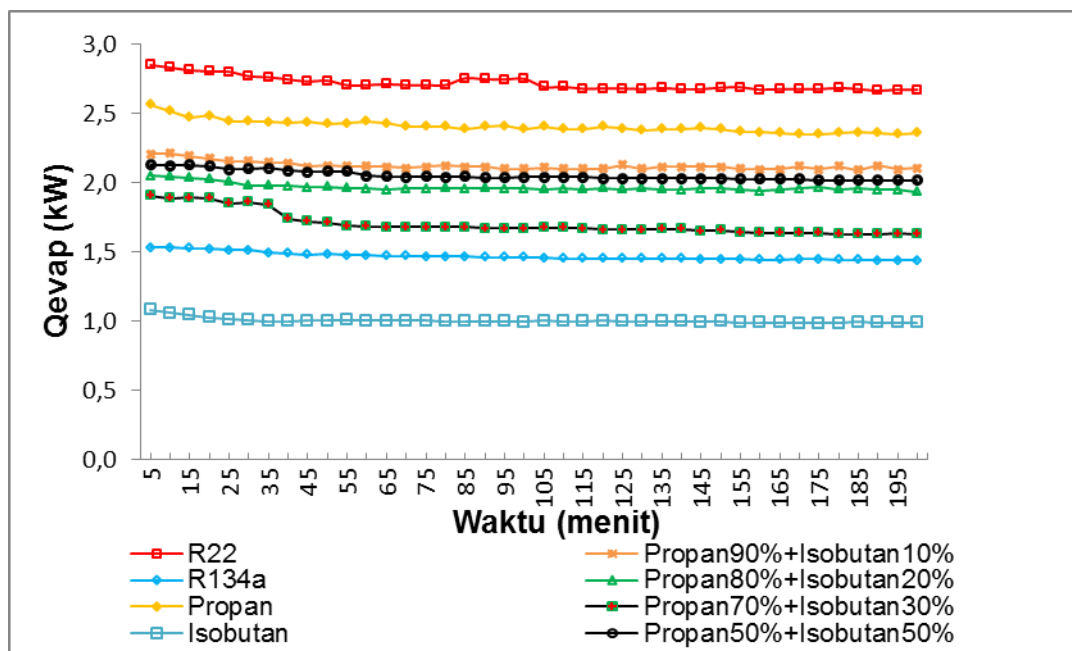
Gambar E.3 Waktu Vs Kerja kompresi



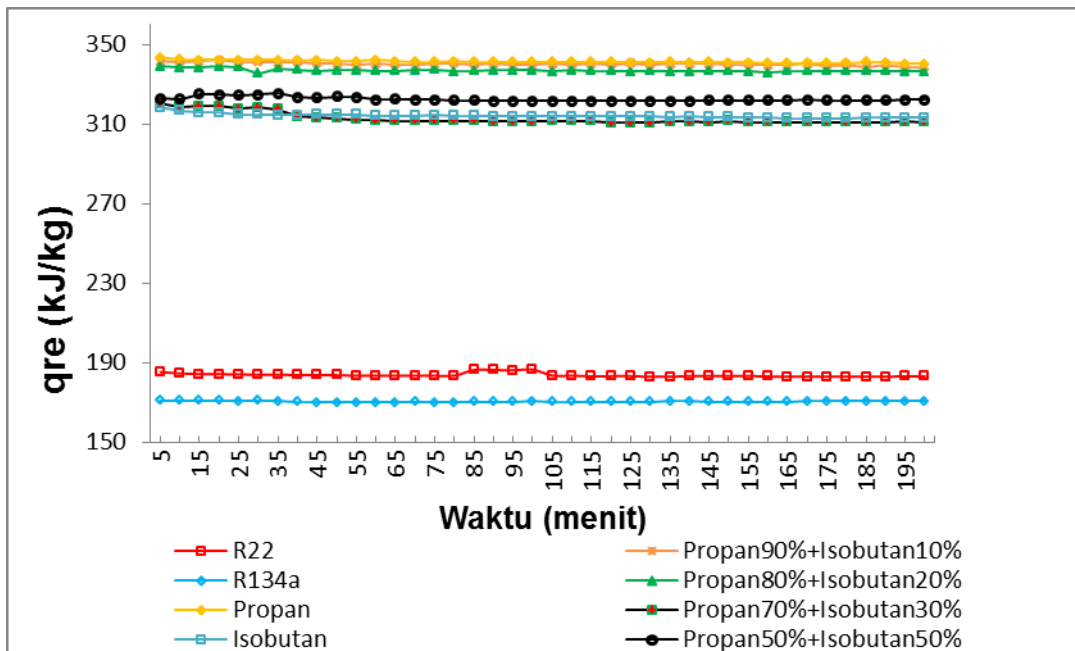
Gambar E.4 Waktu Vs Daya kompresi



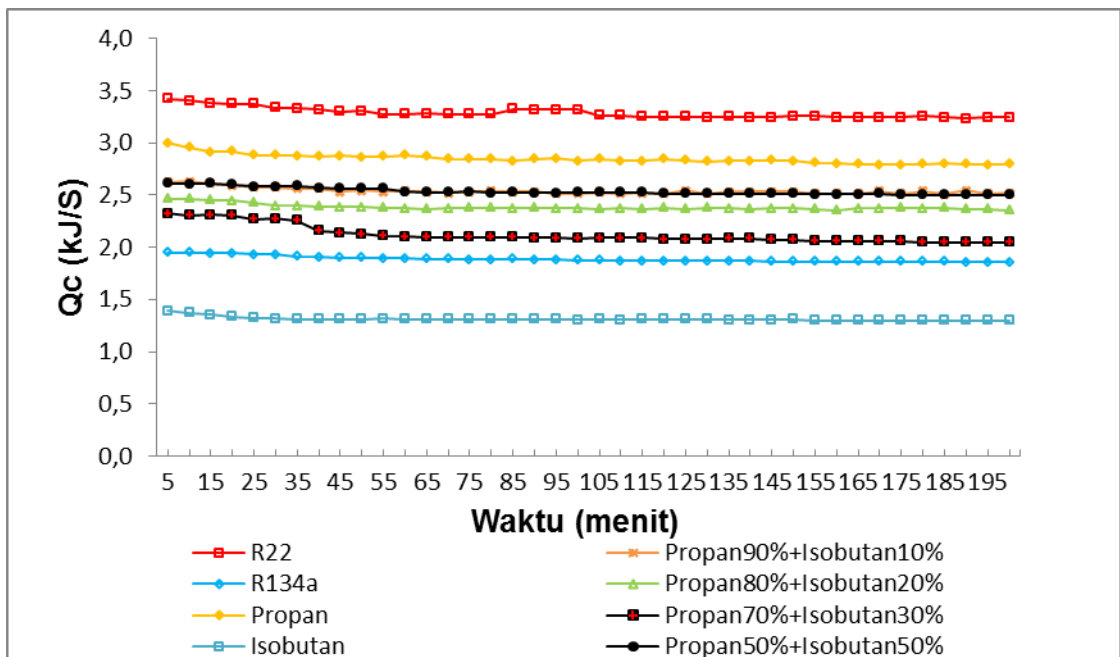
Gambar E.5 Waktu Vs Laju aliran massa refrigeran



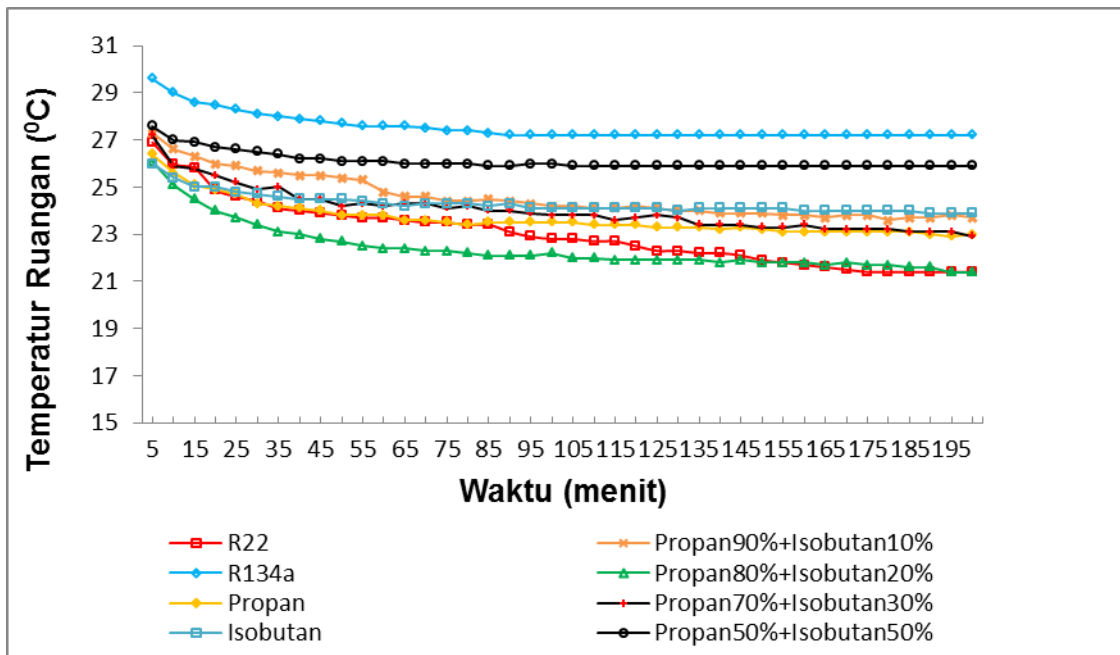
Gambar E.6 Waktu Vs Laju aliran kalor evaporator



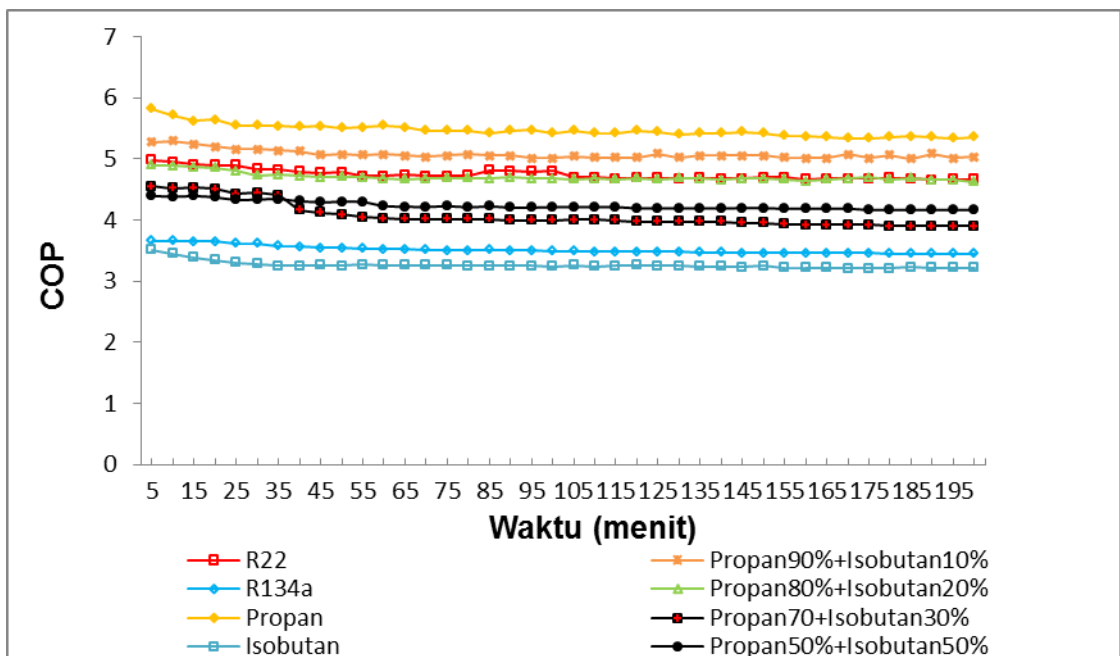
Gambar E.7 Waktu Vs Efek refrigerasi



Gambar E.8 Waktu Vs Laju aliran kalor kondensor



Gambar E.9 Waktu Vs Temperatur ruangan



Gambar E.10 Waktu Vs COP