

**PENDINGINAN *BLAST FREEZER* DENGAN
REFRIGERANT CAMPURAN R-22 DAN R-32
UNTUK INDUSTRI SKALA RUMAH TANGGA**



GIFARI MIHSAN FADHIL

5315117194

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan
Gelar Sarjana Pendidikan

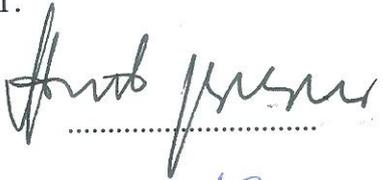
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
1. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. NIP. 197604222006041001 (Dosen Pembimbing I)		15-02-2018
2. I Wayan Sugita, ST., MT. NIP. 197911142012121001 (Dosen Pembimbing II)		13-02-2018
DOSEN PENGUJI :		
3. Dr. Eng. Agung Premono, MT. NIP. 197705012001121002 (Ketua Penguji)		13-02-2018
4. Ragil Sukarno, ST., MT. NIP. 197911022012121001 (Sekertaris)		14-02-2018
5. Nugroho Gama Yoga, ST., MT. NIP. 197602052006041001 (Dosen Ahli)		13-02-2018

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin



HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Gifari Mihsan Fadhil
Nomor Registrasi : 5315117194
Program studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi yang saya buat ini adalah benar hasil karya sendiri dan bukan salinan dari karya orang lain, kecuali beberapa kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Januari 2018



KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmatnya sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan penelitian berjudul “Pendinginan *Blast Freezer* Dengan *Refrigerant* Campuran R22 Dan R32 Untuk Industri Skala Rumah Tangga.” Penelitian ini tidak mungkin selesai tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak, oleh sebab itu dengan rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan segala karunia-Nya dan kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara moril maupun materil.
2. Bapak Ahmad Kholil, S.T. M.T., selaku Kordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
3. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan motivasi, saran, dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak. I Wayan Sugita,ST.,MT selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Catur Setyawan Kusumohadi, M.T selaku Pembimbing Akademik.
6. Keluarga Besar Bapak Heri dan Ibu Sri, serta adik penulis (Muhamad Shidqi Fadhil) yang selalu mendukung dan memberi semangat.
7. Teman seperjuangan dalam penelitian, Adhucha dan Azhar yang selalu memberi bantuan dalam pengambilan data. Sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini.
8. Teman teman seperjuangan mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin, NR 2011 yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
9. Mas Dani dan Mas Min selaku penjaga lab.otomotif UNJ yang selalu membantu dan memberi saran dalam pembuatan alat penelitian.

10. Dan seluruh pihak lain yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian serta dalam penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, baik dalam sistematika penulisan maupun dalam isi materinya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, untuk penyempurnakan penulisan proposal ini dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna dan membawa manfaat bagi semua orang.

Jakarta, Januari 2018

Gifari Mihsan Fadhil

ABSTRAK

GIFARI MIHSAN FADHIL, *Pendinginan Blast Freezer Dengan Refrigerant Campuran R22 Dan R32 Untuk Industri Skala Rumah Tangga*, Skripsi, Jakarta : Januari 2018.

Industri perikanan dalam skala rumah tangga memiliki beberapa masalah salah satu nya dalam penggunaan dan pemanfaatan alat pendingin sebagai pengawet hasil tangkapan laut. Sehingga penulis melakukan penelitian yang bertujuan untuk memperoleh data, desain *blast freezer* yang tepat dalam pendinginan hasil tangkapan laut untuk industri skala rumah tangga. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik kinerja pendingin dengan campuran *refrigerant R22* dan *refrigerant R32* pada tekanan yang berbeda.

Metode Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dengan merancang sitem pendingin skala rumah tangga yang diharapkan dapat mencapai -35°C . Penelitian ini menggunakan campuran *refrigerant R-22* dan *refrigerant R32* serta evaporator mobil. Kemudian memodifikasi *cold storage* dan mengaplikasikan data yang diperoleh pada alat pengujian sehingga dapat menguji alat tersebut guna mendapatkan karakteristik pada campuran *refrigerant* dengan variasi tekanan yang berbeda-beda.

Hasil pengujian dari penelitian ini mendapatkan temperatur $-28,3^{\circ}\text{C}$ pada evaporator dan $-21,5^{\circ}\text{C}$ pada ruang kabin pada tekanan *refrigerant* 1,67 bar. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penelitian ini mendekati nilai temperatur yang diharapkan.

Kata kunci : Sistem pendingin, *Blast Freezer*, *Nugget* ikan, R22, R32, pendingin skala rumah tangga

ABSTRACT

GIFARI MIHSAN FADHIL, cooling a Blast Freezer With Refrigerant Mixtures R22 And R32 for industrial-scale household, thesis, Jakarta: January 2018.

The fishing industry in the scale of households have some issues one of his in the use and utilization of the tools cooling sea catches as a preservative. So the authors conducted a study that aims to obtain data, design of blast freezer proper cooling of sea catches for industrial scale households. This research was also conducted to know the performance characteristics of refrigeration with R22 refrigerant and refrigerant mixtures R32 on different pressure.

This Research method using the method of experimentation, by designing a system for cooling a household scale is expected to reach -35°C . This research uses a blend of R-22 refrigerant and refrigerant evaporator and R32 cars. Then modify the cold storage and apply the data obtained on a testing tool so you can test the tool in order to get its refrigerant mixture with different pressure variation.

The test results of this research get temperature -28.3°C on the evaporator and -21.5°C at a pressure cabin space refrigerant 1.67 bar. Thus it can be concluded that this study is approaching the temperature value is expected.

Keywords: cooling system, Blast Freezers, fish Nuggets, R22, R32, cooling household scale

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah.	4
1.4 Perumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Metodologi Penelitian	6
1.8 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II. DASAR TEORI	
2.1. Sistem Secara Teori.....	9
2.1.1 <i>Blast Freezer</i>	9
2.1.2 Desain Kabin <i>Blast Freezer</i>	11
2.2.3 Evaporator	15
2.1.4 Evaporator Mobil	16

2.1.5 Sistem Pendingin	19
2.1.6 <i>Refrigerant</i>	21
2.1.7 Perbandingan Refrigerant R-22 dengan R-32	22
2.1.8 Daya Kerja Kompresor	23
2.1.9 Perhitungan Kerja Kompresor.....	19
2.2 Produk Yang Didinginkan.....	23
2.2.1 Ikan	23
2.2.2 Mikroorganisme Penyebab Kerusakan Makanan	25
2.2.3 <i>Nugget</i>	30

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	32
3.2. Metode Penelitian.....	33
3.3. Prosedur Penelitian	34
3.4. Komponen Pengujian	34
3.4.1 Sistem kulkas (<i>refrigerator</i>).....	34
3.4.2 Sistem <i>Air Conditioner (AC)</i>	35
3.4.3 Evaporator Mobil	35
3.4.4 <i>Pressure gauge</i>	36
3.4.5 <i>Clamp meter</i>	37
3.4.6 Thermometer Digital.....	37

3.4.7 <i>Polyurethane</i>	38
3.4.8 <i>DC Power Supply</i> (Adaptor)	39
3.5. Metode Pengambilan Data	40
3.5.1 Diagram Mollier.....	40
3.5.2 Langkah-langkah Pengujian	41
3.5.1 Pengambilan Data Penunjang Penelitian	42
BAB IV ANALISA DATA PENELITIAN	
4.1. Hasil Pengujian <i>Blast freezer</i>	43
4.2. Daya Kerja Kompresor.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan.....	55
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN 1	58
LAMPIRAN 2	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Batch Continuous Air Blast Freezer with Counter Flow Air Circulation</i>	10
Gambar 2.2	<i>Continuous Belt Air Blast Freezer With Crossflow Air</i>	11
Gambar 2.3	<i>Triple Belt Air Blast Freezer</i>	11
Gambar 2.4.	Kabin Kulkas	12
Gambar 2.5 .	Kabin <i>Display</i>	13
Gambar 2.6.	Kabin <i>Freezer</i>	13
Gambar 2.7.	Kabin <i>Box Freezer</i>	14
Gambar 2.8.	Evaporator Mobil	18
Gambar 2.9.	Siklus Kerja Evaporator.....	18
Gambar 2.10.	Diagram Tekanan Entalpi	20
Gambar 2.11.	Siklus Kompresi Uap.....	21
Gambar 2.12.	Proses Germinasi Spora Bakteri	27
Gambar 2.13.	Khamir	28
Gambar 3.1.	<i>Flowchart / Diagram Prosedur Penelitian</i>	34
Gambar 3.2.	Box Freezer	35
Gambar 3.3.	Unit <i>Outdor AC</i> dan Spesifikasinya	35
Gambar 3.4.	Evaporator Mobil Kijang Super.....	36
Gambar 3.5.	<i>Pressure Gauge - Low Pressure (biru), High Pressure (merah)</i>	36
Gambar 3.6.	<i>Clamp Meter</i>	37
Gambar 3.7.	Thermometer Digital	38

Gambar 3.8.	Cairan <i>Polyurethane</i>	38
Gambar 3.9.	<i>DC Power Supply</i> (Adaptor).....	39
Gambar 4.1 .	Grafik suhu kabin <i>blast freezer</i>	46
Gambar 4.2.	Grafik suhu evaporator	47
Gambar 4.3.	Grafik suhu kompresor	48
Gambar 4.4.	Grafik suhu pipa tekanan rendah	49
Gambar 4.5.	Grafik tekanan tinggi	50
Gambar 4.6.	Grafik suhu pipa tekanan tinggi	51
Gambar 4.7.	Grafik pipa tekanan rendah	52
Gambar 4.8.	Spesifikasi AC National ½ PK	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perbandingan <i>Refrigerant</i> R-22 dengan R-32	22
Tabel 3.1.	Timeline Kegiatan Penelitian	32
Tabel 3.5.	Data <i>Refrigerant</i> Campuran R-22 dan R-32	42
Tabel 4.1.	Hasil Akhir Pengujian <i>Blast Freezer</i> Menggunakan Tiga Parameter Tekanan Yang Berbeda	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam usaha industri rumahan pasti memiliki berbagai masalah, seperti: masalah modal, masalah produktivitas yang naik turun, dan berbagai hal lainnya. Dan hal yang paling spesifik yang biasanya menjadi masalah utama adalah masalah penyimpanan bahan jadi yang masih bergantung pada bahan baku yang ada pada musim-musim tertentu. Seperti bahan pangan yang ada pada musim panen, hal itulah yang dialami oleh industri rumahan pembuatan *nugget* ikan di kepulauan.

Karena *nugget* ikan yang telah diolah hanya mampu bertahan kurang lebih satu minggu setelah proses pembuatan, sedangkan hasil ikan yang diperoleh sebagai bahan pokok hanya bergantung pada musim panen ikan saja. Jika industri rumahan tersebut mengolah *nugget* ikan pada saat musim panen, hasil produksi yang dihasilkan sangatlah banyak. Tetapi ketika pasokan bahan utama ikan tidak pada musim panen, industri rumahan tersebut hanya mampu mengolah bahan baku sesuai dengan hasil tangkapan.

Sangat disayangkan jika bahan baku ikan yang sudah menjadi *nugget* ikan tidak diproses sesuai dengan keinginan konsumen. Karena saat musim panen ikan pemesanan *nugget* bisa saja sepi pesanan, dan saat musim tidak

panen bisa saja banyak pesanan. Maka, produksi *nugget* harus dapat disimpan dalam waktu yang lama.

Karena *nugget* ikan berbahan dasar ikan, maka penyimpanan *nugget* tidak jauh berbeda dengan penyimpanan ikan. Sebelumnya perlu diketahui, bahwa ikan yang berlaku sebagai bahan baku pembuat ikan sendiri pun mudah rusak (membusuk), seperti hanya mampu bertahan sekitar 8 jam setelah penangkapan dan setelah didaratkan akan timbul proses perubahan yang mengarah pada kerusakan (membusuk)¹. Penyebab ikan cepat membusuk antara lain dikarenakan mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan kapang².

Cara pengolahan yang umum dilakukan, pada dasarnya dibagi menjadi 4 golongan, yaitu 1) Pengolahan dengan memanfaatkan faktor fisikawi, 2) Pengolahan dengan bahan pengawet, 3) Pengolahan yang memanfaatkan faktor fisikawi dan bahan pengawet, serta 4) Pengolahan dengan fermentasi³. Tetapi dalam membuat *nugget* ikan proses pengolahan penyimpanan ikan harus dilakukan tanpa merubah tekstur / bentuk, rasa, dan bau *nugget* ikan tersebut.

Maka proses pengolahan yang dapat dilakukan merupakan pengolahan dengan memanfaatkan faktor fisikawi, dan faktor fisikawi yang dimaksud menggunakan suhu rendah bukan menggunakan suhu tinggi, agar tekstur ikan tidak berubah. Karena kelebihan menggunakan

¹ Rabiatul Adawyah, Pengolahan dan Pengawetan Ikan, Ed.1, Cet.3 (Jakarta: Bumi Aksara, 2008), h. 5.

² *Ibid.*, h. 6.

³ *Ibid.*, h. 9.

suhu rendah tidak mengalami perubahan tekstur/bentuk, rasa, dan bau⁴. Karena itu, Untuk mengawetkan *nugget* perlu di dinginkan hingga -35°C dengan waktu kurang dari 8 jam.

Pengawetan dengan proses pendinginan biasanya menggunakan *freezer*. Namun demikian, *freezer* untuk skala rumah tangga yang banyak ada di pasaran hanya mencapai temperatur -28°C sedangkan untuk temperatur pendinginan -35°C umumnya digunakan *blast freezer*, akan tetapi *blast freezer* yang ada dipasaran sekarang masih dalam skala industri dan memiliki ukuran seukuran peti kemas, sehingga membutuhkan ruangan yang cukup besar untuk peletakannya, karena itu *blast freezer* yang ada sekarang ini tidak cocok digunakan untuk skala industri rumahan yang memproduksi *nugget* ikan yang produksinya belum terlalu banyak.

Penelitian ini dilakukan dengan mengganti *refrigerant* R134a dengan *refrigerant* campuran R-22 yang memiliki *boiling point* $-40,8^{\circ}\text{C}$ dan *refrigerant* R-32 yang memiliki *boiling point* $-53,15^{\circ}\text{C}$ untuk mendapatkan suhu yang lebih rendah lagi yang ingin dicapai. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh parameter data desain dan operasi unit *blast freezer* yang menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan R-32. Berdasarkan latar belakang yang di paparkan, maka diusulkan penelitian dengan judul “Pendinginan *Blast Freezer* Dengan

⁴ *Ibid.*, h. 27.

Refrigerant Campuran R-22 dan R-32 Untuk Industri Skala Rumah Tangga ”.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka identifikasi masalahnya adalah :

1. Bagaimana cara penyimpan olahan *nugget* ikan agar dapat bertahan lama pada industri skala rumah tangga ?
2. Bagaimana perbandingan pendinginan *blast freezer* dengan menggunakan campuran *refrigerant* R-22 dan *refrigerant* R-32 pada masing-masing tekanan ?
3. Bagaimana pengaruh campuran *refrigerant* R-22 dengan R-32 terhadap sistem pendingin *blast freezer* ?
4. Apakah sistem pendinginan *blast freezer* yang menggunakan campuran R-22 dan R-32 dapat mencapai suhu pendinginan -35°C selama ± 8 jam ?

1.3. Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka penulis melakukan pembatasan masalah agar pengujian yang dilakukan tidak terlalu melebar dari tujuan yang hendak dicapai maka ditentukan batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Menggunakan *blast freezer* yang sudah ada atau umum dipasaran.
2. Bahan yang disimpan adalah *nugget* ikan, yang dalam penelitian ini mengkosongkan kabin *blast freezer*.

3. *Refrigerant* yang digunakan menggunakan *refrigerant* R-22 dan *refrigerant* R-32.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah dilakukan perumusan masalah dengan cakupan bahasan dan lingkup masalah yang jelas dan tegas pada topik bahasan, sebagai berikut :

1. Bagaimana perbandingan pendinginan *blast freezer* dengan *refrigerant* campuran R-22 dan R-32 untuk mengawetkan *nugget* ikan pada variasi tekanan yang berbeda ?
2. Apakah sistem pendinginan *blast freezer* yang menggunakan campuran R-22 dan R-32 dapat mencapai suhu pendinginan -35°C selama ± 8 jam ?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menguji sistem pendingin yang menggunakan *refrigerant* R-22 dan *refrigerant* R-32 dengan variasi tekanan pada *blast freezer* skala rumah tangga
2. Mengetahui perbedaan tekanan yang baik dari campuran *refrigerant* R-22 dan R-32 yang sudah di ujikan.
3. Mengetahui hal-hal apa saja yang menyebabkan tidak tercapainya suhu yang diinginkan.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Untuk media dalam penyimpanan bahan baku agar lebih tahan lama.
2. Untuk mengurangi biaya produksi, karena bahan baku tersimpan sesuai dengan kondisi.
3. Memberikan solusi kemudahan dalam merancang/mendesain sistem pendingin dengan menggunakan *refrigerant* R-22 dan *refrigerant* R-32 pada *blast freezer*.
4. Menambah referensi dalam bidang keilmuan dan penelitian dalam memperoleh pengetahuan tentang desain dan data eksperimen mengenai karakteristik *blast freezer* yang menggunakan *refrigerant* R22 dan *refrigerant* R-32.

1.7. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur.

Studi literatur merupakan proses pembelajaran bahan-bahan yang berkaitan dengan materi bahasan yang berasal dari buku-buku, jurnal ilmiah, dan situs-situs internet.

Peneliti melakukan eksperimen yang bermula dari rancangan sistem. Merancang sistem pendingin *blast freezer* dengan menggunakan kabin *box freezer*, evaporator mobil, dan unit out door AC. Dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan *refrigerant* R-32.

2. Pengujian Sistem Pendingin.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan merancang sebuah pendingin dengan dimensi skala rumah tangga dengan suhu

yang di harapkan -35°C dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan R-32.

3. Analisa dan Kesimpulan Pengujian

Data yang didapat dari pengujian kemudian diolah untuk mendapatkan grafik-grafik pengujian dan mendeskripsikan data dalam bentuk table dan grafik menjadi kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya mencari jawaban atas permasalahan yang diteliti.

1.8. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dilakukan menurut urutan bab-bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang yang melandai penulisan skripsi, identifikasi masalah, pembatasan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi penjelasan mengenai evaporator, ikan, mikroorganisme penyebab kerusakan makanan, siklus refrigerasi, macam-macam *refrigerant*, sifat *refrigerant* ideal, perbandingan *refrigerant* R-22 dengan *refrigerant* R-32, *blast freezer*, *desain* kabin *blast freezer* serta *nugget*, dengan penjelasan sistem secara teori. Dasar teori ini diambil dari beberapa buku, jurnal, dan situs-situs internet.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tempat dan waktu penelitian, metode penelitian, prosedur penelitian, dan simulasi pendingin, komponen pengujian, dan teknik analisis data.

BAB IV HASIL PENELITIAN

Bab ini berisi analisa hasil pengujian sistem pendingin dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan *refrigerant* R-32 untuk *blast freezer* skala rumah tangga dengan variasi tekanan yang meliputi pengolahan data dan perhitungan daya kerja.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari pengujian yang sudah dilakukan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Sistem Secara Teori

2.1.1. Blast Freezer

Blast freezer merupakan salah satu teknik pendinginan yang digunakan untuk membekukan berbagai macam makanan. *Blast freezer* ditemukan oleh Negara Selandia Baru pada tahun 1950 berawal dari Perang Dunia ke II yang mengalami kekurangan bahan pangan yang membusuk karena salah dalam teknik penyimpanannya. Dari inovasi dalam pembuatan *blast freeze* yang di temukan untuk membekukan bahan baku makanan membuat Selandia Baru menjadi salah satu negara terkaya di dunia pada tahun 1950 dan 1960- an.

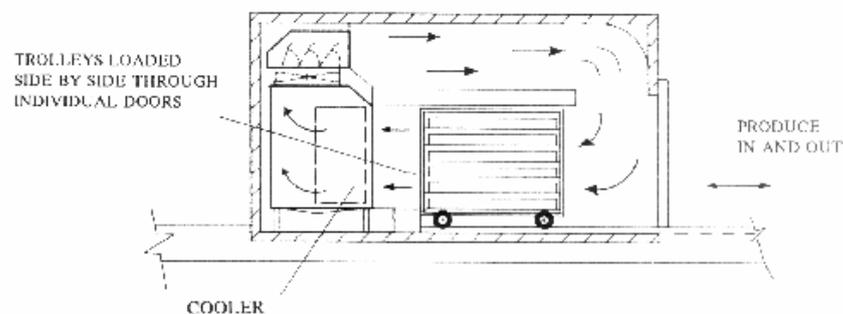
Blast freezer memanfaatkan efek dari suhu rendah dan kecepatan udara untuk menghasilkan perpindahan panas dari bahan tersebut⁵. Prinsip kerja *blast freezer* pembekuan produk dengan udara dingin, dengan terjadi perpindahan panas secara konveksi dari *refrigerant* di dalam pipa-pipa (koil) evaporator yang dihembuskan dengan bantuan fan (kipas angin) berkeuatan besar. *Blast freezer* adalah teknik pendingin dengan memanfaatkan udara untuk meseragamkan suhu didalam ruang kabin sehingga suhu didalam kabin tetap stabil sehingga tidak terjadi kenaikan suhu dalam kabin.

⁵ Roy J. Dossat, Principles of refrigeration, Ed. 4 (United States of America : 1997), h. 143.

Blast freezer memiliki fleksibilitas karena udara pada kipas dapat mengatasi berbagai bentuk produk tidak teratur dan berbagai macam ukuran disamping itu udara yang dihembuskan menyebabkan keseragaman suhu diruang kabin sehingga pendinginan dapat berlangsung merata. Pembekuan dengan *blast freezer* tergantung pada kecepatan udara dan penyusunan rak sehingga sirkulasi dapat bersirkulasi dengan baik maka suhu akan cepat dingin untuk menghasilkan suhu yang optimal untuk pendinginan produk.

Ada beberapa jenis *blast freezer* diantara nya adalah :

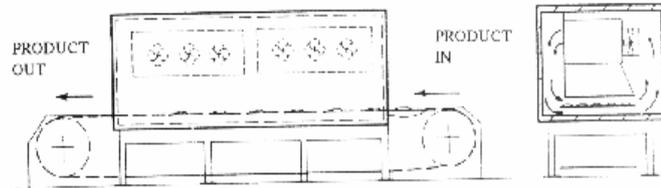
a. *Batch Continuous Air Blast Freezer with Counterflow Air Circulation.*



Gambar 2.1. *Batch Continuous Air Blast Freezer with Counter Flow Air Circulation*

Pada tipe ini *blast freezer* memiliki kabin yang besar didalamnya menggunakan troli untuk menaruh produk yang ingin di dinginkan.

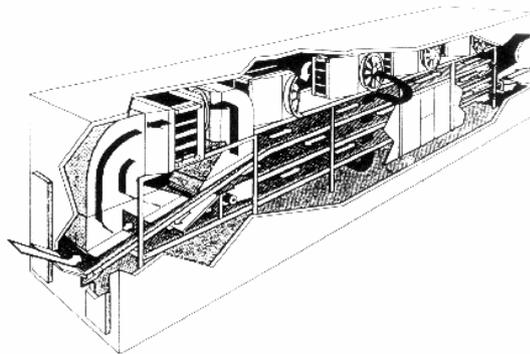
b. Continuous Belt Air Blast Freezer with Crossflow Air Circulation.



Gambar 2.2. *Continuous Belt Air Blast Freezer with Crossflow Air*

Pada tipe ini menggunakan konveyor dengan sabuk yang digunakan untuk memindahkan produk.

c. Triple Belt Air Blast Freezer



Gambar 2.3. *Triple Belt Air Blast Freezer*

Pada tipe ini sama menggunakan konveyor dengan memiliki tiga sabuk untuk memindahkan produk seperti roti, tepung roti dan lain-lain.

2.1.2 Desain Kabin Blast Freezer

Blast freezer di desain untuk memasok udara dingin dengan kecepatan udara yang seragam di seluruh kabin, oleh karena itu kabin *blast freezer* didesain harus memperhitungkan aliran udara agar pendinginan

berlangsung seragam. Kabin *blast freezer* memiliki fungsi yaitu menampung bahan yang ingin di dinginkan. Akan tetapi di dalam desain kabin memiliki kapasitas dalam menentukan bahan yang ingin ditampung kabin *blast freezer* yang sudah ada sekarang ini memiliki daya tampung yang besar dengan daya tampung yang cukup besar tetapi memerlukan lahan yang besar juga untuk menaruhnya, desain kabin yang ingin dibuat dari desain kabin yang kecil yang cukup digunakan untuk keperluan rumah tangga.

Jenis kabin dapat dibedakan dalam segi bentuk, ada beberapa bentuk jenis kabin yang ingin di pilih antara lain:

a. Kabin pada Kulkas (*Refrigerator*)

Kabin panjang vertikal dengan kabin yang di desain sesuai dengan tinggi badan manusia yang dibuat dengan tujuan mempermudah dalam pengambilan bahan yang di dinginkan.



Gambar 2.4. Kabin Kulkas (*Refrigerator*)⁶

⁶ www.image.google.com/kulkas.html, diakses tanggal 15 juni 2017 pukul 13.00

b. Kabin *Display Cool Room*

Kabin ini berbentuk vertikal dengan tinggi sesuai tinggi manusia dan berbagai ukuran dengan pintu menggunakan kaca bertujuan agar konsumen dapat memilih langsung produk yang mau dia ambil, mesin ini mempunyai temperatur 5°C - 10°C , biasanya kabin tipe ini di desain untuk mendinginkan minuman – minuman kaleng dan sayuran.



Gambar 2.5. Kabin *Display Cool Room*⁷

c. Kabin *Freezer dengan Desain Inclined More Display Area*

Kabin *freezer* panjang horizontal memanjang dengan penutup atas menggunakan kaca dengan tujuan agar pengguna dapat melihat bahan dari atas dan memilih bahan yang tepat.



Gambar 2.6. Kabin *Freezer dengan Desain Inclined more Display Area*⁸

⁷ www.image.google.com/kulkas.html, diakses tanggal 15 juni 2017 pukul 15.00

⁸ www.image.google.com/inclidedmoredisplayarea.html, diakses tanggal 15 juni 2017 pukul 14.10

d. Kabin *Box freezer*

Kabin *box freezer* terdapat dua bentuk yaitu bentuk balok panjang dan bentuk kubus dengan penutup atas tipe kabin ini sangat rapat karena pinggiran pintu digunakan karet khusu dan magnet agar udara dingin di dalam tidak keluar.



Gambar 2.7. Kabin *Box Freezer*

Hal – hal yang harus diperhatikan dalam pembekuan :

1. Kecepatan pembekuan, yaitu jumlah bahan yang dapat dibekukan tiap satuan waktu
2. Waktu pembekuan dipengaruhi kecepatan pembekuan, suhu pendinginan, ukuran bahan, suhu dan angka (koefisien) hantaran panas.
3. Suhu pembekuan, adalah suhu akhir pembekuan yang dikehendaki dan pada suhu pembekuan titik beku bahan sudah terlampaui sehingga dapat menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri

Faktor yang mempengaruhi waktu pembekuan :

1. Jenis *freezer*
2. Tebal pembekuan.

3. Suhu produk sebelum pembekuan.
4. Kecepatan udara di dalam air *blast freezer*.
5. Suhu kerja.
6. Luas permukaan persinggungan dan kepadatan produk di dalam *plate freezer*.
7. Bentuk produk, bentuk bahan dan kemasan berpengaruh terhadap waktu pembekuan.
8. Jenis produk/bahan, semakin tinggi kandungan lemak maka semakin rendah kandungan airnya. Sebagian besar panas yang dikeluarkan dari produk pada proses pembekuan adalah untuk membekukan air, jika airnya sedikit maka semakin sedikit pula panas yang diambil untuk membekukan produk.

2.1.3 Evaporator

Evaporator merupakan suatu alat yang memiliki fungsi untuk mengubah keseluruhan atau sebagian suatu pelarut dari sebuah larutan berbentuk cair menjadi uap sehingga hanya menyisakan larutan yang lebih padat atau kental, proses yang terjadi di dalam evaporator disebut dengan evaporasi. Pada dunia industri, manfaat dari alat ini ialah untuk pengentalan awal cairan sebelum diolah lebih lanjut, pengurangan volume cairan dan untuk menurunkan aktivitas air. Evaporator memiliki dua prinsip dasar yaitu untuk menukar panas dan untuk memisahkan uap air yang terlarut dalam cairan. Pada umumnya evaporator terdiri dari tiga bagian yaitu:

- Tempat penukar panas

- Bagian evaporasi (tempat dimana liquid mendidih lalu menguap)
- Bagian pemisah untuk memisahkan uap dari cairan⁹

Hasil dari evaporator berupa padatan atau larutan yang berkonsentrasi dan larutan yang telah dievaporasi biasanya terdiri dari beberapa komponen volatil (mudah menguap). Untuk mendapatkan hasil yang baik sirkulasi udara sekeliling koil dapat ditingkatkan dengan jalan menggunakan *baffle* (pengaruh sirkulasi) dan juga harus diperhatikan cara meletakkan produk yang didinginkan. Koil harus diletakan pada ketinggian yang tepat karena udara dingin akan segera mengalir turun setelah melewati evaporator, agar terjadi aliran naik atau turun pada posisi semestinya maka aliran panas akan diperlambat karena ke 2 aliran itu akan saling bertabrakan. Jika produk yang didinginkan diletakan terlalu rapat, aliran panas akan terhambat dengan demikian evaporator tidak akan menyerap panas yang tidak terbawa aliran untuk kontak dengannya.

2.1.4 Evaporator Mobil

Evaporator atau biasa disebut *cooling unit* adalah salah satu komponen AC Mobil yang paling penting. Di dalam evaporator terjadi pengkabutan pada ekspansi *valve* atau katup ekspansi yang kemudian disalurkan ke dalam evaporator dalam bentuk udara dingin pada sisi evaporator. Hembusan angin pada *blower* akan melewati kisi evaporator dan akan membawa udara dingin yang menyejukan kabin mobil. *Blower* di sini berfungsi sebagai alat yang memastikan sirkulasi udara di

⁹ <http://www.prosesindustri.com/2015/01/evaporator-dan-prinsip-kerjanya.html>, di akses pada tanggal 01 Mei 2016 pukul 10.00.

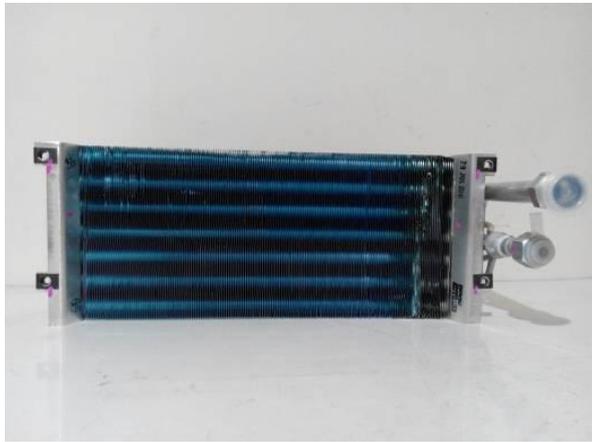
dalam kabin mobil melewati evaporator yang dingin saat AC dihidupkan. Sebagai komponen yang cukup penting, tentunya para pengguna harus tahu mengenai fungsi evaporator pada AC.

Dapat secara mudah dipahami jika evaporator bertugas untuk mengeluarkan hawa sejuk di dalam kabin mobil. Prinsip kerjanya sendiri seperti kulkas. Jika penjelasan di atas terlalu rumit, sederhananya adalah evaporator menyerap hawa panas dan kemudian mengeluarkannya dalam bentuk udara dingin. Hal ini kebalikan pada proses kondensor yang menyerap udara dingin dan mengeluarkan udara panas. Jumlah udara panas yang diserap oleh evaporator harus sama dengan udara dingin yang diserap kondensor.

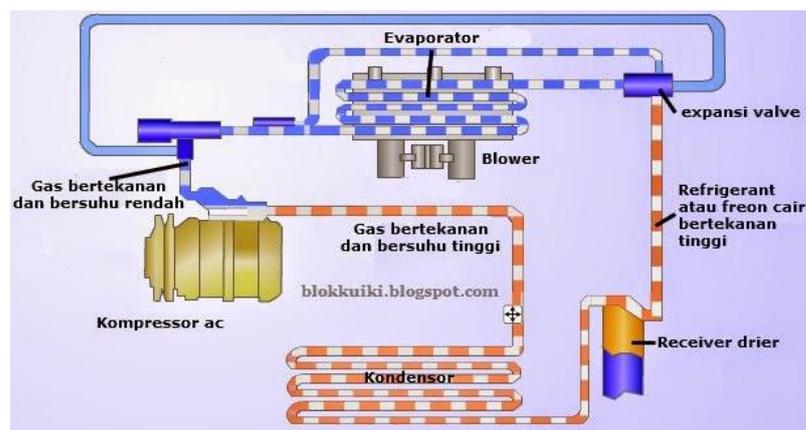
Jika keseimbangan ini terganggu maka sistem kerja AC mobil anda terganggu. Pada *cooling unit* selain terdapat evaporator juga di dalamnya terdapat *blower*, *resistor blower*, *expansi valve*, *thermo-switch* elektronik (thermistor) atau *thermostat* AC mobil, aktuator dan *heater*. Dengan fungsinya yang sangat penting maka evaporator harus dibersihkan secara rutin. Pada umumnya, evaporator harus dibersihkan setelah pemakaian satu tahun atau 20.000 km dan mengganti filter *dryer*.

Fungsi pembersihan pada evaporator antara lain untuk mempertahankan kinerja AC dan membuat komponen pada evaporator tersebut tahan lama. Jika jarang dibersihkan maka kisi – kisi evaporator kemungkinan besar tersumbat sehingga akan mengganggu hembusan angin *blower* dan AC tidak akan dingin karena evaporator tidak dapat bekerja

secara maksimal. Selain hembusan angin yang kurang, evaporator yang kotor akan menyebabkan beberapa masalah lainnya.



Gambar. 2.8. Evaporator Mobil



Gambar. 2.9. Siklus Kerja Evaporator

Siklus AC mobil atau sirkulasi *refrigerant* pada sistem ac mobil bisa dilihat pada gambar di atas yang bisa dijelaskan sebagai berikut :

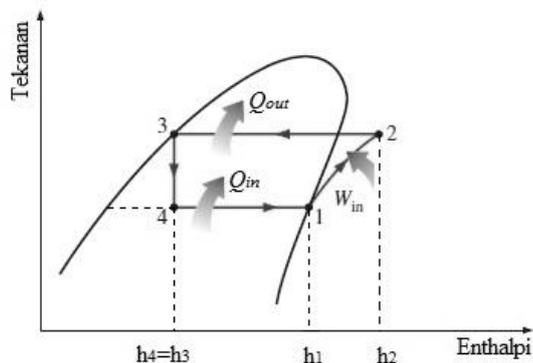
1. Kompresor AC berputar menghisap freon pada sisi tekanan rendah dan memompa gas *refrigerant* menuju kondensor AC dalam kondisi bertekanan dan bertemperatur tinggi, selanjutnya freon yang bertekanan tinggi dan berupa gas dirubah menjadi cair oleh kondensor AC.

2. Freon yang berbentuk cair melewati *receiver drier* untuk disaring atau di *filter* jika terdapat kotoran.
3. Setelah melewati *recevier drier* freon cair bertekanan tinggi menuju katup ekspansi melewati saluran sempit pada katup ekspansi dan dikabutkan pada evaporator atau dirubah wujudnya dari cair menjadi gas.
4. Dari evaporator selanjutnya gas *refrigerant* atau freon kembali dihisap oleh kompresor dan siklus berulang dari awal.

2.1.5 Sistem Pendingin

Dalam sistem mesin pendingin, *refrigerant* dialirkan dalam saluran pipa-pipa. Sebelum masuk kompresor, *refrigerant* berbentuk gas dikompresikan dan setelah keluar dari kompresor berubah menjadi gas panas lanjut. *Refrigerant* yang berbentuk gas mengalir pada bagian kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi proses kondensasi.

Refrigerant yang berbentuk gas berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati pengering, selanjutnya menuju alat ekspansi dan mengalami penurunan sampai tekanan evaporator. Pada evaporator cairan dari alat ekspansi mengalami evaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus ini berjalan terus menerus yang kemudian dikenal dengan siklus kompresi uap. Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap diterangkan pada gambar, yang penjabarannya adalah sebagai berikut.

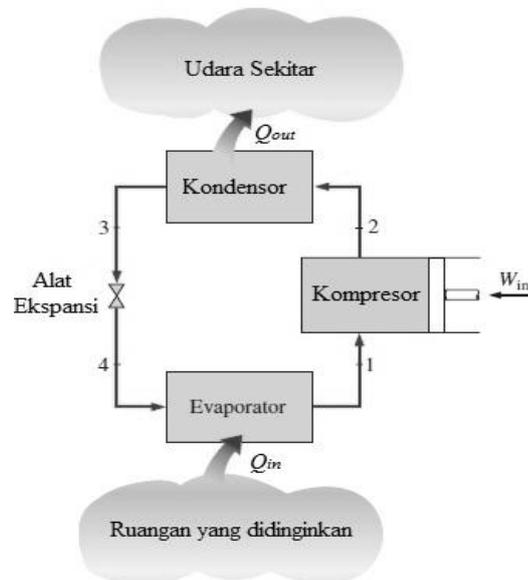


Gambar 2.10. Diagram Tekanan Entalpi (Mollier Diagram)

Sumber gambar: Cengel, Yunus A., Boles, Michael A. Thermodynamics An Engineering Approach, Fifth Edition.

- 1-2 Kompresi adiabatik reversibel, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 2-3 Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan *refrigerant*.
- 3-4 Ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4-1 Cairan menarik panas evaporasi dari sekitarnya dan memperoleh tambahan entalpi saat cairan menguap di dalam evaporator atau penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.

Siklus gambar apabila diekspresikan dalam diagram tekanan entalpi bisa dilukiskan sebagai berikut.



Gambar 2.11. Siklus Kompresi Uap

Sumber gambar: Cengel, Yunus A., Boles, Michael A. Thermodynamics An Engineering Approach, Fifth Edition.

2.1.6 Refrigerant

Refrigerant merupakan bahan pendingin atau fluida yang digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas ke cair (kondensasi), sehingga *refrigerant* dapat dikatakan sebagai pemindah panas dalam sistem pendingin. Adapun pengertian lainnya adalah refrigerasi atau pendinginan merupakan proses pengambilan atau pengeluaran kalor dari suatu materi atau ruangan dan mempertahankan keadaannya sedemikian rupa sehingga temperaturnya lebih rendah dari pada lingkungan sekitarnya.

2.1.7 Perbandingan Refrigerant R-22 dengan R-32

R-22 merupakan *refrigerant* jenis CFC (*Cloro Fluoro Carbon*). Sedangkan R-32 adalah *refrigerant* jenis HFC (*Hidro Fluoro Carbon*) yang lebih ramah terhadap lingkungan.

Perbandingan karakteristik R-22 dan R-32 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1. Perbandingan *Refrigerant* R-22 dengan R-32¹⁰

No.	Nama	R-22	R-32
1.	<i>Chemical name or composition</i>	<i>Chlorodifluoromethane</i>	<i>Difluoromethane</i>
2.	<i>Chemical formula</i>	CHClF ₂	CH ₂ F ₂
3.	<i>Mass Molekul</i>	86.48	52.02
4.	<i>Boiling Point</i>	-40.76	-53.15
5.	<i>Freezing point</i>	-160	-136
6.	<i>Critical temperature °C</i>	96.0	78,25
7.	<i>Critical pressure</i>	4974	5.808
8.	<i>Critical density kg/m³</i>	525	424
9.	<i>Latent heat of vaporation kJ/kg.mol</i>	233,5	390,5
10.	<i>Compression ratio</i>	4.03	4.81
11.	<i>Absolute pressure at 0°C.Mpa</i>	0.49811	0.29269
12.	<i>Density at 0°C.kg/m³ liquid</i>	1281.8	1293.7
13.	<i>Volume at 0°C.m³/kg vapor</i>	0.04703	0.06935

¹⁰ Wilis, Renggani Galuh, "Penggunaan Refrigeran R-22 dan R-32 Pada Mesin Pendingin", Diakses pada https://www.academia.edu/6854118/Penggunaan_Refrigeran_R22_dan_R32_pada_Mesin_Pendingin, 31 Maret 2017

2.1.8 Daya Kerja Kompresor

Kompresor mengambil uap panas pada temperatur rendah didalam evaporator dan memompanya ke tingkat temperatur yang lebih tinggi di dalam kondensor, dan biasa disebut dengan *heat pump*. Karena dengan adanya perbedaan sifat maka *refrigerant* tertentu memerlukan kompresor dengan sifat tertentu pula, yang sanggup menangani volume uap *refrigerant* dalam jumlah besar tetapi perbedaan temperatur yang kecil. Daya kompresor adalah hasil perkalian antara kerja kompresi yang bersatuan kJ/kg dan laju aliran massa. Bila suhu kondenser naik, maka kerja kompresi dan laju aliran massa menurun, sehingga daya naik mencapai puncak dan kemudian mulai turun. Sifat yang sama dengan daya ini, yaitu sebagai fungsi dari suhu evaporator.¹¹

2.1.9. Perhitungan Kerja Kompresor

$$P = I.V \quad \dots\dots\dots(2.1)^{12}$$

Dimana,

P = Daya listrik (Watt) V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

2.2. Produk Yang Didinginkan

2.2.1. Ikan

Sebagai hewan bertulang belakang (*vertebrata*) yang hidup di air dan secara sistematis di tempatkan pada *filum chordata* dengan karakteristik

¹¹ Supratman Hara (alih Bahasa.), *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara* (edisi kedua) (Jakarta: Erlangga, 1982), h. 203.

¹² <http://teknikelektronika.com/pengertian-daya-listrik-rumus-cara-menghitung/> diakses pada 01 Mei 2016 pukul 11.00

memiliki insang yang berfungsi untuk mengambil oksigen terlarut dan sirip untuk berenang. Ikan merupakan makanan yang mudah mengalami pembusukan, seperti di Indonesia yang merupakan daerah tropis bersuhu relatif tinggi. Akan tetapi umur penyimpanan ikan dapat diperpanjang dengan penurunan suhu, bahkan ikan yang dibekukan dapat disimpan beberapa bulan. Hal paling penting adalah harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan sumber protein lain. Kandungan kimia, ukuran, dan nilai gizinya tergantung pada jenis, umur, kelamin, tingkat kematangan, dan kondisi tempat hidupnya.

Agar dapat memanfaatkan ikan dengan baik, perlu diketahui karakteristik yang dimiliki, misalnya struktur tubuh ikan, perbandingan ukuran tubuh dan berat, sifat fisik dan kimia, protein, lemak, vitamin, dan senyawa lain yang dikandungnya. Kelebihan produk perikanan dibandingkan dengan produk hewani lainnya sebagai berikut:

1. Kandungan protein yang cukup tinggi (20%) dalam tubuh ikan tersusun oleh asam-asam amino yang berpola mendekati pola kebutuhan asam amino dalam tubuh manusia.
2. Daging ikan mudah dicerna oleh tubuh karena mengandung sedikit tenunan pengikat (tendon).
3. Daging ikan mengandung asam-asam lemak tak jenuh dengan kadar kolesterol sangat rendah yang dibutuhkan oleh tubuh manusia.

4. Selain itu, daging ikan mengandung sejumlah mineral seperti K, Cl, P, S, Mg, Ca, Fe, Ma, Zn, F, Ar, Cu, dan Y, serta vitamin A dan D dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Disamping itu, ternyata ikan memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Kandungan air yang tinggi (80%), pH tubuh ikan yang mendekati netral, dan daging ikan sangat mudah dicerna oleh enzim autolisis menyebabkan daging sangat lunak, sehingga menjadi media yang baik untuk pertumbuhan bakteri pembusuk.
2. Kandungan asam lemak tak jenuh mengakibatkan daging ikan mudah mengalami proses oksidasi sehingga menyebabkan bau tengik.

Proses pembusukan pada ikan disebabkan oleh aktivitas enzim mikroorganisme, dan oksidasi dalam tubuh ikan itu sendiri dengan perubahan seperti timbul bau busuk, daging menjadi kaku, sorot mata pudar, serta adanya lendir pada insang maupun tubuh bagian luar. Kekurangan yang terdapat pada ikan dapat menghambat usaha pemasaran hasil perikanan, tidak jarang menimbulkan kerugian besar terutama di saat produksi ikan melimpah. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan untuk menambah nilai, baik dari segi gizi, rasa, bau, bentuk/tekstur, maupun daya awet.

2.2.2. Mikroorganisme Penyebab Kerusakan Makanan

Mikroorganisme adalah organisme yang ukurannya sangat kecil dan tidak dapat terlihat secara kasat mata, tetapi harus menggunakan alat, yaitu mikroskop. Mikroba - mikroba yang dapat menyebabkan kerusakan pada

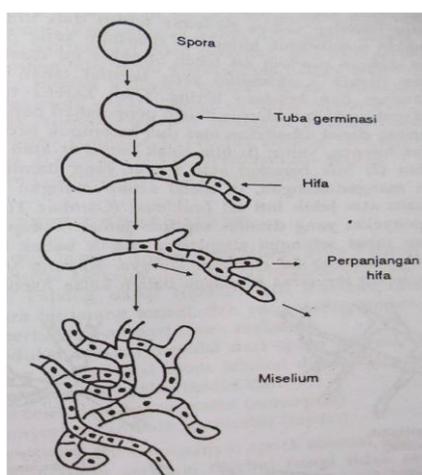
bahan pangan tersebut mempunyai daya rusak yang tinggi karena dapat menyebabkan *degradasi* komponen bahan pangan sehingga bersifat toksin dan berbahaya bagi kesehatan. Mikroorganisme dapat hidup hampir disemua tempat, baik air, tanah udara, maupun di tempat lainnya, dan mampu bertahan pada berbagai lingkungan baik pada suhu, tekanan, pH, tingkat osmosis (larutan gula dan larutan garam), serta kadar air yang ekstrem. Beberapa mikroorganisme penyebab kerusakan pada bahan pangan, seperti:

a. Bakteri

Bakteri adalah mikroorganisme satu sel berkembang biak dengan cara membelah diri. Bakteri ada yang bersifat aerob, anaerob, dan ada yang bersifat *pathogen*. Penyakit pada manusia yang disebabkan oleh bakteri yang berasal dari makanan disebut *food born disease*. Penyakit tersebut ada karena bakteri berkembang biak di dalam alat pencernaan yang kemudian menimbulkan kejang, dan dalam keadaan yang parah dapat terjadi septikemia (keracunan darah). Selain bakteri yang merugikan, ada juga bakteri yang menguntungkan karena keberadaannya memang diperlukan untuk membantu dalam proses pengolahan, misal pada industri pembuatan keju.

Meskipun bakteri memperbanyak diri dengan melakukan pembelahan sel, pada saat dan kondisi tertentu dapat terjadi perubahan bentuk dalam daur hidupnya. Perubahan tersebut disebabkan bakteri menyesuaikan diri dengan faktor-faktor yang diperlukan untuk pertumbuhannya, yang mengakibatkan perubahan bentuk struktur fisik baru,

dapat lebih tahan panas, pH, atau radiasi. Bentuk itu disebut dengan spora. Jika spora telah terbentuk, akan tetap dorman sampai kondisi lingkungan yang sesuai untuk proses germinasi dapat berlangsung. Mekanismenya memang belum dapat diuraikan secara detail, tetapi setelah spora bergerminasi, sel tersebut langsung dapat memulai kehidupan penuh serta mampu mempertahankan diri dari *stress lethal*.



Gambar 2.12. Proses Germinasi Spora Bakteri

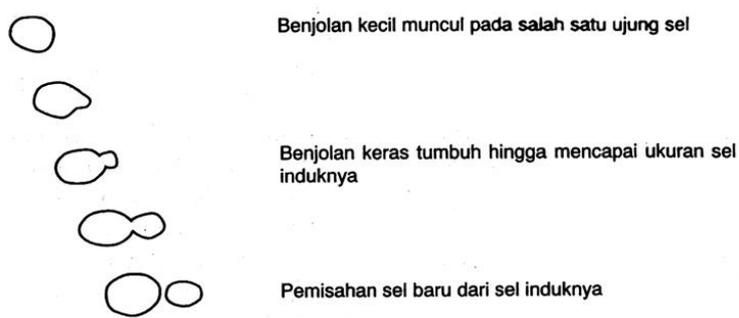
b. Kapang

Kapang adalah mikroorganisme yang memiliki pertumbuhan khas membentuk *hifa* kapas dan biasanya terlihat pada koran basah, nasi, atau roti yang sudah lama. Kapang adalah organisme multiseluler terdiri dari banyak sel tergabung menjadi satu.

c. Khamir

Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan ukuran antara 5 dan 50 mikron. Biasanya berukuran 5 sampai 10 kali lebih besar dari bakteri dan berbentuk lonjong seperti buah lemon dan melakukan proses

reproduksi dengan cara bertunas (*budding*) atau pembelahan sel. Induk sel mengeluarkan tonjolan seperti pipa yang muncul dari dinding sel dan kemudian membentuk sel khamir yang baru lengkap dengan informasi genetiknya. Cara itu disebut dengan reproduksi aseksual.¹³



Gambar 2.13. Khamir Memperbanyak Diri dengan Cara *Budding*

d. Tujuan Utama Pengolahan Ikan

Ikan dan hasil perikanan yang lain merupakan bahan pangan yang mudah membusuk, maka proses pengolahan yang dilakukan bertujuan untuk menghambat atau menghentikan aktivitas zat-zat dan mikroorganisme perusak atau enzim-enzim yang dapat menyebabkan kemunduran mutu dan kerusakan.

Cara pengolahan yang umum dilakukan, pada dasarnya dibagi menjadi empat golongan, yaitu pengolahan dengan memanfaatkan faktor fisikawi, pengolahan dengan bahan pengawet, pengolahan yang memanfaatkan faktor fisikawi dan bahan pengawet, serta pengolahan dengan cara fermentasi.

¹³ Rabiatul Adawyah, op. cit., h. 6-9.

Pengolahan ikan dapat dilakukan melalui berbagai macam proses pengolahan dari yang sederhana sampai yang modern. Berikut ini, beberapa proses pengolahan ikan yang biasa dilakukan¹⁴:

- **Pengolahan dengan suhu rendah**

Pengawetan ikan dengan suhu rendah merupakan suatu proses pengambilan/pemindahan panas dari tubuh ikan ke bahan lain. Adapula yang mengatakan bahwa pendiginan adalah proses pengambilan panas dari suatu ruangan yang terbatas untuk menurunkan dan mempertahankan suhu di ruangan tersebut bersama isinya agar selalu lebih rendah dari suhu diruangan.

- **Penggaraman**

Penggaraman merupakan cara pengawetan yang sudah lama dilakukan orang. Pada proses penggaraman, pengawetan dilakukan dengan cara mengurangi kadar air dalam badan ikan sampai titik tertentu, sehingga bakteri tidak dapat hidup dan berkembang lagi.

- **Pemindangan**

Pemindangan ikan merupakan upaya pengawetan sekaligus pengolahan ikan yang menggunakan teknik penggaraman dan pemanasan. Pengolahan tersebut dilakukan dengan cara merebus atau memanaskan ikan dalam suasana bergaram selama waktu tertentu dalam suatu wadah.

¹⁴ Rabiatul Adawyah, op. cit., h.10-11.

- **Pengeringan**

Pengeringan ikan merupakan cara pengawetan yang tertua. Mula-mula, pengeringan hanya dilakukan dengan menggunakan panas matahari dan tiupan angin. Prinsipnya, pengeringan adalah cara pengawetan ikan dengan mengurangi kandungan air pada jaringan ikan sebanyak mungkin sehingga aktivitas bakteri terhambat.

- **Pengasapan**

Pengasapan merupakan cara pengawetan dengan memanfaatkan kombinasi perlakuan pengeringan dan pemberian senyawa kimia alami dari hasil pembakaran bahan bakar alami. Melalui pembakaran akan terbentuk senyawa asap dalam bentuk uap dan butiran-butiran tar serta dihasilkan panas. Senyawa asap tersebut menempel pada ikan dan terlarut dalam lapisan air yang ada dipermukaan tubuh ikan, sehingga terbentuk aroma dan rasa yang khas pada produk dan warnanya menjadi keemasan atau kecokelatan.

- **Pengolahan dengan suhu tinggi**

Sterilisasi merupakan usaha untuk membebaskan alat-alat atau bahan-bahan dari segala macam bentuk kehidupan terutama mikroorganisme. Sterilisasi merupakan salah satu pengolahan dengan suhu tinggi selain pengalengan.

2.2.3 Nugget

Nugget adalah sejenis makanan yang dibuat dari daging giling atau daging cacah yang diberi bumbu, dan dibentuk dalam cetakan tertentu,

kemudian di kukus, dipotong-potong sesuai ukuran, dipanir, dibekukan, dan sebelum dikonsumsi dilakukan penggorengan. *Nugget* merupakan makanan siap saji yang merupakan produk daging giling. Dikatakan *nugget* karena bentuk awalnya seperti nussel atau balok emas dengan warna kuning keemasan. Sekarang bentuk *nugget* sudah bervariasi seperti *drum stick*, *finger*, *dinosaurus*, dan berbagai bentuk menarik yang disukai anak.¹⁵

¹⁵ Rabiatul Adawyah, Pengolahan dan Pengawetan Ikan, Ed.1, Cet.4 (Jakarta: Bumi Aksara, 2011), h. 151.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian :

Tempat Penelitian : Lab. Otomotif, Universitas Negeri Jakarta
 Jl.Rawamangun Muka, Jakarta Timur.

Waktu Penelitian : Agustus 2017 – Februari 2018

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut :

Tabel 3.1. Timeline Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		8	9	10	11	12	1	2
1	Tahap Persiapan							
	1. Pembuatan Proposal							
	2. Konsultasi							
	3. Pengajuan Proposal							
2	Tahap Penelitian							
	1. Pembuatan desain sistem pendingin							
	2. Penelitian lanjutan sistem pendingin							
3	Tahap Penyelesaian							
	1. Pengumpulan data							
	2. Penyusunan data							

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan merancang sebuah pendingin dengan dimensi skala rumah tangga dengan suhu yang diharapkan $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ tanpa terbentuknya bunga es (*frosting*) dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan R-32 dengan waktu pendinginan kurang dari 8 jam. Untuk membuat *nugget* menjadi lebih awet dengan pendinginan di suhu rendah agar mikroorganisme pada *nugget* ikan tidak berkembang. Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif yaitu memaparkan hasil eksperimen terhadap benda uji, kemudian analisis datanya menggunakan angka-angka. Metode yang dipergunakan pada penelitian ini agar dapat dipertanggung jawabkan adalah sebagai berikut :

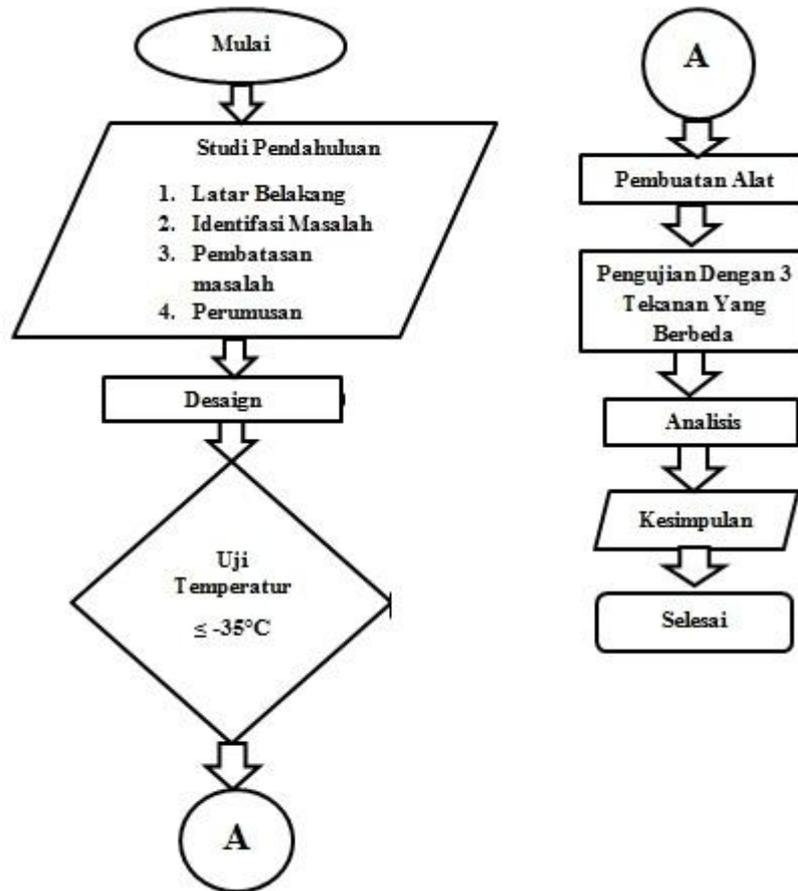
1. Metode Eksperimen

Peneliti melakukan eksperimen yang bermula dari rancangan sistem. Merancang sistem pendingin *blast freezer* dengan menggunakan kabin *box freezer*, evaporator mobil, dan unit out door AC. Dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan *refrigerant* R-32.

2. Peralatan.

- a. Laptop ASUS
- b. Unit out door AC 0,5 PK
- c. Kabin *box freezer*
- d. Pipa kapiler
- e. Evaporator mobil kijang

3.3. Prosedur Penelitian



Gambar 3.1. Flowchart / Diagram Prosedur Penelitian

3.4. Komponen Pengujian

3.4.1. Sistem Kulkas (*Refrigerator*)

Sistem kulkas (*refrigerator*) yang digunakan dalam pengujian ini menggunakan *box freezer* dengan menggunakan *refrigerant* campuran R-22 dan R-32.



Gambar 3.2. *Box Freezer*

3.4.2. Sistem Air Conditioner (AC)

Menggunakan unit *outdoor AC* yang terdiri dari kompresor, kondensor dan unit lain.

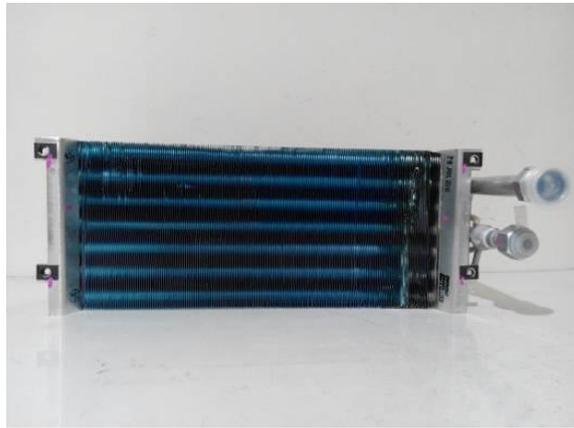


Gambar 3.3. Unit *Outdor AC* dan Spesifikasinya

3.4.3. Evaporator Mobil

Evaporator yang digunakan dalam sistem ini adalah jenis evaporator mobil kijang super. Evaporator adalah salah satu komponen utama

dari sistem pendinginan di dalamnya mengalir cairan *refrigerant* yang berfungsi sebagai penyerap panas dari produk yang didinginkan.



Gambar 3.4. Evaporator Mobil Kijang Super

3.4.4. *Pressure Gauge*

Pressure gauge digunakan untuk mengetahui tekanan *refrigerant* dalam sistem refrigerasi. Tekanan *refrigerant* yang diukur melalui kran *valve* yang menghubungkan ke kompresor. *Pressure gauge* yang digunakan ada 2 macam, *Low Pressure* (0-220 psi) dan *High Pressure* (0-500 psi).



Gambar 3.5. *Pressure Gauge* – *Low Pressure* (biru), *High Pressure* (merah)

3.4.5. *Clamp Meter*

Clamp meter digunakan untuk mengetahui arus listrik yang digunakan oleh kompresor. Arus listrik akan menyatakan kerja yang dilakukan kompresor. Pengukuran arus listrik dengan *clamp meter* dilakukan dengan melingkari kabel tunggal (boleh kabel + atau -) dengan *clamp meter*.

Clamp meter bekerja berdasarkan induksi magnetik listrik akibat adanya arus yang mengalir pada kawat konduktor tunggal. Besarnya induksi tersebut diterjemahkan ke dalam pembacaan arus listrik (*ampere*).



Gambar 3.6. *Clamp Meter*

3.4.6. **Thermometer Digital**

Thermometer merupakan salah satu alat ukur yang berfungsi untuk mengetahui suhu objek (benda/tubuh). Prinsip kerja Thermometer Digital menggunakan thermokopel sebagai sensornya untuk membaca perubahan nilai tahanan. Secara sederhana thermokopel berupa dua buah kabel dari jenis logam yg berbeda yang ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan (dilas). Titik penyatuan ini disebut *hot*

junction. Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur.



Gambar 3.7. Thermometer Digital

3.4.7. Polyurethane

Polyurethane adalah campuran dua jenis bahan kimia (ISOCYANATE dan POLYOL) yang diaduk secara bersama-sama, sehingga terjadi reaksi dan membentuk *foam*. *Polyurethane* digunakan di dalam kabin kulkas untuk meredam suhu dingin yang akan keluar.



Gambar 3.8. Cairan *Polyurethane*

3.4.8. DC Power Supply (Adaptor)

DC Power Supply (Adaptor) adalah sebuah rangkaian elektronika yang bekerja mengubah tegangan AC yang tinggi menjadi DC yang rendah. Adaptor bisa dikatakan sebagai pengganti baterai/aki. Dalam sistem ini fungsi adaptor sebagai pengubah arus untuk menyalakan kipas yang ada pada evaporator di dalam kabin kulkas.

Spesifikasi adaptor yang digunakan :

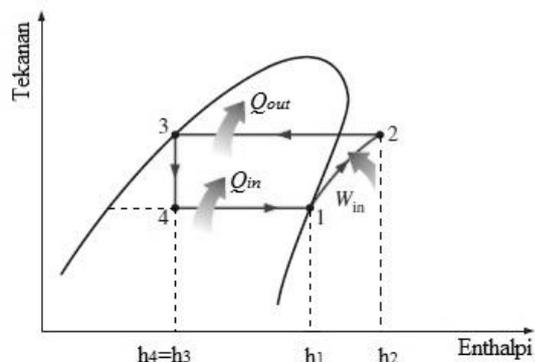
- Model : S-360-12
- AC Input : 86/240V \pm 15%
- DC Output : 12V 30A



Gambar 3.9. *DC Power Supply* (Adaptor)

3.5. Metode Pengambilan Data

3.5.1 Diagram Mollier

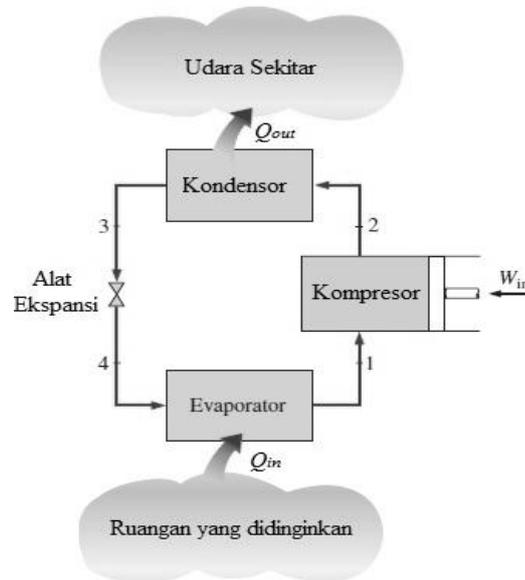


4

Gambar 2.10. Diagram Tekanan Entalpi (Mollier Diagram)

- 1-2 Kompresi adiabatik reversibel, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Pada mulanya zat pendingin (*refrigerant*) akan di kompresikan oleh kompresor sehingga tekanan dan suhunya akan meningkat.
- 2-3 Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan *refrigerant* pada kondensor merubah dari gas menjadi cair.
- 3-4 Ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Cairan *refrigerant* di turunkan berubah bentuk dari cair menjadi kabut (uap).
- 4-1 Cairan menarik panas evaporasi dari sekitarnya dan memperoleh tambahan entalpi saat cairan menguap di dalam evaporator atau penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.

Siklus gambar apabila diekspresikan dalam diagram tekanan entalpi bisa dilukiskan sebagai berikut.



3.5.2 Langkah-langkah Pengujian (Tekanan $1\frac{1}{2}$ bar *Refrigerant R-22* dan $\frac{1}{2}$ bar *Refrigerant R-32*)

- Vakum sistem pendingin untuk membersihkan kotoran dan sisa-sisa air.
- Kemudian persiapkan *refrigerant R-22* untuk awal pencampuran *refrigerant* dengan tekanan $1\frac{1}{2}$ bar *refrigerant R-22*.
- Letakan thermometer digital di dinding kabin, evaporator, pipa tekanan tinggi dan pipa tekanan rendah, kompresor.
- Letakan *clamp meter* di kabel tunggal out dor AC (boleh + atau -).
- Masukkan *refrigerant R-22* dengan tekanan $1\frac{1}{2}$ bar pada siklus diagram mollier (1-2),

- menit kemudian masukan pula refrigerant R-32 dengan tekanan $\frac{1}{2}$ bar.
- Catat semua hasil thermometer pada tabel setiap 5 menit sekali.

3.5.3. Pengambilan Data Penunjang Penelitian

Pengambilan data utama penelitian dilakukan dengan mengukur, suhu lingkungan, suhu pipa tembaga yang masuk dan keluar. dan suhu yang keluar dari evaporator. Pengambilan data menggunakan thermometer digital yang di pasang pada dinding kabin, evaporator, dan kompresor, pipa tembaga yang masuk dan keluar, serta clamp meter untuk mengetahui amper. Hasil pengambilan data dicatat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2. Data Refrigeran Campuran R-22 dan R-32.

Pengambilan data per- 5 menit	Pipa Tekanan Tinggi		Pipa Tekanan Rendah		Suhu Evaporator (°C)	Suhu Kabin (°C)	Suhu Kompresor (°C)
	Suhu (°C)	Tekanan (Bar)	Suhu (°C)	Tekanan (Bar)			
5							
10							
15							

Pengambilan data dilakukan dalam 5 menit sekali selama pengujian berlangsung, kemudian data dimasukkan kedalam tabel 3.2. Satu kali pengujian dilakukan kurang lebih selama 300 menit.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1. Hasil Pengujian *Blast Freezer*

Pada pengujian alat ini, *box freezer* yang sudah di modifikasi menjadi *blast freezer* dimasukan air dalam plastik. Air dalam plastik tersebut di masukkan ke dalam kulkas yang akan dijadikan sebagai beban pendinginan pada *blast freezer*. Dan *refrigerant* yang digunakan adalah *refrigerant* campuran R-22 dan R-32 dengan tiga tekanan *refrigerant* yang berbeda yaitu :

- a. Dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan 1 bar dan R-32 tekanan $\frac{1}{2}$ bar.
- b. Dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan $1\frac{1}{2}$ bar dan R-32 tekanan $\frac{1}{2}$ bar.
- c. Dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan 1 bar dan R-32 tekanan 1 bar.

Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur suhu keluar dari kompresor, kondensor, evaporator, serta menghitung tekanan pada pipa bertekanan tinggi dan pipa bertekanan rendah. Pengukuran suhu ($^{\circ}\text{C}$) dilakukan dengan termometer digital dan termometer *gun*. Dan termometer diletakan pada kompresor, kondensor, evaporator dan dryer. Pengukuran tekanan (bar) dilakukan dengan *analog pressure gauge*. *Analog pressure gauge* diletakan pada pipa bertekanan tinggi dan pipa bertekanan rendah. Berikut ini adalah hasil pengujian yang diambil pada tiga tekanan berbeda:

Tabel 4.1. Hasil Akhir Pengujian *Blast Freezer* Menggunakan tiga parameter tekanan yang berbeda

Tekanan	Nilai Rata-rata				Temperatur Akhir		Temperatur Kompresor Tertinggi (°C)
	Temperatur Pipa Tekanan Tinggi (°C)	Pada Pipa Tekanan Tinggi (bar)	Temperatur Pipa Tekanan Rendah (°C)	Pada Pipa Tekanan Rendah (bar)	Evaporator (°C)	Kabin (°C)	
A	30,06	10,8	1,69	1,095	-26,5	-20,2	144
B	5,5	9,34	-3,82	1,67	-28,3	-21,5	71
C	33,84	12,24	-2,17	1,092	-26,7	-18,9	127

*Untuk Hasil Pengujian secara detail dapat dilihat pada lampiran

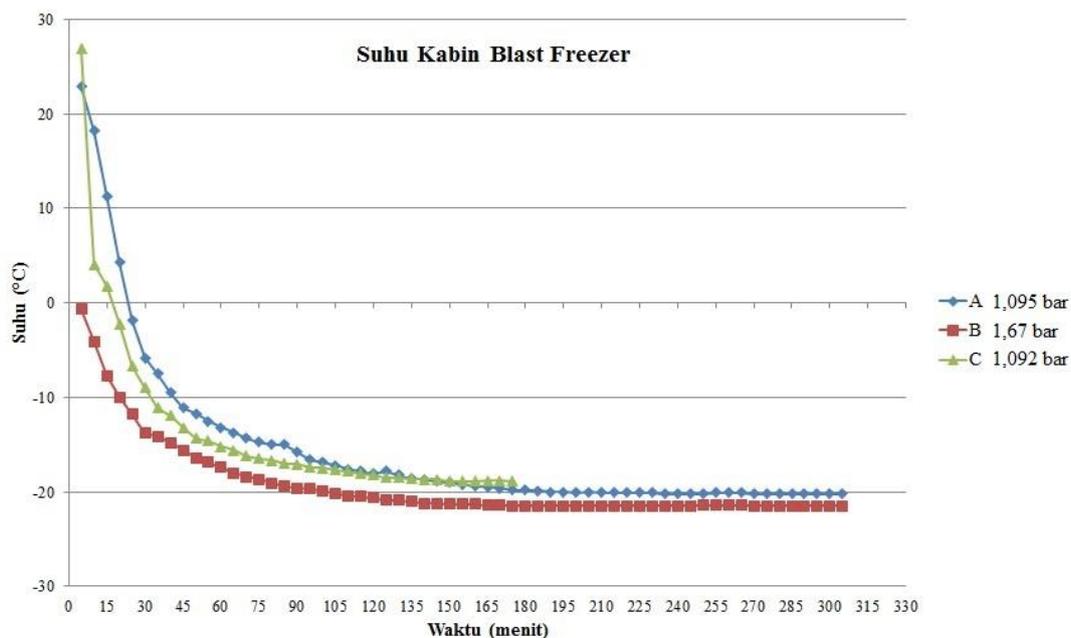
Pada tabel 4.1 di atas menggunakan variasi tekanan dengan parameter A adalah 1 bar pada *refrigerant* R-22, ½ bar pada *refrigerant* R-32 sehingga mendapatkan nilai rata-rata temperatur pipa tekanan tinggi 30,06°C , rata-rata tekanan pada pipa tekanan tinggi 10,8 bar, nilai rata-rata temperatur pipa tekanan rendah 1,69°C dan nilai rata-rata pada pipa tekanan rendah 1,095 bar, sehingga didapatkan hasil temperatur akhir pada evaporator -26,5°C, temperatur akhir pada kabin -20,2°C dan temperatur tertinggi pada kompresor 144°C, proses pengujian ini dilakukan selama 300 menit.

Tekanan yang digunakan pada parameter B adalah 1½ bar pada *refrigerant* R-22, ½ bar pada *refrigerant* R-32 sehingga mendapatkan nilai rata-rata temperatur pipa tekanan tinggi 5,5°C , rata-rata tekanan pada pipa tekanan tinggi 9,34 bar, nilai rata-rata temperatur pipa tekanan rendah -3,82°C dan nilai rata-rata pada pipa tekanan rendah 1,67 bar, sehingga didapatkan hasil temperatur akhir pada evaporator -28,3°C, temperatur akhir

pada kabin $-21,5^{\circ}\text{C}$ dan temperatur tertinggi pada kompresor 71°C , proses pengujian ini dilakukan selama 300 menit.

Tekanan yang digunakan pada parameter C adalah 1 bar pada *refrigerant* R-22, 1 bar pada *refrigerant* R-32 sehingga mendapatkan nilai rata-rata temperatur pipa tekanan tinggi $33,84^{\circ}\text{C}$, rata-rata tekanan pada pipa tekanan tinggi 12,24 bar, nilai rata-rata temperatur pipa tekanan rendah $-2,17^{\circ}\text{C}$ dan nilai rata-rata pada pipa tekanan rendah 1,092 bar, sehingga didapatkan hasil temperatur akhir pada evaporator $-26,7^{\circ}\text{C}$, temperatur akhir pada kabin $-18,9^{\circ}\text{C}$ dan temperatur tertinggi pada kompresor 127°C , proses pengujian ini dilakukan selama 180 menit dikarenakan kompresor mengalami overheat dan tidak memungkinkan untuk melanjutkan pengujian.

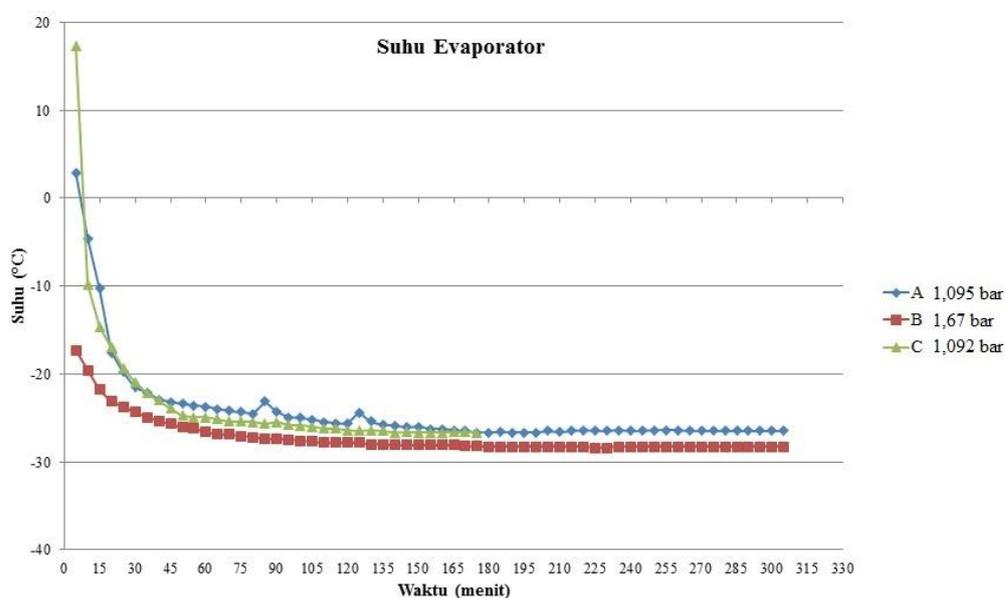
Pencapaian nilai temperatur dari tiga parameter tekanan berbeda dapat dilihat pada gambar – gambar dibawah ini:



Gambar 4.1. Grafik suhu kabin *blast freezer* dengan tiga tekanan yang berbeda.

Dapat di lihat pada gambar 4.1 grafik suhu kabin *blast freezer* dengan tiga tekanan yang berbeda yaitu, tekanan (a) 1,095 bar, tekanan (b) 1,67 bar, dan (c) 1,092 bar . Penurunan suhu yang pada menit awal masing - masing tekanan menunjukkan penurunan suhu yang cukup baik dari tiga tekanan yang berbeda tersebut, pada 25 menit awal setelah penyalaan di dapat suhu terendah dari kabin dengan tiga tekanan yang berbeda yaitu tekanan (a) di dapat -1,9, tekanan (b) di dapat -11,8°C, tekanan (c) di dapat -6,7°C. Tetapi pada 120 menit sampai akhir pengujian suhu mulai stabil, pada tekanan (a) di dapatkan suhu terendah -20,2°C, pada tekanan (b) di dapatkan suhu terendah

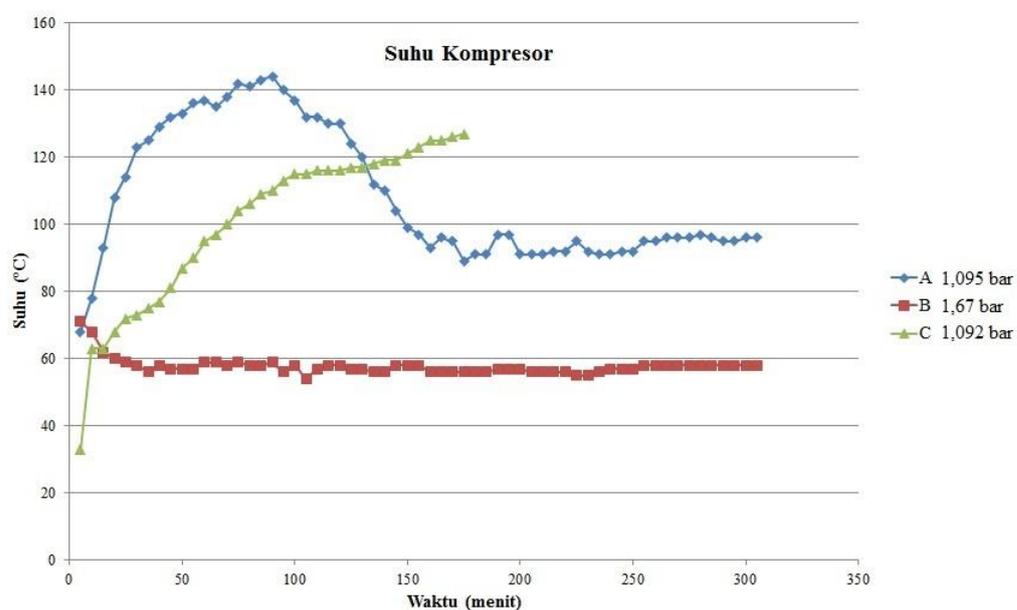
-21,5°C, dan (c) di dapatkan suhu terendah -18,9°C. Yang dapat mempengaruhi suhu pada kabin tidak maksimal adanya ketidakrapatan atau celah yang di akibatkan oleh lubang dari pipa tembaga in out dan pemasangan cover evaporator mobil di dalam kabin. Dari tiga tekanan yang berbeda, tekanan (b) yang di dapatkan suhu terendah dengan tekanan 1½ bar *refrigerant* R-22 tekanan ½ bar *refrigerant* R-32.



Gambar 4.2. Grafik suhu evaporator dengan tiga tekanan yang berbeda

Dapat di lihat pada gambar 4.2 grafik suhu evaporator dengan tiga tekanan yang berbeda yaitu, tekanan (a) 1,095 bar, tekanan (b) 1,67 bar, dan (c) 1,092 bar. Penurunan suhu yang pada menit awal masing - masing tekanan menunjukkan penurunan suhu yang cukup baik dari tiga tekanan yang berbeda tersebut, pada 25 menit awal setelah penyaaalan yang bermula di dapat suhu terendah dari tiga tekanan yang berbeda dengan tekanan (a) di dapat -19,8°C, tetapi di 75 menit berlangsungnya pengujian mengalami kenaikan suhu. Di 90 menit suhu evaporator kembali turun, lalu kembali suhu mengalami kenaikan

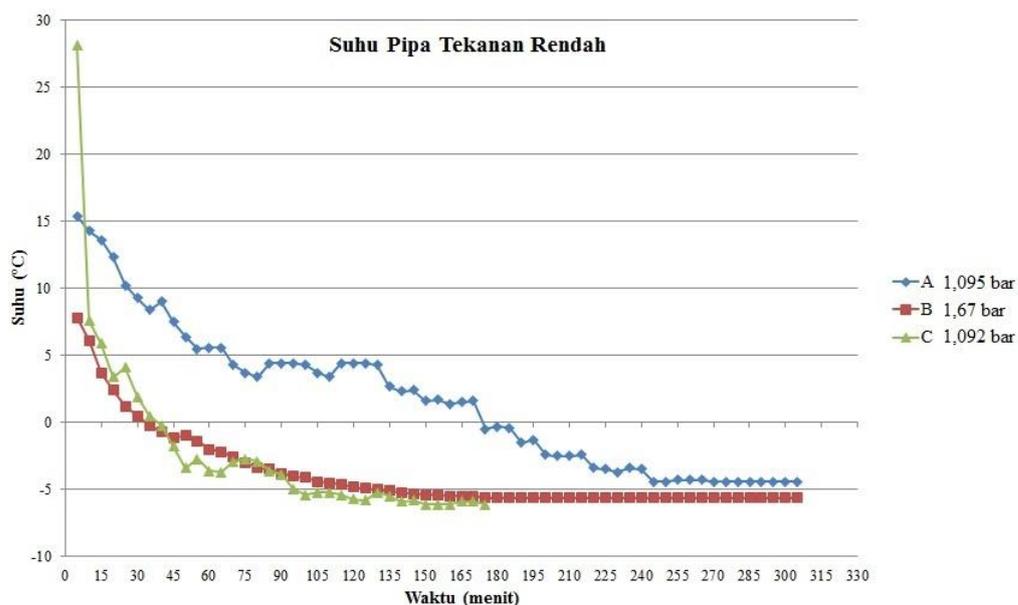
di 130 menit dan suhu kembali turun hingga akhir pengujian yang di dapat -26,5°C. Tekanan (b) di dapat -23,7°C pada 25 menit saat penyalaan sampai dengan akhir pengujian mengalami penurunan suhu yang sangat baik hingga akhir pengujian yang di dapat -28,3°C. Dan tekanan (c) di dapat -19,4°C pada 25 menit pertama saat penyalaan, ada beberapa kenaikan suhu pada saat pengujian di 60 menit dan di 125 menit dan suhu kembali turun selama akhir pengujian yang di dapat -26,7°C. Suhu pada evaporator dipengaruhi oleh pelepasan kalor yang baik pada kompresor, serta penyerapan kalor yang baik pada evaporator. Dari tiga tekanan yang berbeda, tekanan (b) yang di didapatkan suhu terendah dengan tekanan 1½ bar *refrigerant* R-22 dan tekanan ½ bar *refrigerant* R-32.



Gambar 4.3. Grafik suhu kompresor dengan tiga tekanan yang berbeda.

Dapat di lihat pada gambar 4.3 grafik suhu kompresor dengan tiga tekanan yang berbeda yaitu, tekanan (a) 1,095 bar, tekanan (b) 1,67 bar, dan (c)

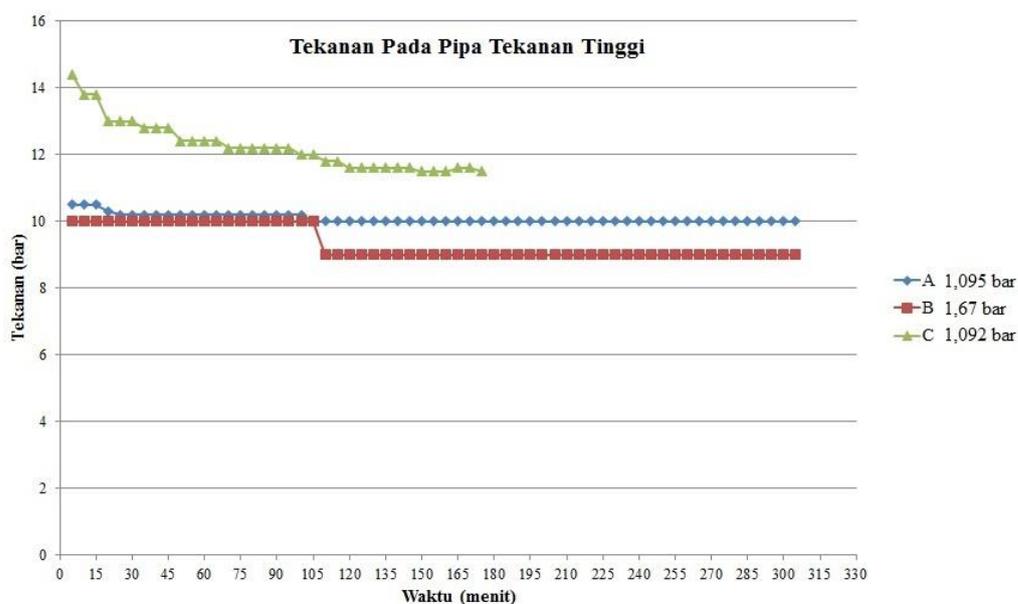
1,092 bar. Pada 25 menit awal setelah penyalaan suhu pada kompresor dari ketiga tekanan tersebut relatif lebih meningkat pada tekanan (a) 1905 bar kenaikan suhu di 100 menit lebih tinggi dibandingkan dengan kedua tekanan lainnya, selanjutnya untuk tekanan (b) 1,67 bar lebih rendah dari kedua tekanan yang lain dan suhu naik - turun pada titik tertentu, pada tekanan (c) 1.092 bar mengalami kenaikan suhu terus secara perlahan dari awal pengujian hingga pengujian usai. Suhu kompresor dipengaruhi oleh seberapa besar kerja yang dilakukan oleh mesin pendingin *blast freezer* tersebut.



Gambar 4.4. Grafik suhu pipa tekanan rendah dari tiga tekanan yang berbeda.

Sensor suhu diletakkan pada pipa masuk kompresor yang keluar dari evaporator dapat di lihat gambar 4.4 grafik pipa tekanan rendah dari tiga tekanan yang berbeda yaitu, tekanan (a) 1,095 bar, tekanan (b) 1,67 bar, dan (c) 1,092 bar. Pada di 25 menit awal setelah penyalaan dari masing - masing pada pipa tekanan rendah turun secara signifikan terhadap ketiga tekanan. Setelah pengujian berlangsung dapat di lihat dari masing - masing tekanan, tekanan (a)

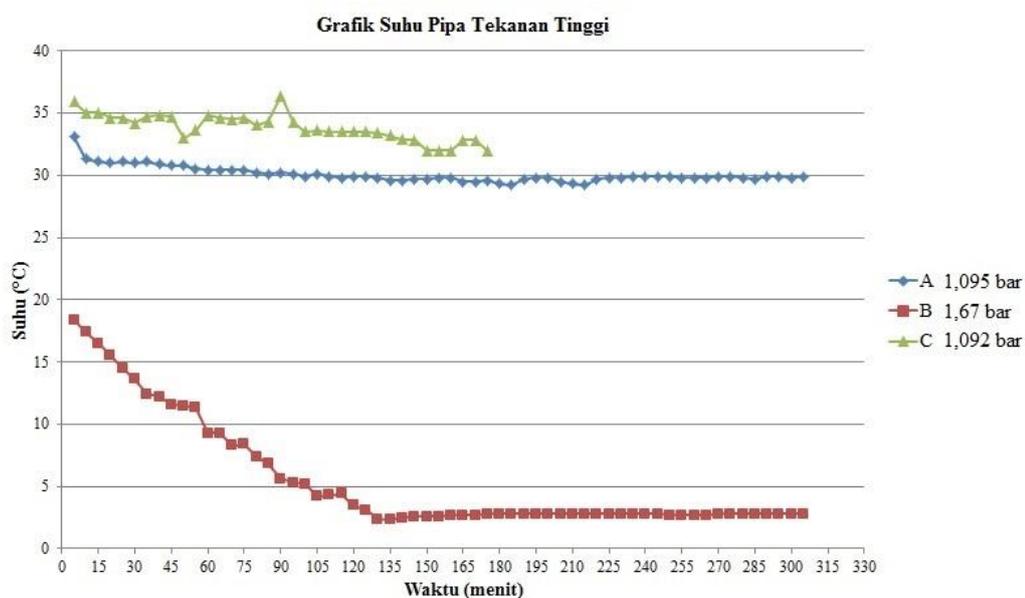
1,095 bar mengalami naik - turun suhu pada titik tertentu lalu suhu terus turun dalam pipa di 250 menit sampai dengan akhir pengujian. Pada tekanan (b) 1,67 bar dapat di lihat dari awal pengujian berlangsung terjadi penurunan yang cukup baik sampai akhir pengujian, ada beberapa kenaikan suhu di titik tertentu lalu tekanan (c) 1,092 dari awal penyalaan mengalami penurunan yang cukup baik samapai di 25 menit awal mengalami kenaikan suhu naik - turun kembali di titik tertentu kemudian turun dan stabil. Jika tekanan stabil hingga akhir, maka dapat dinyatakan bahwa tekanan tersebut adalah tekanan yang dipakai untuk nilai pengujian.



Gambar 4.5. Grafik tekanan pada pipa tekanan tinggi dengan tiga tekanan yang berbeda.

Sensor suhu di letakan pada pipa keluar laju aliran *refrigerant* dari kompresor, pipa laju aliran keluar *refrigerant* dari kompresor diletakan *pressure analog gauge* untuk mendapatkan hasil uji seperti pada gambar 4.5. Grafik tekanan pada pipa tekanan tinggi dengan tiga tekanan yang berbeda

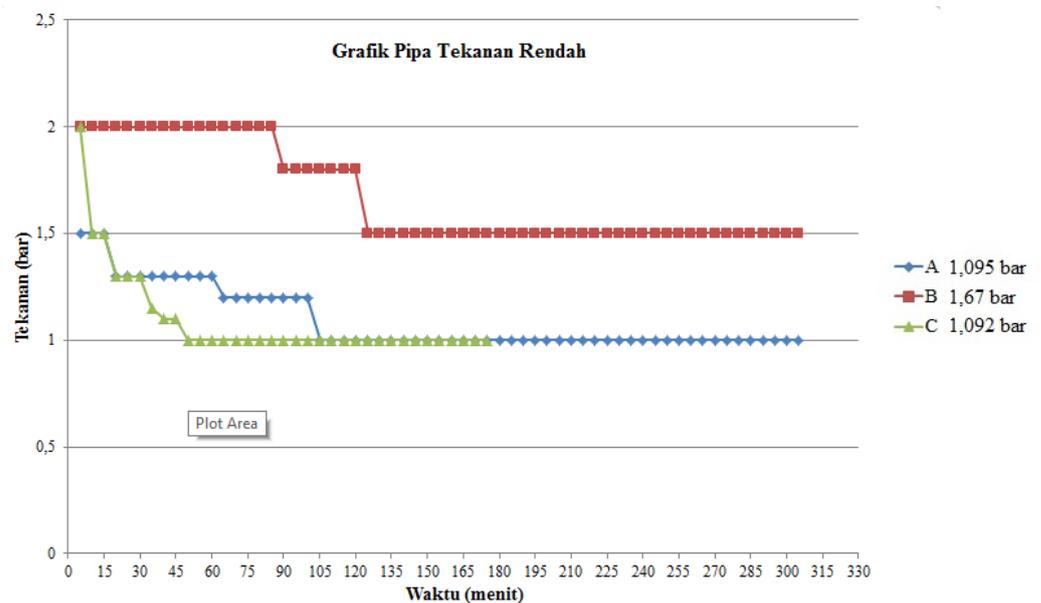
dapat dilihat tekanan pipa tekanan tinggi pada 25 menit pertama saat penyalaan hingga ke 105 menit kulkas *blast freezer* mengalami penurunan suhu yang cukup signifikan pada tekanan (a) 1,095 bar, tekanan (b) 1,67 bar suhu mengalami penurunan di 120 menit lalu stabil sampai akhir pengujian, dan tekanan (c) 1,092 bar mengalami naik-turun sampai akhir pengujian. Terus terjadi penurunan yang cukup signifikan, hingga berakhirnya pengujian dan terjadi tekanan yang konstan pada jenjang waktu tertentu. Tekanan yang terjadi ini dipengaruhi oleh temperatur suhu kompresor.



Gambar 4.6. Grafik suhu pipa tekanan tinggi pada tiga tekanan yang berbeda.

Sensor suhu di letakan pada pipa keluar laju aliran *refrigerant* dari kompresor, pipa laju aliran keluar *refrigerant* dari kompresor diletakan *pressure analog gauge* untuk mendapatkan hasil uji seperti pada gambar 4.6. Grafik suhu pipa tekanan tinggi pada tiga tekanan yang berbeda yaitu tekanan (a) 1,095 bar dapat di lihat pada grafik di atas saat pengujian berlangsung pada

180 menit terjadi penurunan dan kenaikan suhu kemudian konstan kembali di 225 menit sampai dengan pengujian berakhir. Sedangkan tekanan (b) 1,67 bar penurunan suhu yang cukup rendah dari kedua tekanan yang lain di sebabkan faktor lingkungan dan pada tekanan (c) 1,092 bar mengalami naik - turun suhu pada titik tertentu, lalu terjadi penurunan tekanan dari mulai awal mesin dihidupkan hingga berakhirnya pengujian.



Gambar 4.7. Grafik tekanan pada pipa tekanan rendah dengan tiga tekanan yang berbeda.

Sensor suhu diletakkan pada pipa masuk kompresor yang keluar dari evaporator. Pada gambar 4.7. Temperatur suhu pada 25 menit awal setelah penyalaan suhu pada pipa tekanan rendah turun secara signifikan terhadap ketiga tekanan antara lain :

- Dengan *refrigerant* campuran R-22 1 bar dan R-32 ½ bar.
- Dengan *refrigerant* campuran R-22 1½ bar dan R-32 ½ bar.
- Dengan *refrigerant* campuran R-22 1 bar dan R-32 1 bar.

Dapat di lihat pada tekanan (a) dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan 1 bar dan R-32 $\frac{1}{2}$ bar setelah 90 awal penyalaan sampai dengan akhir pengujian mengalami penurunan yang signifikan, dan (b) dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan $1\frac{1}{2}$ bar dan R-32 tekanan $\frac{1}{2}$ bar penyalaan selama 25 menit (dari mesin mati) laju temperatur mengalami penurunan suhu yang cukup baik hingga akhir proses pengujian. Sedangkan pada tekanan (c) dengan *refrigerant* campuran R-22 tekanan 1 bar dan R-32 tekanan 1 bar terjadi laju penurunan suhu yang signifikan, Jika tekanan stabil hingga akhir, maka dapat dinyatakan bahwa tekanan tersebut adalah tekanan yang dipakai untuk nilai pengujian.

4.2. Daya Kerja Kompresor

Untuk mencari perhitungan kerja kompresor maka dibutuhkan data-data yang menunjang penelitian. Berikut merupakan gambar spesifikasi AC national $\frac{1}{2}$ PK :



Gambar 4.8. Spesifikasi AC National $\frac{1}{2}$ PK

Data yang diketahui dari AC:

V = Voltase AC sebesar 220 V

P = Daya (Watt)

I = Kuat Arus (Amper)

- Daya kompresor pada tekanan 1,095 bar

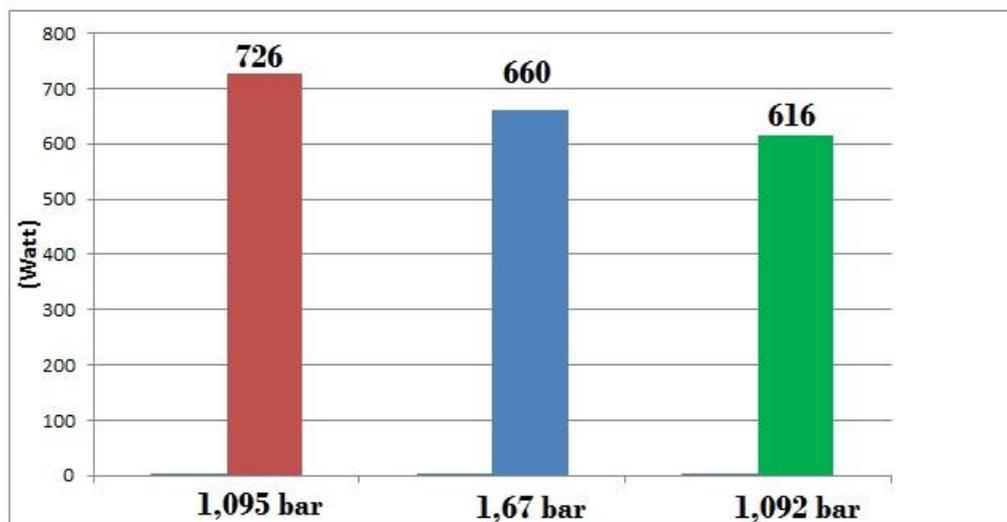
$$P_1 = V.I = 220 \text{ volt} \times 3,3 \text{ Ampere} = 726 \text{ watt}$$

- Daya kompresor pada tekanan 1,67 bar

$$P_2 = V.I = 220 \text{ volt} \times 3,0 \text{ Ampere} = 660 \text{ watt}$$

- Daya kompresor pada tekanan 1,092 bar

$$P_3 = V.I = 220 \text{ volt} \times 2,8 \text{ Ampere} = 616 \text{ watt}$$



Gambar 4.9. Diagram perbandingan daya kompresor pada 3 tekanan yang berbeda

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang didapatkan selama pengujian, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Hasil pengujian pada alat pendingin *blast freezer* dengan penggunaan refrigerant *refrigerant* R-22 dan *refrigerant* R-32 adalah sebagai berikut :
 - a. Pada campuran *refrigerant* R-22 dengan tekanan 1 bar dan *refrigerant* R-32 dengan tekanan $\frac{1}{2}$ bar menghasilkan tekanan 1,095 bar, temperatur evaporator $-26,5^{\circ}\text{C}$ dan temperatur kabin $-20,2^{\circ}\text{C}$.
 - b. Pada campuran *refrigerant* R-22 dengan tekanan $1\frac{1}{2}$ bar dan *refrigerant* R-32 dengan tekanan $\frac{1}{2}$ bar menghasilkan tekanan 1,67 bar, temperatur evaporator $-28,3^{\circ}\text{C}$ dan temperatur kabin $-21,5^{\circ}\text{C}$.
 - c. Pada campuran *refrigerant* R-22 dengan tekanan 1 bar dan *refrigerant* R-32 dengan tekanan 1 bar menghasilkan tekanan 1,092 bar, temperatur evaporator $-26,7^{\circ}\text{C}$ dan temperatur kabin $-18,9^{\circ}\text{C}$.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang di lakukan pada alat uji *blast freezer* dengan *refrigerant* campuran R-22 dengan tekanan $1\frac{1}{2}$ bar dan *refrigerant* R-32 dengan tekanan $\frac{1}{2}$ bar yakni suhu paling rendah yang di dapat mencapai $-28,3^{\circ}\text{C}$ pada evaporator dan $-21,5^{\circ}\text{C}$ pada ruang kabin pada tekanan *refrigerant* 1,67 bar.
3. Beberapa faktor yang mempengaruhi tidak tercapainya temperatur yang diinginkan pada hasil pengujian yaitu, penambalan pada lubang pipa

tekanan tinggi dan rendah yang menembus dinding kabin, kabel kipas evaporator yang masuk ke kabin, dan pengisolasian pada pipa tekanan tinggi dan rendah yang kurang baik sehingga menyebabkan temperatur di harapkan tidak tercapai namun hasil penelitian ini sudah membuktikan pencapaian temperatur pendingin yang baik untuk digunakan dalam industri skala rumah tangga.

5.2. Saran

Dari serangkaian proses pengujian, ditemukan beberapa hambatan. Adapun saran yang diajukan penulis kepada penelitian eksperimen kabin blast freezer, sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan suhu yang lebih rendah lagi di perlukan spesifikasi kompresor yang lebih besar dan sesuai dengan refrigerant dari kompresor yang digunakan saat pengujian.
2. Untuk pembuatan rangka atau tempat kabin dan out door AC sebaiknya jarak tidak berdekatan, sehingga panas yang keluar dari kondensor AC tidak langsung mengenai dinding kabin blast freezer.
3. Dalam penutupan pada dinding kabin diperlukan komposisi yang tepat dalam mencampurkan bahan *polyurethan* A dan *polyurthan* B. Agar *foam* yang dihasilkan baik dan bagus, sehingga lubang pada dinding kabin tertutup rapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah, Rabiatul. (2011). *Pengolahan dan Pengawetan Ikan*, Ed.1, Cet. 4. Jakarta: Bumi Aksara.
- Rohmat, Tri Agung. (2000). *Buku Ajar Termodinamika lanjut*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Roy J. Dossat, (1997). *Principles of refrigeration*, Ed. 4, United States of America.
- Syaka, Darwin Rio, dkk. (2008). *Termodinamika*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta
- Wilis, Rengani Galuh. *Penggunaan Refrigeran R-22 dan R-32 Pada Mesin Pendingin*. Tersedia di :
https://www.academia.edu/6854118/Penggunaan_Refrigeran_R22_dan_R32_pada_Mesin_Pendingin
<http://teknikelektronika.com/pengertian-daya-listrik-rumus-cara-menghitung/>
diakses 01 Mei 2016.
<http://www.prosesindustri.com/2015/01/evaporator-dan-prinsip-kerjanya.html>,
di akses 01 Mei 2016.

Lampiran 1. Tabel Hasil Pengujian

Tabel Hasil Pengujian *Blast Freezer* Menggunakan *Refrigerant* Campuran R22 dan R32

Pembilang data per-5 menit	Pipa Tekanan Tinggi						Pipa Tekanan Rendah						Suhu Evaporator (°C)			Suhu Kabin (°C)			Suhu Kompresor (°C)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	P (Bar)	P (Bar)	P (Bar)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	P (Bar)	P (Bar)	P (Bar)									
5	33,1	18,4	35,9	10,5	10	14,4	15,4	7,8	28,1	1,5	2	2	2,9	-17,3	17,4	22,9	-0,7	26,9	68	71	33
10	31,3	17,4	35,0	10,5	10	13,8	14,3	6,1	7,6	1,5	2	1,5	-4,6	-19,6	-9,8	18,2	-4,1	4,1	78	68	63
15	31,1	16,5	35,0	10,5	10	13,8	13,6	3,7	5,9	1,5	2	1,5	-10,3	-21,8	-14,6	11,3	-7,7	1,8	93	62	63
20	31,0	15,5	34,6	10,3	10	13	12,3	2,4	3,4	1,3	2	1,3	-17,6	-23,1	-17,0	4,3	-10,0	-2,2	108	60	68
25	31,1	14,5	34,6	10,2	10	13	10,2	1,2	4,1	1,3	2	1,3	-19,8	-23,7	-19,4	-1,9	-11,8	-6,7	114	59	72
30	31,0	13,6	34,2	10,2	10	13	9,3	0,5	1,9	1,3	2	1,3	-21,5	-24,3	-20,9	-5,8	-13,8	-9,0	123	58	73
35	31,1	12,4	34,7	10,2	10	12,8	8,4	-0,2	0,5	1,3	2	1,15	-22,1	-24,9	-22,2	-7,5	-14,1	-11,1	125	56	75
40	30,9	12,2	34,8	10,2	10	12,8	9,0	-0,7	-0,2	1,3	2	1,1	-22,9	-25,3	-23,0	-9,5	-14,8	-11,9	129	58	77
45	30,8	11,6	34,7	10,2	10	12,8	7,5	-1,1	-1,8	1,3	2	1,1	-23,2	-25,7	-23,9	-11,1	-15,6	-13,2	132	57	81
50	30,8	11,5	33,0	10,2	10	12,4	6,4	-1,0	-3,4	1,3	2	1	-23,4	-26,1	-24,7	-11,7	-16,4	-14,3	133	57	87
55	30,5	11,3	33,6	10,2	10	12,4	5,5	-1,4	-2,7	1,3	2	1	-23,6	-26,2	-24,9	-12,5	-16,9	-14,6	136	57	90
60	30,4	9,3	34,8	10,2	10	12,4	5,6	-2,0	-3,6	1,3	2	1	-23,7	-26,6	-24,9	-13,2	-17,4	-15,2	137	59	95
65	30,4	9,3	34,6	10,2	10	12,4	5,6	-2,2	-3,7	1,2	2	1	-24,0	-26,9	-25,1	-13,7	-18,0	-15,6	135	59	97
70	30,4	8,3	34,5	10,2	10	12,2	4,3	-2,6	-2,9	1,2	2	1	-24,2	-26,9	-25,4	-14,3	-18,4	-16,2	138	58	100
75	30,4	8,4	34,6	10,2	10	12,2	3,7	-3,0	-2,7	1,2	2	1	-24,3	-27,1	-25,4	-14,7	-18,7	-16,5	142	59	104
80	30,2	7,4	34,0	10,2	10	12,2	3,4	-3,4	-2,9	1,2	2	1	-24,5	-27,2	-25,5	-15,0	-19,1	-16,7	141	58	106
85	30,1	6,8	34,3	10,2	10	12,2	4,4	-3,5	-3,6	1,2	2	1	-23,1	-27,4	-25,7	-15,0	-19,4	-17,0	143	58	109
90	30,2	5,6	36,4	10,2	10	12,2	4,4	-3,8	-3,9	1,2	1,8	1	-24,3	-27,4	-25,5	-15,8	-19,6	-17,1	144	59	110
95	30,1	5,3	34,3	10,2	10	12,2	4,4	-4,0	-5,0	1,2	1,8	1	-24,9	-27,5	-25,8	-16,6	-19,7	-17,4	140	56	113
100	29,9	5,2	33,5	10,2	10	12,0	4,3	-4,1	-5,4	1,2	1,8	1	-25,0	-27,6	-25,9	-16,9	-19,9	-17,5	137	58	115
105	30,1	4,2	33,6	10	10	12,0	3,7	-4,4	-5,2	1,0	1,8	1	-25,2	-27,7	-26,0	-17,2	-20,2	-17,7	132	54	115
110	29,9	4,3	33,5	10	9	11,8	3,4	-4,5	-5,2	1,0	1,8	1	-25,5	-27,8	-26,2	-17,6	-20,4	-17,8	132	57	116
115	29,8	4,4	33,5	10	9	11,8	4,4	-4,6	-5,4	1,0	1,8	1	-25,6	-27,8	-26,2	-17,8	-20,5	-18,1	130	58	116
120	29,9	3,5	33,5	10	9	11,6	4,4	-4,8	-5,7	1,0	1,8	1	-25,7	-27,8	-26,4	-18,1	-20,6	-18,2	130	58	116
125	29,9	3,1	33,5	10	9	11,6	4,4	-4,9	-5,8	1,0	1,5	1	-24,4	-27,8	-26,5	-17,8	-20,9	-18,5	124	57	117
130	29,8	2,4	33,4	10	9	11,6	4,3	-5,0	-5,2	1,0	1,5	1	-25,4	-28,0	-26,4	-18,2	-20,9	-18,5	120	57	117
135	29,6	2,3	33,2	10	9	11,6	2,7	-5,1	-5,5	1,0	1,5	1	-25,8	-28,0	-26,5	-18,6	-21,0	-18,6	112	56	118

Pengambilan data per-5 menit	Pipa Tekanan Tinggi						Pipa Tekanan Rendah						Suhu Evaporator (°C)			Suhu Kabin (°C)			Suhu Kompresor (°C)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	P	P	P	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	P	P	P									
				(Bar)	(Bar)	(Bar)				(Bar)	(Bar)	(Bar)									
140	29,6	2,5	32,9	10	9	11,6	2,3	-5,2	-5,9	1,0	1,5	1	-25,9	-28,1	-26,7	-18,7	-21,2	-18,7	110	56	119
145	29,7	2,6	32,8	10	9	11,6	2,4	-5,3	-5,8	1,0	1,5	1	-26,1	-28,1	-26,6	-18,9	-21,2	-18,7	104	58	119
150	29,7	2,6	32,0	10	9	11,5	1,6	-5,4	-6,1	1,0	1,5	1	-26,0	-28,1	-26,7	-19,0	-21,3	-18,9	99	58	121
155	29,8	2,6	32,0	10	9	11,5	1,7	-5,4	-6,1	1,0	1,5	1	-26,3	-28,1	-26,7	-19,2	-21,3	-18,9	97	58	123
160	29,8	2,7	32,0	10	9	11,5	1,4	-5,5	-6,1	1,0	1,5	1	-26,3	-28,1	-26,7	-19,4	-21,3	-18,9	93	56	125
165	29,5	2,7	32,8	10	9	11,6	1,5	-5,5	-5,9	1,0	1,5	1	-26,4	-28,1	-26,6	-19,5	-21,4	-18,8	96	56	125
170	29,5	2,7	32,8	10	9	11,6	1,6	-5,5	-5,9	1,0	1,5	1	-26,5	-28,2	-26,6	-19,6	-21,4	-18,8	95	56	126
175	29,6	2,8	32,0	10	9	11,5	-0,5	-5,6	-6,1	1,0	1,5	1	-26,7	-28,2	-26,7	-19,8	-21,5	-18,9	89	56	127
180	29,3	2,8		10	9		-0,3	-5,6		1,0	1,5		-26,7	-28,3		-19,8	-21,5		91	56	
185	29,2	2,8		10	9		-0,4	-5,6		1,0	1,5		-26,6	-28,3		-19,9	-21,5		91	56	
190	29,7	2,8		10	9		-1,5	-5,6		1,0	1,5		-26,7	-28,3		-20,0	-21,5		97	57	
195	29,8	2,8		10	9		-1,3	-5,6		1,0	1,5		-26,7	-28,3		-20,0	-21,5		97	57	
200	29,8	2,8		10	9		-2,4	-5,6		1,0	1,5		-26,7	-28,3		-20,1	-21,5		91	57	
205	29,5	2,8		10	9		-2,5	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,0	-21,5		91	56	
210	29,3	2,8		10	9		-2,5	-5,6		1,0	1,5		-26,6	-28,3		-20,1	-21,5		91	56	
215	29,2	2,8		10	9		-2,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,1	-21,5		92	56	
220	29,7	2,8		10	9		-3,4	-5,6		1,0	1,5		-26,4	-28,3		-20,1	-21,5		92	56	
225	29,8	2,8		10	9		-3,5	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,4		-20,1	-21,5		95	55	
230	29,8	2,8		10	9		-3,7	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,4		-20,1	-21,5		92	55	
235	29,9	2,8		10	9		-3,4	-5,6		1,0	1,5		-26,4	-28,3		-20,2	-21,5		91	56	
240	29,9	2,8		10	9		-3,5	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		91	57	
245	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		92	57	
250	29,9	2,7		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,4	-28,3		-20,2	-21,4		92	57	
255	29,8	2,7		10	9		-4,3	-5,6		1,0	1,5		-26,4	-28,3		-20,1	-21,4		95	58	
260	29,8	2,7		10	9		-4,3	-5,6		1,0	1,5		-26,4	-28,3		-20,1	-21,4		95	58	
265	29,8	2,7		10	9		-4,3	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,1	-21,4		96	58	
270	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		96	58	

275	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		96	58	
280	29,8	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		97	58	
285	29,7	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		96	58	
290	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		95	58	
295	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		95	58	
300	29,8	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		96	58	
305	29,9	2,8		10	9		-4,4	-5,6		1,0	1,5		-26,5	-28,3		-20,2	-21,5		96	58	
Rata-rata			33,8 4	10,0 8	9,34	12,2 4	1,69	- 3,82	- 2,17	1,09 5	1,67	1,09 2									

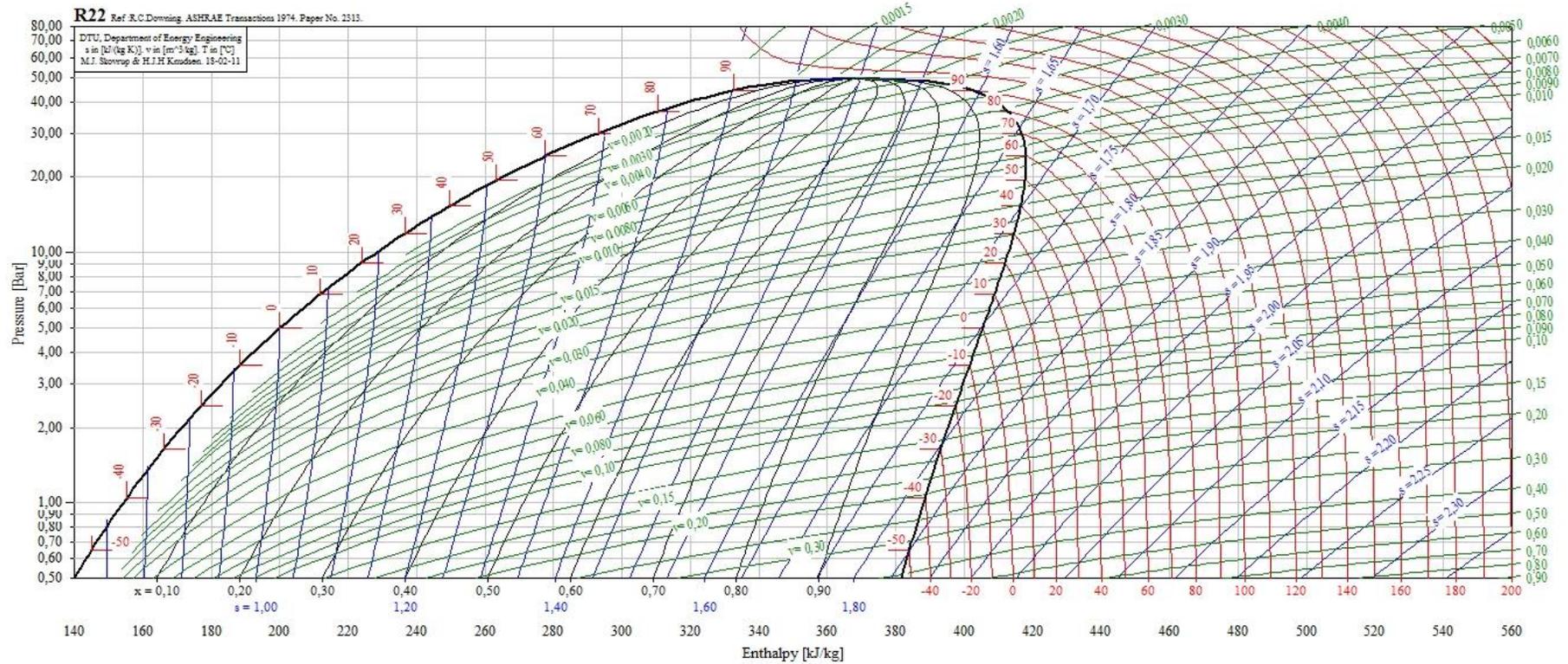
Keterangan :

A = R22 1 bar R32 setengah bar

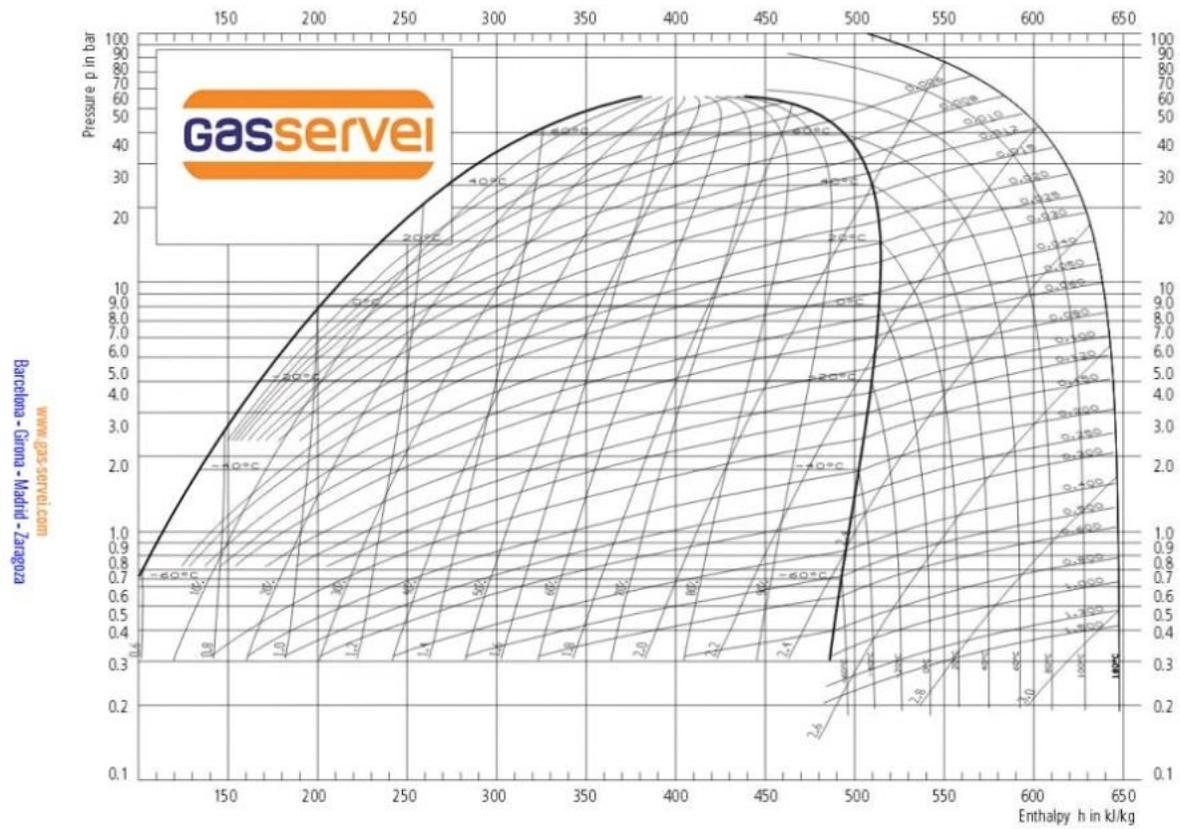
B = R22 1 setengah bar R32 setengah bar

C = R22 1 bar R32 1

Lampiran 2. Diagram Mollier (Diagram p-h) R22



Lampiran 2. Diagram Mollier (Diagram p-h) R32



Mollier Diagram

TECHNICAL
DATA SHEET
R-32



RIWAYAT HIDUP



Gifari Mihsan Fadhil, lahir di Jakarta pada tanggal 15 Juni 1993 merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis lahir dari pasangan suami istri Bapak Hery dan Ibu Sri. Penulis sekarang bertempat tinggal di komplek PU Sapta Taruna 3, Bekasi RT.05 RW.034 No.209, Jawa Barat.

Pendidikan dimulai dari Sekolah Dasar Negeri Bojong Rawa Lumbu IX pada tahun 2006, lalu melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMP PGRI Rawa Lumbu Bekasi lulus pada tahun 2009, dan kemudian melanjutkan pendidikan di SMK Bina Karya Mandiri 2 Bekasi lulus pada tahun 2011, kemudian melanjutkan jenjang pendidikan ke Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada tahun 2011 sampai dengan penulisan skripsi ini penulis masih terdaftar sebagai mahasiswa Program S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta (UNJ).