

29040/07



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSSP
~~623~~. 2355 65
Mra
dwi
2007

TUGAS AKHIR - LS 1336

DESAIN EVAPORATOR SISTEM PEMBUAT ES (ICE MAKER) PADA KAPAL IKAN 30 GT

M. RAMADHANI HADI S
NRP 4202 100 016

Supervisors :
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Beny Cahyono, ST, MT

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28 - 2 - 2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	227595

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2007



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LS 1336

DESIGN OF EVAPORATOR ICE MAKER SYSTEM ON 30 GT FISHING VESSEL

M. RAMADHANI HADI S
NRP 4202 100 049

Supervisors :
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Beny Cahyono, ST, MT

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty Of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2007

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN EVAPORATOR SISTEM PEMBUAT ES (ICE MAKER) PADA KAPAL IKAN 30 GT


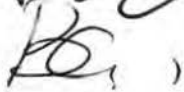
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

M. RAMADHANI HADI S
NRP 4202 100 016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc..... ()
2. Benny Cahyono ST, MT..... ()

Surabaya
Januari, 2007

LEMBAR PENGESAHAN

**DESAIN EVAPORATOR SISTEM PEMBUAT ES
(ICE MAKER)
PADA KAPAL IKAN 30 GT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

M. RAMADHANI HADI S
NRP 4202 100 016

Mengetahui Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc.



Surabaya
Januari, 2007

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

ABSTRAK

DESAIN EVAPORATOR SISTEM PEMBUAT ES (ICE MAKER) PADA KAPAL IKAN 30 GT

Nama Mahasiswa : M. Ramadhani Hadi S
NRP : 4202 100 016
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Beny Cahyono, ST, MT

Abstrak

Efektifitas pendinginan ikan pada kapal nelayan perlu ditingkatkan. Pendingin yang selama ini dipakai oleh nelayan berupa es balok yang dibawa dari darat. Es balok tersebut dipecah hingga menjadi butiran – butiran es. Untuk proses penangkapan yang relatif lama proses tersebut tidak menguntungkan karena beban yang dibawa dari darat akan menambah konsumsi BBM pada motor penggerak kapal.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan solusi dari permasalahan diatas dengan membuat disain alternatif sistem pendingin kapal ikan yang mampu memproduksi es di kapal tanpa harus membawa dari darat yang disebut ice maker . Salah satu alternatif disain ice maker yang bisa merealisasikan hal tersebut yaitu dengan membuat disain evaporator. Evaporator ini mampu memproduksi es dalam bentuk butiran, hal ini dimungkinkan karena evaporator ini di disain dengan bentuk tabung yang dilengkapi dengan sistem pemecah es yang bekerja bersamaan dengan berputarnya evaporator. Karena bentuknya yang menyerupai drum maka evaporator ini dinamakan drum evaporator.

Kata kunci: sistem pendingin, drum evaporator, butiran es

DESIGN OF EVAPORATOR ICE MAKER SYSTEM ON 30 GT FISHING VESSEL

Name : M. Ramadhani Hadi S
NRP : 4202 100 016
Department : Marine Engineering FTK-ITS
Supervisor : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc
Beny Cahyono, ST, MT

Abstract

Refrigeration process on the fishing vessel is needed to be improved. At the moment refrigeration which used on the fishing vessel is an ice block that brought from land. The ice block broken till become the tiny ices. This process is not advantages for the longtime sailing. Because burden brought from land will add the consumption BBM for prime mover.

This research aim to get the solution from above problems by making designed the alternative of refrigeration system on the fishing vessel that capable to produce ice in ship without having to bring from land or its called ice maker. One of the alternative icemaker that capable to realize the reason made new design of evaporator. This evaporator capable to produced ice on the tiny condition. It is possible because the evaporator is designed on the tube on shape which installed the ice cutter. Both of the evaporator and ice cutting is active on the same time. Because it is for looking like drum hence this evaporator is named drum evaporator.

Key words: refrigeration system, drum evaporator, tiny ice

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in smaller text below it. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, ucapan puji syukur kami kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul **“DESAIN EVAPORATOR SISTEM PEMBUAT ES (ICE MAKER) PADA KAPAL IKAN 30 GT”** dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Kami juga menyadari tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan kepedulian orang-orang terdekat kami, oleh karena itu kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua kami tercinta serta saudara-saudaraku di rumah yang selalu memberi bantuan baik moral maupun material.
2. Bapak Ir. Surjo Widodo Adji, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK- ITS Surabaya dan dosen wali kami.
3. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan dorongan, arahan serta fasilitas terhadap penyelesaian tugas akhir ini.
4. Bapak Beny Cahyono, ST.MT selaku dosen pembimbing II atas segala saran dan bimbingannya serta dorongan semangat kepada kami.
5. Bapak Ir. Heri Priyanto selaku direktur utama PT. Marulin Maju Utama Surabaya yang telah menjadi pembimbing kami dalam pengambilan data dan telah mengizinkan kami untuk pemakaian bengkel.

6. Bapak Samsudin selaku manager teknik PT. Marulin Maju Utama Surabaya yang telah memberikan banyak pengalaman di lapangan.
7. Bapak Sakri yang telah membantu dalam pembuatan alat meskipun sedikit mahal.
8. Bapak Ir. Eddy Setyo Koenhardono, M.Sc. selaku dosen dan Ka. LabKom.
9. Rida Amanda, terima kasih banyak. Semoga kita akan dipertemukan di lain waktu.
10. Khaidir Eka P, Dadit Lia C, Agus H atas kerjasamanya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Terutama kepada Agus H meskipun belum selesai tapi kami akan selalu menjadi partner yang saling mendukung. *Keep Spirit.*
11. Deby, Adi, Mif, Zaenal, Asman, Ngainu, Oskar, Justo dan teman – teman seperjuanganku di Marineer 2002 yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu atas segala bantuan dan doanya.
12. Teman – teman di LabKom dan Lab Mesflu.
13. Teman – teman dan semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua.. Amin.

Surabaya, Januari 2007

Penulis

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in smaller text below it. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

**DAFTAR ISI,
DAFTAR GAMBAR,
DAFTAR TABEL**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Penulisan.....	2
I.4. Manfaat Penelitian.....	2
I.5. Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	2
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Umum.....	5
II.2. Sistem Pendingin.....	5
II.2.1. Kompresi Uap.....	5
II.2.2. Perlengkapan Utama Sistem Refrigerasi.....	7
II.2.3. COP (Coefficient Of Performance).....	8
II.3 Refrigeran.....	9
II.3.1. Umum.....	9
II.3.2. Kerja Bahan Pendingin (Refrigeran).....	10
II.3.3. Refrigeran Primer.....	11
II.3.4. Refrigeran Sekunder.....	12



II.4	Kondensor.....	13
II.4.1.	Umum.....	13
II.4.2.	Tipe Kondensor.....	14
II.5	Evaporator.....	17
II.5.1.	Umum.....	17
II.5.2.	Tipe Evaporator.....	19
BAB III	25
METODOLOGI PENELITIAN	25
III.1.	Umum.....	25
III.2.	Studi Literatur.....	25
III.3.	Data Perhitungan.....	25
III.4.	Desain Evaporator.....	26
III.5.	Eksperimen.....	26
III.6.	Analisa Unjuk Kerja Evaporator.....	27
III.7.	Kesimpulan dan Saran.....	27
BAB IV	31
DESAIN EVAPORATOR	31
IV.1.	Umum.....	31
IV.2.	Beban Pendingin.....	31
IV.2.1.	Beban Panas Produk.....	32
IV.2.2.	Beban Panas Infiltrasi.....	34
IV.2.3.	Beban Panas Konstruksi.....	35
IV.2.4.	Beban Pendingin Total.....	37
IV.3.	Perencanaan Evaporator.....	38
IV.3.1.	Kondisi yang direncanakan.....	39
IV.3.2.	Penentuan tahanan penguapan refrigeran dalam pipa	40
IV.3.3.	Penentuan tahanan pipa refrigeran.....	41
IV.3.4.	Penentuan tahanan fluida air garam (NaCl).....	42
IV.3.5.	Penentuan tahanan tabung yang bergerak.....	43
IV.3.6.	Penentuan tahanan dari permukaan pipa ke air.....	43
IV.3.7.	Penentuan koefisien perpindahan panas total.....	44

IV.3.8. Perhitungan beda temperatur rata – rata logaritmik (ΔT_{LMTD})	45
IV.3.9. Perhitungan panjang pipa yang dibutuhkan	45
BAB V	47
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	47
V.1. Umum	47
V.2. Pemasangan evaporator pada sistem	47
V.3. Percobaan	48
V.3.1 Pada tahapan percobaan diperlukan persiapan – persiapan	48
V.3.2. Jalannya Penelitian	48
V.4. Analisa dengan menggunakan finned evaporator	49
V.5. Analisa dengan menggunakan drum evaporator	55
BAB VI	59
KESIMPULAN DAN SARAN	59
VI.1. KESIMPULAN	59
VI. 2. SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Daur Kompresi Uap Standar	6
Gambar 2.2. Daur Kompresi Uap Standar dalam diagram Tekanan-Entalpi	7
Gambar 2.3. Coefisien Of Performance.....	8
Gambar 2.4. Titik Beku Larutan – larutan etilen	13
Gambar 2.5. Shell and Tube Condenser.....	14
Gambar 2.6. Shell and Coil Condensor	15
Gambar 2.7. Double Tube Condensor	15
Gambar 2.8. Air Cooled Condensor	16
Gambar 2.9. Evaporative Condensor.....	16
Gambar 2.10. flooded evaporator	20
Gambar 2.11. dry evaporator.....	21
Gambar 2.11. Bare tube Evaporator jenis oval trombone coil	22
Gambar 2.13. Finned Evaporator	23
Gambar 2.14. Plate surface evaporator	23
Gambar 4.1. Diagram Alir Perencanaan Evaporator	39
Gambar 4.2. Disain 2D drum evaporator.....	46
Gambar 5.1. diagram alir sistem pendingin	48
Gambar 5.2. evaporator unit.....	55
Gambar 5.3. kebocoran pipa evaporator	57

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1. tekanan uap refrigeran dengan bukaan penuh katup ekspansi.....	49
Grafik 5.2. tekanan uap refrigeran dengan bukaan $\frac{1}{2}$ katup ekspansi.....	51
Grafik 5.3. temperatur uap refrigeran dengan bukaan penuh katup ekspansi.....	52
Grafik 5.4. temperatur uap refrigeran dengan bukaan $\frac{1}{2}$ katup ekspansi.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. pengambilan data percobaan	26
Tabel 4.1. material lapisan dinding insulasi	36
Tabel 4.2. beban pendingin total	38
Tabel 5.1. tekanan evaporator bukaan penuh	49
Tabel 5.2. tekanan evaporator bukaan $\frac{1}{2}$	50
Tabel 5.3. temperatur evaporator bukaan penuh.....	52
Table 5.4. temperatur evaporator bukaan $\frac{1}{2}$	53

The background of the page is a repeating pattern of the ITS logo, which consists of a circular emblem with a book and a gear, followed by the text 'ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember'.

BAB I PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Pada saat ini kapal – kapal ikan yang digunakan oleh nelayan Indonesia yang dilengkapi cold storage itu tidak banyak. Banyak kapal – kapal ikan untuk mendinginkan hasil tangkapan dengan membeli balok es dari darat untuk dibawa melaut. Balok es yang dibawa dari laut mempunyai batasan waktu untuk tetap berbentuk es dan lama – kelamaan akan mencair dan itu tidak efektif lagi.

Karakteristik dari ikan hasil tangkapan adalah cepat busuk, karena berkaitan dengan kondisi, uap air, dan ketahanan ikan. Hal ini perlu adanya penanganan yang baik untuk menanggulangnya supaya kualitas ikan layak ekspor dan tidak mengandung penyakit agar siap dikonsumsi masyarakat tanpa rasa khawatir.

Usaha memperendah suhu ikan dengan menerapkan teknik pendinginan dan pembekuan atau juga dengan istilah teknologi refrigerasi hasil perikanan, sudah membuktikan keberhasilannya dalam mengawetkan ikan dan memperluas usaha perikanan. Penerapan teknologi refrigerasi bagi usaha perikanan khususnya, terbukti mampu meningkatkan produksi perikanan, pendapatan negara dan nelayan. Sekitar 90% dari nilai produk perikanan yang diekspor adalah produk yang direfrigerasi.

1.1. Latar Belakang

Di daerah pesisir tiap kota di negara Indonesia kondisi nelayan saat ini memang memprihatinkan, karena disebabkan dari dampak kenaikan harga BBM. Kenaikan harga BBM ini menyebabkan harga semua barang – barang menjadi mahal dan biaya operasional untuk nelayan meningkat sedangkan harga ikan tidak mengalami kenaikan.

Nelayan mingguan melaut rata - rata bisa mencapai 7 – 10 hari. Untuk persiapan melaut, nelayan mingguan membawa beberapa balok es dari darat dan kemudian balok – balok es itu di pecah – pecah menjadi seperti butiran es. Hal ini tidak efektif karena nelayan membutuhkan waktu untuk memecah es balok. Selain itu es balok yang dibawa dari darat dapat menambah beban kapal sehingga kebutuhan bahan bakar juga meningkat.

Oleh karena itu penulis merencanakan suatu teknologi tepat guna yaitu perencanaan ice maker pada kapal ikan untuk membantu nelayan dan efektifitas kerja dari nelayan dalam hal pengawetan ikan.

I.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah bagaimana alternatif model design evaporator ice maker yang dapat diterapkan pada kapal ikan 30 GT.

I.3. Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan alternatif model design evaporator ice maker yang dapat diterapkan pada kapal ikan 30 GT.

I.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- meningkatkan efektifitas kerja nelayan
- memberikan gambaran sistem kerja kompresi uap dari sistem pendingin

I.5. Sistematika Penulisan Tugas Akhir

Sedangkan penulisan tugas akhir ini disusun sebagai berikut :

Lembaran judul

Lembaran Pengesahan

Abstrak
Kata Pengantar
Daftar isi
Daftar Lampiran

BAB I. PENDAHULUAN

Latar Belakang.
Perumusan Masalah.
Tujuan Penulisan.
Metodologi.
Sistematika Penulisan Tugas Akhir.

BAB II. DASAR TEORI

Pada bab ini membahas teori-teori tentang sistem pendinginan, desain pendinginan atau pengetahuan lain yang mendukung untuk analisa penyelesaian permasalahan dan menunjang penulisan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai langkah-langkah pengerjaan tugas akhir yang akan dikerjakan dan dianalisa. Data-data yang diperoleh akan dianalisa berdasarkan metode yang ditentukan.

BAB IV DESAIN EVAPORATOR

Pada bab ini dibahas mengenai langkah-langkah perhitungan dalam perencanaan evaporator.

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa hasil perhitungan dan perencanaan untuk mengembangkan menjadi sistem pendinginan yang baru.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in smaller text below it. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Umum

Sistem pendingin atau refrigerasi dapat dikatakan sebagai proses produksi dan pemeliharaan besarnya temperatur dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah daripada suhu lingkungan sekitar dengan cara penyerapan panas dari bahan atau ruangan yang didinginkan. Secara singkat dapat dikatakan bahwa refrigerasi adalah untuk memindahkan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya.

Terdapat banyak metode sistem refrigerasi yang telah dikembangkan dalam bidang industri. Metode terbanyak yang diterapkan dalam refrigerasi yaitu dengan refrigerasi sistem kompresi uap. Pada daur ulang ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. Mesin kompresi uap menggunakan refrigerant yang tidak ramah terhadap lingkungan.

Untuk menanggulangi hal itu, pemerintah melalui dana hibah membantu bengkel-bengkel reparasi untuk melakukan peralihan peralatan dan penanganan agar senyawa itu tidak lepas ke udara [Suara Pembaruan, 9 September 2005].

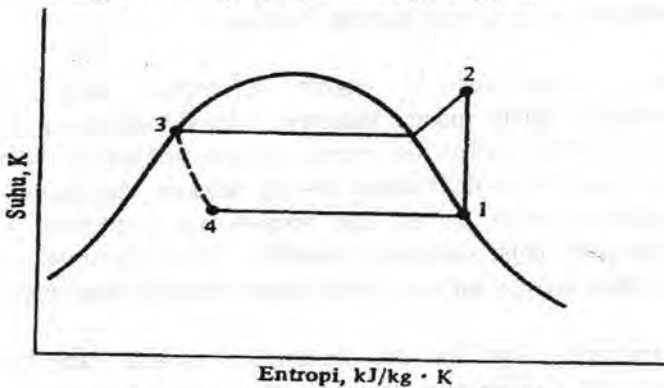
II.2. Sistem Pendingin

II.2.1. Kompresi Uap

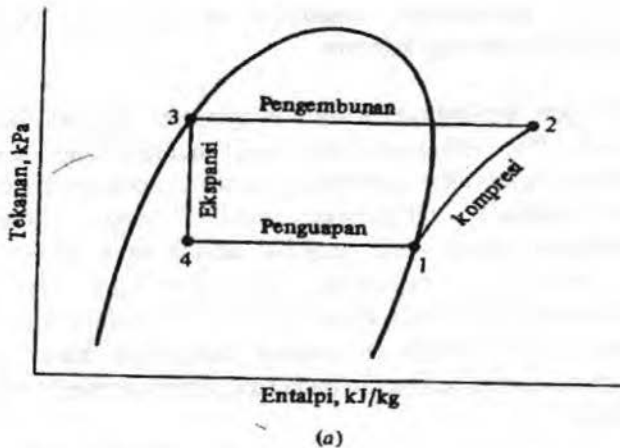
Daur kompresi uap merupakan daur yang banyak digunakan dalam daur refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali.

Proses daur kompresi uap:

- 1-2 Kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor
- 2-3 Pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut dan pengembunan refrigerant.
- 3-4 Ekspansi tidak reversible pada entalpi konstan, dari jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4-1 Penambahan kalor reversible pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.



Gambar 2.1 Daer Kompresi Uap Standar



Gambar 2.2 Daur Kompresi Uap Standar dalam diagram Tekanan-Entalpi

II.2.2. Perlengkapan Utama Sistem Refrigerasi

Suatu sistem pendingin atau refrigerasi mempunyai beberapa perlengkapan utama untuk menunjang kinerja dari sistem pendingin. Salah satu komponen mempunyai karakteristik dan fungsi masing-masing. Perlengkapan utama dari sistem pendingin, meliputi kompresor, kondensor, alat ekspansi, evaporator, tank receiver.

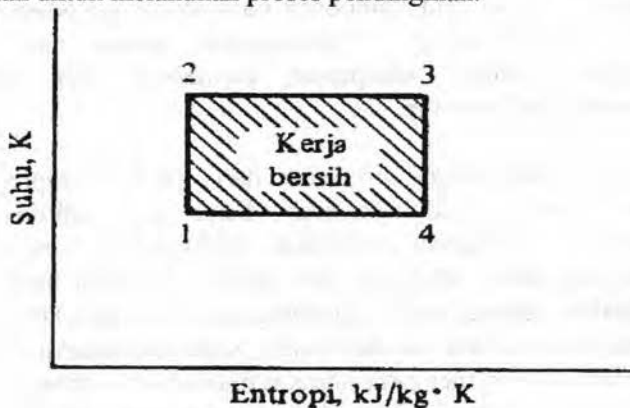
Kompresor merupakan sirkulator dari sistem kompresi uap. Semua proses aliran refrigeran diatur dan dialirkan oleh kompresor. Kondensor merupakan perlengkapan yang penting dimana uap panas refrigeran dari proses evaporasi harus dapat didinginkan sehingga siklus pendinginan tetap berjalan. Untuk alat ekspansi mempunyai dua fungsi, yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Alat ekspansi yang umum digunakan berupa pipa kapiler, katup ekspansi berpengendalian panas lanjut atau katup ekspansi

termostatik (thermostatic expansion valve), katup apung, dan katup ekspansi tekanan konstan.

Perlengkapan berikutnya adalah evaporator, alat ini berfungsi mengubah fase refrigeran dari cair menjadi uap atau gas. Temperatur pendidihan refrigeran dalam evaporator harus lebih rendah daripada temperatur media yang didinginkan. Perlengkapan utama yang terakhir adalah tank receiver atau tangki penampung refrigeran yang berfungsi menampung sementara refrigeran yang dicairkan di dalam kondensor. Dalam penentuan tangki receiver volume tangkinya harus mampu menampung semua refrigeran pada saat sistem berhenti atau tidak beroperasi.

II.2.3. COP (Coefficient Of Performance)

Untuk mengetahui unjuk kerja dari system ini, kita dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh *Dubin* dan *Raduskevitch*, unjuk kerja atau COP didefinisikan sebagai perbandingan antara efek pendinginan dengan energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses pendinginan.



Gambar 2.3 Coefisien Of Performance

Sebelum melakukan penilaian atas prestasi suatu sistem refrigerasi, terlebih dahulu harus ditetapkan ukuran keefektifan. Indeks prestasi ini tidak sama dengan efisiensi, karena ukuran tersebut biasanya hanya menggambarkan perbandingan keluaran dan masukan. Perbandingan keluaran terhadap masukan ini akan menyesatkan jika digunakan pada system refrigerasi, karena keluaran pada proses 2-3 biasanya terbuang. Namun demikian, konsep indeks prestasi pada daur refrigerasi sama dengan efisiensi, yang dinyatakan dalam perbandingan:

$$\frac{\text{jumlah hasil yang didinginkan}}{\text{jumlah pengeluaran}}$$

Istilah prestasi di dalam daur refrigerasi disebut dengan *koefisien prestasi* atau COP (coefficient of performance), yang didefinisikan sebagai:

$$\text{Koefisien Prestasi (COP)} = \frac{\text{Refrigerasi bermanfaat}}{\text{Kerja bersih}}$$

II.3 Refrigeran

II.3.1. Umum

Refrigeran adalah suatu fluida yang digunakan sebagai media penular kalor pada system refrigerasi, dimana refrigerant ini dapat mengalami perubahan fasa, yaitu fase cair maupun uap. Secara umum refrigerant dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

- Primer, yaitu refrigeran yang dipakai dalam system kompresi uap dan mengalami perubahan fase selama proses refrigerasinya.
- Sekunder, yaitu fluida yang mengangkut kalor dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator pada system refrigerasi tanpa fluida itu mengalami perubahan fase

Menurut [K. Handoko, 1979] beberapa persyaratan refrigeran yang baik yaitu:

1. Tidak beracun, tidak berbau dalam semua keadaan.
2. Tidak dapat terbakar atau terbakar sendiri, juga bila bercampur dengan udara.
3. Tidak mempunyai daya korosi terhadap logam yang dipakai.
4. Bila terjadi kebocoran mudah diketahui.
5. Harganya murah.

Refrigeran yang digunakan adalah refrigeran R-22 dikarenakan mempunyai laju alir volume yang rendah, sehingga biaya untuk kompresor lebih murah meskipun mempunyai kekurangan yaitu dapat melarut dengan minyak dan sedikit beracun tetapi konsentrasinya hanya 1 persen jadi aman untuk digunakan.

II.3.2. Kerja Bahan Pendingin (Refrigeran)

Refrigeran bekerja mengalir kesemua bagian dari system tersebut sambil berubah-ubah bentuknya dari gas menjadi cair dan demikianpun suhu dan tekanannya ikut berubah-ubah. Refrigeran dengan suhu dan tekanan rendah pada evaporator masuk ke kompresor, kemudian dari kompresor mengalami kenaikan temperatur dan tekanan refrigeran untuk dialirkan ke kondensor.

Temperatur dan tekanan tinggi refrigeran pada kondensor dikondensasikan untuk merubah fase dari gas menjadi cair. Dari fase cair ini refrigeran sebelum mengalir ke evaporator terdapat peralatan tambahan untuk menyaring kotoran yang bercampur refrigeran pada saat sistem berjalan. Setelah itu refrigeran mengalir ke katup ekspansi.

Di dalam katup ekspansi cairan mendapat hambatan dan gesekan yang besar sehingga tekanan dan suhunya turun karena mendapat pendinginan dari heat-exchanger. Selanjutnya cairan dengan suhu dan tekanan rendah masuk ke evaporator, maka cairan tersebut

segera menguap sambil mengambil panas dari udara yang mengalir melalui rusuk-rusuk evaporator. Kemudian bentuknya berubah fase menjadi gas dengan suhu dan tekanan rendah, lalu dihisap masuk ke kompresor [K. Handoko, 1979]

II.3.3. Refrigeran Primer

Dalam pemilihan suatu refrigeran menurut *Stoecker, 1994* memiliki beberapa factor pertimbangan, berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai penggunaan utama beberapa refrigeran.

a. Udara

Penggunaan umum udara sebagai refrigeran adalah di pesawat terbang, system udara yang ringan menjadi kompensasi bagi COP-nya rendah.

b. Amonia

Amonia adalah satu-satunya refrigeran selain kelompok *fluorocarbon* yang masih digunakan sampai saat ini. Walaupun *ammonia* beracun dan kadang-kadang mudah terbakar atau meledak pada kondisi tertentu, namun *ammonia* biasa digunakan pada instalasi-instalasi suhu rendah pada industri besar, seperti pabrik es, ice skating, dan fasilitas cold storage.

c. Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida merupakan refrigeran pertama dipakai seperti halnya *ammonia*. Refrigeran ini kadang-kadang digunakan untuk pembekuan dengan cara sentuhan langsung dengan bahan makanan. Tekanan pengembunannya yang tinggi biasanya membatasi penggunaannya hanya pada bagian suhu rendah, untuk suhu tinggi digunakan refrigeran lain.

d. Refrigeran-12

Refrigeran ini biasa dilambangkan R-12 dan mempunyai rumus kimia CCl₂F₂ (*Dichloro Difluoro Methane*). Refrigeran ini merupakan yang paling sering digunakan pada saat ini, terutama digunakan untuk kompresor torak. R-12

mempunyai titik didih $-21,6^{\circ}\text{F}$ ($-29,8^{\circ}\text{C}$). Untuk melayani refrigerasi rumah tangga dan didalam pengkondisian udara kendaraan otomotif.

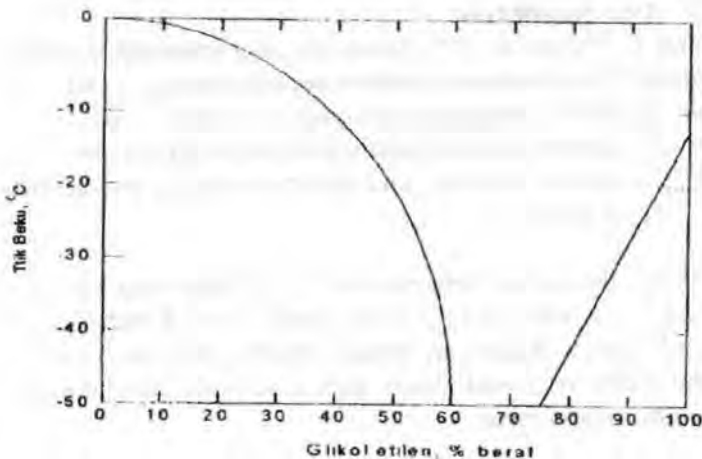
e. **Refrigeran-22**

Refrigeran ini biasa dilambangkan R-22 dan mempunyai rumus kimia CHClF_2 . R-22 mempunyai titik didih $-41,4^{\circ}\text{F}$ ($-40,8^{\circ}\text{C}$). Refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12 dikarenakan biaya kompresornya yang lebih murah. Dalam penulisan ini refrigeran yang digunakan adalah R-22.

II.3.4. Refrigeran Sekunder

Refrigeran sekunder adalah fluida yang membawa kalor dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator pada system refrigerasi. Refrigeran sekunder mengalami perubahan suhu bila menyerap kalor dan membebaskannya pada evaporator, tetapi tidak mengalami perubahan fase.

Secara teknis air dapat digunakan sebagai refrigeran sekunder, namun yang paling sering digunakan adalah larutan garam (*brine*) dan larutan anti beku (*antifreezes*) yang merupakan larutan dengan suhu beku dibawah 0°C . Larutan anti beku yang sering digunakan adalah larutan air dan *glikol etilen*, *glikol propilen*, atau *kalsium klorida*. Glikol propilen mempunyai keistimewaan tidak berbahaya bila terkena bahan makanan.



Gambar 2.4 Titik Beku Larutan – larutan etilen

Salah satu contoh refrigeran sekunder adalah R-11 (CCl_3F). R-11 adalah salah satu kelompok *fluorocarbon* dari gas metana. Mempunyai titik didih pada tekanan atmosfer sebesar $74,7^\circ\text{F}$ ($23,7^\circ\text{C}$) dengan operasi tekanan standar 2,94 psia (0,2 bar) dan 18,19 psia (1,25 bar). Bersama dengan R-113.

II.4 Kondensor

II.4.1. Umum

Kondensor digunakan untuk menurunkan suhu refrigerant dan merubah bentuk dari gas menjadi cair. Refrigeran dengan suhu dan tekanan tinggi dalam bentuk gas mengalir masuk pada bagian atas dari kondensor.

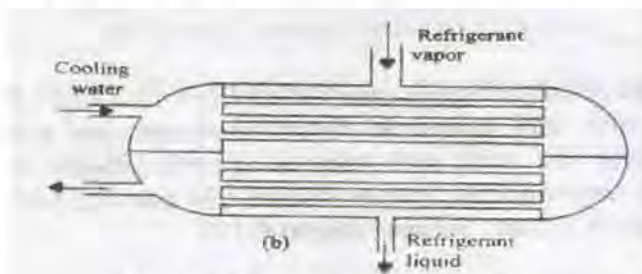
Karena kondensor mendapat pendinginan dari udara yang mengalir melalui pipa-pipa, maka bahan pendingin gas dengan suhu yang lebih tinggi suhunya dapat turun lalu mengembun [K. Handoko, 1979].

II.4.2. Tipe Kondensor

Menurut *K. Handoko, 1979* dalam bukunya menyatakan terdapat tiga macam tipe kondensor menurut pendinginannya, yaitu:

- Kondensor dengan pendinginan air (water cooled)
- Kondensor dengan pendinginan udara (air cooled)
- Kondensor dengan pendinginan campuran air dan udara (evaporative)

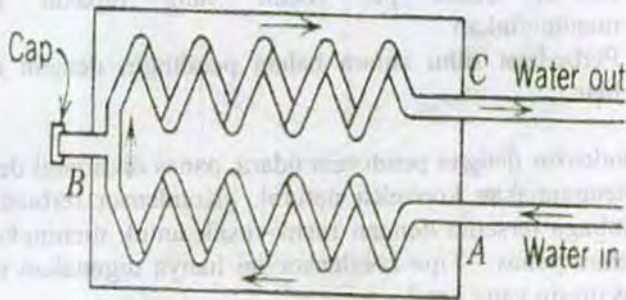
Kondensor dengan pendinginan air mempunyai tiga tipe, yaitu *shell and tube*, *shell and coil*, dan *double tube*. Kondensor jenis ini yang umum digunakan adalah dengan tipe *shell and tube* dimana refrigeran masuk dalam pipa kondensor dan didinginkan oleh air di dalam tabung.



Gambar 2.5 Shell and Tube Condenser

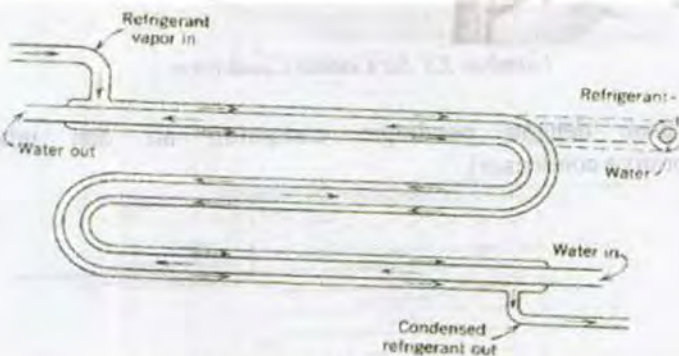
Tipe kondensor *shell and coil* (tabung dan coil) terdiri lebih dari satu spiral *bare tube coil* yang ditutup dengan shell logam yang dipatri, kadang-kadang menggunakan rusuk-rusuk. Air kondensasi disirkulasikan melalui coils, ketika refrigeran dimasukkan pada shell dan mengelilingi coils. Uap refrigeran yang mempunyai suhu panas masuk melalui atas coils.





Gambar 2.6 Shell and Coil Condensor

Pada kondensator *double tube*, terdiri dari dua *tube* didesain dimana tube satu didalam tube yang lain. Air mengalir melalui dalamnya pipa, ketika refrigeran mengalir berlawanan arah pada ruang antara dalam dan luar tube.



Gambar 2.7 Double Tube Condensor

Beberapa faktor yang penting untuk menentukan kapasitas kondensator adalah:

- Luas permukaan yang didinginkan



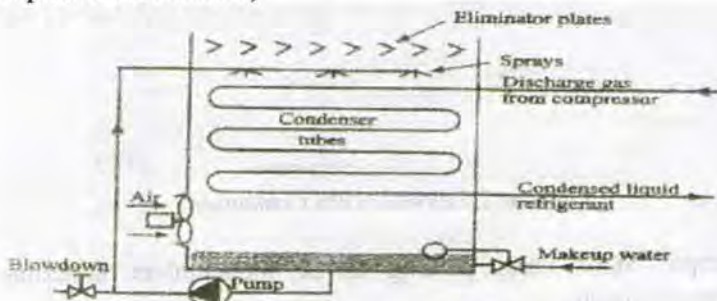
- Jumlah udara per menit yang dipakai untuk mendinginkan
- Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara luar

Pada kondensator dengan pendingin udara, panas dikurangi dengan udara menggunakan konveksi natural. Kondensator terbuat dari baja, tembaga tersedia dengan rusuk-rusuk untuk meningkatkan perpindahan panas. Tipe kondensator ini hanya digunakan untuk kapasitas mesin yang kecil.



Gambar 2.8 Air Cooled Condensator

Kondensator dengan pendingin campuran air dan udara (evaporative condenser).



Gambar 2.9 Evaporative Condensator

STI

II.5 Evaporator

II.5.1. Umum

Evaporator adalah suatu alat dimana bahan pendingin menguap dari cair menjadi gas. Perpindahan panas dari ruangan sekitar atau beban yang didinginkan ke dalam sistem. Panas tersebut lalu dibawa ke kompresor dan dikeluarkan lagi oleh kondensor. Evaporator juga disebut *cooling unit*. Karena kebutuhan akan pendinginan dalam evaporator berbeda-beda maka bentuk, ukuran, dan perencanaannya bermacam-macam.

Dalam perencanaan evaporator parameter yang perlu diketahui adalah beban pendingin, temperatur dan tekanan. Tetapi dalam penentuan kapasitas evaporator dapat diketahui dengan persamaan *Dossat, 1981 hal 182*:

$$Q = U \times A \times (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 2.1$$

- Dimana:
- Q = kapasitas / beban pendingin, W
 - U = koefisien perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
 - A = luas permukaan evaporator, m^2
 - T₂ = temperatur luar evaporator, $^\circ C$
 - T₁ = temperatur dalam evaporator, $^\circ C$

Evaporator yang digunakan pada perencanaan ini adalah evaporator dengan jenis ekspansi kering, dimana cairan refrigeran diekspansikan melalui katup ekspansi. Evaporator jenis ini tidak membutuhkan refrigeran yang banyak. Bentuk evaporator yang direncanakan berupa drum evaporator, dimana pipa refrigeran berada didalam tabung dan menggunakan air garam (*brine*) sebagai refrigeran sekundernya. Koefisien perpindahan panas permukaan pada evaporator dapat ditentukan dengan persamaan:

Koefisien konveksi perpindahan panas

$$h = 0,023 \times \left[\frac{Vx Dx \rho}{\mu} \right]^{0,8} \times \left[\frac{C_p x \mu}{k} \right]^{0,4} \times \frac{k}{D} \dots \dots 2.2$$

Stoecker, 1987 hal 236

dimana:

h = koefisien konveksi, $W/m^2 \cdot K$

D = diameter dalam pipa, m

k = daya hantar termal fluida, $W/m \cdot K$

V = kecepatan rata-rata fluida, m/det

ρ = rapat massa fluida, kg/m^3

μ = viskositas fluida, Pa .det

C_p = kalor spesifik fluida, $J/kg \cdot K$

Koefisien konduksi perpindahan panas

$$U = \frac{X_{\text{pipa}} \times A_{o \text{ pipa}}}{K_{\text{pipa}} \times A_{m \text{ pipa}}} \dots\dots\dots 2.3$$

Stoecker, 1987 hal 233

Dimana:

X = ketebalan pipa, m

A_o = luas permukaan luar, m^2

K = daya hantar termal bahan, $W/m \cdot K$

A_m = luas permukaan rata-rata, m^2

Koefisien perpindahan panas beban pendingin

$$U = \frac{A_o}{h_i \times A_i} \dots\dots\dots 2.4$$

Stoecker, 1987 hal 233

Dimana:

A_o = luas permukaan luar, m^2

h_i = koefisien perpindahan kalor air, $W/m^2 \cdot K$

A_i = luas permukaan dalam, m^2

Untuk menghitung luas permukaan pipa evaporator (A_{ev}), maka terlebih dahulu menghitung nilai LMTD yang dapat diperoleh

dengan pembacaan tabel LMTD terlampir. Persamaan penentuan luas permukaan pipa adalah:

$$A = \frac{Q_e}{U \times T_{LMTD}} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana:

A = luas permukaan pipa evaporator, m²

U = koefisien perpindahan panas total, W/m².K

Q_e = kapasitas refrigerasi, kW

Dari perhitungan diatas, maka panjang pipa evaporator (L_{ev}) dapat dihitung dengan persamaan:

$$L_{ev} = \frac{A}{\pi \times d} \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana:

L_{ev} = panjang pipa evaporator, m

d = diameter luar pipa evaporator, m

Dengan diketahuinya panjang pipa evaporator maka desainnya dapat dibuat sesuai dengan bentuk dan dimensi yang direncanakan dan dapat mencukupi kebutuhan pendinginan dalam ice maker.

II.5.2. Tipe Evaporator

Dalam sistem pendingin yang digunakan saat ini mempunyai bermacam-macam tipe evaporator, hal ini dipengaruhi oleh kebutuhan dan fungsi dari sistem pendingin yang digunakan.

Dilihat dari cara kerjanya evaporator dibagi menjadi dua:

1. Evaporator kering (*dry evaporator*)
2. Evaporator banjir (*flooded evaporator*)

Dilihat dari pemakaiannya evaporator dibagi menjadi dua:

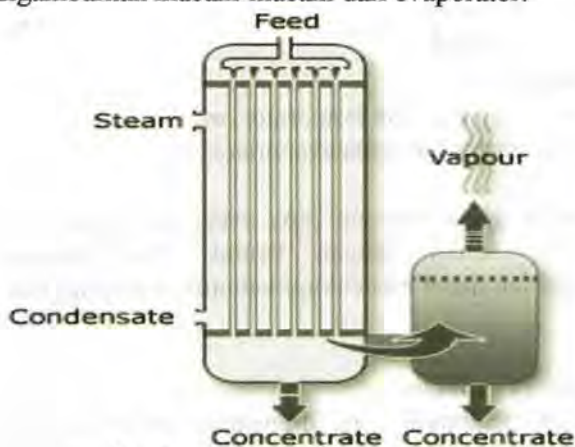
1. Ekspansi langsung (*direct expansion*)
2. Ekspansi tidak langsung (*indirect expansion*)

Sedangkan bila dilihat dari konstruksinya evaporator dibagi menjadi tiga:

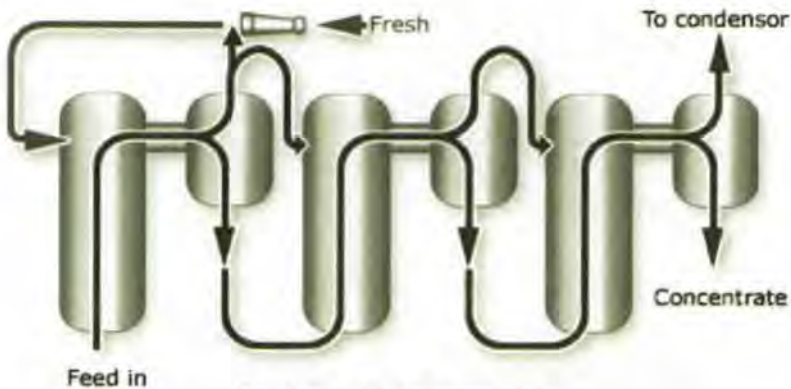
1. Pipa saja (*bare tube*)
2. Pipa dengan rusuk-rusuk (*finned*)
3. Permukaan pelat (*plate surface*)

Dari berbagai tipe diatas dalam perencanaan ice maker ini menggunakan tipe *bare tube* dengan dimodifikasi bentuk drum, yang mana sering disebut dengan drum evaporator.

Berikut digambarkan macam-macam dari evaporator:



Gambar 2.10 flooded evaporator



Gambar 2.11 dry evaporator

Bare tube evaporator

Evaporator tipe ini biasanya terbuat dari pipa baja atau tembaga. Pipa baja digunakan untuk evaporator yang berukuran besar dan juga untuk evaporator dengan menggunakan refrigeran ammonia.

Sedang untuk evaporator yang menggunakan refrigeran seperti R-12, R-22, R-134a biasanya menggunakan pipa tembaga karena harganya terjangkau dan tembaga mempunyai konduktifitas thermal yang besar. Ukuran, bentuk, dan desain dari evaporator tergantung dari aplikasi yang diinginkan. Bentuk yang umum digunakan pada tipe evaporator *bare tube* ini adalah *flat zig zag coil* dan *oval trombone coil*.



Gambar 2.12 Bare tube Evaporator jenis oval trombone coil

Finned Evaporator

Evaporator tipe ini mempunyai rusuk-rusuk yang digunakan sebagai permukaan pengikat panas kedua, karena pada dasarnya hampir sama dengan *bare tube evaporator*. Tipe ini mempunyai pengaruh untuk memperluas permukaan luar dari area evaporator, sehingga dapat meningkatkan efisiensi untuk pendinginan udara.

Perbedaan dengan *bare tube evaporator* adalah kebanyakan dari tipe *bare tube* udara yang disirkulasikan diatas koil melewati ruang tyerbuka diantara pipa dan tidak bersentuhan langsung dengan permukaan dari koil. Ketika ditambahhkan rusuk-rusuk koil, rusuk-rusuk dapat memperluas ruang terbuka diantara pipa dan berfungsi sebagai pengumpul panas. Ukuran dari rusuk-rusuknya tergantung aplikasi yang diinginkan desainer. Ukuran pipa menentukan ukuran dari rusuk-rusuk, dimana ukuran pipa berbanding lurus dengan ukuran rusuk. Semakin besar diameter pipa maka semakin besar pula ukuran rusuk-rusuknya begitu pula sebaliknya.



Gambar 2.13 Finned Evaporator

Plate surface evaporator

Tipe evaporator ini mempunyai karakteristik dua lembar pelat dari logam yang ditimbulkan dan dilas bersama untuk menyediakan jalan bagi refrigeran mengalir diantara dua lembar pelat. Biasanya digunakan untuk refrigerasi rumah tangga dan lemari es. Karena mempunyai keuntungan lebih murah, mudah dibersihkan, serta tersedia dalam berbagai macam variasi bentuk. Berikut gambar tipe *plate surface evaporator*.



Gambar 2.14 Plate surface evaporator

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penyusunan Tugas Akhir (TA) ini digunakan tahapan – tahapan metode dalam melakukan penelitian, tahapan penelitian tersebut dapat dilihat sebagai berikut :

III.1. Umum

Metodologi penelitian merupakan suatu kerangka yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dianalisa. Metodologi penelitian mencakup langkah – langkah kerja yang akan dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan permasalahannya.

III.2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan proses pencarian informasi yang akan digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pengerjaan tugas akhir ini. Langkah awal dan pemecahan masalah yang akan diselesaikan berdasarkan literatur atau informasi yang akurat, sehingga dapat dipertanggung jawabkan.

Pengumpulan bahan referensi penunjang yang dapat membantu penulis baik itu melalui jurnal , paper, buku-buku serta e – mail (internet source).

III.3. Data Perhitungan

Data perhitungan didapat dari kebutuhan kapal dan alat pendukung yang nantinya data tersebut dipakai sebagai data awal untuk perencanaan evaporator.

Data yang diperlukan adalah:

1. Volume ruang muat kapal ikan
2. Kapasitas hasil tangkapan
3. Waktu pendinginan dan pembekuan
4. Kapasitas ice maker
5. Tekanan kerja pada evaporator
6. Temperatur kerja evaporator

III.4. Desain Evaporator

Pada tahap ini merupakan pemodelan dari perhitungan data awal yang akan digunakan dasar desain evaporator ini. Tahapan ini untuk menentukan dimensi, bentuk, dan bahan yang akan dibuat untuk evaporator.

III.5. Eksperimen

Merupakan tahapan penggabungan seluruh komponen sub sistem peralatan yang bertujuan untuk mendapatkan hasil dari unjuk kerja sistem pendingin kompresi uap yang telah didesain. Adapun data – data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. pengambilan data percobaan

No	Data yang diperlukan	Alat ukur	Cara memperoleh data
1	Tekanan uap refrigeran yang masuk dan keluar evaporator	Pressure Gauge	Visual
2	Temperatur uap refrigeran yang masuk dan keluar evaporator	Thermometer	Visual

III.6. Analisa Unjuk Kerja Evaporator

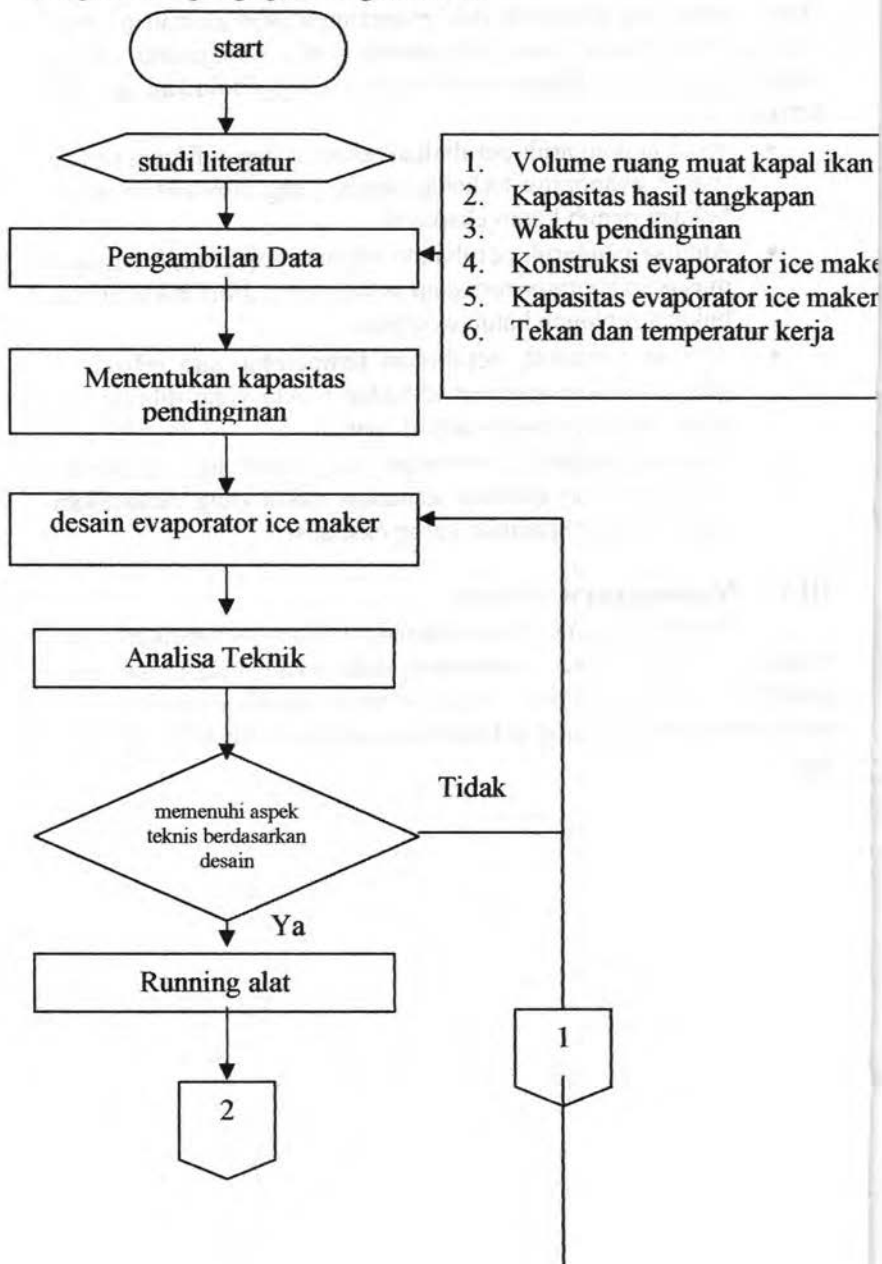
Data – data yang diperoleh dari eksperimen akan dianalisa untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan yaitu mengetahui unjuk kerja evaporator. Adapun analisa data yang dilakukan sebagai berikut:

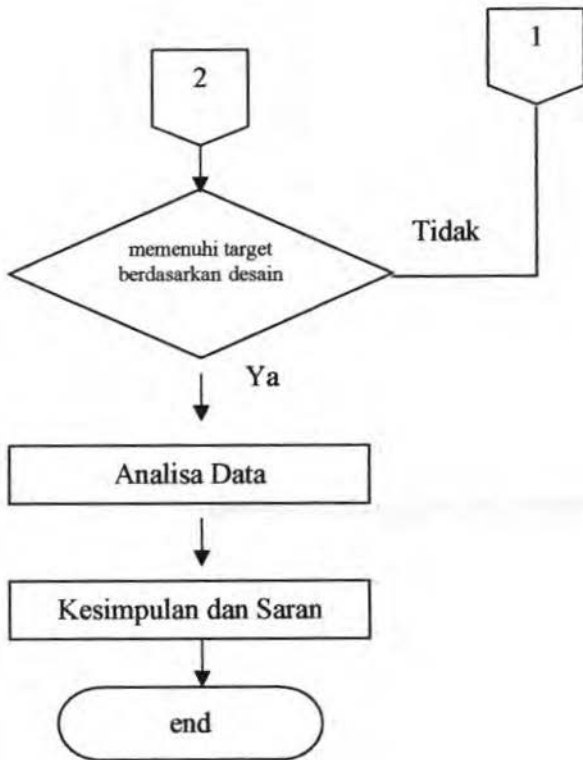
- Analisa pengaruh perubahan tekanan uap refrigeran yang masuk evaporator terhadap waktu yang dibutuhkan untuk bukaan penuh katup ekspansi
- Analisa pengaruh perubahan tekanan uap refrigeran yang masuk evaporator terhadap waktu yang dibutuhkan untuk bukaan setengah katup ekspansi
- Analisa pengaruh perubahan temperatur uap refrigeran yang masuk evaporator terhadap waktu yang dibutuhkan untuk bukaan penuh katip ekspansi
- Analisa pengaruh perubahan temperatur uap refrigeran yang masuk evaporator terhadap waktu yang dibutuhkan untuk bukaan setengah katup ekspansi

III.7. Kesimpulan dan Saran

Penelitian yang telah dilakuakan akan disimpulkan pada tahapan ini. Parameter kesimpulan didasarkan pada tujuan dari penelitian tugas akhir ini. Saran – saran ditulis dengan tujuan agar penelitian ini dapat dilanjutkan dengan harapan lebih baik lagi.

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir:





The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name of the institution in Indonesian: 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember'. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

BAB IV DESAIN EVAPORATOR

BAB IV

DESAIN EVAPORATOR

IV.1. Umum

Penerapan prinsip – prinsip perpindahan panas untuk mendesain alat – alat penukar kalor untuk mencapai suatu tertentu. Penguasaan teknis dan ekonomis sangat dibutuhkan dalam perencanaan sistem pendingin demi pencapaian tujuan untuk mengembangkan barang hasil yang memberikan manfaat yang ekonomis. Ekonomis merupakan peranan penting dalam mendesain atau memilih alat penukar kalor yang digunakan, namun dalam mendesain sebuah alat penukar kalor dalam penelitian ini tidak dilakukan perhitungan real masalah ekonomis. Hanya sifat teknis dan desain model yang inovatif yang sesuai dengan prinsip kerja dari sistem pendingin kompresi uap.

IV.2. Beban Pendingin

Tujuan utama sistem refrigerasi adalah untuk mendinginkan media sesuai dengan keadaan yang diinginkan. Untuk itu diperlukan besarnya beban pendinginan yang terjadi, sehingga dapat didesain evaporator yang diperlukan supaya sistem pendingin dapat bekerja dengan baik.

Beban pendinginan adalah suatu beban yang berupa benda – benda sumber energi panas yang dapat mempengaruhi kapasitas sistem pendingin. Beban sumber energi panas antara lain berasal dari:

1. Beban kalor produk, yaitu panas yang dilepas untuk menurunkan suhu produk (dalam hal ini air)
2. Beban kalor karena infiltrasi, yaitu sejumlah udara luar yang masuk ke dalam *ice box* sebagai akibat pembukaan tutup *ice box*.

3. Beban kalor konstruksi, yaitu panas yang masuk dari ruangan (atap, pintu, dinding, lantai) sebagai akibat dari perbedaan temperatur antara *ice box* dengan udara luar. Total penjumlahan dari ketiga beban diatas merupakan beban pendinginan yang harus dipindahkan oleh peralatan pendingin.

IV.2.1. Beban Panas Produk

Beban panas produk adalah panas yang dilepaskan oleh produk untuk menjaga temperatur produk tetap konstan. Dalam hal ini produk yang dihasilkan atau yang menjadi beban adalah air (*fresh water*) dengan asumsi bahwa massa produk merupakan massa total dari tangki penampung air yang terletak di bawah evaporator dalam keadaan penuh.

Pada perencanaan tangki penampung air ini direncanakan mampu menampung air sebanyak 10 kg. Adapun perincian spesifikasi dari produk:

- Kalor jenis air (Cp) : 4.174 KJ/Kg^oC (*pada suhu 32 °C*)
- Kalor jenis air (Cp) : 4.225 KJ/Kg^oC (*pada suhu 0 °C*)
- Suhu awal produk (air) : 32 °C
- Suhu akhir produk (air) : 0 °C
- Waktu untuk pendinginan : 60 detik
- Waktu untuk pembekuan : 60 detik
- Waktu untuk pembekuan lanjut : 30 detik

Perhitungan beban pendinginan dibutuhkan dalam perencanaan suatu sistem pendingin baik di darat ataupun di laut, dimana perhitungan ini terbagi menjadi tiga tahap:

Konversi satuan:	1 kkal = 4.182 KJ
	1KJ = 0.23912 kkal
	1 kkal = 4186.8 watt/s

1. Tahap pendinginan

Tahap pendinginan adalah tahap dimana terjadi penurunan temperatur dari temperatur awal produk ke temperatur beku produk. Beban panas sensibel yang dibuang adalah:

$$Q = \frac{mxC_p \Delta T}{t} \dots\dots\dots 4.1$$

Dimana:

m : Berat produk (kg)

C_p : Panas spesifik diatas titik beku produk (KJ/Kg°C)

ΔT : Selisih suhu awal dengan suhu akhir yang direncanakan (°C)

t : waktu pendinginan (s)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{0.25 \times 4.174 \times (32 - 0)}{60} \\
 &= 0,5565333 \text{ KJ/s} \\
 &= 557.17211 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

2. Tahap Pembekuan

Tahap pembekuan adalah tahapan dimana terjadi pembekuan produk pada temperatur beku produk. Beban panas laten dapat dihitung dengan formula persamaan:

$$Q = \frac{m \times L}{t} \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana:

m : Berat produk (kg)

L : Panas laten produk (kkal/kg)

t : waktu pendinginan (s)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{0.25 \times 60}{60} \\
 &= 0.25 \text{ kkal/kg} \\
 &= 1046.7 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3. Tahap Pembekuan Lanjut

Tahap pembekuan lanjut adalah tahap dimana terjadi penurunan temperatur produk dari temperatur beku produk menuju temperatur akhir produk. Panas sensible lanjut dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Q = \frac{m \times C_p \times \Delta T}{t}$$

Dimana:

m : Berat produk (kg)

C_p : Panas spesifik diatas titik beku produk (KJ/Kg°C)

ΔT : Selisih suhu awal dengan suhu akhir yang direncanakan (°C)

t : waktu pendinginan (s)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{0.25 \times 4.225 \times (0 - (-20))}{30} \\
 &= 0.7041667 \text{ KJ/s} \\
 &= 704.97489 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Total beban panas produk = 2308.847 watt

IV.2.2. Beban Panas Infiltrasi

Beban panas infiltrasi adalah masuknya udara atau panas dari luar atau lingkungan sekitar kedalam ruangan. Masuknya udara luar ini dapat mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban dalam ruang. Temperatur dan kelembaban udara luar yang lebih tinggi harus diturunkan sampai mencapai kondisi ruang yang



diinginkan. Jadi hal ini merupakan beban pendingin yang harus diatasi oleh alat pendingin.

Untuk menentukan volume pergantian udara faktor yang dapat mempengaruhi volume pergantian udara adalah volume ruang pendingin.

Untuk menghitung besarnya beban panas infiltrasi dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \text{laju infiltrasi (L/s)} \times \text{perubahan entalpi (kJ/L)} \dots\dots\dots 4.3$$

Besarnya laju infiltrasi dapat dilihat pada tabel 10-7 *Dossat, 1981 hal 206* dengan mengacu pada besarnya volume ruang pendingin.

Dimana :

$$\text{Volume ruangan} = 1 \text{ m}^3$$

Sehingga didapatkan laju infiltrasi sebesar 0.72 L/s dengan perubahan entalpi pada suhu 25°C RH 60%, berdasarkan tabel 10-6 *Dossat, 1981 hal 205* didapatkan faktor pergantian udara sebesar 0.0562 kJ/L.

Sehingga beban panas karena infiltrasi sebesar:

$$\begin{aligned} Q &= 0.72 \text{ L/s} \times 0.0562 \text{ kJ/L} \\ &= 0.040464 \text{ kJ/s} \\ &= 40.464 \text{ watt} \end{aligned}$$

IV.2.3. Beban Panas Konstruksi

Beban panas konstruksi adalah beban panas yang ditimbulkan oleh bahan material karena bersinggungan dengan udara luar dan material sendiri mempunyai beban panas.

Volume ruangan yang direncanakan mempunyai panjang sisi yang sama yaitu 1 meter sehingga volume ruangan sebesar 1 m³.



Besarnya panas yang mengalir dapat dihitung dengan persamaan Dossat, 1981 hal 182 sebagai berikut:

$$Q = A \times U \times \Delta T \dots \dots \dots 4.4$$

Dimana:

Q : laju perpindahan panas (W)

A : luas permukaan (m^2)

U : koefisien perpindahan panas total (W/m^2K)

ΔT : perbedaan temperatur udara luar dengan ruangan ($^{\circ}K$)

Material dinding direncanakan mempunyai dua lapisan yaitu kayu dan stereofom atau polystyrene, untuk perhitungan nilai koefisien perpindahan panas total menggunakan persamaan Dossat, 1981 hal 185 :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f1} + \frac{x}{k1} + \frac{x}{k2} + \frac{x}{kn} + \frac{1}{f0} \dots \dots \dots 4.5$$

Dimana:

x : tebal material insulasi (m)

k : konduktivitas panas insulasi (W/mK)

f1 : koefisien konveksi film disisi dalam dinding (W/m^2K)

f0 : koefisien konveksi film disisi luar dinding (W/m^2K)

Harga konduktivitas panas didapat dari tabel 10-1 Dossat, 1981 hal 183, sebagai berikut:

Tabel 4.1. material lapisan dinding insulasi

No	Material	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	woods	0.004	0.12
2	polystyrene	0.02	0.029

Sedangkan untuk nilai $f_1 = 9.37 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan $f_0 = 22.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, dengan asumsi udara di dalam ruang diam. Sehingga didapat nilai koefisien perpindahan panas total dengan persamaan 4.5:

$$\begin{aligned}\frac{1}{U} &= \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0} \\ \frac{1}{U} &= \frac{1}{9.37} + \frac{0.004}{0.12} + \frac{0.02}{0.029} + \frac{1}{22.7} \\ &= 31.600776 \\ U &= 0.0316448 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

Karena bentuk ruangan mempunyai panjang sisi yang sama yaitu 1 meter, maka luas permukaannya adalah 1 m^2 dan temperatur luar diasumsikan $299.15 \text{ }^\circ\text{K}$ dan temperatur dalam $271.15 \text{ }^\circ\text{K}$.

Sehingga laju perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan 4.4 yaitu:

$$\begin{aligned}Q &= A \times U \times \Delta T \\ Q &= 1 \text{ m}^2 \times 0.0316448 \text{ W/m}^2\text{K} \times (299.15 - 271.15) \text{ }^\circ\text{K} \\ &= 0.8860542 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

Karena ruangan mempunyai 6 sisi, maka laju perpindahan panas total adalah:

$$\begin{aligned}Q &= 6 \times 0.8860542 \text{ W/m}^2\text{K} \\ &= 5.3163251 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

IV.2.4. Beban Pendingin Total

Beban pendingin total merupakan penjumlahan dari beban panas produk, beban infiltrasi, dan beban konstruksi. Maka didapat besarnya beban pendingin total adalah:

Tabel 4.2. beban pendingin total

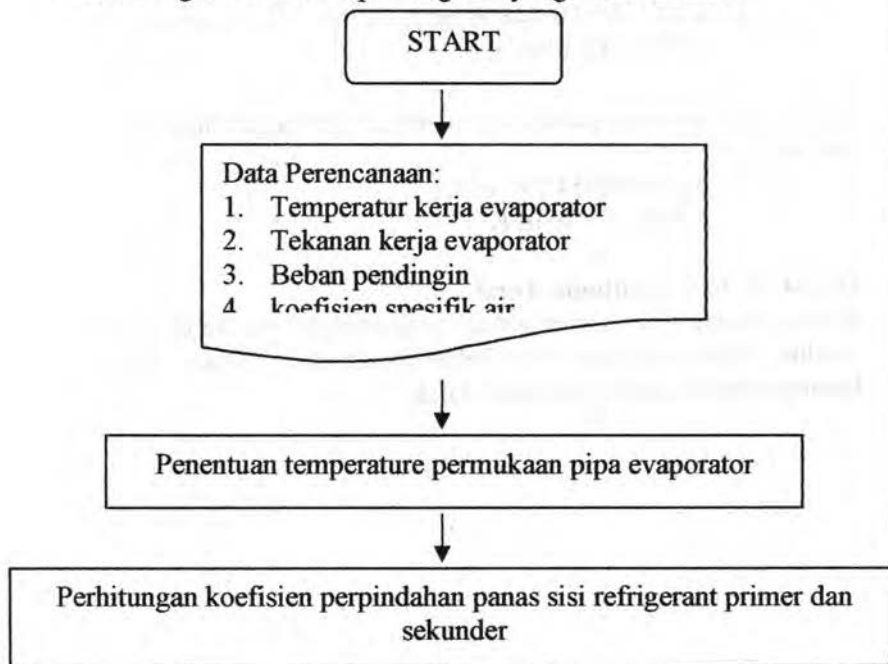
No	Beban Pendingin	Nilai (Watt)
1	Produk	2308.847
2	Infiltrasi	40.464
3	Konstruksi	5.3163251
	Total	2354.627

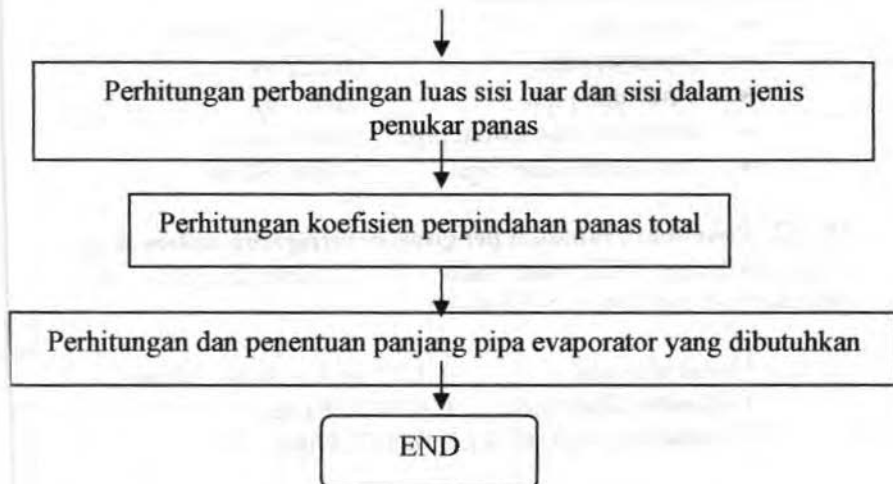
Sedangkan untuk faktor keamanan diasumsikan penambahan nilai sebesar 10% dari total beban pendingin, sehingga didapatkan hasil:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{total}} &= (Q + 0.1Q)/1000 \\
 &= (2354.627 + 0.1(2354.627))/1000 \\
 &= \mathbf{2.59009 \text{ kW}}
 \end{aligned}$$

IV.3. Perencanaan Evaporator

Dalam perencanaan evaporator dibutuhkan alur perencanaan yang sesuai dengan kebutuhan pendinginan yang direncanakan.





Gambar 4.1 Diagram alir perencanaan evaporator

V.3.1. Kondisi yang direncanakan

Data perencanaan yang digunakan untuk mendesain evaporator adalah sebagai berikut:

- Tipe evaporator : tube
- Jenis evaporator : drum evaporator
- Temperatur kerja evaporator : -20°C
- Beban pendinginan : 2.59009 kW
- Laju aliran massa refrigeran : 0.0285 kg/detik
- Temperatur kerja kondensor : 50°C
- Kalor spesifik pipa refrigeran : 1590.984 J/kg.K

Dalam mendesain evaporator terdapat hal – hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Temperatur kerja evaporator
2. Temperatur yang masuk dan keluar evaporator
3. Koefisien perpindahan panas
4. Luas permukaan perpindahan panas
5. Laju aliran massa refrigeran

Dimensi pipa yang direncanakan:

- Jenis pipa : tembaga (*copper*)
- Diameter pipa : 0.222 m
- Ketebalan pipa : 0,001 m
- Konduktivitas termal pipa : 386 W/m°C
- Luas permukaan pipa : 0.000387 m²

IV.3.2. Penentuan tahanan penguapan refrigeran dalam pipa

Sifat refrigeran R-22 pada suhu -20 °C mengacu pada tabel *Stoecker A-6* dan tabel 15-5 hal 283

- Massa jenis (ρ) : 1.1313 kg/L = 1131.3 kg/m³
- Viskositas fluida (μ) : 0.000011 Pa.det
- Konduktivitas termal (k) : 0.00817 W/m.K

Untuk menghitung besarnya koefisien penguapan menggunakan persamaan *Stoecker, 1987 hal 236*:

$$h = 0.023 \left(\frac{VxD\rho}{\nu} \right)^{0.8} \left(\frac{Cp\nu}{k} \right)^{0.4} x \frac{k}{D} \dots\dots\dots 4.6$$

Dimana:

- h : koefisien perpindahan panas refrigeran (W/m²K)
- D : diameter dalam pipa refrigeran (m)
- V : kecepatan rata – rata fluida (m/s)
- ρ : rapat massa fluida (kg/m³)
- μ : viskositas fluida (Pa .det)
- Cp : kalor spesifik fluida (J/kg.K)

Kecepatan rata – rata refrigeran dapat dicari dengan persamaan:

$$G = \frac{m}{A}, \text{ dimana } A = \text{luas permukaan pipa (m}^2\text{)}$$

$$m = \text{laju aliran massa (kg/detik)}$$

$$G = \frac{0.0285}{0.000387} = 73.568 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\text{Sehingga } V = \frac{G}{\rho}$$

$$V = \frac{73.568}{1131.3} = 0.065 \text{ m/s}$$

Jadi nilai koefisien perpindahan panas dapat dicari dengan persamaan 4.6 sebagai berikut:

$$h = 0.023 \left(\frac{VxD\rho}{\nu} \right)^{0.8} \left(\frac{Cp\nu}{k} \right)^{0.4} \times \frac{k}{D}$$

$$h = 0.023 \left(\frac{0.065 \times 0.222 \times 1131.3}{0.000011} \right)^{0.8} \left(\frac{1590.984 \times 0.000011}{0.00817} \right)^{0.4} \times \frac{0.00817}{0.222}$$

$$h_o = 157.488 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

IV.3.3. Penentuan tahanan pipa refrigeran

Penentuan tahanan pipa refrigeran dapat dicari dengan persamaan *Stoecker, 1987 hal 233*, sebagai berikut:

$$R2 = \frac{X_{\text{pipa}} \times A_{O_{\text{pipa}}}}{K_{\text{pipa}} \times A_{m_{\text{pipa}}}} \dots\dots\dots 4.7$$

Dimana:

- R2 : tahanan pipa refrigeran ($\text{m}^2\text{.K/W}$)
- D : diameter pipa (m) = 0.0222 m
- X_{pipa} : ketebalan pipa (m) = 0.001 m
- A_o pipa : luas permukaan luar (m^2)
= 0.000386879 m^2
- A_m pipa : luas permukaan rata – rata (m^2)=
0.000369845 m^2

K_{pipa} : daya hantar pipa tembaga (W/m.K) = 390 W/m.K

Sehingga dari persamaan 4.7 didapatkan:

$$R2 = \frac{X_{\text{pipa}} \times A_{O_{\text{pipa}}}}{K_{\text{pipa}} \times A_{m_{\text{pipa}}}}$$

$$R2 = \frac{0.001 \times 0.000386879}{390 \times 0.000369845}$$

$$R2 = 2.68 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

IV.3.4. Penentuan tahanan fluida air garam (NaCl)

Faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan fluida air garam adalah:

$R3$: tahanan fluida air garam ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)
 D : diameter air garam (m) = 0.42 m
 $X_{\text{air garam}}$: ketebalan air garam (m) = 0.05 m
 $A_{O_{\text{air garam}}}$: luas permukaan luar (m^2) = 0.138474 m^2
 $A_{m_{\text{air garam}}}$: luas permukaan rata - rata (m^2) = 0.01550375 m^2
 $K_{\text{air garam}}$: daya hantar air garam (W/m.K) = 303 W/m.K

Penentuan tahanan fluida air garam dapat dicari dengan menggunakan persamaan 4.7 yaitu:

$$R3 = \frac{X_{\text{airgaram}} \times A_{O_{\text{airgaram}}}}{K_{\text{airgaram}} \times A_{m_{\text{airgaram}}}}$$

$$R3 = \frac{0.05 \times 0.138474}{303 \times 0.01550375}$$

$$R3 = 0.00147 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

IV.3.5. Penentuan tahanan tabung yang bergerak

Faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan tabung yang bergerak adalah:

R4	: tahanan pipa ($m^2.K/W$)	
D	: diameter pipa (m)	= 0.42 m
X _{pipa}	: ketebalan pipa (m)	= 0.005 m
A _o pipa:	luas permukaan luar (m^2)	= 0.138474 m^2
A _m pipa	: luas permukaan rata - rata (m^2)=	
		0.136835 m^2
K _{pipa}	: daya hantar pipa besi ($W/m.K$) =	
		45 $W/m.K$

Penentuan tahanan fluida air garam dapat dicari dengan menggunakan persamaan 4.7 yaitu:

$$R4 = \frac{X_{pipa} \times A_{o\ pip a}}{K_{pip a} \times A_{m\ pip a}}$$

$$R4 = \frac{0.005 \times 0.138474}{45 \times 0.136835}$$

$$R4 = 0.000112 \text{ m}^2.K/W$$

IV.3.6. Penentuan tahanan dari permukaan pipa ke air

Penentuan tahanan permukaan pipa ke air dapat dicari dengan persamaan *Stoecker, 1987 hal 233*, sebagai berikut:

$$R5 = \frac{A_o}{h_i \times A_i} \dots \dots \dots 4.8$$

Dimana:

R5	: tahanan pipa ($m^2.K/W$)	
D	: diameter pipa (m)	= 0.42 m
A _o	: luas permukaan luar (m^2)	= 0.138474 m^2
A _i	: luas permukaan dalam (m^2)	= 0.138474 m^2
h _i	: koefisien perpindahan panas air ($W/m^2.K$)	

Nilai koefisien perpindahan panas air (h_i) dapat dicari dengan menggunakan persamaan 4.6:

$$h = 0.023 \left(\frac{VxDx\rho}{\nu} \right)^{0.8} \left(\frac{Cp\nu}{k} \right)^{0.4} x \frac{k}{D}$$

Dimana :

$$\rho \text{ air} = 995 \text{ kg/m}^3$$

$$Cp \text{ air} = 4190 \text{ kJ/kg.K}$$

$$\mu = 0.000773 \text{ Pa.det}$$

$$k \text{ air} = 0.617 \text{ W/m.K}$$

$$D = 0.42 \text{ m}$$

$$V = 8.585 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

Sehingga:

$$h = 0.023 \left(\frac{8.585 \times 10^{-5} \times 0.42 \times 995}{0.000773} \right)^{0.8} \left(\frac{4190 \times 0.000773}{0.617} \right)^{0.4} x \frac{0.617}{0.42}$$

$$h_i = 4.566 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

jadi nilai tahanan permukaan pipa luar ke air adalah:

$$R5 = \frac{A_o}{h_i x A_i}$$

$$R5 = \frac{0.138474}{4.566 \times 0.138474}$$

$$R5 = 0.219 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

IV.3.7. Penentuan koefisien perpindahan panas total

Penentuan koefisien perpindahan panas total merupakan penjumlahan dari masing – masing koefisien tahanan tiap bagian, yang mengacu pada persamaan *Stoecker, 1987 hal 237*:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{X A_o}{k A_m} + \frac{A_o}{h_i A_i} \dots\dots\dots 4.9$$

Sehingga

$$1/U = 1/R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$1/U = 1/157.488 + 2.68 \times 10^{-6} + 0.00147 + 0.000112 + 0.219$$

$$1/U = 0.00634$$

$$U = 157.709 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

IV.3.8. Perhitungan beda temperatur rata – rata logaritmik (ΔT_{LMTD})

Untuk menentukan besarnya temperatur udara masuk dari evaporator terdapat beberapa parameter – parameter temperatur yang harus diketahui antara lain:

T pengembunan: 50 °C

T udara masuk : 30 °C

T udara keluar : 35 °C

Parameter – parameter tersebut berdasarkan persamaan, *Stoecker, 1987 hal 234*

$$LMTD = \frac{(T_c - T_{in}) - (T_c - T_{out})}{\ln \frac{(T_c - T_{in})}{(T_c - T_{out})}}$$

$$LMTD = \frac{(50 - 30) - (50 - 35)}{\ln \frac{(50 - 30)}{(50 - 35)}}$$

$$LMTD = 17.38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$LMTD = 291.53 \text{ } ^\circ\text{K}$$

IV.3.9. Perhitungan panjang pipa yang dibutuhkan

Besarnya luasan yang dibutuhkan untuk penguapan refrigeran pada evaporator ini digunakan persamaan:

$$A = \frac{Q_e}{U \times T_{LMTD}} \dots\dots\dots 4.10$$

$$A = \frac{2590}{157.709 \times 17.38}$$

$$A = 0.945 \text{ m}^2$$

Sehingga:

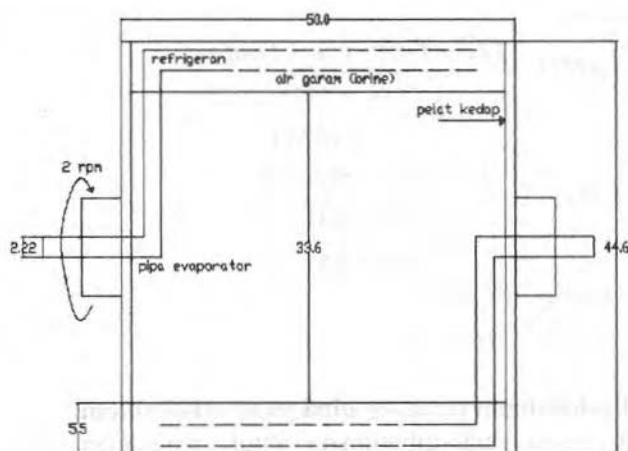
Panjang pipa yang dibutuhkan adalah:

$$Lev = \frac{A}{\pi \times D}$$

$$Lev = \frac{0.945}{3.14 \times 0.0222}$$

$$Lev = 13.56 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan desain drum evaporator sebagai berikut:



Gambar 4.2 Desain 2D drum evaporator

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a stylized figure inside, followed by the letters 'ITS' and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in smaller text below it. The logos are arranged in a grid across the entire page.

BAB V
ANALISA DATA
DAN PEMBAHASAN

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

V.1. Umum

Dalam analisa data dibuat beberapa variasi percobaan dengan mengatur putaran pada katup ekspansi, sehingga didapatkan unjuk kerja dari evaporator dalam menghasilkan produk.

Dalam percobaan putaran katup ekspansi divariasikan dari bukaan penuh, bukaan $\frac{1}{2}$. Dalam pengambilan data ditentukan setiap 15 menit guna mengetahui unjuk kerja evaporator lebih teliti.

V.2. Pemasangan evaporator pada sistem

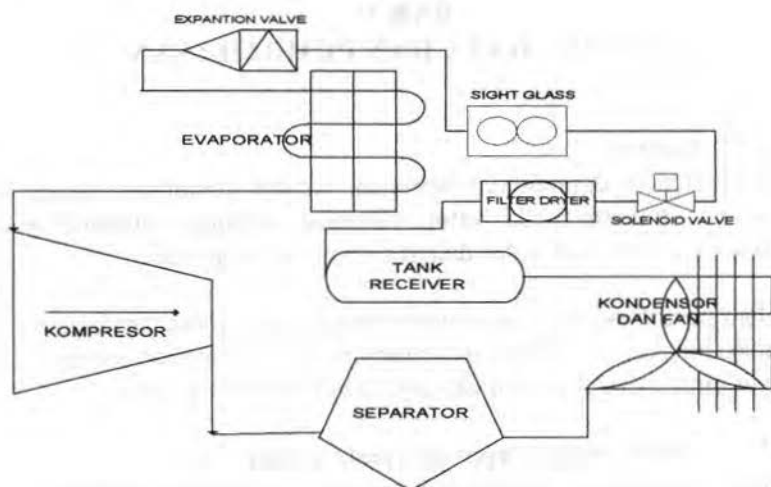
Beberapa peralatan yang harus disiapkan pada sistem pendingin:

1. evaporator
2. kondensor
3. kompresor
4. sight glass
5. katup ekspansi
6. filter dryer
7. tank receiver (tangki penampung)
8. solenoid valve
9. panel listrik
10. separator

Alat pendukung untuk mengetahui unjuk kerja sistem pendingin:

1. pressure gauge
2. thermometer

Diagram alir dari sistem pendingin dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5.1 diagram alir sistem pendingin

V.3. Percobaan

V.3.1 Pada tahapan percobaan diperlukan persiapan – persiapan

1. menyiapkan semua peralatan yang digunakan
2. memastikan katup – katup dalam kondisi baik
3. memastikan semua alat ukur yang digunakan dalam kondisi baik
4. memastikan refrigeran sudah terisi
5. memastikan tidak ada kebocoran

V.3.2. Jalannya Penelitian

Setelah instalasi berhasil dirakit, selanjutnya perlu melakukan penyetelan alat dan tes kebocoran. Mula – mula dilakukan pemvakuman untuk memastikan tidak adanya udara di dalam sistem. Setelah itu pengisian refrigeran dilakukan secara perlahan-

lahan dengan menghidupkan kompresor. Pengisian refrigeran ini sampai dianggap cukup, keadaan ini ditandai bila refrigeran pada *sight glass* tidak ada gelembung uap, hal ini menunjukkan bahwa fase uap seluruhnya berubah menjadi fase cair setelah keluar kondensor. Data-data yang dicatat yaitu suhu dan tekanan.

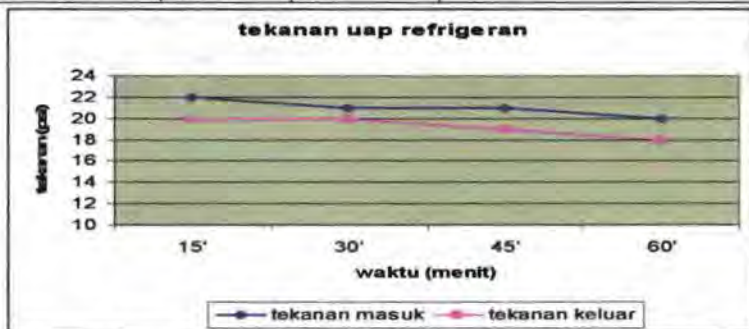
V.4. Analisa dengan menggunakan finned evaporator

Percobaan dilakukan dengan membuat variasi putaran katup ekspansi mulai bukaan penuh, bukaan $\frac{1}{2}$. Percobaan dilakukan selama kurang lebih 1 jam. Pengambilan data baru dimulai ketika sistem dapat bekerja stabil.

a. Hasil pengamatan BUKAAN PENUH

Tabel 5.1 tekanan evaporator bukaan penuh

TIME (h)	PRESSURE (psi)		KETERANGAN
	IN	OUT	
15'	22	20	Tidak terdapat bunga es pada pipa evaporator
30'	21	20	Timbul bunga - bunga es pada pipa evaporator
45'	21	19	
60'	20	18	



Grafik 5.1. tekanan uap refrigeran dengan bukaan penuh katup ekspansi

Pada grafik tersebut diatas diketahui bahwa tekanan uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya

waktu percobaan. Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam percobaan, maka tekanan uap refrigerannya semakin kecil.

Penurunan rata - rata tekanan tidak terlalu besar, waktu percobaan 15 menit dapat menghasilkan tekanan masuk uap refrigeran sebesar 22 psi dan tekanan keluar sebesar 20 psi. Bunga - bunga es pada pipa evaporator mulai muncul ketika waktu pada 30 menit dan tekanan masuk 20 psi. Sedangkan pada kondisi waktu 60 menit berhasil mencapai tekanan uap refrigeran masuk 20 psi dan tekanan keluar 18 psi.

Penurunan tekanan uap refrigeran masuk yang terjadi pada evaporator dipengaruhi oleh losses karena panjang pipa dan banyaknya belokan dan fitting.

b. Hasil pengamatan BUKAAN $\frac{1}{2}$

Tabel 5.2 tekanan evaporator bukaan $\frac{1}{2}$

TIME (h)	PRESSURE (psi)		PRODUCED (kg)
	IN	OUT	
15'	20	19	Tidak terdapat bunga es pada pipa evaporator
30'	18	17	
45'	17	15	Timbul bunga - bunga es pada pipa evaporator
60'	14	11	



Grafik 5.2. tekanan uap refrigeran dengan bukaan 1/2 katup ekspansi

Pada grafik tersebut diatas diketahui bahwa tekanan uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya waktu percobaan. Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam percobaan, maka tekanan uap refrigerannya semakin kecil.

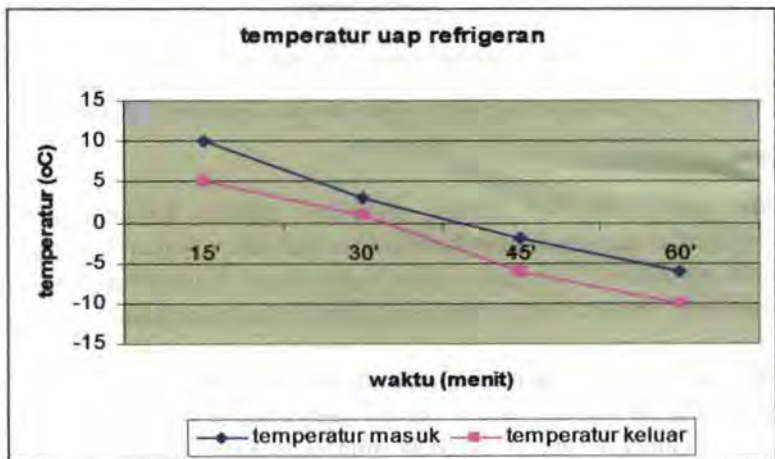
Pada waktu percobaan 15 menit dapat menghasilkan tekanan masuk uap refrigeran sebesar 20 psi dan tekanan keluar sebesar 19 psi. Bunga – bunga es pada pipa evaporator mulai muncul ketika waktu pada 45 menit dan tekanan masuk 17 psi. Sedangkan pada kondisi waktu 60 menit berhasil mencapai tekanan uap refrigeran masuk 14 psi dan tekanan keluar 11 psi.

Grafik yang terjadi tidak jauh berbeda dengan katup ekspansi bukaan penuh hanya saja terjadi tekanannya lebih rendah karena laju aliran massanya lebih kecil daripada laju aliran massa katup ekspansi yang dibuka penuh.

c. Hasil Pengamatan BUKAAN PENUH

Tabel 5.3 temperatur evaporator bukaan penuh

TIME (h)	TEMPERATURE (°C)		KETERANGAN
	IN	OUT	
15'	10	5	Tidak terdapat bunga es pada pipa evaporator
30'	3	1	Timbul bunga - bunga es pada pipa evaporator
45'	-2	-6	
60'	-6	-10	



Grafik 5.3. temperatur uap refrigeran dengan bukaan penuh katup ekspansi

Pada grafik tersebut diatas diketahui bahwa temperatur uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya waktu percobaan. Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam percobaan, maka temperatur uap refrigerannya semakin rendah.

Terjadi penurunan rata - rata temperatur yang besar, waktu percobaan 15 menit dapat menghasilkan temperatur masuk uap

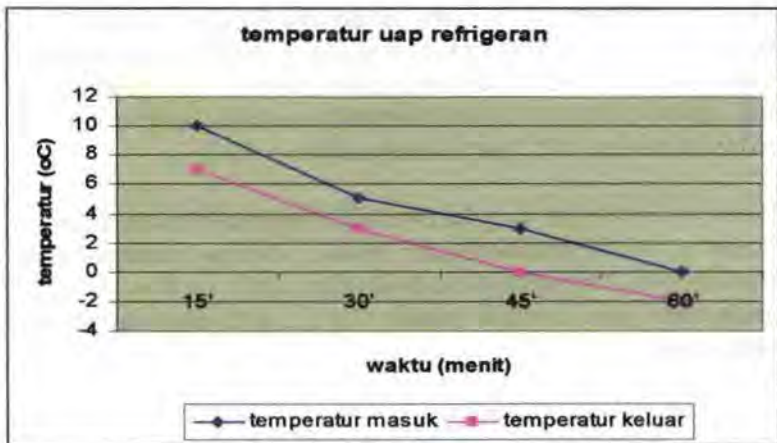
refrigeran sebesar $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan temperatur keluar sebesar $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bunga – bunga es pada pipa evaporator mulai muncul ketika waktu pada 30 menit dan temperatur masuk $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada kondisi waktu 60 menit berhasil mencapai temperatur uap refrigeran masuk $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan keluar $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Besarnya temperatur yang terjadi pada evaporator mempengaruhi kecepatan dalam mendinginkan beban. Dengan menggunakan evaporator ini dimungkinkan dapat digunakan untuk membuat es karena suhu yang tercapai adalah $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan untuk titik beku air hanya $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

d. Hasil Pengamatan Bukaan $\frac{1}{2}$

Tabel 5.4 temperatur evaporator bukaan $\frac{1}{2}$

TIME (h)	TEMPERATURE ($^{\circ}\text{C}$)		PRODUCED (kg)
	IN	OUT	
15'	10	7	Tidak terdapat bunga es pada pipa evaporator
30'	5	3	
45'	3	0	Timbul bunga - bunga es pada pipa evaporator
60'	0	-2	



Grafik 5.4. temperatur uap refrigeran dengan bukaan $\frac{1}{2}$ katup ekspansi

Pada grafik tersebut diatas diketahui bahwa temperatur uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya waktu percobaan. Semakin lama waktu yang dibutuhkan dalam percobaan, maka temperatur uap refrigerannya semakin rendah dan bunga – bunga es yang dihasilkan juga semakin banyak..

Penurunan rata – rata temperatur tidak lumayan besar, waktu percobaan 15 menit dapat menghasilkan temperatur masuk uap refrigeran sebesar 10 °C dan temperatur keluar sebesar 7 °C. Bunga – bunga es pada pipa evaporator mulai muncul ketika waktu pada 45 menit dan temperatur masuk 3 °C. Sedangkan pada kondisi waktu 60 menit berhasil mencapai temperatur uap refrigeran masuk 0 °C dan temperatur uap keluar -2 °C.

Besarnya temperatur yang terjadi pada evaporator mempengaruhi kecepatan dalam mendinginkan beban. Terjadi perbedaan yang besar antara katup ekspansi bukaan penuh dengan katup ekspansi bukaan $\frac{1}{2}$, hal ini dipengaruhi dari laju aliran massa, karena

semakin besar laju aliran massanya dapat mempercepat proses pendinginan beban.

V.5. Analisa dengan menggunakan drum evaporator

Pada analisa sistem pendingin dengan menggunakan tipe drum evaporator ini mengalami beberapa kendala, tetapi pada dasarnya alat yang sudah direncanakan tersebut sudah sesuai dengan desain dan siap untuk di jalankan. Berikut gambar desain alat drum evaporator:



Gambar 5.2 evaporator unit

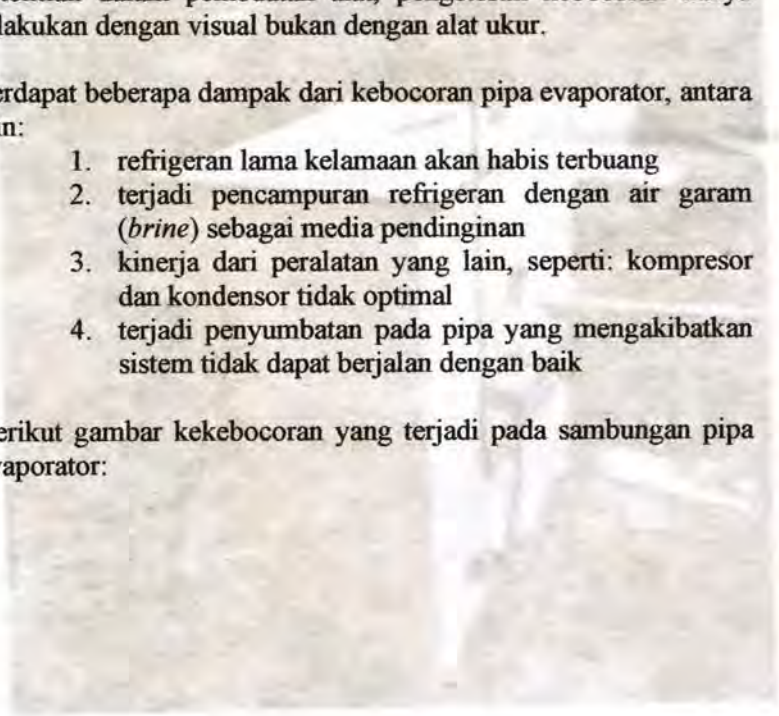
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa kondisi sistem pendingin siap untuk dijalankan. Namun dalam kenyataannya evaporator yang sudah dipasang tersebut tidak dapat dijalankan dikarenakan terjadi kebocoran pada pipa evaporator. Keputusan ini diambil dengan pertimbangan – pertimbangan teknis apabila sistem pendingin tersebut tetap dijalankan dikhawatirkan akan merusak peralatan yang lain. Peralatan yang dikhawatirkan mengalami kerusakan adalah kompresor.

Penyebab dari kebocoran pipa evaporator dikarenakan kurangnya ketelitian dalam pembuatan alat, pengetesan kebocoran hanya dilakukan dengan visual bukan dengan alat ukur.

Terdapat beberapa dampak dari kebocoran pipa evaporator, antara lain:

1. refrigeran lama kelamaan akan habis terbuang
2. terjadi pencampuran refrigeran dengan air garam (*brine*) sebagai media pendinginan
3. kinerja dari peralatan yang lain, seperti: kompresor dan kondensor tidak optimal
4. terjadi penyumbatan pada pipa yang mengakibatkan sistem tidak dapat berjalan dengan baik

Berikut gambar kebocoran yang terjadi pada sambungan pipa evaporator:





Gambar 5.3 kebocoran pipa evaporator

Melihat kondisi seperti diatas, maka dapat disimpulkan sistem pendingin tidak dapat dijalankan, namun pada dasarnya sistem sudah berjalan dengan baik.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' and the text 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' below it. The logos are arranged in a grid-like fashion across the entire page.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan analisa data terhadap penelitian tugas akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut:

VI.1. KESIMPULAN

1. sistem pendingin dengan menggunakan tipe finned evaporator mempunyai hasil sebagai berikut:
 - pada bukaan penuh katup ekspansi tekanan yang dihasilkan berbanding terbalik dengan waktu yang ditentukan. Tekanan akhir yang dicapai adalah tekanan masuk 20 psi dan tekanan keluar 18 psi. Bunga – bunga es mulai terjadi pada tekanan masuk 21 psi dalam 30 menit lebih cepat daripada bukaan setengah katup ekspansi.
 - pada bukaan penuh katup ekspansi temperatur yang dihasilkan berbanding terbalik dengan waktu yang ditentukan. Tekanan akhir yang dicapai adalah temperatur masuk -6°C dan temperatur keluar -10°C . Bunga – bunga es mulai terjadi pada temperatur masuk -3°C dalam 30 menit lebih rendah daripada temperatur dengan bukaan setengah katup ekspansi.
2. model fisik yang dihasilkan adalah drum evaporator dengan panjang pipa 13.56 m, diameter 0.0222 m dan tebal pipa 0.001 m. Bahan pipa dari tembaga dan stainless steel.

VI. 2. SARAN

1. model drum evaporator sistem pendingin ini perlu adanya penelitian lebih lanjut supaya lebih baik lagi
2. dalam perencanaan desain perlu diperhatikan material dan proses pengerjaannya supaya kendala – kendala pada model bisa diatasi.

The background of the page is a repeating pattern of the ITS (Institut Teknologi Sepuluh Nopember) logo. Each logo consists of a circular emblem with a crown on top, followed by the letters 'ITS' in a bold, sans-serif font, and the full name 'Institut Teknologi Sepuluh Nopember' in a smaller font below it. The logos are arranged in a grid-like pattern across the entire page.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Annie & Gunther, (1998), " *Refrigeration, Air Conditioning*," John wiley & Son.

Dossat, (1961), " *Principles of Refrigeration*", John wiley & Son.

Handoko, K, (1979), " *Room Air Conditioner*", PT. Ichtiar Baru, Jakarta

<http://inventors.about.com/library/inventors/blrefrigerator.htm>

Illyas, (1983), " *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*", edisi 1, CV. Paripurna.

Kurniawan, Dedy, (2005), " *Studi Perencanaan Evaporator pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Etanol*", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapaln FTK-ITS, Surabaya.

Stoecker, Wilbert F, (1994), " *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*", Erlangga, Jakarta





LAMPIRAN

Tabel Daya hantar thermal dan viskositas refrigerant jenuh, cair dan uap

Tabel 15-5 Daya hantar termal dan viskositas refrigeran jenuh, cair dan uap.¹

Refrigeran	t, °C	Viskositas, Pa · det		Daya hantar, W/m · K	
		Cairan	Uap	Cairan	Uap
11	-40	0,000922		0,106	
	-20	0,000694		0,100	
	0	0,000546		0,0943	
	20	0,000441	0,0000103	0,0890	
	40	0,000367	0,0000119	0,0832	0,00841
	60	0,000312	0,0000127	0,0777	0,0093
12	-40	0,000409		0,0931	
	-20	0,000325	0,0000108	0,0857	0,00734
	0	0,000267	0,0000118	0,0784	0,00838
	20	0,000225	0,0000126	0,0711	0,00938
	40	0,000194	0,0000135	0,0637	0,0105
	60	0,000169	0,0000148	0,0564	0,0118
22	-40	0,000330	0,0000101	0,120	0,0069
	-20	0,000275	0,0000110	0,110	0,00817
	0	0,000217	0,0000120	0,100	0,00942
	20	0,000206	0,0000130	0,090	0,0107
	40	0,000182	0,0000144	0,0805	0,0119
	60	0,000162	0,0000160	0,0704	0,0133
502	-40	0,000356	0,0000100	0,0898	0,00796
	-20	0,000284	0,0000111	0,0820	0,00907
	0	0,000233	0,0000120	0,0742	0,0102
	20	0,000193	0,0000132	0,0665	0,0114
	40	0,000153	0,0000146	0,0585	0,0124
	60	0,000117	0,0000161	0,0486	0,0144
717	-40			0,632	
	-20	0,000236	0,0000097	0,585	0,0204
	0	0,000190	0,0000104	0,540	0,0218
	20	0,000152	0,0000112	0,493	0,0267
	40	0,000122	0,0000120	0,447	0,0318
	60	0,000098	0,0000129	0,400	0,0381

Tabel R-22

Tabel A-6 Refrigeran 22: sifat-sifat cairan dan uap jenuh*

t, °C	P, kPa	Entalpi, kJ/kg		Entropi, kJ/kg · K		Volume spesifik, L/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
-60	37,48	134,763	379,114	0,73254	1,87886	0,68208	537,152
-55	49,47	139,830	381,529	0,75599	1,86389	0,68836	414,827
-50	64,39	144,959	383,921	0,77919	1,85060	0,69526	324,557
-45	82,71	150,153	386,282	0,80216	1,83708	0,70219	256,990
-40	104,95	155,414	388,609	0,82490	1,82304	0,70936	205,745
-35	131,68	160,742	390,896	0,84743	1,81380	0,71680	166,400
-30	163,48	166,140	393,138	0,86976	1,80329	0,72452	135,844
-28	177,76	168,318	394,021	0,87864	1,79927	0,72769	125,563
-26	192,99	170,507	394,896	0,88748	1,79535	0,73092	116,224
-24	209,22	172,708	395,762	0,89630	1,79152	0,73420	107,701
-22	226,48	174,919	396,619	0,90509	1,78779	0,73753	99,9362
-20	244,83	177,142	397,467	0,91386	1,78415	0,74091	92,8432
-18	264,29	179,376	398,305	0,92259	1,78059	0,74436	86,3546
-16	284,93	181,622	399,133	0,93129	1,77711	0,74786	80,4103
-14	306,78	183,878	399,951	0,93997	1,77371	0,75143	74,9272
-12	329,89	186,147	400,759	0,94862	1,77039	0,75506	69,9478
-10	354,30	188,426	401,558	0,95725	1,76713	0,75876	65,3399
-9	367,01	189,571	401,949	0,96155	1,76553	0,76063	63,1746
-8	380,06	190,718	402,341	0,96585	1,76394	0,76253	61,0958
-7	393,47	191,868	402,729	0,97014	1,76237	0,76444	59,0996
-6	407,23	193,021	403,114	0,97442	1,76082	0,76636	57,1820
-5	421,35	194,176	403,496	0,97870	1,75928	0,76831	55,3394
-4	435,84	195,335	403,876	0,98297	1,75775	0,77028	53,5682
-3	450,70	196,497	404,252	0,98724	1,75624	0,77226	51,8653
-2	465,94	197,662	404,626	0,99150	1,75475	0,77427	50,2274
-1	481,57	198,828	404,994	0,99575	1,75326	0,77629	48,6517
0	497,59	200,000	405,361	1,00000	1,75279	0,77834	47,1354
1	514,01	201,174	405,724	1,00424	1,75034	0,78041	45,6757
2	530,83	202,351	406,084	1,00848	1,74889	0,78249	44,2702
3	548,06	203,530	406,440	1,01271	1,74746	0,78460	42,9166
4	565,71	204,713	406,793	1,01694	1,74604	0,78673	41,6124
5	583,78	205,899	407,143	1,02116	1,74463	0,78889	40,3556
6	602,28	207,089	407,489	1,02537	1,74324	0,79107	39,1441
7	621,22	208,281	407,831	1,02958	1,74185	0,79327	37,9759
8	640,59	209,477	408,169	1,03379	1,74047	0,79549	36,8493
9	660,42	210,675	408,504	1,03799	1,73911	0,79775	35,7624
10	680,70	211,877	408,835	1,04218	1,73775	0,80002	34,7136
11	701,44	213,083	409,162	1,04637	1,73640	0,80232	33,7013
12	722,65	214,291	409,485	1,05056	1,73506	0,80465	32,7239
13	744,33	215,503	409,804	1,05474	1,73373	0,80701	31,7801
14	766,50	216,719	410,119	1,05892	1,73241	0,80939	30,8683
15	789,15	217,937	410,430	1,06309	1,73109	0,81180	29,9874
16	812,29	219,160	410,736	1,06726	1,72978	0,81424	29,1364
17	835,93	220,386	411,038	1,07142	1,72848	0,81671	28,3131
18	860,08	221,615	411,336	1,07559	1,72719	0,81922	27,5173
19	884,75	222,848	411,629	1,07974	1,72590	0,82175	26,7477
20	909,93	224,084	411,918	1,08390	1,72462	0,82431	26,0032
21	935,64	225,324	412,202	1,08805	1,72334	0,82691	25,2829
22	961,89	226,568	412,481	1,09220	1,72206	0,82954	24,5857
23	988,67	227,816	412,755	1,09634	1,72080	0,83221	23,9107
24	1016,0	229,068	413,025	1,10048	1,71953	0,83491	23,2572
25	1043,9	230,324	413,289	1,10462	1,71827	0,83765	22,6242
26	1072,3	231,583	413,548	1,10876	1,71701	0,84043	22,0111
27	1101,4	232,847	413,802	1,11290	1,71576	0,84324	21,4169
28	1130,9	234,115	414,050	1,11703	1,71450	0,84610	20,8411

Tabel A-6 (lanjutan)

$t, ^\circ\text{C}$	P, kPa	Entalpi, kJ/kg		Entropi, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		Volume spesifik, L/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
29	1161,1	235,387	414,293	1,12116	1,71325	0,84899	20,2829
30	1191,9	236,664	414,530	1,12530	1,71200	0,85193	19,7417
31	1223,2	237,944	414,762	1,12943	1,71075	0,85491	19,2168
32	1255,2	239,230	414,987	1,13355	1,70950	0,85793	18,7076
33	1287,8	240,520	415,207	1,13768	1,70826	0,86101	18,2135
34	1321,0	241,814	415,420	1,14181	1,70701	0,86412	17,7341
35	1354,8	243,114	415,627	1,14594	1,70576	0,86729	17,2686
36	1389,2	244,418	415,828	1,15007	1,70450	0,87051	16,8168
37	1424,3	245,727	416,021	1,15420	1,70325	0,87378	16,3779
38	1460,1	247,041	416,208	1,15833	1,70199	0,87710	15,9517
39	1496,5	248,361	416,388	1,16246	1,70073	0,88048	15,5375
40	1533,5	249,686	416,561	1,16659	1,69946	0,88392	15,1351
41	1571,2	251,016	416,726	1,17073	1,69819	0,88741	14,7439
42	1609,6	252,352	416,883	1,17486	1,69692	0,89097	14,3636
43	1648,7	253,694	417,033	1,17900	1,69564	0,89459	13,9938
44	1688,5	255,042	417,174	1,18315	1,69435	0,89828	13,6341
45	1729,0	256,396	417,308	1,18730	1,69305	0,90203	13,2841
46	1770,2	257,756	417,432	1,19145	1,69174	0,90586	12,9436
47	1812,1	259,123	417,548	1,19560	1,69043	0,90976	12,6122
48	1854,8	260,497	417,655	1,19977	1,68911	0,91374	12,2895
49	1898,2	261,877	417,752	1,20393	1,68777	0,91779	11,9753
50	1942,3	263,264	417,838	1,20811	1,68643	0,92193	11,6693
52	2032,8	266,062	417,983	1,21648	1,68370	0,93047	11,0806
54	2126,5	268,891	418,083	1,22489	1,68091	0,93939	10,5214
56	2223,2	271,754	418,137	1,23333	1,67805	0,94872	9,98952
58	2323,2	274,654	418,141	1,24183	1,67511	0,95850	9,48319
60	2426,6	277,594	418,089	1,25038	1,67208	0,96878	9,00062
62	2533,3	280,577	417,978	1,25899	1,66895	0,97960	8,54016
64	2643,5	283,607	417,802	1,26768	1,66570	0,99104	8,10023
66	2757,3	286,690	417,553	1,27647	1,66231	1,00317	7,67934
68	2874,7	289,832	417,226	1,28535	1,65876	1,01608	7,27605
70	2995,9	293,038	416,809	1,29436	1,65504	1,02987	6,88899
75	3316,1	301,399	415,299	1,31758	1,64472	1,06916	5,98334
80	3662,3	310,424	412,898	1,34223	1,63239	1,11810	5,14862
85	4036,8	320,505	409,101	1,36936	1,61673	1,18328	4,35815
90	4442,5	332,616	402,653	1,40155	1,59440	1,28230	3,56440
95	4883,5	351,767	386,708	1,45222	1,54712	1,52064	2,55133

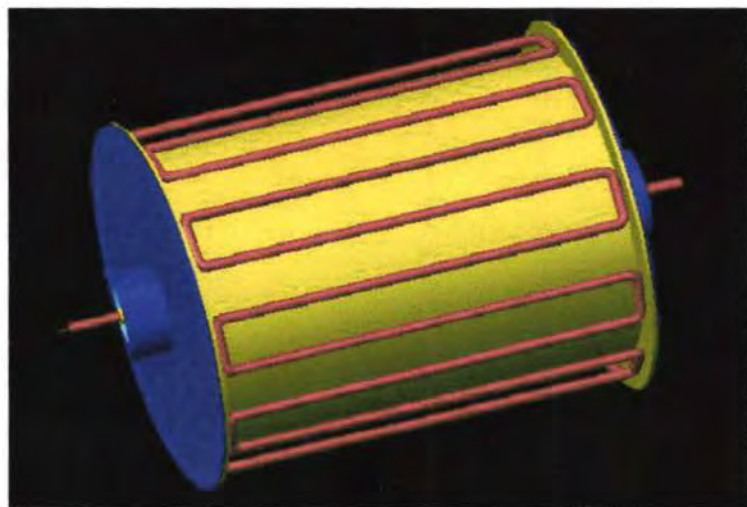
Model alternatif evaporator (*cooling unit*)

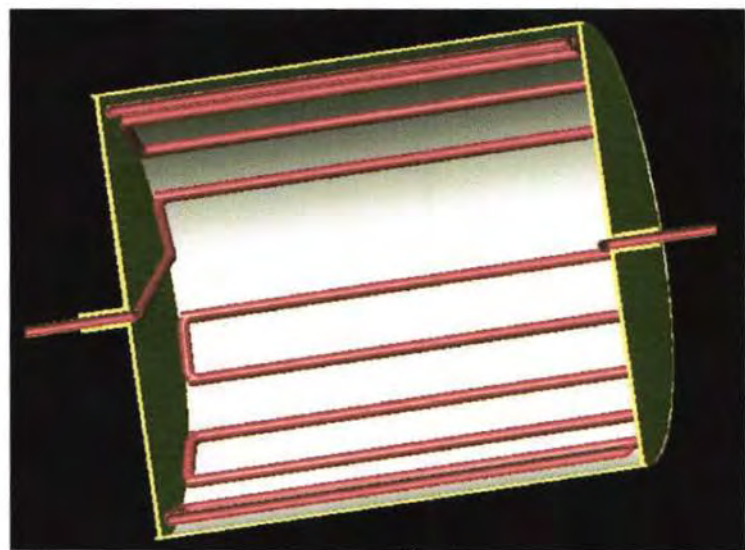
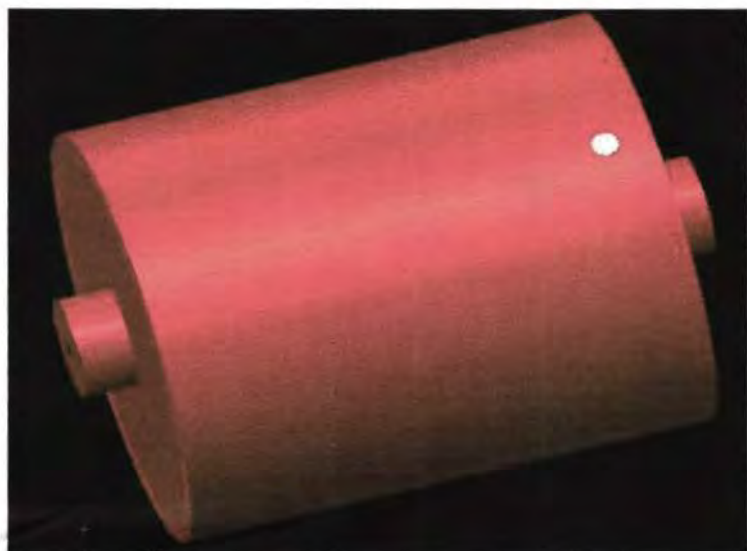


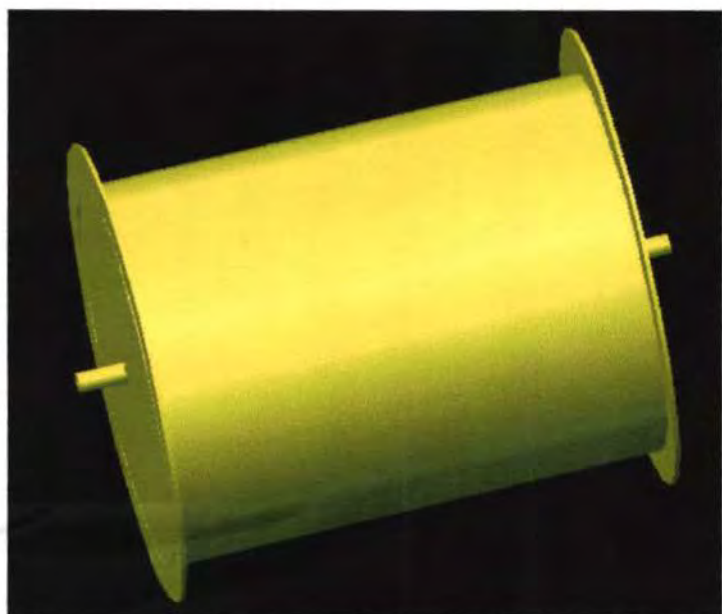




Desain Evaporator







BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik 22 tahun yang lalu tepatnya pada tanggal 21 Juni 1984 yang merupakan anak ketiga dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Randu Agung II Gresik, SLTPN 1 Gresik, SMUN 1 Gresik. Penulis mengikuti ujian masuk perguruan tinggi negeri (SPMB) pada tahun 2002 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS terdaftar dengan NRP 4202100016.

Marine Machinery System (MMS) merupakan bidang studi keahlian yang dipilih penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.

Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif dalam berbagai kegiatan dan keorganisasian. Kegiatan yang pernah dipimpinnya adalah “Malam Keakraban 2004” dan bergabung dalam Steering Committee (SC) pengkaderan tahun 2004. Penulis juga pernah menjabat sebagai Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS. Pada tahun 2006 penulis menjabat sebagai Administrator Laboratorium Komputasional dan 3D Studio di kampusnya. PT. Marulin Maju Utama Surabaya dan PT. (persero) Biro Klasifikasi Indonesia Surabaya merupakan tempat kerja praktek penulis masing-masing 1 bulan. Penulis pernah menjadi *designer* kapal ikan dan kapal fiber di PT. Marulin Maju Utama Surabaya.

Pelatihan yang pernah diikuti penulis adalah LKMM-TD (2003), *Communication And Public Relation* (2004), Basic Automotive Short Course (2004), ISO 9001 (2005).