25539/H/06

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR
LS 1336

STUDI PERENCANAAN EVAPORATOR PADA SISTEM PENDINGIN ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN ETANOL

RSSP
621.56
Wib
S-1
2006

Disusun Oleh :

Dedy Kurniawan Wibowo
4201.100.003

PERPUSTAKAAN
ITS

Tgl. Terima	7-2-2006
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	224425

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
BIDANG STUDI MARINE MACHINERY SYSTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2006

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERENCANAAN EVAPORATOR PADA SISTEM PENDINGIN ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN ETANOL

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, Januari 2006

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Semin Sanuri, MT	**Ir. H. Agoes Santoso, MSc, M.Phil**
NIP. 132 163 128	**NIP. 131 933 295**

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Sekretariat : Gedung WA Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya, Telp. 031-5994251-5 Ext. 1100-1103, Fax. 031-5994754
E-mail : mare_its@surabaya.wasantara.net.id, jtsp@its.ac.id

SURAT KEPUTUSAN PENGERJAAN TUGAS AKHIR LS 1336

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa	:	Dedy Kurniawan Wibowo
Nrp:	:	4201 100 003
Dosen pembimbing	:	1. Ir. Semin Sanuri, MT, GMRINA 2. Ir. H. Agoes Santoso, MSc, MPhil
Tanggal Diberikan Tugas	:	
Tanggal Diselesaikan Tugas	:	
Judul Tugas Akhir	:	Studi Perencanaan Evaporator Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Etanol.

Surabaya, 10 Oktober 2005
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan ITS

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Ir. Suryo Widodo Adji, MSc
NIP: 131 879 390

Yang menerima tugas,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II	Mahasiswa
Ir. Semin Sanuri, MT, GMRINA	Ir. H. Agoes Santoso, MSc, MPhil	Dedy Kurniawan Wibowo
NIP: 132 163 128	NIP: 131 933 295	NRP : 4201 100 003

ABSTRAK

ABSTRAK

Indonesia berkomitmen menghentikan penggunaan bahan perusak ozon (BPO) baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri paling lambat pada tahun 2007. Dengan adanya kebijakan mengenai CFCs oleh pemerintah khususnya Departemen Lingkungan Hidup, maka refrigeran untuk CFCs dilarang dipergunakan. Sehingga diperlukan refrigeran alternatif yang ramah terhadap lingkungan. Siklus pendingin adsorpsi dengan menggunakan pasangan karbon aktif dan etanol adalah siklus semi kontinu atau intermitten dengan komponen utama adalah kolektor/ generator adsorber, kondensor, dan evaporator. Satu siklus terdiri dari siklus desorpsi – kondensasi dan siklus adsorpsi – evaporasi. Pada penelitian ini dianalisa kemampuan adsorpsi karbon aktif dan etanol maupun metanol. Untuk dapat mengetahui unjuk kerja evaporator pada sistem pendingin adsorpsi ini dengan beban pendinginan sebesar 63,879 Watt. Temperatur yang dihasilkan pada pasangan karbon aktif dan metanol sebesar 22^0C, sedangkan pada pasangan karbon aktif dan etanol sebesar 26^0C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pendingin adsorpsi membutuhkan waktu yang lama dan kapasitas besar untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Kata kunci : Sistem Pendingin Adsorpsi, Karbon Aktif + Etanol,Evaporator

ABSTRACT

Indonesia commits to discontinue ozone pest substance use (BPO) to slowest industry or domestic importance late in the year 2007. With policy existence hit CFCs by government specially the Environment Department, hence refrigerant for CFCs prohibited to be utilized. So that needed friendly refrigerant alternative to environment. Cycle of cooler adsorption by using couple of active carbon and ethanol is semi cycle continue or intermittent with especial component are collector/ generator adsorbed, condenser and evaporator. One cycle consisted of cycle adsorption - condense and cycle desorption - evaporation. At this research analyzed by ability adsorption of active carbon and ethanol and also methanol. To know performance of work evaporator at this cooler adsorption system with refrigeration burden equal to 63,879 Watt. Temperature yielded at active carbon couple and methanol equal to 22^0C, while active carbon couple and ethanol equal to 26^0C. Result of research indicate that cooler adsorption system require time old ones and the big capacities to get optimal result.

Keyword: Cooler Adsorption System, Active Carbon + Ethanol, Evaporator.

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan HidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul "Studi Perencanaan Evaporator Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Etanol" sesuai dengan waktu yang ditentukan.

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

Penulisan laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak agar laporan ini menjadi lebih baik.

Surabaya, Januari 2006

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini banyak pihak – pihak yang telah membantu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. ALLAH SWT, yang telah memberikan Rahmat dan HidayahNya berupa nikmat iman dan kesehatan. Sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Bapak, Ibu, dan saudara yang telah memberikan dukungan spiritual maupun material serta doanya yang tidak mungkin bisa terbalaskan didunia ini.
3. Alam Sukma W. sebagai penambah semangat dalam pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bp. Ir. Semin Sanuri, MT, GMRINA, selaku orang tua kedua bagi penulis. Tidak hanya sebagai dosen pembimbing, tapi juga sebagai dosen wali maupun kepala Lab. Mesin Fluida dan Sistem. Memberikan semangat yang tinggi agar penulis dapat segera menyelesaikan Tugas Akhir maupun studinya.
5. Bp. Ir. Agoes Santoso, MSc, M.Phil, selaku dosen pembimbing. Motivasi dan arahan yang diberikan untuk menjadikan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik.
6. Bp. Ir. Surjo Widodo Adjie, MSc, selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Telah memberikan kesempatan untuk dapat mengikuti ujian P1+, karenanya penulis dapat lulus.
7. A'a Ghozali, mas Beni, yang telah banyak membantu dari awal hingga akhir pengerjaan Tugas Akhir.
8. Teman – teman angkatan 2001 yang di Batam maupun dimana berada, Rizal Wiwi, Lodang, Leidha, Chico (fasilitas dan bantuannya), Heri, Iwan, Nanang, Oki, Ghany, Debet, Betha, Minul, Catur, semua anak Lab. Mesin, TMA.
9. Teman – teman Lab. Mesin Fluida Aris, Adi, Jhon, Taufiq (banyak jasamu), Afan (terima kasih mau bergerak cepat dan jadi partner), Mas Indarta, Justo, Deasy, Fenty, Deby, Sriyanto, Sukardi, Sunarso.
10. Pihak – pihak lain yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu, terima kasih atas segala bantuannya.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH – NOPEMBER

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i

ABSTRAK ii

KATA PENGANTAR iv

UCAPAN TERIMA KASIH v

DAFTAR ISI vi

DAFTAR GAMBAR x

DAFTAR GRAFIK xii

DAFTAR TABEL xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang ..... I - 1

1.2. Perumusan Masalah ..... I - 2

1.3. Batasan Masalah ..... I - 3

1.4. Tujuan ..... I - 3

1.5. Manfaat ..... I - 3

1.6. Sistematika Penulisan ..... I - 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum ..... II - 1

2.2. Sistem Pendingin ..... II - 2

2.2.1. Kompresi Uap ..... II - 2

2.2.2. Adsorpsi ..... II - 3

2.2.3. Prinsip Kerja Sistem Pendingin Adsorpsi ..... II - 4

2.2.4. COP ..... II - 6

2.3. Refrigeran ..... II - 7

2.3.1. Umum ..... II - 7

2.3.2. Kerja Bahan Pendingin ..... II - 8

2.3.3. Refrigeran Primer ..... II - 9

2.3.4. Refrigeran Sekunder ..... II - 10

2.4. Kondesor ..... II - 11

2.4.1. Umum ..... II - 11

2.4.2. Tipe Kondensor ..... II - 11

2.5. Evaporator ..... II - 14
2.5.1. Umum ..... II - 14
2.5.2. Tipe Evaporator ..... II - 14

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum ..... III - 1
3.2. Studi Literatur ..... III - 1
3.3. Data Unjuk Kerja Kolektor ..... III - 1
3.4. Data Unjuk Kerja Kondensor ..... III - 2
3.5. Disain Evaporator ..... III - 3
3.6. Eksperimen ..... III - 4
3.7. Analisa Unjuk Kerja Evaporator ..... III - 5
3.8. Kesimpulan dan Saran ..... III - 5

BAB IV DISAIN EVAPORATOR

4.1. Umum ..... IV - 1
4.2. Beban Pendingin ..... IV - 1
4.3.1. Beban Panas Produk ..... IV - 2
4.3.2. Beban Panas Infiltrasi ..... IV - 3
4.3.3. Beban Panas Konstruksi ..... IV - 4
4.3.4. Beban Pendinginan Total ..... IV - 10
4.3. Disain Evaporator ..... IV - 11
4.3.1. Kondisi yang direncanakan ..... IV - 12
4.3.2. Penentuan temperatur permukaan pipa Evaporator ..... IV - 13
4.3.3. Penentuan Koefisien Konveksi dari sisi Refrigeran ..... IV - 14
4.3.4. Koefisien Perpindahan Panas ..... IV - 15
4.3.5. Perhitungan beda temperatur rata – rata Logaritmik ..... IV - 16
4.3.6. Perhitungan panjang pipa ..... IV - 16

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisa pengaruh waktu rendaman terhadap Kemampuan adsorpsi ..... V - 1

5.1.1. Metanol ..... V - 1

5.1.2. Etanol ..... V - 2

5.2. Analisa pengaruh waktu rendaman terhadap Temperatur dan Tekanan uap refrigeran ..... V - 4

5.2.1. Metanol ..... V - 4

5.2.1.1. Pengaruh waktu rendaman Terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator ..... V - 4

5.2.1.2. Pengaruh waktu rendaman Terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator ..... V - 6

5.2.2. Etanol ..... V - 8

5.2.2.1. Pengaruh waktu rendaman Terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator ..... V - 8

5.2.2.2. Pengaruh waktu rendaman Terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator ..... V - 10

5.3. Analisa pengaruh tekanan uap refrigeran yang Dihasilkan oleh Kondensor terhadap Tekanan uap refrigeran pada Evaporator ..... V - 12

5.3.1. Metanol ..... V - 12

5.3.2. Etanol ..... V - 13

5.4. Analisa pengaruh temperatur uap refrigeran yang Dihasilkan oleh Kondensor terhadap temperatur uap refrigeran pada Evaporator ..... V - 15

5.4.1. Metanol ..... V - 15

5.4.2. Etanol ..... V - 16

5.5. Analisa perbandingan temperatur terhadap tekanan uap refrigeran pada Evaporator ..... V - 15
5.5.1. Metanol ..... V - 15
5.5.2. Etanol ..... V - 19

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan ..... VI - 1
6.2. Saran ..... VI - 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

4.9. Evaporator dan Kolektor ..... IV - 17
4.10. Evaporator ..... IV – 17
4.11. Evaporator dan Kondensor ..... IV – 18
4.12. Evaporator dirangkai menjadi satu sistem pendingin ..... IV – 18

BAB I
PENDAHULUAN

BAB I
PENDAHULUAN

I.1. LATAR BELAKANG

Indonesia berkomitmen menghentikan penggunaan bahan perusak ozon (BPO) baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri paling lambat pada tahun 2007. Menteri Negara Lingkungan Hidup, Rachmat Witoelar, dalam acara penerimaan dana hibah pengadaan peralatan daur ulang BPO dari United Nations Development Programme (UNDP) di Jakarta, Kamis (8/9), mengatakan bahwa komitmen itu sesuai dengan Keputusan Presiden No 23 Tahun 1992 yang meratifikasi Konvensi Wina dan Protokol Montreal tentang perlunya perlindungan terhadap ozon *[Suara Pembaruan, 9 September 2005]*.

Bahan perusak ozon yang merupakan turunan dari senyawa klor dan karbon seperti *chloroflourocarbon* (CFC), banyak digunakan oleh industri foam, aerosol, refrigerasi, solvent, methyl bromida, tembakau, dan halon. Alat refrigerasi seperti mesin pendingin ruangan (*air conditioner*) dan lemari es banyak dikonsumsi oleh masyarakat luas, padahal sebagian alat ini masih menggunakan CFC 11, CFC 12, CFC 113, dan CFC 115 yang dapat merusak lapisan ozon jika terlepas ke udara. 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]*.

Dengan adanya kebijakan mengenai CFC oleh pemerintah khususnya Departemen Lingkungan Hidup, maka refrigeran untuk CFC akan menjadi semakin langka. Sehingga diperlukan refrigeran alternatif yang lebih ramah terhadap lingkungan.

Pada dasarnya prinsip kerja sistem pendingin adsorpsi dengan sistem pendingin cold storage tidak jauh berbeda. Perbedaan utamanya adalah penggunaan kompresor pada sistem pendingin cold storage, sedangkan pada sistem pendingin adsorpsi menggunakan energi panas/ kalor untuk menggerakkan refrigeran.

Penggunaan sistem pendingin adsorpsi ini adalah tidak adanya komponen yang bergerak dan dapat bebas dalam pemilihan refrigeran yang lebih bersahabat dengan lingkungan. Karena sistem pendingin adsorpsi dapat mengambil energi panas/ kalor dari gas buang mesin atau energi surya, maka sistem ini relatif murah sebab tidak diperlukan energi tambahan untuk menjalankan sistem pendingin ini.

Siklus pendingin adsorpsi dengan menggunakan pasangan karbon aktif dan etanol adalah siklus semi kontinu atau intermitten dengan komponen utama adalah kolektor/ generator adsorber, kondensor, dan evaporator. Satu siklus terdiri dari siklus desorpsi – kondensasi dan siklus adsorpsi – evaporasi.

Komponen kolektor/ generator adsorber telah dibuat oleh peneliti terdahulu [Ghozali, 2005], sehingga untuk membentuk satu kesatuan sistem masih diperlukan adanya kondensor dan evaporator. Direncanakan akan dikerjakan secara paralel dengan kondensor yang diteliti oleh peniliti lain.

Untuk bidang Marine dengan adanya Marpol 73/78 Annex VI, secara jelas juga mengatur pembatasan terhadap ODS sebagaimana ditetapkan pada regulasi 12.

I.2. PERUMUSAN MASALAH

Mesin refrigerasi yang dipakai saat ini adalah mesin refrigerasi dengan sistem kompresi uap. Mesin refrigerasi ini memerlukan energi yang cukup besar dan juga memakai refrigeran yang tidak ramah terhadap lingkungan yaitu CFCs *(chlorofluorocarbons)*.

Seiring dengan kebutuhan akan mesin refrigerasi yang terus bertambah, maka diperlukan alternatif mesin pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif tersebut adalah sistem pendingin adsorpsi.

Pada sistem pendingin adsorpsi tidak diperlukan kompresor untuk mengalirkan refrigeran, sebagai pengganti untuk mengalirkan refrigeran dipakai kolektor/ generator adsorber yang bertindak sebagai *"Thermal Compressor"*.

Komponen utama dari sistem pendingin adsorpsi ini adalah kolektor/ generator adsorber, kondensor dan evaporator. Untuk kolektor/ generator adsorber telah dibuat oleh peneliti sebelumnya.

Dalam penelitian ini akan direncanakan sebuah disain evaporator dari sistem pendingin adsorpsi pasangan karbon aktif dan etanol yang mengacu pada disain kolektor/ generator dan kondensor sebelumnya.

I.3. BATASAN MASALAH

Untuk dapat merealisasikan penulisan tugas akhir ini, maka perlu diadakan pembatasan – pembatasan sebagai berikut :

1. Disain evaporator mengacu pada disain kolektor/ generator dan kondensor sistem pendingin adsorpsi yang sudah direncanakan sebelumnya.
2. Variabel Output Evaporator yang diukur adalah temperatur dan tekanan.
3. Refrigeran yang dipakai adalah etanol dan metanol.

I.4. TUJUAN

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan model fisik dari evaporator sistem pendingin adsorpsi.
2. Mengetahui karakteristik dari evaporator sistem pendingin adsorpsi.
3. Mengetahui unjuk kerja dari sistem pendingin adsorpsi.

I.5. MANFAAT

Manfaat yang dapat diperoleh dalam tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang sistem pendingin alternatif.

I.6. SISTEMATIKA TUGAS AKHIR

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan membahas latar belakang penulisan tugas akhir, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas teori – teori yang dapat mendukung dan menjadi pedoman dalam pelaksanaan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini membahas metode pengerjaan tugas akhir, pengolahan dan analisa data untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat sebagai topik tugas akhir.

BAB IV DISAIN EVAPORATOR

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan disain evaporator yang mengacu pada data – data sebelumnya.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan analisa data disain sampai dengan hasil percobaan dan pembahasan hasil analisa data.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan berisi kesimpulan dari tugas akhir yang telah selesai dikerjakan dan saran – saran yang diperlukan untuk penyempurnaan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Umum

Pada sistem pendingin, daur kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi untuk saat ini. Pada daur ulang ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali. Mesin kompresi uap menggunakan refrigeran yang tidak ramah terhadap lingkungan, dalam hal ini adalah CFCs (chlorofluorocarbons).

Bahan perusak ozon yang merupakan turunan dari senyawa klor dan karbon seperti chlorofluorocarbon (CFCs), banyak digunakan oleh industri foam, aerosol, refrigerasi, solvent, methyl bromida, tembakau, dan halon. Alat refrigerasi seperti mesin pendingin ruangan (*air conditioner*) dan lemari es banyak dikomsumsi oleh masyarakat luas, padahal sebagian alat ini masih menggunakan CFC 11, CFC 12, CFC 113, dan CFC 115 yang dapat merusak lapisan ozon jika terlepas ke udara.

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*].

Indonesia tetap berkomitmen menghentikan penggunaan bahan perusak ozon (BPO) baik untuk kepentingan rumah tangga atau industri paling lambat pada tahun 2007. Menteri Negara Lingkungan Hidup, Rachmat Witoelar, dalam acara penerimaan dana hibah pengadaan peralatan daur ulang BPO dari United Nations Development Programme (UNDP) di Jakarta, Kamis (8/9), mengatakan bahwa komitmen itu sesuai dengan Keputusan Presiden No. 23 Tahun 1992 yang meratifikasi Konvensi Wina dan Protokoler Montreal tentang perlunya perlindungan terhadap ozon *[Suara Pembaruan, 9 September 2005]*.

Sehingga diperlukan sistem pendingin alternatif yang dapat menggunakan refrigeran yang ramah terhadap lingkungan dan lebih ekonomis. Sistem pendingin alternatif tersebut adalah sistem pendingin adsorpsi. Dalam beberapa hal sebenarnya tidak jauh berbeda dengan daur kompresi uap. Pada sistem pendingin adsorpsi tidak membutuhkan kompresor untuk mengalirkan refrigeran, namun menggunakan kolektor/ generator adsorber yang bertindak sebagai *"Thermal Compressor"*.

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.

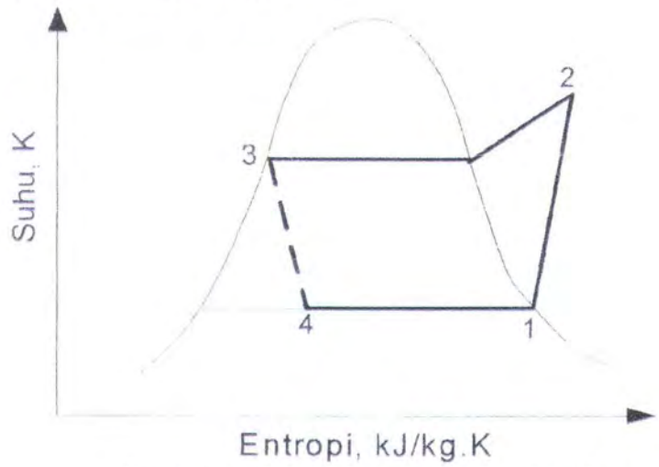
Proses-proses yang membentuk daur kompresi uap standar adalah :

1-2 Kompresi adiabatik dan reversibel, dari uap jenuh meuju tekanan kondensor.

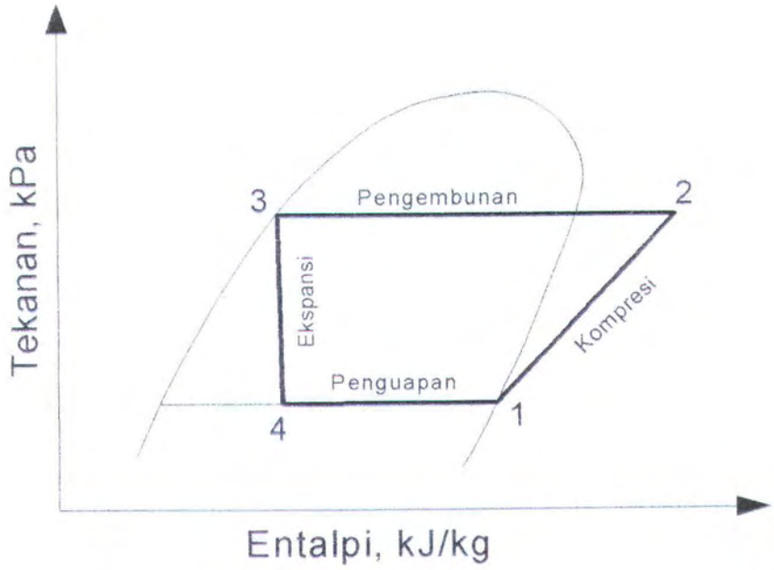
2-3 Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut dan pengembunan refrigeran.

3-4 Ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.

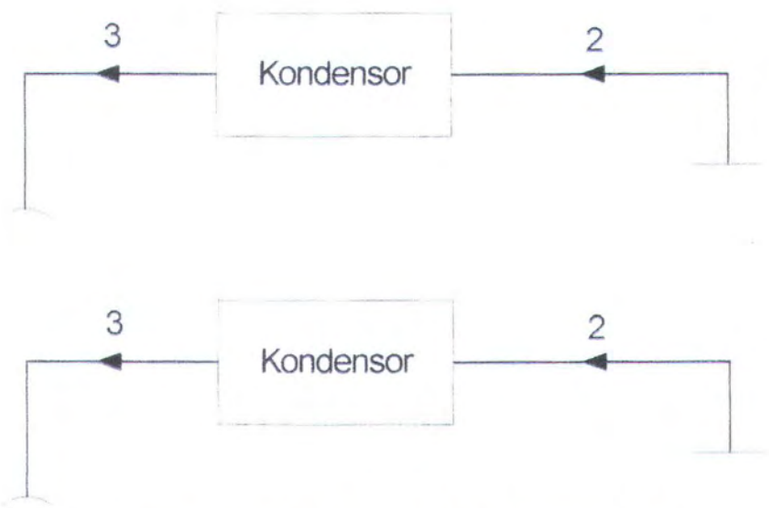
4-1 Penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.



Gambar 2.1. Daur Kompresi Uap Standar



Gambar 2.2. Daur Kompresi Uap Standar dalam Diagram Tekanan-Entalpi



Gambar 2.3. Diagram Alir Daur Kompresi Uap

II.2.2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah serapan partikel pada permukaan zat lain, dapat pula diartikan sebagai suatu proses penyerapan suatu zat lain yang hanya terjadi pada permukaan. Zat yang diserap disebut adsorbat, sedangkan zat penyerapnya disebut adsorben.

Dalam adsorpsi, adsorben adalah zat yang memiliki sifat mengikat, molekul pada permukaan dan sifat ini menonjol pada padatan berpori. Beberapa syarat yang harus dimiliki oleh adsorben antara lain mempunyai permukaan yang besar, berpori, aktif dan murni, serta tidak bereaksi dengan adsorbat.

Secara umum adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang disebabkan oleh interaksi antara adsorben dan adsorbat karena adanya gaya tarik Van Der Waals atau ikatan hidrogen. Adsorpsi fisik biasanya bersifat reversible karena terjadi melalui interaksi yang lemah antara adsorben dan adsorbat, tidak melalui ikatan kovalen. Panas adsorpsi fisik biasanya kurang dari 15-20 kkal/mol. Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang melibatkan interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat sehingga adsorbat tidak bebas bergerak dari suatu bagian ke permukaan lainnya. Proses adsorpsi ini biasanya lebih besar dari satu bagian ke permukaan lainnya. Proses adsorpsi ini biasanya lebih besar dari 20-30 kkal/mol (86 – 126 kj/mol) [Parker, 1984].

II.2.3. Prinsip Kerja Sistem Pendingin Adsorpsi

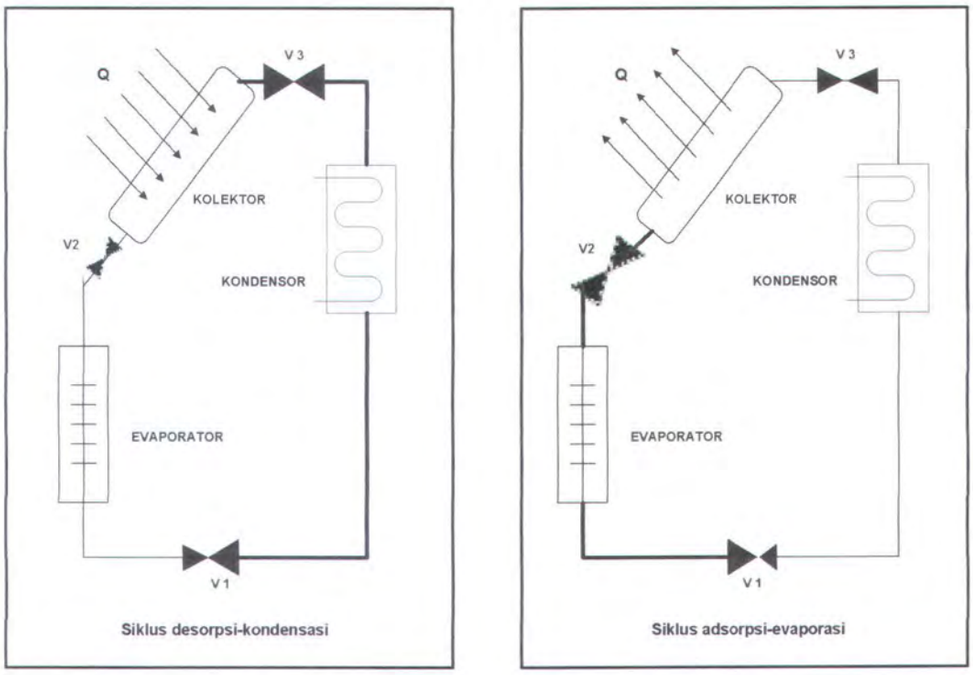
Pada dasarnya pendingin dengan sistem adsorpsi sama dengan sistem pendingin dengan kompresi uap, yaitu dengan komponen utama kondensor, evaporator, katup expansi dan kompresor. Tetapi pada sistem pendingin adsorpsi fungsi kompresor digantikan oleh kolektor/ generator adsorber.

Kolektor/ generator adsorber bekerja dengan sistem adsorpsi, yaitu menyerap zat yang teruapkan pada evaporator pada kondisi dingin. Ketika pada kolektor/ generator adsorber telah berisi penuh oleh refrigeran, kemudian dipanaskan sehingga terjadi desorpsi yang disalurkan menuju kondensor, sifat inilah yang digunakan untuk menggantikan kompresor untuk memompa refrigeran sehingga terjadi sirkulasi.

Dalam proses pendinginan ini telah banyak digunakan beberapa kombinasi adsorben dan adsorbat diantaranya ialah : air dengan zeolit, karbon aktif dengan methanol, karbon aktif dengan amoniak dan lainnya [R.Z. Wang, 2000]. Dalam beberapa tahun terakhir gabungan methanol dan karbon aktif banyak dikembangkan dalam sistem pendingin adsorpsi.

Karbon aktif lebih banyak disukai sebagai adsorben karena karbon aktif memiliki daya serap yang tinggi. Kemampuan daya serap karbon aktif banyak dipengaruhi oleh luas permukaan yang tinggi dan banyaknya pori-pori pada permukaannya.

Karbon aktif apabila digunakan sebagai adsorben memiliki beberapa kekurangan, yaitu kemampuan adsorpsinya akan turun. Berdasarkan data yang ada pada perry handbook menunjukkan bahwa karbon aktif hanya mampu digunakan sebagai adsorben selama 6 bulan dan bila lebih dari itu maka penggunaannya kurang efisien. Selain itu untuk mendapatkan karbon aktif dengan kemurnian yang tinggi sangat sulit.



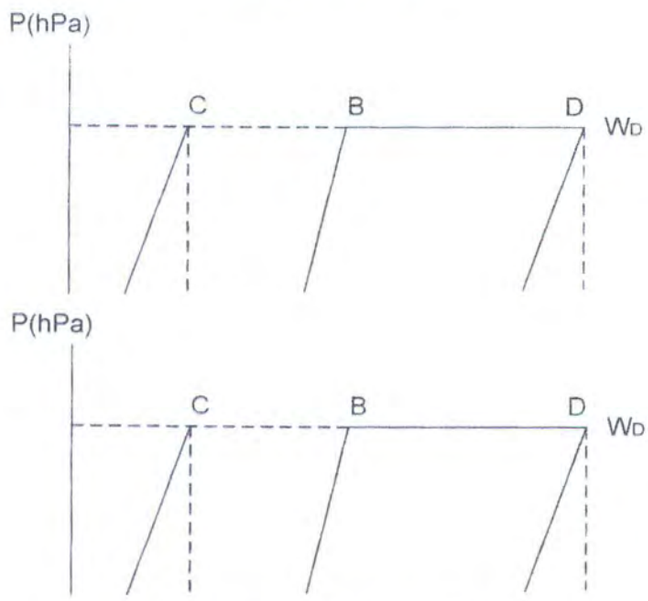
Gambar 2.4. Skema Prinsip Kerja Sistem Adsorpsi

Pada siklus desorpsi-kondensasi, kolektor/ generator adsorber dipanasi oleh energi luar (dalam penelitian ini menggunakan heater). Peningkatan temperatur pada kolektor/ generator adsorber menyebabkan karbon aktif mendesorpsi etanol karena etanol menguap dari karbon aktif tersebut. Uap etanol kemudian didinginkan dalam kondensor sehingga menjadi cairan etanol dengan memindahkan panas ke lingkungan oleh air atau aliran udara. Pada siklus ini evaporator belum difungsikan (katup v_1 dan v_2 dalam kondisi mati).

Selanjutnya pada siklus kedua yaitu siklus adsorpsi-evaporator, cairan etanol dialirkan dari kondesor menuju evaporator dengan membuka katup v_1. Pada evaporator cairan etanol (refrigerant) menyerap kalor dari produk atau beban pendinginan diikuti dengan penguapan. Penguapan dari cairan etanol (refrigeran) akan menghasilkan efek pendinginan. Uap etanol tersebut akan mengalir dan kemudian diserap karbon aktif kedalam generator adsorber/ kolektor.

II.2.4. COP (Coefficient Of Performance)

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



Gambar 2.5. Clapeyron Diagram

Pada titik A, generator adsorber/ kolektor yang berisi pasangan karbon aktif-etanol berada pada temperatur dan tekanan yang rendah. Panas yang diterima generator adsorber/ kolektor dari heater akan menyebabkan temperatur dan tekanan naik (A-B). pada saat temperatur mencapai temperatur desorpsi, etanol mulai menguap dan lepas dari karbon aktif (B-D). Uap dari etanol akan menuju ke kondensor dan kemudian didinginkan dikondensor sampai menjadi cair (terkondensasi).

Seiring proses pendinginan di kondensor, tekanan menjadi turun dai Pc ke Pe. Cairan etanol kemudian dialirkan menuju evaporator, dan terjadilah penguapan dari etanol karena etanol tersebut menyerap panas dari beban produk. Penyerapan panas tersebut menyebabkan efek refrigerasi.

$$COP = Qc - Q_T$$

$$Qc = (Wa - Wd)\ ((L - Cpm\ (Ta - Te))$$

$$= (Wa - Wd)\ ((L - (HTa - The))$$

Keterangan :

Wa adalah masa etanol pada waktu penyerapan

Wd adalah masa etanol pada waktu setelah desorpsi

L panas laten penguapan etanol

Ta dan Te adalah suhu pada titik A dan titik D

Cpm adalah panas spesifik etanol

H adalah entalpi

$$\mathbf{Qt = Qa\text{-}b + Qb\text{-}d}$$

$$Qa\text{-}b = (\ Cpa + Cpm\ Wa)\ (Tb\text{-}Ta)$$

$$Qb\text{-}d = ((\ Cpa + Cpm\ (Wa/2 + Wd/2)) + (Td\text{-}Tb) + (Wa - Wd)Hdes$$

II.3 Refrigeran

II.3.1. Umum

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

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

Refrigeran yang paling banyak dipakai adalah hidrokarbon-fluorine, tetapi ada sejumlah substansi lain yang dapat berfungsi baik sebagai refrigeran, termasuk didalamnya ikatan-ikatan organik dan hidrokarbon. Dua karakteristik refrigeran yang paling penting yang ditinjau dari keselamatan adalah derajat kemudahan terbakar dan keracunan.

Menurut *[K. Handoko,1979]* beberapa persyaratan untuk 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.

II.3.2. Kerja Bahan Pendingin

Menurut *Handoko, 1979* bahan pendingin (refrigeran) bekerja mengalir kesemua bagian dari sistem tersebut sambil berubah-ubah bentuknya dari gas menjadi cair dan demikianpun suhu dan tekanannya ikut berubah-ubah. Refrigeran dengan suhu dan tekanan rendah dari evaporator masuk ke kompresor dan oleh kompresor gas tersebut dipadatkan, sehingga menjadi gas dengan suhu dan tekanan yang tinggi lalu mengalir ke kondensor.

Kondensor mendapat pendinginan udara dari luar yang lebih rendah suhunya, maka gas dengan suhu dan tekanan tinggi akan membuang panasnya keluar sambil mengembun dan berubah bentuknya menjadi cair pada suhu pengembunan (kondensasi), tetapi tekanannya masih tetap tinggi. Cairan tersebut kemudian masuk ke saringan dan disini kotoran-kotoran disaring sebelum masuk ke pipa kapiler.

Dalam pipa kapiler cairan mendapat hambatan dan gesekan yang besar sehingga tekanannya turun dan suhunya juga 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. Lalu bentuknya berubah menjadi gas dengan suhu dan tekanan yang rendah, kembali masuk ke kompresor.

II.3.3. Refrigeran Primer

Dasar pemilihan refrigerant menurut *Stoecker, 1994* memiliki beberapa factor pertimbangan, berikut ini adalah pengulangan ringkas tentang penggunaan utama sejumlah refrigeran.

Udara

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

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* mempunyai *properties* panas yang sangat bagus. Sehingga ammonia biasa digunakan pada instalasi-instalasi suhu rendah pada industri besar, seperti pabrik es, *ice skating*, fasilitas *cold storage*.

Karbondioksida (CO_2)

Karbondioksida merupakan refrigeran yang pertama dipakai seperti halnya *amonia*. 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 dalam sistem *kaskada*, untuk suhu tinggi digunakan *refrigeran* lain.

Refrigeran-12

Refrigeran ini mempunyai rumus kimia CCl_2F_2 (Dichloro Difluoro Methane). Refrigeran ini merupakan yang paling sering digunakan pada saat ini, terutama digunakan untuk kompresor torak. Mempunyai titik didih sebesar -21,6°F (-29,8°C). Untuk melayani refrigerasi rumah tangga dan didalam pengkondisian udara kendaraan otomotif.

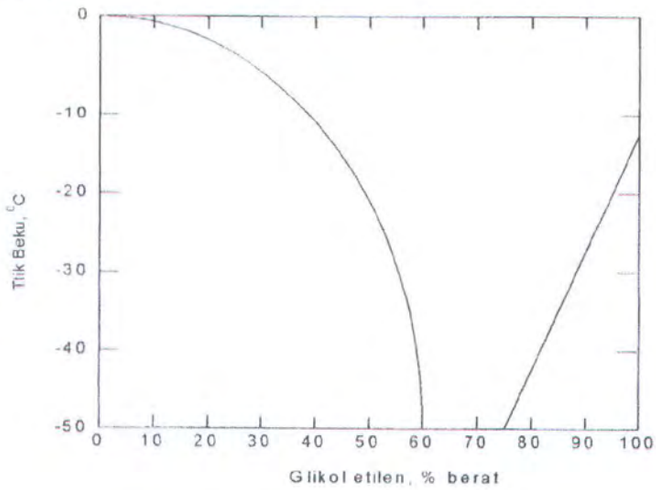
Refrigeran-22

R-22 ($CHClF_2$) mempunyai titik didih -41,4°F (-40,8°C). Karena biaya kompresor lebih murah jika menggunakan R-22 dibandingkan dengan R-12, maka refrigerant ini telah banyak mengambil alih peranan R-12 untuk keperluan pengkondisian udara.

II.3.4. Refrigeran Sekunder

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

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



Gambar 2.6. Titik Beku Larutan – lar etilen

Salah satu contoh refrigeran sekunder adalah Refrigeran-11 (CCl_3F). R-11 adalah salah satu kelompok *fluorocarbon* dari gas metana. Mempunyai titik didih pada tekanan atmosfir sebesar 74,7°F (23,7°C) dengan operasi tekanan standar 2,94 psia (0,2 bar) dan 18,19 psia (1,25 bar). Bersama dengan refrigerant 113,

refrigerant ini populer untuk sistem - sistem kompresor sentrifugal. Digunakan untuk kantor-kantor kecil, gedung bioskop, hotel, pabrik.

R-11 juga dipakai sebagai bahan baku dalam pembuatan polyurethane yang keras maupun lunak. R-11 adalah bahan isolator yang baik, sering digunakan sebagai bahan pembersih dalam sistem lemari es, AC, kondensor, evaporator, dan lain-lain. R-11 juga melarutkan karet alam, namun tidak beracun, tidak korosif, dan tidak dapat terbakar.

Sedangkan refrigeran sekunder lain yang dapat dipertimbangkan adalah : *rthyl alcohol, methyl alcohol, calcium chloride, sodium chloride, ethylene glycol, prophylene glycol, polymers.*

II.4 Kondensor

II.4.1. Umum

Kondensor digunakan untuk menurunkan suhu bahan pendingin dan merubah bentuk dari gas menjadi cair. Bahan pendingin 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].*

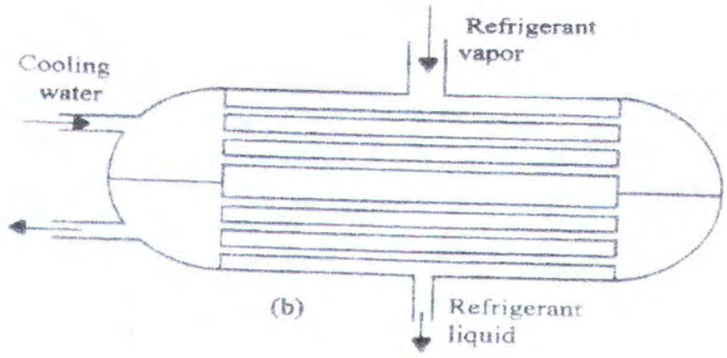
II.4.2. Tipe Kondensor

Handoko, 1979 dalam bukunya menyatakan ada tiga macam tipe kondensor menurut pendinginannya, yaitu :

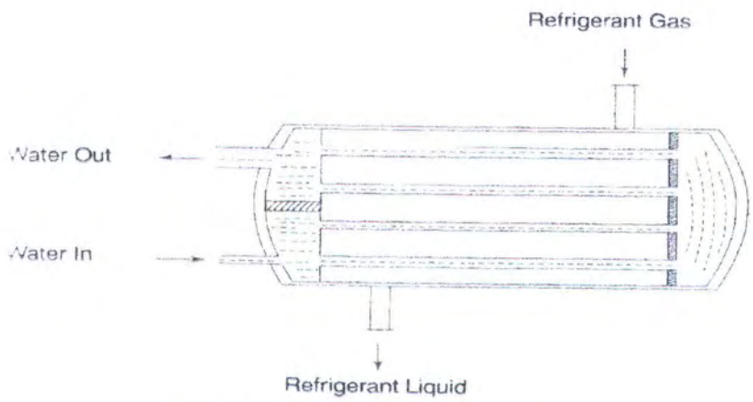
1. Kondensor dengan pendinginan air *(water cooled)*
2. Kondensor dengan pendinginan udara *(air cooled)*
3. Kondensor dengan pendinginan campuran air dan udara *(evaporative)*

Kondensor dengan pendinginan air

Kondensor dengan pendingin air mempunyai tiga tipe, yaitu *shell and tube, shell and coil*, dan *double tube*. Kondensor *shell and tube* (tabung dengan pipa) yang umum digunakan, air mengalir melalui pipa bagian dalam dan refrigeran dikondensasikan pada bagian tabung.

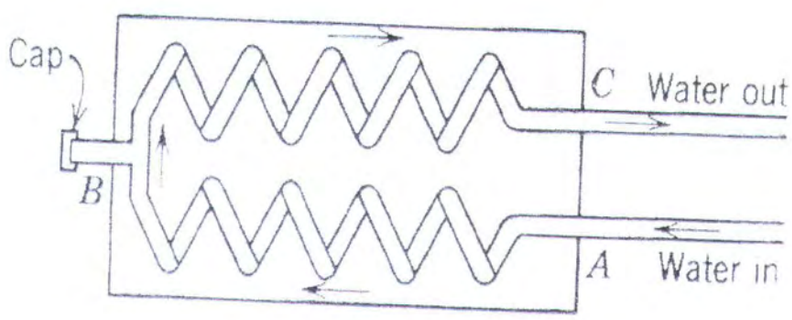


Gambar 2.7. Kondensor dengan Pendinginan Air



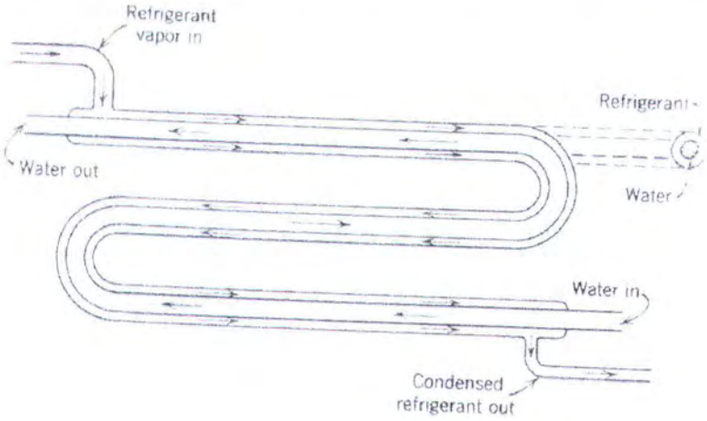
Gambar 2.8. Shell and Tube Condensor

Tipe kondensor *shell and coil* (tabung dengan koil) terdiri dari lebih dari satu spiral *bare tube coil* yang ditutup dengan *shell* logam yang dilas (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 2.9. Shell and Coil Condensor

Pada kondensor *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*.



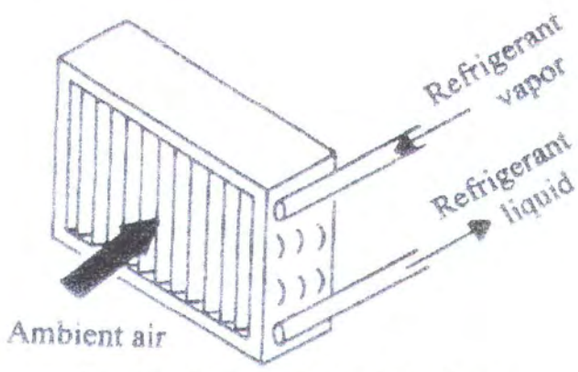
Gambar 2.10. Double Tube Condensor

Kondensor dengan Pendinginan Udara

Faktor penting untuk menentukan kapasitas kondensor adalah :

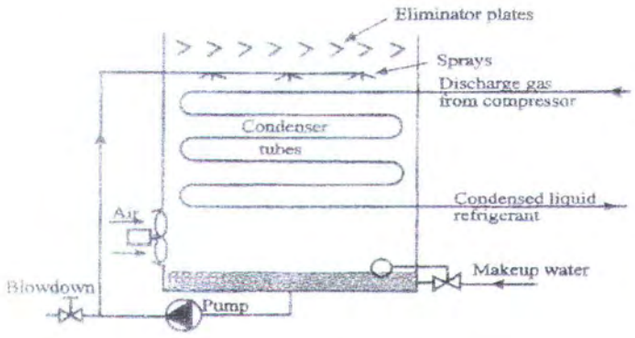
1. Luas permukaan yang didinginkan
2. Jumlah udara per menit yang dipakai untuk mendinginkan
3. Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara luar

Pada kondensor dengan pendingin udara, panas dikurangi dengan udara menggunakan konveksi natural atau paksa. Kondensor terbuat dari baja, tembaga atau aluminium *tube* tersedia dengan rusuk – rusuk untuk meningkatkan perpindahan panas. Kondensor ini digunakan hanya untuk kapasitas mesin yang kecil.



Gambar 2.11. Air Cooled Condensor

Kondensor dengan Pendinginan Campuran Air dan Udara (evaporative condensor).



Gambar 2.12. Evaporator Condensor

II.5 Evaporator

II.5.1. Umum

Evaporator adalah suatu alat dimana bahan pendingin menguap dari cair menjadi gas. Melalui perpindahan panas dari ruangan disekitarnya ke dalam sistem. Panas tersebut lalu dibawa ke kompresor dan dikeluarkan lagi oleh kondensor.

Evaporator sering juga disebut *cooling coil, boiler,* dan lain – lain, tergantung dari bentuknya. Karena keperluan dari evaporator yang sangat berbeda – beda, maka evaporator dibuat dalam bermacam-macam bentuk, ukuran, dan perencanaan. Evaporator juga dapat dibagi dalam beberapa golongan dari konstruksinya, cara kerjanya, aliran bahan pendingin, macam pengontrolan bahan pendingin dan pemakaiannya.

II.5.2. Tipe Evaporator

Dari pemakaiannya evaporator dibagi menjadi dua :

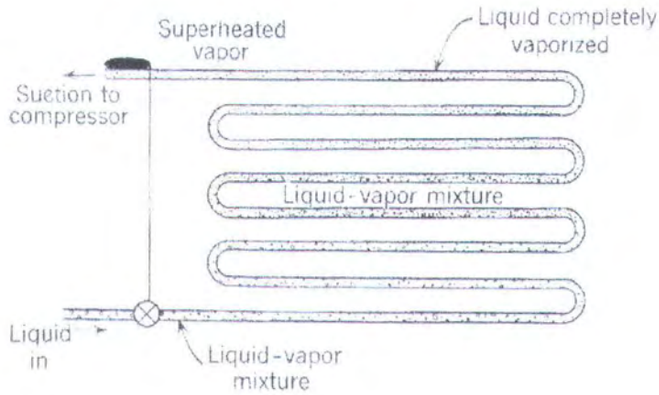
1. Ekspansi langsung *(direct expansion)*
2. Ekspansi tidak langsung *(indirect expansion)*

Evaporator dibagi dua dari cara kerjanya :

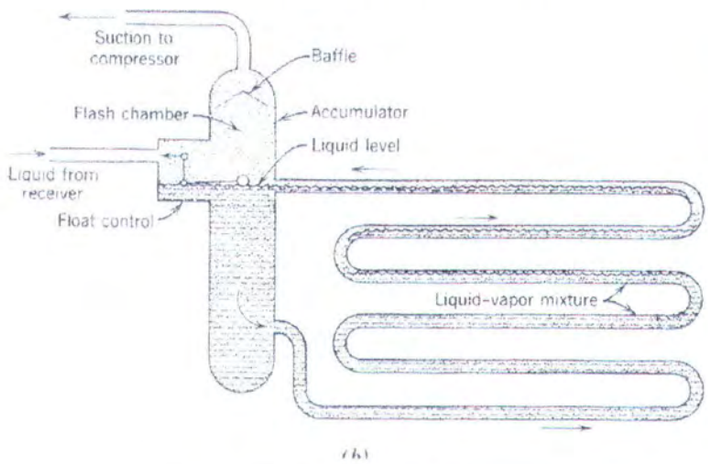
1. Evaporator kering *(dry evaporator)*
2. Evaporator banjir *(flooded evaporator)*

Dari konstruksinya dibagi menjadi tiga tipe :

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



Gambar 2.13. Dry Evaporator



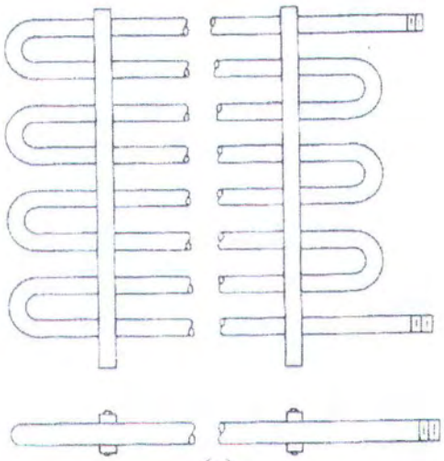
Gambar 2.14. Flooded Evaporator

MILIK PERPUSTAKAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH - NOPEMBER

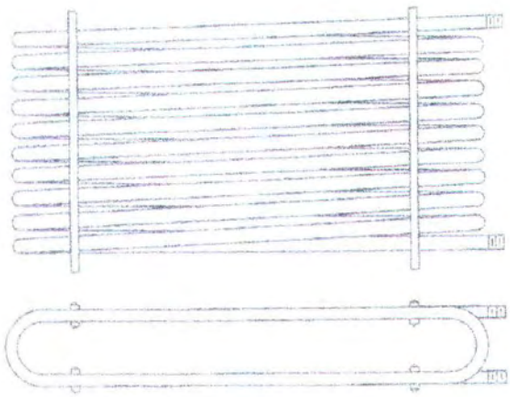
Bare Tube Evaporator

Biasanya terbuat dari pipa baja atau tembaga. Pipa baja digunakan untuk evaporator yang berukuran besar dan untuk evaporator yang menggunakan ammonia sebagai refrigerannya. Ukuran, bentuk, dan desain dari *bare tube evaporator* ini tergantung dari aplikasi yang diinginkan.

Bentuk yang umum digunakan alah *flat zig zag coil* dan *oval trombone coil* seperti pada gambar 2.15.



(a)



(b)

Gambar 2.15. Bare Tube yang sering digunakan
(a) Flat Zigzag Coil (b) Oval Trombone Coil

Finned Evaporator

Rusuk - rusuk digunakan sebagai permukaan pengikat panas kedua, karena pada dasarnya hamper sama dengan *bare tube evaporator*. Mempunyai pengaruh untuk memperluas permukaan luar dari area evaporator, sehingga dapat meningkatkan efisiensi untuk pendinginan udara.

Dengan menggunakan *bare tube evaporator* kebanyakan dari udara yang disirkulasikan diatas koil melewati ruang terbuka diantara pipa dan tidak bersentuhan langsung dengan permukaan dari koil.

Ketika ditambahkan rusuk – rusuk koil, *fins* dapat memperluas ruang terbuka diantara pipa dan berfungsi sebagai pengumpul panas. Ukuran *fin* tergantung dari aplikasi yang diinginkan oleh desainer. Ukuran pipa menentukan ukuran dari *fin*, ukuran pipa yang kecil membutuhkan *fin* yang kecil pula.

Gambar 2.16. Fin Evaporator

Plate Surface Evaporators

Beberapa disusun dari dua lembar pelat dari logam yang ditimbulkan dan dilas bersama untuk menyediakan jalan bagi refrigeran mengalir diantara dua lembar pelat tersebut (gambar 2.17). Biasanya digunakan untuk refrigerasi rumah tangga dan lemari es, Karena mudah dibersihkan, murah, serta tersedia dalam berbagai variasi bentuk.

Gambar 2.17. Plate Evaporator

BAB III
METODOLOGI

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Umum

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

III.2. Studi Literatur

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

Proses studi literatur dapat dilakukan dengan cara pencarian buku acuan yang berhubungan dengan tema permasalahan, laporan penelitian atau karya ilmiah, dan internet.

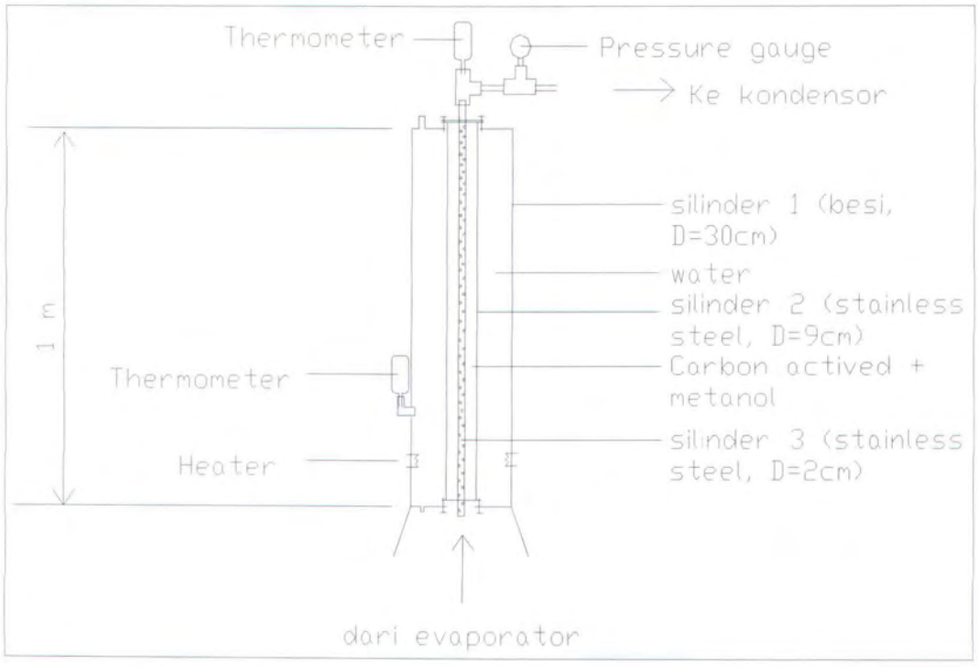
III.3. Data Unjuk Kerja Kolektor / Generator Adsorber

Sebelum melakukan sebuah percobaan atau perencanaan diperlukan data – data dari penelitian sebelumnya. Dalam hal ini data kolektor / generator adsorber yang telah diselesaikan oleh peneliti sebelumnya.

Kolektor atau generator adsorber dibuat terdiri dari 3 buah tabung silinder, yaitu :

1. Tabung silinder 1, tabung ini berisi berisi air dan dipasangi heater untuk memanaskan air tersebut. Tabung ini berfungsi sebagai *heat source* yang akan memanasi tabung silinder 2.
2. Tabung silinder 2, tabung ini berisi rendaman karbon aktif – metanol atau karbon aktif – etanol yang akan dipanasi.
3. Tabung silinder 3, tabung ini berfungsi sebagai tempat aliran uap refrigeran yang terdesorpsi dari karbon aktif karena pemanasan. Agar

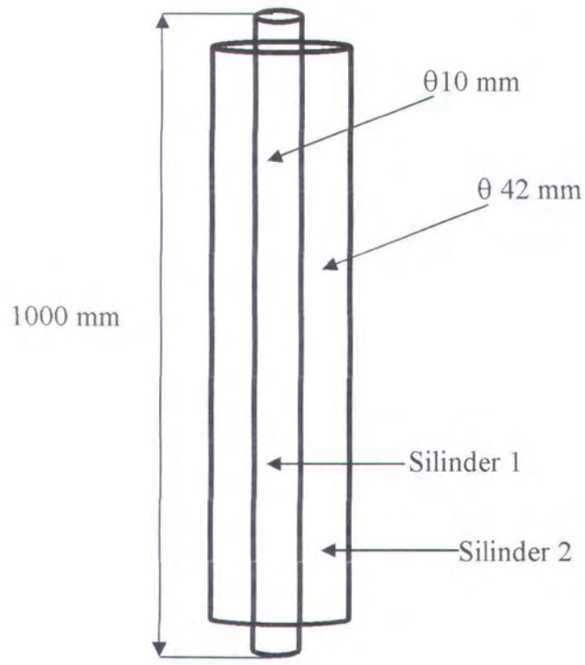
uap refrigeran yang ada pada tabung silinder 2 dapat mengalir di tabung silinder 3, maka sepanjang permukaan tabung silinder 3 diberi lubang – lubang kecil dengan diameter sebesar 2 mm.



Gambar 3.1. Disain Kolektor

III.4. Data Unjuk Kerja Kondensor

Data unjuk kerja kondensor didapat secara paralel dengan data unjuk kerja evaporator. Disain kondensor yang digunakan adalah jenis *shell and tube* dengan pendingin air, sebagai berikut :



Gambar 3.2. Disain Kondensor

Disain kondensor terdiri dari dua buah tabung, yaitu :

1. Tabung silinder 1, tabung yang berisi uap refrigeran dari kolektor yang akan didinginkan. Pendinginan bertujuan untuk menjadikan uap menjadi cair.
2. Tabung silinder 2, tabung yang berisi air pendingin.

III.5. Disain Evaporator

Pada tahap ini dilakukan perhitungan sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan dan pembuatan model fisik dari disain evaporator dengan mempertimbangkan studi literatur yang telah dilakukan. Tahapan ini umtuk menentukan dimensi dan bahan yang akan dibuat untuk evaporator.

Disain evaporator yang akan dibuat dijelaskan lebih detail pada bab IV.

III.6. Eksperimen

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

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

Eksperimen dilakukan dengan melakukan variasi dari jumlah karbon aktif sebagai adsorben dan variasi terhadap lamanya perendaman pasangan karbon aktif dan etanol, juga sebagai pembanding dilakukan eksperimen dengan pasangan karbon aktif dan metanol. Sehingga akan didapatkan *output* dari kondensor berupa tekanan dan temperatur uap refrigeran yang akan digunakan sebagai *input* untuk evaporator.

Langkah – langkah eksperimen yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan perendaman pasangan karbon aktif dan etanol (atau metanol) sesuai denagn waktu yang ditentukan. Dalam hal ini variasi waktu yang ditentukan adalah : 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.
2. Pengisian air pada tabung 1 kolektor yang akan dipanaskan.
3. Pemasukan kabon aktif dan etanol (atau metanol) yang sudah teradsorpsi kedalam tabung 2 kolektor.
4. Pemasangan heater sebagai *heat source*, untuk memanaskan air pada tabung 1 kolektor.

5. Setelah memenuhi temperatur yang diinginkan, katup pada kolektor yang terhubung dengan kondensor dibuka.
6. Pengamatan dilakukan pada tekanan dan temperatur pada evaporator.

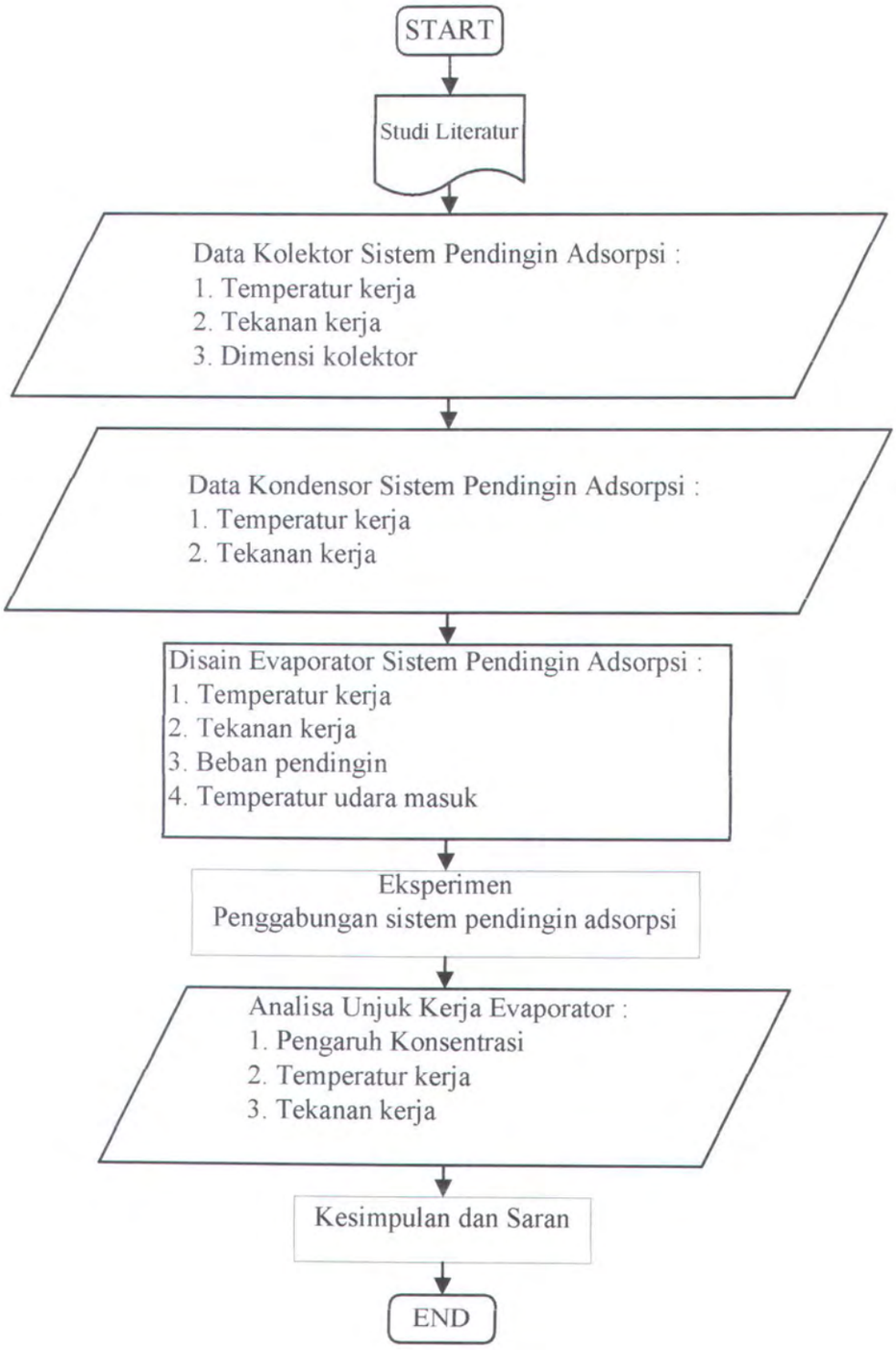
III.7. Analisa Unjuk Kerja Evaporator

Pada tahap ini, data – data yang diperoleh pada tahapan eksperimen akan dianalisa dalam rangka pencapaian tujuan yang didinginkan yaitu mengetahui unjuk kerja dari evaporator. Adapun analisa data dalam rangka pencapaian tujuan yang diinginkan yaitu mengetahui unjuk kerja dari evaporator. Analisa yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- Analisa Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Kemampuan Adsorpsi
- Analisa Pengaruh Waktu Rendaman terhadap Temperatur dan Tekanan Uap Refrigeran.
- Analisa Pengaruh Tekanan Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensor terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.
- Analisa Pengaruh Temperatur Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensor terhadap Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator.
- Analisa Perbandingan Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.

III.8. Kesimpulan dan Saran

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



Gb.3.3. Diagram Alir Proses Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV
DISAIN EVAPORATOR

BAB IV
DISAIN EVAPORATOR

IV.1. Umum

Penerapan prinsip – prinsip perpindahan kalor untuk merancang (disain) alat – alat penukar kalor untuk mencapai sesuatu tujuan, teknik sangatlah penting karena dalam menerapkan prinsip kedalam rancanganlah orang bekerja kea rah pencapaian tujuan untuk mengembangkan barang hasil yang memberikan manfaat ekonomi. Akhirnya ekonomi pula yang memegang peranan penting dalam perancangan dan pemilihan alat penukar kalor, namun dalam mendisain sebuah alat penukar kalor dalam penelitian ini tidak dilakukan perhitungan real untuk masalah ekonomi. Hanya sifat teknis dan disain model yang sesuai dengan prinsip kerja dari sistem pendingin adsorpsi.

Penelitian yang dilakukan hanya pembuatan disain evaporator, dikarenakan untuk kolektor/ generator adsorber telah ada yang dibuat oleh peneliti sebelumnya. Sedangkan kondensor dirancang oleh peneliti lain secara paralel dengan disain evaporator. Sistem pendingin ini direncanakan akan disimulasikan untuk *cool box*.

IV.2. Beban Pendingin

Dalam sistem refrigerasi, tujuan utamnya adalah mendinginkan media sesuai dengan keadaan yang diinginkan. Untuk itu perlu sekali mengetahui besarnya beban pendinginan yang terjadi, sehingga dapat direncanakan evaporator yang diperlukan untuk mendukung sistem pendingin tersebut.

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

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

diturunkan sampai mencapai kondisi ruang *cool box*. Jadi hal ini merupakan beban pendinginan yang harus diatasi oleh alat pendingin.

Untuk menentukan volume pergantian udara bukanlah hal yang mudah, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi volume pergantian udara, yaitu : volume *cool box*.

Besarnya beban panas infiltrasi sesuai dengan persamaan berikut :

Q = laju infiltrasi (L/s) x perubahan entalpi (kJ/L).....4.3

Laju infiltrasi dapat dilihat pada tabel 10-7 *Dossat, 1981 hal 206* dengan mengacu pada besarnya volume *cool box*.

Dimana :

Vcb = p x l x t

= 1,2 m x 0,8 m x 0,8 m

= 0,768 m^3

Didapatkan laju infiltrasi sebesar 0,72 L/s dengan perubahan entalpi pada Suhu ruang 25°C

RH 60%,

Berdasarkan tabel 10-6B *Dossat, 1981 hal 205* didapatkan faktor pergantian udara sebesar 0,0562 kJ/L.

Sehingga beban panas karena infiltrasi sebesar :

Q = 0,72 L/s x 0,0562 kJ/L

= 0,0404 kW = 40,4 Watt

IV.2.3. Beban Panas Konstruksi

Akibat adanya perbedaan temperatur antara *cool box* dengan udara luar, maka sejumlah panas akan mengalir. Besarnya panas yang timbul dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain letak, bahan material dan udara sekeliling.

Dimensi *Cool box* yang direncanakan :

P x Lx T = 1,2m x 0,8m x 0,8m

= 0,768 m^3

3. Beban kalor konstruksi, yaitu panas yang masuk dari ruangan (atap, pintu, dinding, lantai) sebagai akibat dari perbedaan suhu antara *cool box* dengan di luar.

Jumlah dari komponen 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. Dengan asumsi bahwa massa produk merupakan massa total dari *cool box* dalam keadaan penuh.

Pada perencanaan *cool box* ini direncanakan menerima beban sampai 30 Kg produk ikan. Adapun perincian produk sebagai berikut :

- Panas jenis ikan diatas titik beku (Cp) : 0,9 kkal/kg °C
- Panas jenis ikan dibawah titik beku (Cp) : 0,4 kkal/kg °C
- Suhu awal produk : 20 °C
- Suhu akhir produk : 0 °C
- Waktu untuk mendinginkan produk : 20 jam (72000 s)

Dalam perencanaan beban panas produk terdiri dari tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Pendinginan

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

$$Q = \frac{m\,x\,Cp\,x\,\Delta T}{\theta} \quad \text{.....4.1}$$

dimana :

m : Berat produk (Kg)

Cp : Panas spesifik diatas titik beku produk (kkal/kg °C)

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

θ : Waktu untuk mendinginkan produk (s)

1 kkal : 4,184 J

$$Q = \frac{30\,Kg\,x\,0{,}9\,kkal/Kg^{o}C\,x\,(20-0)^{o}C}{72000s}$$

$$= 0{,}0075 \text{ kkal/s x } 4{,}184.10^{-3} \text{ kJ}$$

= 0,03138 Watt

2. Tahap Pembekuan

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

$$Q = \frac{m\,xL}{24\,jam} \quad \text{.....4.2}$$

$$Q = \frac{30\,Kg\,x\,60\,kkal/Kg}{86400s}$$

= 0,020833 kkal/s x 4,184.10^{-3} kJ

= 0.08717 Watt

3. Tahap Pembekuan lanjut

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

$$Q = \frac{m\,x\,Cp\,x\,\Delta T}{\theta}$$

dimana :

m : Berat produk (Kg)

Cp : Panas spesifik dibawah titik beku produk (kkal/kg °C)

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

θ : Waktu untuk mendinginkan produk (s)

1 kkal : 4,184 J

$$Q = \frac{30\,Kg\,x\,0{,}4\,kkal/Kg^{o}C\,x\,(0-(-3))^{o}C}{72000s}$$

= 0,0005 kkal/s x 4,184.10^{-3} kJ

= 0,002092 Watt

Total beban panas produk = 0,1206 Watt

IV.2.2. Beban Panas Infiltrasi

Masuknya udara luar kedalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban diruang tersebut. Pada saat tutup *cool box* dibuka, maka udara luar akan masuk. Temperatur dan kelembaban udara luar yang lebih tinggi harus

1. Beban Panas Konstruksi dinding Utara

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

$Q = A.U.\Delta T$ 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 dan dalam *cool box* (^oK)

Karena material dinding dirancang dalam berlapis – lapis bahan, maka harga koefisien perpindahan panas total dapat dihitung dengan persamaan *Dossat, 1981 hal 185* sebagai berikut :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0} \quad \text{..... 4.5}$$

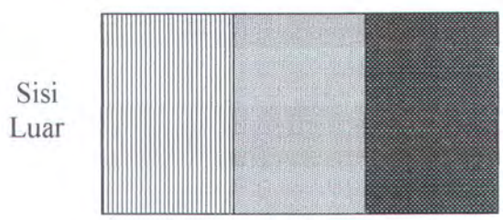
Dimana :

f_1 : koefisien konveksi film disisi dalam dinding (W/m^2K)

f_0 : koefisien konveksi film disisi luar dinding (W/m^2K)

x : tebal material insulasi (m)

k : konduktivitas panas insulasi (W/mK)



Gb 4.1. Lapisan dinding utara yang digunakan untuk cool box

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

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Woods	0.02	0.12
2	Polystyrene	0.002	0.029
3	Seng	0.001	0.00016

Tabel 4.1. Bahan lapisan dinding utara pada cool box

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m^2K dan f_0 : 22.7 W/m^2K, dengan asumsi udara diluar *cool box* adalah bergerak sedangkan udara di dalam adalah diam.

Sehingga didapat harga koefisien perpindahan panas total (U) sesuai dengan *persamaan 4.5*, adalah :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,002}{0,029} + \frac{0,001}{0,00016} + \frac{1}{22,7}$$

$= 6,6364\ m^2K/W$

$U = 0,1506\ W/m^2K$

Luas permukaan perpindahan panas dinding utara adalah :

$Au = 1,2m \times 0,8m = 0,96\ m^2$

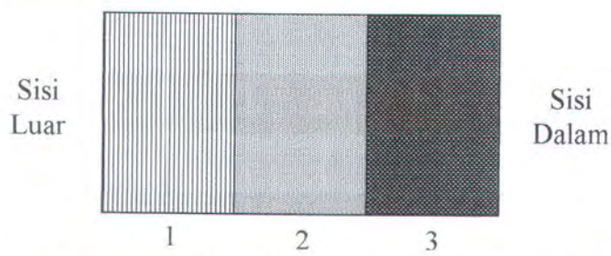
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding utara (*persamaan 4.4)* sebagai berikut :

$Q = 0,96\ m^2 \times 0,1506\ W/m^2K \times (25-(-3)\ ^oK$

$= 4,0504$ Watt

2. *Beban Panas Konstruksi dinding Selatan*

Bahan dan ukuran dinding selatan sama dengan dinding utara, maka harga koefisien secara keseluruhan adalah sama.



Gb 4.2. Lapisan dinding selatan yang digunakan untuk cool box

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

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Woods	0.02	0.12
2	Polystyrene	0.002	0.029
3	Seng	0.001	0.00016

Tabel 4.2. Bahan lapisan dinding selatan pada cool box

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m^{2}K dan f_0 : 22.7 W/m^{2}K, dengan asumsi udara diluar *cool box* adalah bergerak sedangkan udara di dalam adalah diam.

Sehingga didapat harga koefisien perpindahan panas total (U) sesuai dengan *persamaan 4.5*, adalah :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,002}{0,029} + \frac{0,001}{0,00016} + \frac{1}{22,7}$$

$= 6,6364$ m^{2}K/W

U $= 0,1506$ W/m^{2}K

Luas permukaan perpindahan panas dinding selatan adalah :

Au = 1,2m x 0,8m = 0,96 m^2

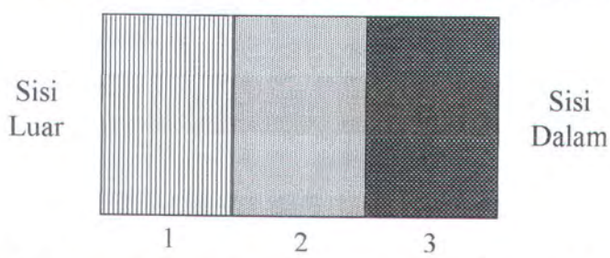
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding selatan (*persamaan 4.4)* sebagai berikut :

Q = 0,96 m^2 x 0,1506 W/m^{2}K x (25-(-3) ^{o}K

= 4,0504 Watt

3. *Beban Panas Konstruksi dinding Barat*

Bahan dan ukuran dinding barat sama dengan dinding utara, yang berbeda adalah luas permukaannya. Maka harga koefisien secara keseluruhan adalah sama.



Gb 4.3. Lapisan dinding barat yang digunakan untuk cool box

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

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Woods	0.02	0.12
2	Polystyrene	0.002	0.029
3	Seng	0.001	0.00016

Tabel 4.3. Bahan lapisan dinding barat pada cool box

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m^{2}K dan f_0 : 22.7 W/m^{2}K, dengan asumsi udara diluar *cool box* adalah bergerak sedangkan udara di dalam adalah diam.

Sehingga didapat harga koefisien perpindahan panas total (U) sesuai dengan *persamaan 4.5*, adalah :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,002}{0,029} + \frac{0,001}{0,00016} + \frac{1}{22,7}$$

$= 6,6364$ m^{2}K/W

U $= 0,1506$ W/m^{2}K

Luas permukaan perpindahan panas dinding barat adalah :

Au = 0,8m x 0,8m = 0,64 m^2

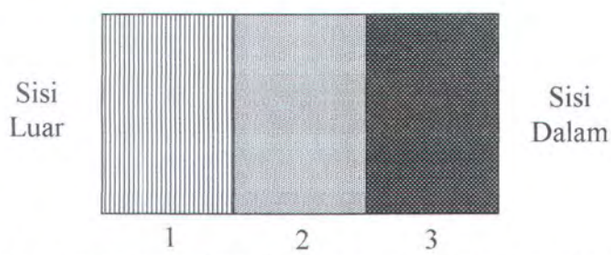
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding barat (*persamaan 4.4)* sebagai berikut :

Q = 0,64 m^2 x 0,1506 W/m^{2}K x (25-(-3) ^{o}K

= 2,7 Watt

4. Beban Panas Konstruksi dinding Timur

Bahan dan ukuran dinding timur sama dengan dinding barat, maka harga koefisien secara keseluruhan adalah sama.



Gb 4.4. Lapisan dinding timur yang digunakan untuk cool box

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

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Woods	0.02	0.12
2	Polystyrene	0.002	0.029
3	Seng	0.001	0.00016

Tabel 4.4. Bahan lapisan dinding timur pada cool box

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m^{2}K dan f_0 : 22.7 W/m^{2}K, dengan asumsi udara diluar *cool box* adalah bergerak sedangkan udara di dalam adalah diam.

Sehingga didapat harga koefisien perpindahan panas total (U) sesuai dengan *persamaan 4.5*, adalah :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,002}{0,029} + \frac{0,001}{0,00016} + \frac{1}{22,7}$$

$= 6,6364$ m^{2}K/W

U $= 0,1506$ W/m^{2}K

Luas permukaan perpindahan panas dinding timur adalah :

Au = 0,8m x 0,8m = 0,64 m^2

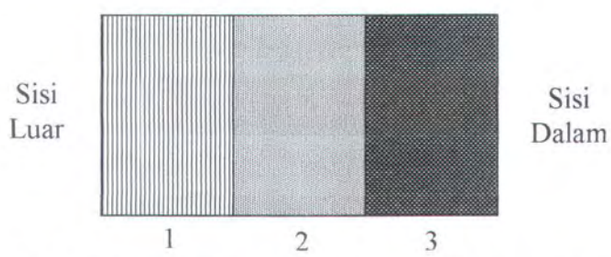
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding timur (*persamaan 4.4)* sebagai berikut :

Q = 0,64 m^2 x 0,1506 W/m^{2}K x (25-(-3) ^{o}K

= 2,7 Watt

5. *Beban Panas Konstruksi dinding Atap (tutup)*

Bahan dan ukuran dinding atap sama dengan dinding utara, maka harga koefisien secara keseluruhan adalah sama.



Gb 4.5. Lapisan dinding atap yang digunakan untuk cool box

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

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Woods	0.02	0.12
2	Polystyrene	0.002	0.029
3	Seng	0.001	0.00016

Tabel 4.5. Bahan lapisan dinding atap pada cool box

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m^{2}K dan f_0 : 22.7 W/m^{2}K, dengan asumsi udara diluar *cool box* adalah bergerak sedangkan udara di dalam adalah diam.

Sehingga didapat harga koefisien perpindahan panas total (U) sesuai dengan *persamaan 4.5*, adalah :

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,02}{0,12} + \frac{0,002}{0,029} + \frac{0,001}{0,00016} + \frac{1}{22,7}$$

$= 6,6364$ m^{2}K/W

U $= 0,1506$ W/m^{2}K

Luas permukaan perpindahan panas dinding atap adalah :

Au = 1,2m x 0,8m = 0,96 m^2

Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding atap (*persamaan 4.4*) sebagai berikut :

Q = 0,96 m^2 x 0,1506 W/m^{2}K x (25-(-3) ^{o}K

= 4,0504 Watt

Sehingga beban pendingin konstruksi secara keseluruhan adalah :

Q = 4,0504 + 4,0504 + 2,7 + 2,7 + 4,0504

= 17,5516 Watt

IV.2.4. Beban Pendinginan Total

Beban pendingin total merupakan penjumlahan beban panas pada produk, infiltrasi, dan konstruksi. Sehingga beban pendingin total adalah :

No	Beban Pendingin	Harga (W)
1	Produk	0.1206
2	Infiltrasi	40.4
3	Konstruksi	17.5516
	Total	**58.0722**

Sedangkan untuk faktor keamanan digunakan pertambahan nilai sebesar 10% dari beban pendinginan total, sehingga besarnya beban pendinginan adalah :

$Q_T = Q + 0,1Q$

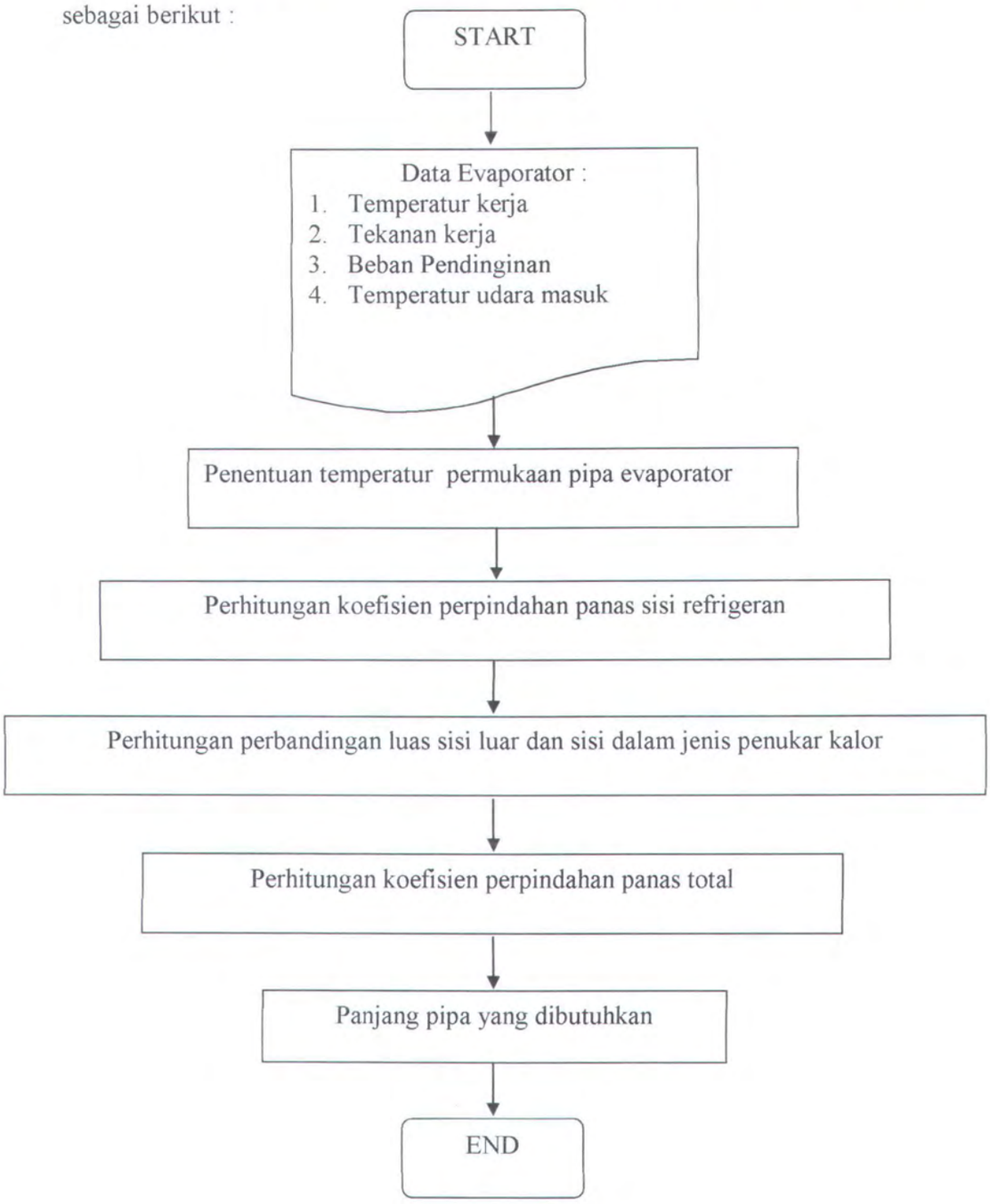
$= 58,0722 + 0,1(58,0722)$

$= 63,879$ Watt

PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

IV.3. Disain Evaporator

Disain evaporator yang akan direncanakan dapat dilihat pada diagram alir sebagai berikut :



Gb. 4.6. Diagram Alir Disain Evaporator

IV.3.1. Kondisi yang direncanakan

Data perencanaan yang digunakan untuk mendisain evaporator adalah sebagai berikut :

- Tipe evaporator : bare tube
- Temperatur kerja evaporator : -1 °C
- Tekanan kerja evaparator : 0,4 bar
- Beban pendinginan : 63,879 Watt
- Laju aliran massa refrigeran : 0,0671 Kg/s
- Temperatur kerja kondensor : 45 °C
- Tekanan kerja kondensor : 0,5 bar
- Tekanan intermediate didapat dari

$$Pi = \sqrt{Pe \; x Pc} \quad \text{.....} 4.6$$

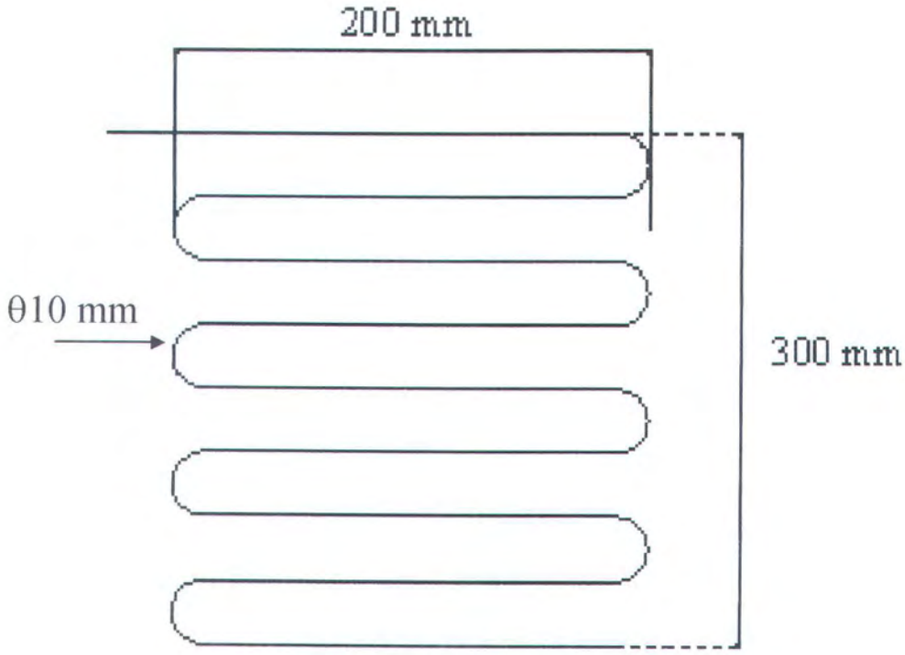
$$= \sqrt{0{,}4 x 0{,}5} = 0{,}45 \text{ bar}$$

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan sebuah evaporator adalah :

1. Koefisien perpindahan panas menyeluruh
2. Luas permukaan perpindahan panas
3. Temperatur kerja evaporator
4. Temperatur udara yang masuk dan keluar evaporator
5. Panas yang diserap oleh evaporator
6. Kondisi aliran, baik udara maupun refrigeran

Dimensi yang direncanakan :

- Panjang pipa : 4,2 m
- Diameter pipa : 0,01 m
- Ketebalan pipa refrigeran (X) : 0,001 m
- Konduktivitas termal pipa (k) : 386 W/m^0C



Gb. 4.7. Disain Evaporator

IV.3.2. Penentuan temperatur permukaan pipa evaporator

Beberapa asumsi yang diperlukan untuk mendisain evaporator :

1. Perpindahan panas ikan dan pipa evaporator berlangsung secara konduksi.
2. Proses konduksi satu dimensi arah vertikal.
3. Ikan dianggap sebagai dinding datar dengan suhu permukaan seragam.

Untuk menghitung temperatur pipa refrigeran digunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_x = \frac{\Delta T}{R_{th}} \quad \text{.....4.7}$$

Dimana :

q_x : beban pendingin (W)

ΔT : perbedaan suhu bagian luar dan dalam (^{0}C)

R_{th} : tahanan termal pipa refrigeran ($m^2\,^0C/W$)

Sehingga :

$$R_{th} = \frac{X}{k} = \frac{0{,}001m}{386\,W/m^0C}$$

$$= 2{,}59.10^{-6}\ m^{20}C/W$$

Maka :

$$q_x = \frac{(Tr,o - Tr,i)}{R_{th}} \text{ atau}$$

$$Tr,o = q_x \,.\, R_{th} + Tr,i$$

$$= 63{,}879.\ 2{,}59.10^{-6} + (-1)$$

$$= -0{,}99\ ^0C$$

IV.3.3. Penentuan koefisien konveksi dari sisi refrigeran (hr)

Harga koefisien penguapan refrigeran yang mengalir dalam pipa dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{hr.Di}{k} = 0{,}115\left[X^4(1-X^2)^{0{,}11}\right]\left[\frac{Gr^2hfg}{g\sigma\rho f}\right]^{0{,}44}(Pr)^{0{,}7} \quad \text{.....4.8}$$

Dimana :

hr : koefisien penguapan refrigerant (W/m^2K)

Di : diameter dalam pipa (m)

k : konduktivitas termal refrigeran (W/mK)

X : derajat kekeringan uap

Gr : laju flux massa refrigeran (Kg/m^2s)

hfg : panas laten penguapan (kJ/Kg)

σ : tegangan permukaan refrigerant (N/m)

ρf : massa jenis refrigeran (Kg/m^3)

Pr : prandlt number

Laju aliran flux massa refrigeran dapat dicari dengan persamaan :

$$Gr = \frac{m}{Ai}, \text{ dengan Ai} = \frac{\pi}{4}(Di)^2$$

$$= \frac{\pi}{4}(0{,}01)^2 = 0{,}0129 \text{ m}^2$$

$$= \frac{0{,}0671}{0{,}0129} = 5{,}2 \text{ Kg/m}^2\text{s}$$

Properties refrigeran pada kondisi temperatur kerja evaporator -1^{0}C :

k : 0,155 W/mK

hfg : 199,9 kJ/Kg

ρf : 1324,6 Kg/m^3

σ : 0,0214 N/m

Pr : 8,7

Sehingga :

$$\frac{hr.0{,}0165}{0{,}155} = 0{,}115\left[X^4(1-X^2)\ \right]^{0{,}11}\left[\frac{5{,}2^2.199{,}9}{9{,}81.0{,}0214.1324{,}6}\right]^{0{,}44}(8{,}7)^{0{,}7}$$

$$0{,}106.\text{hr} = 1{,}929\ [X^4\text{-}X^6]^{0{,}11}$$

$$\text{hr} = 18{,}1996\ [X^4\text{-}X^6]^{0{,}11}$$

$$X = \frac{(199{,}9-150{,}2)}{(1208{,}4-150{,}2)} = 0{,}047$$

Maka :

$$\text{hr} = 18{,}1996\ [0{,}047^4\text{-}0{,}047^6]^{0{,}11}$$

$$= 4{,}74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

IV.3.4. Koefisien perpindahan panas menyeluruh

$$Ur = \frac{1}{\frac{1}{hr} + \frac{X_{pipa}}{k_{pipa}} + \frac{X_{ikan}}{k_{ikan}} + R_{f,r}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{4{,}74} + \frac{0{,}001}{386} + \frac{0{,}035}{0{,}165} + 0{,}0002}$$

$$= 23{,}58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

IV.3.5. Perhitungan beda temperatur rata – rata logaritmik (ΔT_{LMTD})

Untuk menentukan besarnya temperatur udara masuk dari evaporator :

$Qe = m.Cp.(T_{I,i} - Tr)$

$$T_{I,i} = \frac{63,879}{1,006.4,1} = 15\ ^0C$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{T_1}{T_2}}$$

Dimana :

$\Delta T_1 = T_{I,i} - Tr$

$= 15 - (-1) = 16\ ^0C$

$\Delta T_2 = T_{I,o} - Tr$

$= 25 - (-1) = 26\ ^0C$

Maka :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{16-26}{\ln \frac{16}{26}}$$

$$= 20,57\ ^0C$$

IV.3.6. Perhitungan panjang pipa yang dibutuhkan

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

$Qe = Ur.Ap.\Delta T_{LMTD}$ 4.9

$$Ap = \frac{Qe}{Urx\Delta T_{LMTD}} = \frac{63,879}{23,58x20,57}$$

$$= 0,132\ m^2$$

Sehingga :

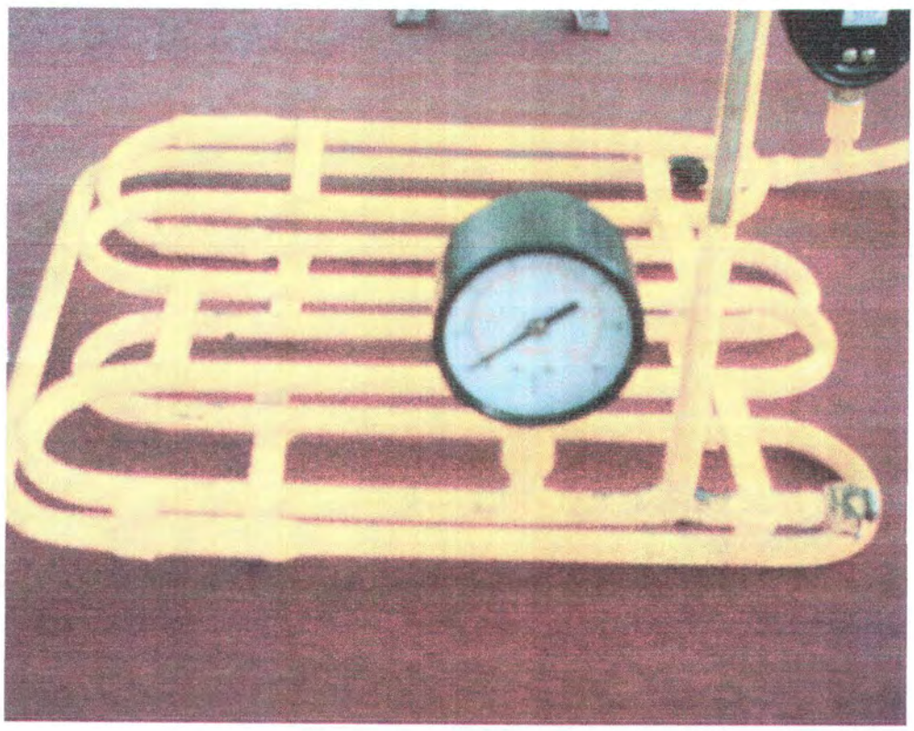
Panjang pipa yang dibutuhkan adalah :

$$Lx = \frac{Ap}{\pi Di}$$

$$= \frac{0,132}{\pi 0,012} = 4,2\ m$$

Gb.4.8. Kolektor dan Kondensor

Gb.4.9. Evaporator dan Kolektor



Gb.4.10. Evaporator

Gb.4.11. Evaporator dan Kondensor

Gb.4.12. Evaporator dirangkai menjadi satu sistem pendingin

BAB V
ANALISA DATA dan PEMBAHASAN

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

V.1. Analisa Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Kemampuan Adsorpsi.

Dalam analisa data dibuat sebuah perbandingan antara Etanol dengan Metanol, sehingga akan ada dua gambaran unjuk kerja dari dua bahan yang berbeda.

V.1.1. Metanol

Percobaan pertama ini dilaksanakan dengan membuat variasi waktu rendaman karbon aktif selama : 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit dengan karbon aktif sebanyak 2 Kg dan 3 Kg.

Variasi waktu rendaman karbon aktif dalam metanol dilakukan untuk mendapatkan kapasitas karbon aktif, yaitu seberapa besar kemampuan penyerapan karbon aktif terhadap metanol.

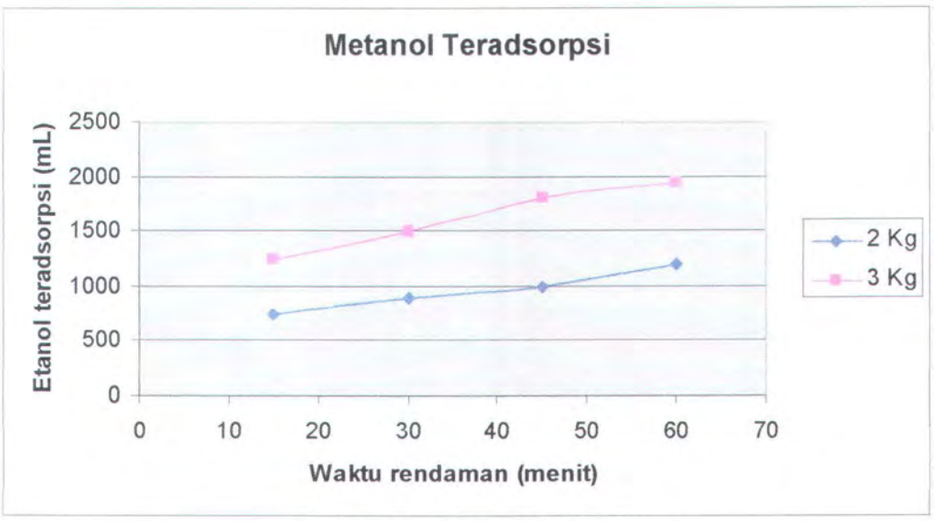
Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Waktu Rendaman (menit)	Karbon Aktif (mL)	
	2	3
15	750	1250
30	900	1500
45	1000	1800
60	1200	1950

Tabel 5.1. Metanol teradsorpsi

Keterangan :

1. 2 Kg karbon aktif direndam 2 Lt Metanol
2. 3 Kg karbon aktif direndam 3 Lt Metanol



Grafik 5.1. Metanol Teradsorpsi

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin lama waktu perendaman, maka semakin banyak metanol yang teradsorpsi. Kondisi adsorpsi maksimum pada rendaman 60 menit karbon aktif 3 Kg.

Terlihat jelas pada grafik lamanya waktu perendaman dan kapasitas karbon aktif adalah berbanding lurus. Semakin banyak jumlah karbon aktif dan lamanya waktu perendaman, maka semakin besar jumlah metanol yang teradsorpsi. Dalam percobaan hanya sampai dengan 3 Kg karbon aktif, karena kapasitas Kolektor sudah mencapai maksimal.

V.1.2. Etanol

Percobaan dengan pasangan karbon aktif dan etanol sama dengan metanol, yaitu membuat variasi waktu rendaman karbon aktif selama : 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit dengan karbon aktif sebanyak 2 Kg dan 3 Kg.

Variasi waktu rendaman karbon aktif dalam etanol dilakukan untuk mendapatkan kapasitas karbon aktif, yaitu seberapa besar kemampuan penyerapan karbon aktif terhadap etanol.

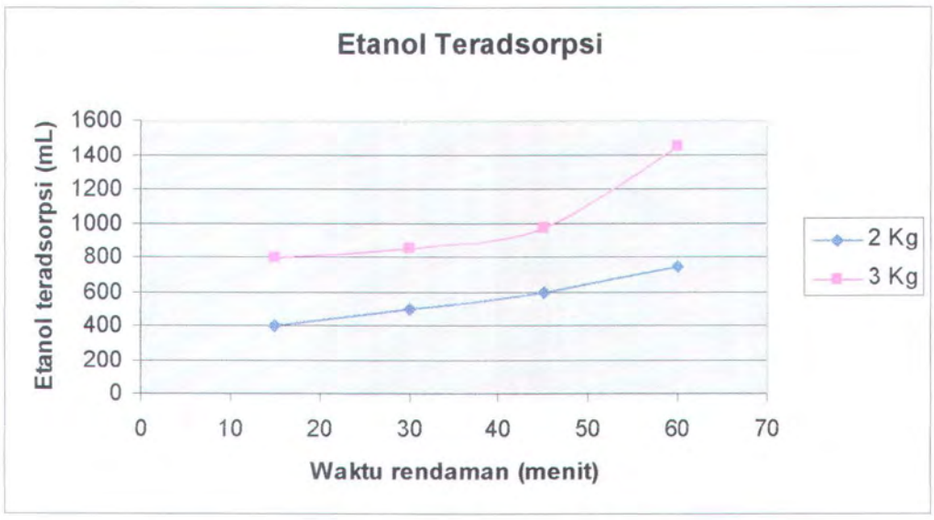
Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Waktu Rendaman (menit)	Karbon Aktif (mL)	
	2	3
15	400	800
30	500	850
45	600	975
60	750	1450

Tabel 5.2. Etanol teradsorpsi

Keterangan :

1. 2 Kg karbon aktif direndam 2 Lt Etanol
2. 3 Kg karbon aktif direndam 3 Lt Etanol



Grafik 5.2. Etanol Teradsorpsi

Berbeda dengan metanol, etanol lebih susah untuk diserap oleh karbon aktif, namun tetap memiliki tren grafik yang sama dengan metanol. Kondisi waktu rendaman yang lama akan mempunyai nilai adsorpsi yang lebih besar, sesuai dengan tabel 5.2.

V.2. Analisa Pengaruh Waktu Rendaman terhadap Temperatur dan Tekanan Uap Refrigeran.

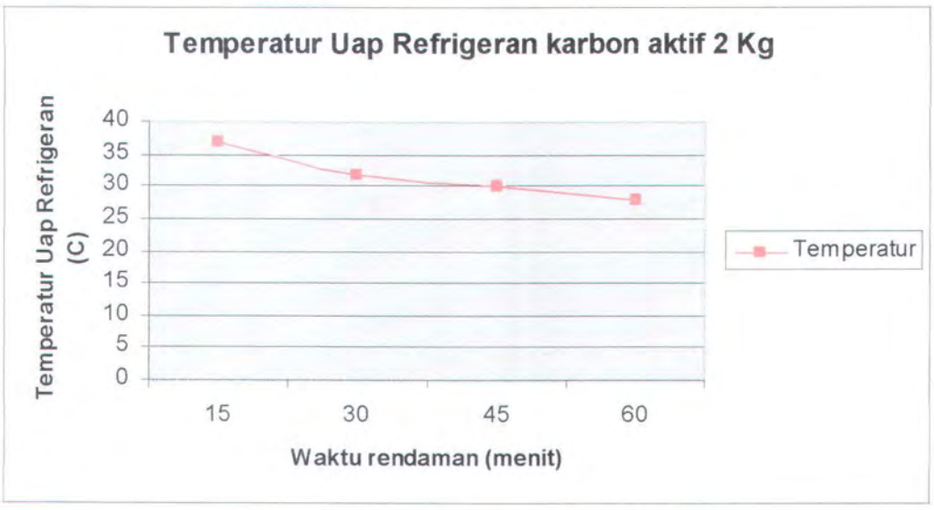
V.2.1. Metanol

V.2.1.1. Pengaruh Waktu rendaman terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator.

a) **Karbon Aktif 2 Kg**

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	45	37
30	43	32
45	39	30
60	37	28

Tabel 5.3. Temperatur karbon aktif 2 Kg



Grafik 5.3. Temperatur karbon aktif 2 Kg

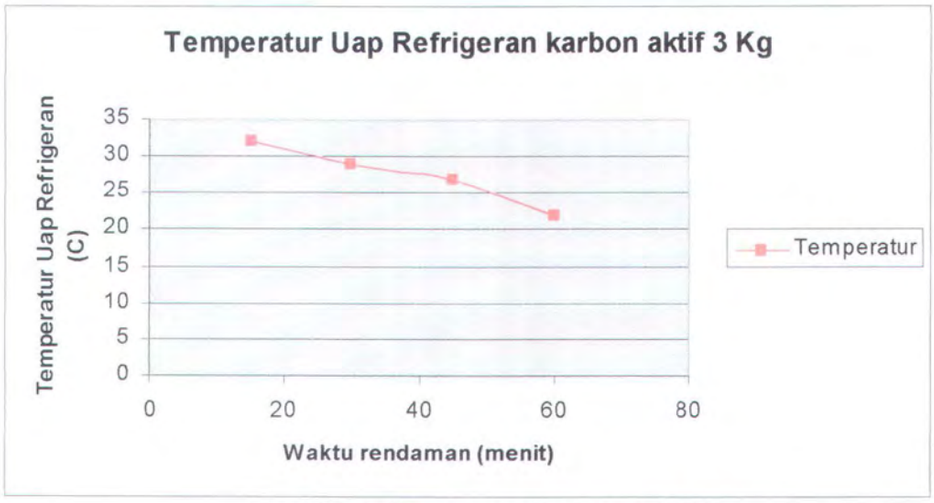
Pada grafik tersebut diketahui bahwa temperatur uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya waktu rendaman karbon aktif dan metanol. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk perendaman, maka temperatur yang terjadi semakin kecil.

Pada rendaman 60 menit, temperatur mengalami penurunan dari 37^0C menjadi 28^0C. Pada titik inilah kondisi optimum temperatur evaporator pasangan karbon aktif 2 Kg dan metanol.

b) **Karbon Aktif 3 Kg**

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	39	32
30	36	29
45	34	27
60	31	22

Tabel 5.4. Temperatur karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.4. Temperatur karbon aktif 3 Kg

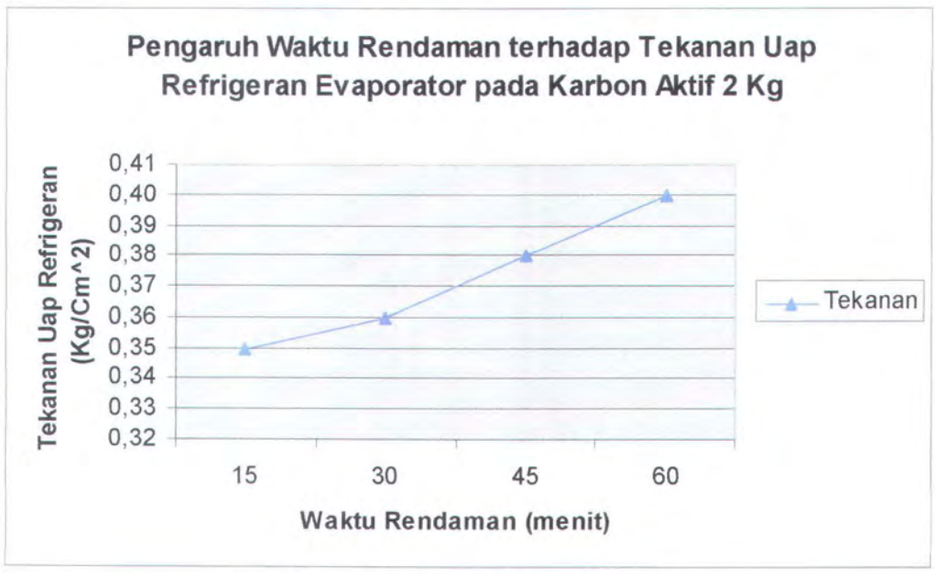
Grafik diatas memberikan data yang tidak jauh berbeda dengan kondisi karbon aktif 2 Kg. Tren yang diberikan adalah semakin lama waktu rendaman maka temperatur semakin turun. Dimana saat waktu perendaman 60 menit temperatur yang dihasilkan sebesar 22^0C, dimana temperatur ini adalah temperatur maksimal yang bisa di dapat oleh evaporator dengan menggunakan pasangan karbon aktif dan metanol.

V.2.1.2. Pengaruh Waktu rendaman terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator .

a) Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,36	0,35
30	0,37	0,36
45	0,40	0,38
60	0,41	0,40

Tabel 5.5. Tekanan karbon aktif 2 Kg



Grafik 5.5. Tekanan karbon aktif 2 Kg

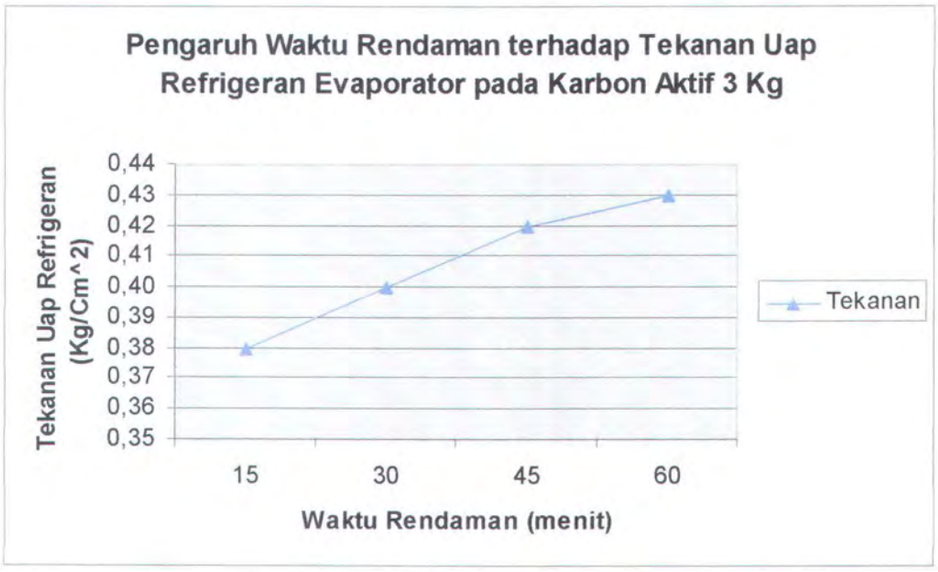
Pada grafik tekanan mempunyai tren nilai yang berbeda, yaitu semakin lama waktu rendaman yang dibutuhkan maka semakin besar nilai tekanan yang dihasilkan. Pada karbon aktif 2 Kg, tekanan terbesar pada rendaman 60 menit.

Kenaikan rata – rata tekanan tidak terlalu besar, waktu rendaman 15 menit dapat menghasilkan tekanan sebesar 0,35 Kg/cm^2. Sedangkan pada kondisi optimal rendaman 60 menit menghasilkan tekanan sebesar 0,40 Kg/cm^2.

b) Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,39	0,38
30	0,41	0,40
45	0,44	0,42
60	0,46	0,43

Tabel 5.6. Tekanan karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.6. Tekanan karbon aktif 3 Kg

Pada karbon aktif 3 Kg juga tidak berbeda dalam tren nilai yang dihasilkan. Nilai waktu rendaman 15 menit sebesar 0,38 Kg/cm^2, sedangkan untuk waktu rendaman 60 menit tekanan yang dihasilkan sebesar 0,43 Kg/cm^2.

Ditinjau dari data diatas, karbon aktif 3 Kg menghasilkan tekanan yang lebih besar dalam kondisi waktu rendaman berapa pun. Menunjukkan bahwa kapasitas karbon aktif berpengaruh pada jumlah metanol yang teradsorpsi. Karena semakin banyak jumlah karbon aktif, maka jumlah metanol yang teradsorpsi juga semakin banyak. Namun disini hanya sebatas karbon aktif 3 Kg, karena kapasitas kolektor hanya sebanyak 3 Kg.

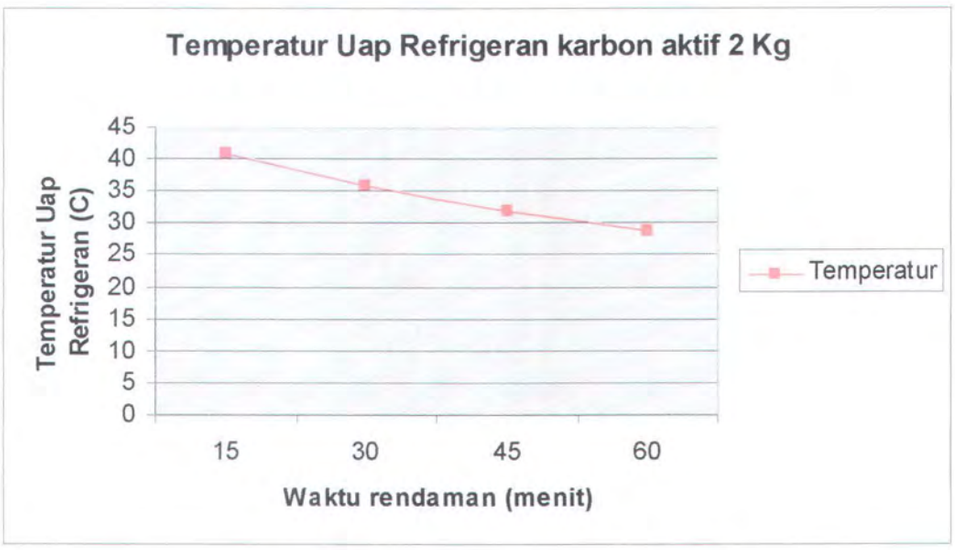
V.2.2. Etanol

V.2.2.1. Pengaruh Waktu rendaman terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator.

a) Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	46	41
30	44	36
45	41	32
60	38	29

Tabel 5.7. Temperatur karbon aktif 2 Kg



Grafik 5.7. Temperatur karbon aktif 2 Kg

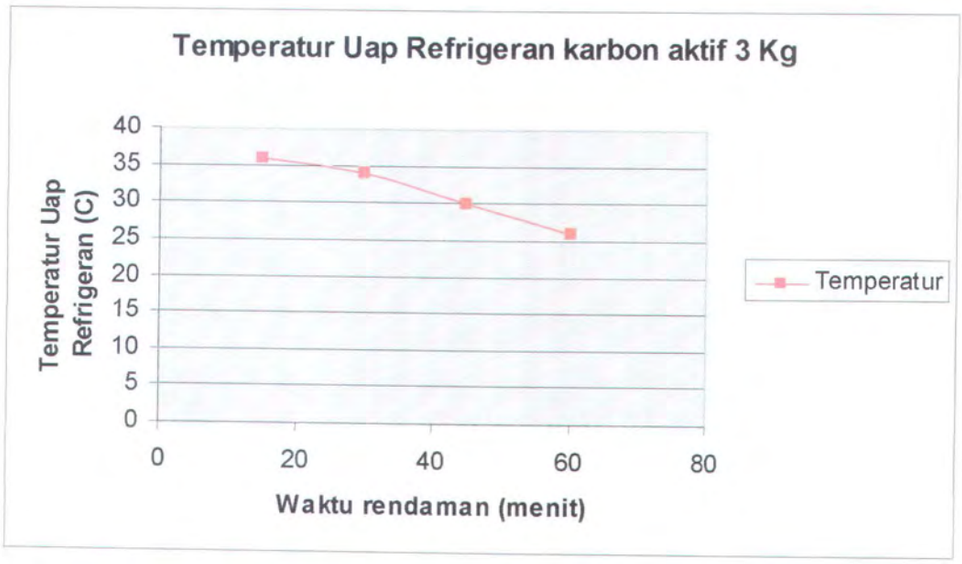
Pada tabel 5.7. dapat dilihat bahwa tren grafik yang dihasilkan sama dengan metanol, semakin lama waktu perendaman semakin rendah temperatur yang dihasilkan. Metanol dapat menghasilkan temperatur 28^0C pada rendaman 60 menit, sedangkan pada etanol hanya mampu menghasilkan temperatur sebesar 29^0C sama – sama pada rendaman 60 menit.

Hal tersebut juga dipengaruhi oleh banyaknya etanol yang teradsorpsi, karena etanol lebih sedikit dibandingkan dengan metanol yang teradsorpsi. Sehingga temperatur yang didapat juga kecil.

b) **Karbon Aktif 3 Kg**

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	42	36
30	39	34
45	37	30
60	36	26

Tabel 5.8. Temperatur karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.8. Temperatur karbon aktif 3 Kg

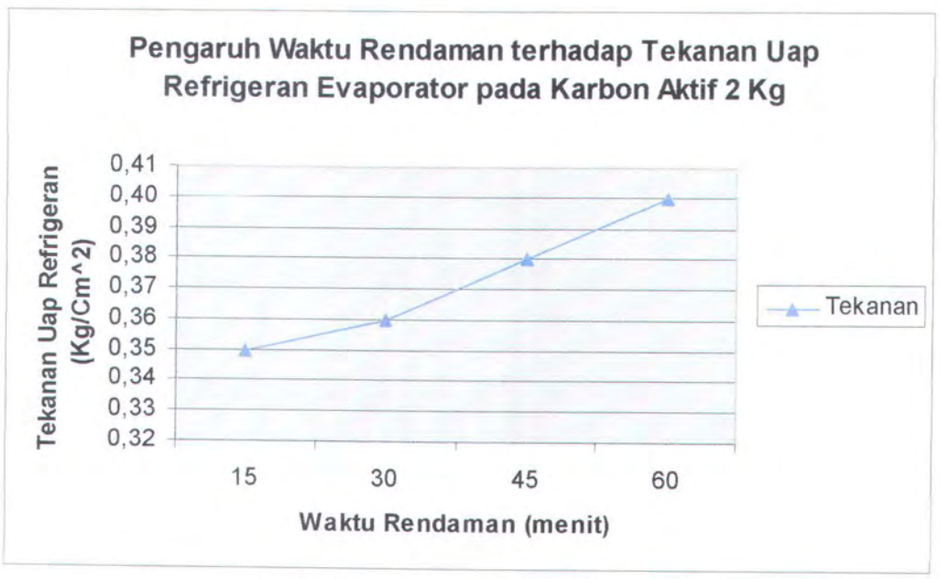
Pada karbon aktif 3 Kg juga tidak mengalami perbedaan tren grafik, dimana nilai temperatur akan semakin turun dengan lamanya waktu perendaman. Pada kondisi 3 Kg titik optimal temperatur uap refrgieran sebesar 26^0C dengan waktu rendaman selama 60 menit.

V.2.2.2. Pengaruh Waktu rendaman terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator .

c) **Karbon Aktif 2 Kg**

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,10	0,08
30	0,15	0,12
45	0,20	0,19
60	0,23	0,20

Tabel 5.9. Tekanan karbon aktif 2 Kg



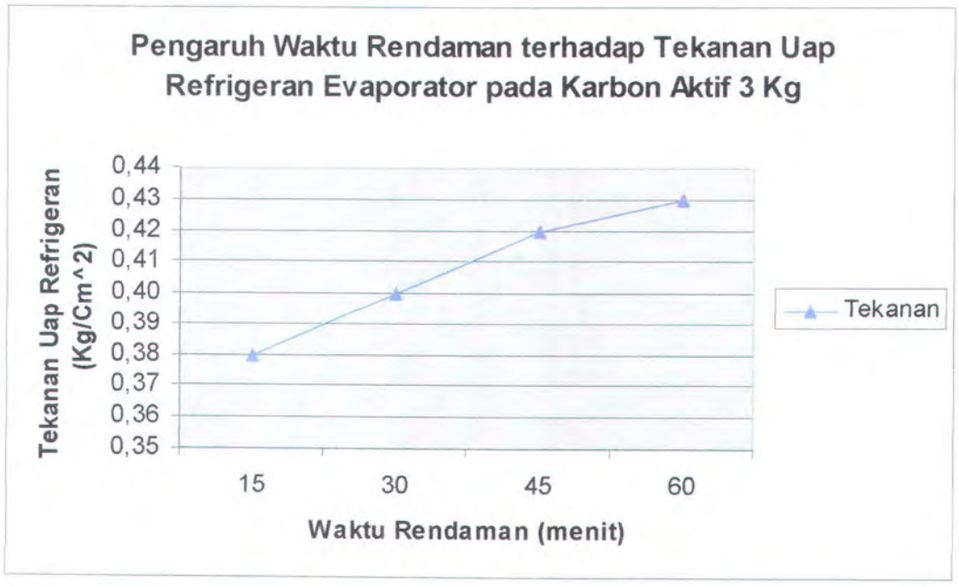
Grafik 5.9. Tekanan karbon aktif 2 Kg

Tekanan yang dihasilkan sesuai dengan tabel 5.9. bahwa semakin lama rendaman yang dilakukan, maka tekanan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Pada karbon aktif 2 Kg pasangan karbon aktif dan etanol tidak dapat menghasilkan tekanan yang besar, kemungkinan dikarenakan terjadi kebocoran pada kolektor sehingga banyak kerugian – kerugian yang terjadi. Tekanan maksimal yang didapat sebesar 0,2 Kg/cm^2.

d) **Karbon Aktif 3 Kg**

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,28	0,26
30	0,30	0,28
45	0,36	0,34
60	0,38	0,35

Tabel 5.10. Tekanan karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.10. Tekanan karbon aktif 3 Kg

Karbon aktif 3 Kg memiliki tren yang tidak berbeda dengan karbon aktif 2 Kg. Tekanan yang dihasilkan sebesar 0,26 Kg/cm^2, 0,28 Kg/cm^2, 0,34 Kg/cm^2, sedangkan maksimal pada nilai 0,35 Kg/cm^2. Waktu rendaman berpengaruh pada banyaknya etanol yang teradsorpsi.

Berapa pun jumlah karbon aktif yang ada, terjadi peningkatan pada semakin lamanya waktu rendaman yang dilakukan. Namun pada penelitian sebelumnya dilakukan hal yang sama, setelah waktu 60 menit tidak adanya penambahan yang berarti. Sehingga dilakukan pada rendaman maksimal 60 menit.

V.3. Analisa Pengaruh Tekanan Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensor terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.

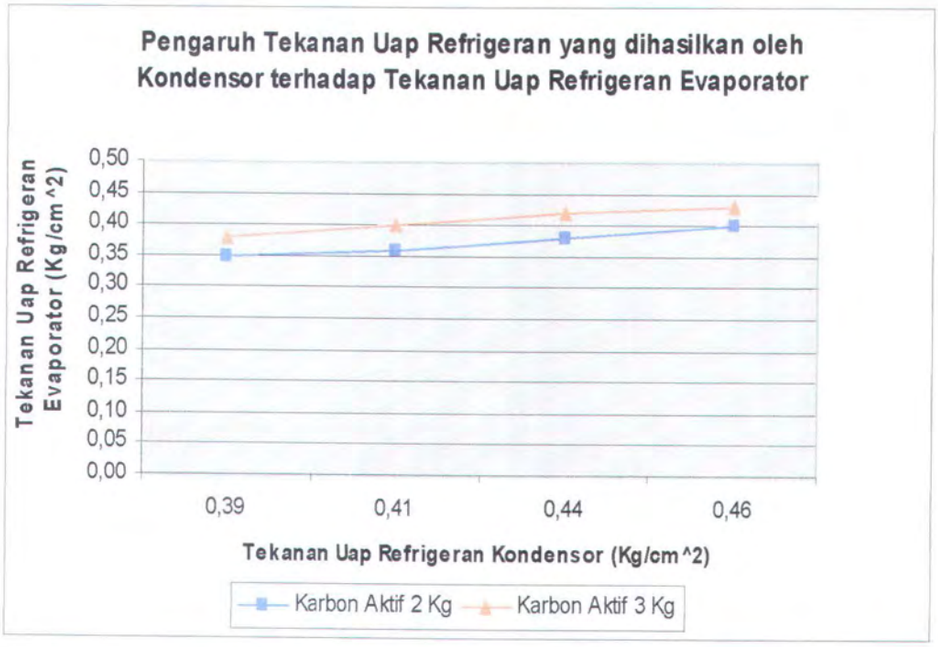
V.3.1. Metanol

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,36	0,35
30	0,37	0,36
45	0,40	0,38
60	0,41	0,40

Tabel 5.4. Tekanan karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,39	0,38
30	0,41	0,40
45	0,44	0,42
60	0,46	0,43

Tabel 5.5. Tekanan karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.11. Perbandingan tekanan karbon aktif

Ditinjau dari grafik diatas diketahui bahwa semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh kondensor, maka semakin besar tekanan yang keluar dari evaporator. Pada karbon aktif 2 Kg tekanan yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan tekanan yang dihasilkan oleh karbon aktif 3 Kg. Karena jumlah karbon aktif yang banyak akan menghasilkan jumlah metanol yang teradsorpsi lebih banyak juga.

Waktu rendaman juga berpengaruh pada besarnya tekanan yang dihasilkan, dimana waktu rendaman 15 menit karbon aktif 2 Kg dan metanol menghasilkan tekanan sebesar 0,35 Kg/cm^2, sedangkan pada waktu rendaman 60 menit menghasilkan tekanan sebesar 0,40 Kg/cm^2.

Pada kondisi karbon aktif 3 Kg mempunyai tren nilai yang sama dengan karbon aktif 2 Kg. Hanya mempunyai perbedaan nilai yang dihasilkan, bahwa karbon aktif 3 Kg menghasilkan tekanan yang lebih besar daripada karbon aktif 2 Kg.

Dapat disimpulkan bahwa tekanan kondensor mempunyai pengaruh berbanding lurus terhadap tekanan yang dihasilkan oleh evaporator. Semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh kondensor, semakin besar pula tekanan yang dihasilkan oleh evaporator.

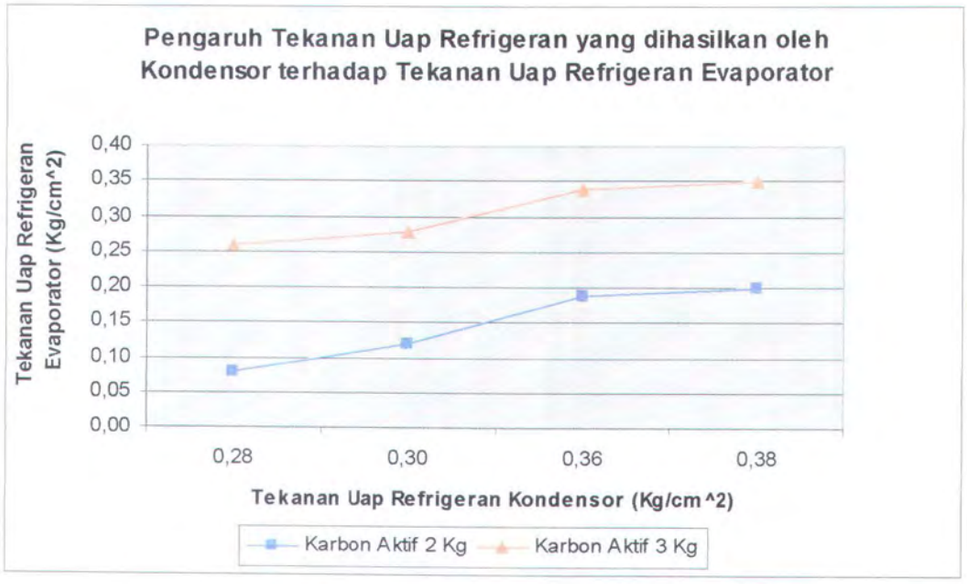
V.3.2. Etanol

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm^2)	
	Input	Output
15	0,10	0,08
30	0,15	0,12
45	0,20	0,19
60	0,23	0,20

Tabel 5.9. Tekanan karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output
15	0,28	0,26
30	0,30	0,28
45	0,36	0,34
60	0,38	0,35

Tabel 5.10. Tekanan karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.12. Perbandingan tekanan karbon aktif

Tabel diatas menunjukkan adanya perbandingan yang lurus antara tekanan uap refrigeran yang dihasilkan oleh kondensor dengan tekanan uap refrigeran yang dihasilkan oleh evaporator. Walaupun tidak sebesar yang dihasilkan metanol, karena terjadi kebocoran pada kolektor seperti pada pembahasan diatas.

Sama dengan metanol, waktu rendaman juga berpengaruh pada etanol. Tekanan yang dihasilkan etanol lebih kecil dengan nilai maksimal pada karbon aktif 3 Kg dengan waktu rendaman 60 menit sebesar 0,38 Kg/cm^2 menjadi 0,35 Kg/cm^2, sedangkan yang terkecil pada karbon aktif 2 Kg pada rendaman 15 menit sebesar 0,10 Kg/cm^2 menjadi 0,08 Kg/cm^2.

V.4. Analisa Pengaruh Temperatur Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensor terhadap Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator.

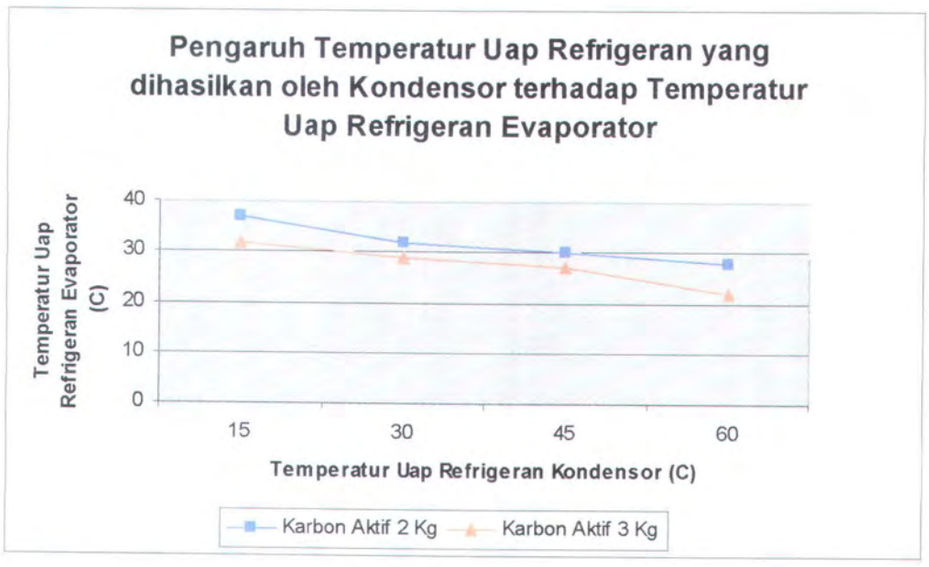
V.4.1. Metanol

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	45	37
30	43	32
45	39	30
60	37	28

Tabel 5.3. Temperatur karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	39	32
30	36	29
45	34	27
60	31	22

Tabel 5.4. Temperatur karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.13. Perbandingan temperatur karbon aktif

Temperatur yang dihasilkan oleh kondensor besar, maka temperatur yang dihasilkan oleh evaporator juga besar. Pada karbon aktif 2 Kg misalnya tingginya temperatur dari kondensor menghasilkan temperatur yang besar pada evaporator, karena dipengaruhi kondisi metanol yang teradsorpsi lebih banyak.

Temperatur yang dihasilkan seperti yang dijelaskan pada V.2.1.1, dimana semakin lama waktu rendaman semakin rendah temperatur yang dihasilkan. Juga pengaruh kapasitas karbon aktif yang dimasukkan ke kolektor. Kapasitas yang besar dan waktu rendaman yang lama menghasilkan kondisi optimal.

Pada karbon aktif 3 Kg waktu rendaman 60 menit menghasilkan temperatur 31^0C pada kondensor menjadi 22^0C pada evaporator. Kondisi ini maksimum untuk metanol. Sedangkan minimal pada karbon aktif 2 Kg rendaman 15 menit, yaitu 45^0C menjadi 37^0C.

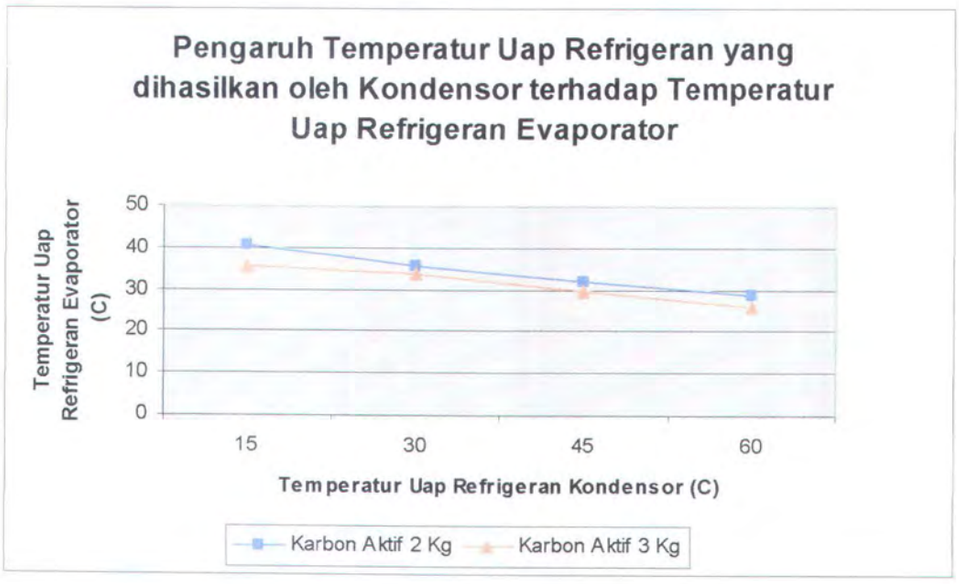
V.4.2. Etanol

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	46	41
30	44	36
45	41	32
60	38	29

Tabel 5.7. Temperatur karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
15	42	36
30	39	34
45	37	30
60	36	26

Tabel 5.8. Temperatur karbon aktif 3 Kg



Grafik 5.14. Perbandingan temperatur karbon aktif

Pada etanol juga tidak berbeda, mempunyai tren nilai yang konstan turun. Dari temperatur kondensor sebesar 46^0C menjadi 41^0C pada kondisi rendaman 15 menit karbon aktif 2 Kg, saat kondisi temperatur uap refrigeran minimal. Untuk karbon aktif 3 Kg kondisi maksimal pada rendaman 60 menit sebesar 36^0C menjadi 26^0C.

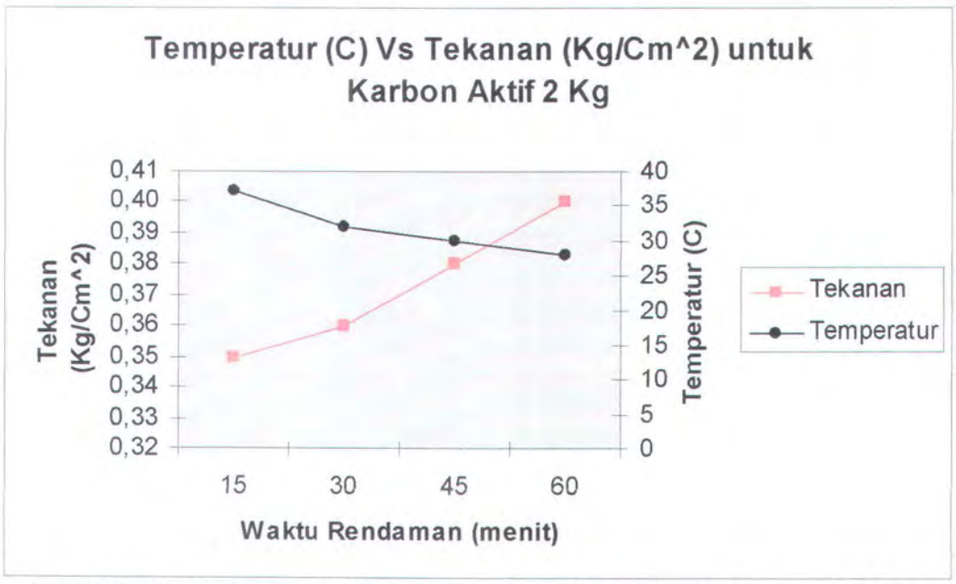
V.5. Analisa Perbandingan Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.

V.5.1. Metanol

a) Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)		Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output	Input	Output
15	45	37	0,36	0,35
30	43	32	0,37	0,36
45	39	30	0,40	0,38
60	37	28	0,41	0,40

Tabel 5.11. Temperatur dan tekanan karbon akti f 2 Kg



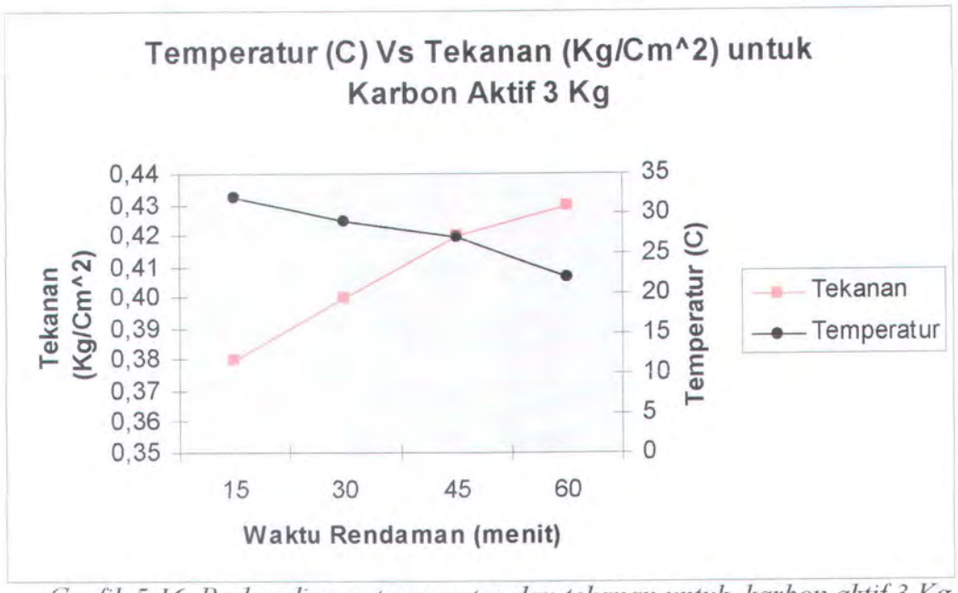
Grafik 5.15. Perbandingan temperatur dan tekanan untuk karbon aktif 2 Kg

Pada grafik diatas diketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik dengan temperatur yang dihasilkan. Semakin besar tekanan yang dihasilkan, semakin kecil temperatur yang keluar, sesuai dengan yang diinginkan. Semakin besar tekanan yang dihasilkan, daya dorong aliran refrigeran juga semakin besar. Sehingga aliran refrigeran dapat memenuhi seluruh ruangan pipa evaporator dan waktu untuk aliran mengalir juga semakin lama, agar proses pendinginan lebih sempurna. Namun pada penelitian ini tidak didapat hasil yang maksimal, karena tekanan yang dihasilkan tidak memenuhi, kemungkinan karena terjadi kebocoran pada kolektor. Tekanan maksimal pada nilai 0,40 Kg/cm^2 menghasilkan temperatur uap refrigeran sebesar 28^{0}C.

b) Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)		Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output	Input	Output
15	39	32	0,39	0,38
30	36	29	0,41	0,40
45	34	27	0,44	0,42
60	31	22	0,46	0,43

Tabel 5.12. Temperatur dan tekanan karbon akti f 3 Kg



Grafik 5.16. Perbandingan temperatur dan tekanan untuk karbon aktif 3 Kg

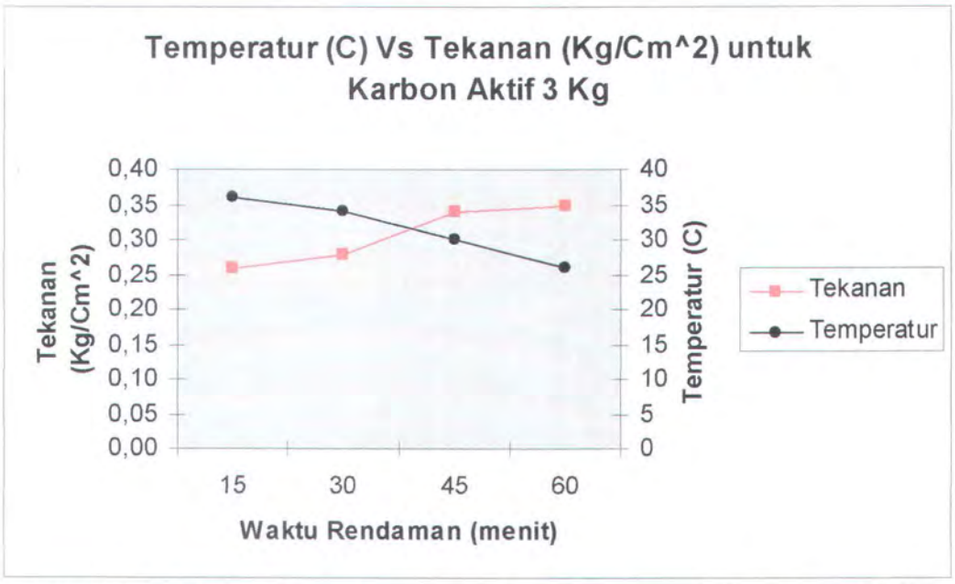
Sedangkan pada karbon aktif 3 Kg, menghasilkan tekanan yang lebih besar dan temperatur yang lebih rendah sesuai dengan tabel diatas. Pada kondisi karbon aktif 3 Kg dapat menghasilkan tekanan yang lebih besar karena metanol yang teradsorpsi lebih banyak, sehingga dapat menghasilkan tekanan uap refrigeran yang besar pula. Dengan tekanan yang besar, maka aliran refrigeran dapat mengalir dengan cepat dan waktu untuk mengalirkan uap refrigeran juga lebih lama. Sehingga temperatur yang dihasilkan semakin rendah. Kondisi maksimal pada karbon aktif 3 Kg adalah tekanan 0,43 Kg/cm^2 dengan temperatur 22^{0}C.

V.5.2. Etanol

a) Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (menit)	Temperatur (°C)		Tekanan (Kgf/Cm²)	
	Input	Output	Input	Output
15	46	41	0,10	0,08
30	44	36	0,15	0,12
45	41	32	0,20	0,19
60	38	29	0,23	0,20

Tabel 5.13. Temperatur dan tekanan karbon akti f 2 Kg



Grafik 5.18. Perbandingan temperatur dan tekanan untuk karbon aktif 3 Kg

Tekanan yang dihasilkan etanol tidak dapat maksimal, kemungkinan terjadi kebocoran pada kolektor. Tekanan yang kecil akan menghasilkan temperatur yang besar, sehingga tidak memenuhi sebagai mesin pendingin. Tekanan yang paling kecil sebesar 0,26 Kg/cm^2 menghasilkan temperatur yang terbesar 36^0C. Sedangkan tekanan terbesar dihasilkan dari rendaman karbon aktif dan etanol selama 60 menit sebesar 0,35 Kg/cm^2 dengan temperatur sebesar 26^0C.

Sebagai sistem pendingin adsorpsi, alat ini sebenarnya sudah layak untuk digunakan. Namun ada kendala teknis pada alat khususnya kolektor sebagai sumber panas dan tekanan yang dihasilkan oleh metanol maupun etanol. Kebocoran yang terjadi tidak diketahui setelah alatnya dibuka pada waktu akhir percobaan, sehingga dapat mengakibatkan penurunan nilai tekanan.

Asumsi awal kolektor dapat menghasilkan tekanan yang besar, namun pada kenyataannya tidak terjadi. Sistem yang ada telah sesuai dengan disain yang ada.

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. Model fisik Evaporator yang dihasilkan adalah panjang 4,2 m dengan diameter pipa 0,1m dan tebal pipa 0,001m. Bahan pipa dari stainless steel, jenis yang digunakan adalah *bare tube evaporator*.
2. Karakteristik evaporator yang dihasilkan adalah sebagai berikut :
   - Tekanan yang dihasilkan pada evaporator berbanding lurus dari tekanan yang dihasilkan oleh kolektor. Tekanan maksimal didapat pada waktu rendaman 60 menit karbon aktif 3 Kg dengan nilai sebesar 0,43 Kg/cm^2 pada pasangan karbon aktif dan metanol, sedangkan pada pasangan karbon aktif dan etanol sebesar 0,35 Kg/cm^2.
   - Temperatur evaporator berbanding terbalik dengan temperatur kolektor. Temperatur maksimal evaporator didapat saat waktu rendaman 60 menit karbon aktif 3 Kg. Untuk pasangan karbon aktif dan metanol sebesar 22^0C, sedangkan pasangan karbon aktif dan etanol sebesar 26^0C.
3. Sistem pendingin adsorpsi mempunyai karakteristik sebagai berikut :
   - Dari setiap percobaan, pasangan karbon aktif dan metanol mendapatkan hasil yang jauh lebih baik daripada pasangan karbon aktif dan etanol.
   - Waktu rendaman metanol dan etanol sangat berpengaruh pada hasil tekanan dan temperatur pada evaporator, karena metanol maupun etanol yang teradsorpsi berbanding lurus dengan waktu rendaman.
   - Sistem pendingin adsorpsi dapat dimanfaatkan dengan refrigeran metanol ataupun etanol, namun dibutuhkan kapasitas yang besar dengan waktu yang lama untuk dapat menghasilkan temperatur yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Arora, CP, [2000], *"Refrigeration and Air Conditioning"*, Mcgraw-Hill International, New York.

2. Dossat, Roy J, [1981], *"Principles Of Refrigeration"*, John Wiley & Son inc, New York.

3. Ghozali, [2005], *"Studi Perencanaan Kolektor Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Metanol"*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS, Surabaya.

4. Handoko, K, [1979], *"Room Air Conditioner"*, PT. Ichtiar Baru, Jakarta.

5. Holman, JP, [1994], *"Perpindahan Kalor"*, Erlangga, Jakarta.

6. Incropera, Frank P, [1996], *"Fundamentals of Heat and Mass Transfer"*, John Wiley & Son inc, New York.

7. Pardede, Julius Eko, [2004], *"Perencanaan Sistem Refrigerasi untuk Gudang Beku Ikan Segar Kapasitas 3,75 Ton pada -30^{0}C"*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI – ITS, Surabaya.

8. Stoecker, Wilbert F, [1994], *"Refrigerasi dan Pengkondisian Udara"*, Erlangga, Jakarta

LAMPIRAN

Keputusan Presiden No. 23 Tahun 1992 Tentang : Pengesahan Vienna Convention For The Protection of The Ozone Layer Dan Montreal Protocol on Substances That Deplete The Ozone Layer as Adjusted and Amended By The Second Meeting of The Parties London, 27 - 29 June 1990

Oleh	:	PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA
Nomor	:	23 TAHUN 1992 (23/1992)
Tanggal	:	13 MEI 1992 (JAKARTA)
Sumber	:	LN 1992/50

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang :

a. bahwa lapisan ozon sangat bermanfaat bagi perlindungan kehidupan di bumi karena dapat melestarikan lingkungan hidup, melindungi kesehatan manusia, kehidupan hewan dan tumbuh-tumbuhan, serta mencegah kerusakan atas benda-benda berharga dan bersejarah;

b. bahwa perusakan dan penipisan lapisan ozon yang disebabkan oleh zat-zat perusak ozon (ozone depleting substances) akan sangat membahayakan kelestarian kehidupan di bumi;

c. bahwa di Wina, Austria, pada tanggal 22 Maret 1985 dan di Montreal, Kanada, pada tanggal 16 September 1987 masing-masing telah diterima Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer dan Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer as Adjusted and Amended by the Second Meeting of the Parties London, 27 - 29 June 1990 yang bertujuan menggalang kesepakatan dan kerjasama internasional guna mencegah perusakan dan penipisan lapisan ozon;

d. bahwa Indonesia sebagai anggota masyarakat international memandang perlu ikut aktif di dalam kegiatan bersama yang bertujuan mencegah perusakan dan penipisan lapisan ozon tersebut;

e. bahwa sehubungan dengan itu, dan sesuai dengan Amanat Presiden Republik Indonesia kepada Ketua Dewan Perwakilan Rakyat Gotong Royong Nomor 2826/HK/1960 tangal 22 Agustus 1960 tentang

Pembuatan Perjanjian-perjanjian dengan Negara Lain, dipandang perlu untuk mengesahkan Konvensi Wina dan Protokol Montreal tersebut di atas dengan Keputusan Presiden;

Mengingat :

Pasal4 ayat (1) dan Pasal11 Undang-Undang Dasar 1945;

MEMUTUSKAN :

Menetapkan :

KEPUTUSAN PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA TENTANG PENGESAHAN VIENNA CONVENTION FOR THE PROTECTION OF THE OZONE LAYER DAN MONTREAL PROTOCOL ON SUBSTANCES THAT DEPLETE THE OZONE LAYER AS ADJUSTED AND AMENDED BY THE SECOND MEETING OF THE PARTIES LONDON, 27 - 29 JUNE 1990.

Pasal 1

Mengesahkan Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer dan Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer as Adjusted and Amended by the Second Meeting of the Parties London, 27 - 29 June 1990 yang masing-masing telah diterima di Wina, Austria, pada tanggal 22 Maret 1985 dan di Montreal, Kanada, pada tanggal 16 September 1987 yang salinan naskah aslinya dalam bahasa Inggeris sebagaimana terlampir pada Keputusan Presiden ini.

Pasal 2

Keputusan Presiden ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Keputusan Presiden ini dengan penempataannya dalam Lembaran Negara Republik Indonesia.

ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 13 Mei 1992
PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA

ttd.

SOEHARTO

Diundangkan di Jakarta
pada tanggal 13 Mei 1992
MENTERI/SEKRETARIS NEGARA
REPUBLIK INDONESIA

ttd.

MOERDIONO