

29 756 / 14/07



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember



RSSP
623.853 5
Hid

65

P-1
2007

TUGAS AKHIR - LS 1336

**STUDI PENERAPAN SISTEM PENDINGIN DENGAN
METODE ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF
DAN METANOL UNTUK COOL BOX**

TORIQ HIDAYAT
NRP 4203 109 004

Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

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

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	31-7-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	220743



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LS 1336

**STUDY APPLICATION OF COOLER SYSTEM WITH
ADSORPTION METHOD COMBINE ACTIVE CARBON
AND METHANOL FOR COOL BOX**

TORIQ HIDAYAT
NRP 4203 109 004

Advisor :
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

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

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENERAPAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN METANOL UNTUK COOL BOX

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System
(MMS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TORIQ HIDAYAT
NRP 4203 109 004

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc



SURABAYA
JULI, 2007

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PENERAPAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN METANOL UNTUK COOL BOX

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System
(MMS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TORIQ HIDAYAT

NRP 4203 109 004

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

Ir. Surjo Widodo Adjie, M.Sc



SURABAYA

JULI, 2007

STUDI PENERAPAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN METANOL UNTUK COOL BOX

Nama Mahasiswa : Toriq Hidayat
NRP : 4203 109 004
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

Abstrak

Metode pendinginan ikan pada ruang muat yang biasa digunakan nelayan kecil, dengan ukuran kapal 5 – 10 GT untuk saat ini masih menggunakan es balok. Metode es balok ini kurang efektif karena selain memakan tempat pada ruang muat, berat es balok tersebut juga berpengaruh dengan berat kapal, dimana berat kapal ini akan berpengaruh dengan konsumsi bahan bakar yang dipakai. Dari permasalahan tersebut, maka perlu adanya sumber alternatif lain sebagai penggantinya. Salah satu cara alternatif sistem pendingin yang digunakan adalah sistem pendingin adsorpsi.

Dalam penelitian ini akan dilakukan uji coba performance dari sistem pendingin adsorpsi yang telah didesain oleh peneliti sebelumnya. Komponen dari sistem pendingin adsorpsi ini adalah kolektor, kondensor dan evaporator. Unjuk kerja sistem pendingin ini diamati berdasarkan fungsi temperatur pendinginan terhadap waktu rendaman. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan rendaman serta berat takaran dari karbon aktif dan metanol.

Hasil penelitian menunjukkan temperatur pendinginan minimal sebesar 24 °C diperoleh dalam waktu 60 menit dengan berat takaran karbon aktif dan metanol sebanyak 3 kg. Untuk meningkatkan kemampuan alat sistem pendingin adsorpsi disarankan untuk memperbesar jumlah takaran antara karbon aktif

dan metanol, menambah waktu rendaman, dan perubahan bentuk fisik dari setiap sistem pendingin adsorpsi yang sudah ada.

Kata kunci : Sistem Pendingin Adsorpsi, Karbon Aktif dan Metanol, Cool Box.

STUDY APPLICATION OF COOLER SYSTEM WITH ADSORPTION METHOD COMBINE ACTIVE CARBON AND METHANOL FOR COOL BOX

Name : Toriq Hidayat
NRP : 4203 109 004
Department : Marine Engineering
Advisor : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

Abstract

Fish refrigeration method in cargo hold that commonly used by fisherman, which the ship size about 5 - 10 GT, till this time still using ice block. This ice block method less effective because not only taking more place in cargo hold, but also the ice block weight effecting to the ship weight, where this ship weight will have an effect on ship fuel consumption. From those problems, therefore need another alternative source for replacement. The other way of cooler system alternative used is adsorption cooler system.

This research will do a test about performance of adsorption cooler system which have designed by previous researcher. Adsorption cooler system components are collector, condensor and evaporator. The cooler system performance perceived pursuant to refrigeration temperature function to immersion time. Attempt conducted by variating immersion time and weight measuring of active carbon and methanol.

Research result showing minimum refrigeration temperature about 24 °C obtained during 60 minutes with measuring weighing of active carbon and methanol equal to 3 kg. To increase ability of adsorption cooler system, it is suggested to enlarge measured between active carbon and methanol, adding

immersion time, and physical transformation from each part of adsorption cooler system which have existed.

Keyword : Adsorption of Cooler System, Active Carbon and Methanol, Cool Box.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji bagi ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga tugas akhir dengan judul **“STUDI PENERAPAN SISTEM PENDINGIN DENGAN METODE ADSORPSI PASANGAN KARBON AKTIF DAN METHANOL UNTUK COOL BOX”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Kami menyadari selaku manusia biasa, apa yang kami susun ini masih jauh dari sempurna, segala kritik membangun dari pembaca sangat kami harapkan. Dan semoga apa yang kami susun ini memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Dalam penyelesaian penelitian Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih pada pihak – pihak yang membantu. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan tulus ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya Ayahanda Sutanto dan Ibunda Sri Darwati. Mbak Ike Riyani beserta keluarga (Mas Imam, Ekky, Achi, Ayu, dan Bunga), Mbak Henny Sutanti beserta keluarga (Mas Nono, Hasna dan Hanin), Mas Yusuf Wibowo, dan Putu Yunik Tri Wedayanti. Terima kasih atas semangat dan dukungannya baik berupa spirit dan material serta doa restu sehingga bisa terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bpk Ir. Alam Baheramsyah, MSc selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir. Terima kasih atas segala bantuan dan konsultasinya sehingga Tugas Akhir ini bisa selesai tepat waktu.

Semoga ALLAH SWT membalas segala bantuan yang telah kami terima dengan yang lebih baik. Amin.

Surabaya, Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	vii
Abstract	ix
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel	xix
Daftar Grafik	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan dan Batasan Masalah	3
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Umum	5
II.2 Sistem Pendingin Adsorpsi	5
II.2.1 Prinsip Kerja	5
II.2.2 Proses Adsorpsi	10
II.3 Refrigeran	10
II.4 Komponen Utama Sistem Pendingin Adsorpsi ..	12
II.4.1 Kolektor	12
II.4.2 Kondensor	13
II.4.3 Evaporator	16
BAB III METODE PENELITIAN	
III.1 Umum	21
III.2 Studi Literatur	21
III.3 Data Unjuk Kerja Alat	21
III.4 Eksperimen	23
III.5 Analisa Unjuk Kerja Cool Box	25

III.6	Kesimpulan dan saran	25
BAB IV DESAIN COOL BOX		
IV.1	Umum	27
IV.2	Beban Pendingin	27
IV.3	Beban Panas Kontruksi	28
IV.3.1	Beban Panas Kontruksi Dinding Utara	28
IV.3.2	Beban Panas Kontruksi Dinding Selatan	30
IV.3.3	Beban Panas Kontruksi Dinding Barat	32
IV.3.4	Beban Panas Kontruksi Dinding Timur	33
IV.3.5	Beban Panas Kontruksi Dinding Atas	34
BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		
V.1	Analisa Pengaruh <i>Concentration</i> (C) Terhadap Tekanan Uap Refrigeran/Metanol yang Dihasilkan Oleh Kolektor/Generator Adsorber	37
V.2	Analisa Pengaruh Temperatur Air Pendingin Kondensor Terhadap Tekanan Uap Refrigeran/Metanol Yang Dihasilkan Oleh Kolektor/Generator Adsorber	44
V.3	Analisa Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Tempeartur dan Tekanan Uap Refrigeran	47
V.3.1	Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator	47
V.3.2	Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator	50

V.4	Analisa Pengaruh Tekanan Uap Refrigeran Yang Dihasilkan oleh Kondensor Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator	52
V.5	Analisa Pengaruh Temperatur Uap Refrigeran Yang Dihasilkan oleh Kondensor Terhadap Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator	55
V.6	Analisa Perbandingan Temperatur Uap Refrigeran Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator	56
V.7	Analisa Perbandingan Temperatur pada Evaporator Terhadap Temperatur pada Cool Box	60
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
VI.1	Kesimpulan	63
VI.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		
BIODATA PENULIS		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Siklus Desorpsi-Kondensasi dan Siklus Adsorpsi-Evaporasi	7
Gambar 2.2	Siklus Clapeyron Diagram	8
Gambar 2.3	Model Fisik Kolektor	12
Gambar 2.4	Model Fisik Kondensor	15
Gambar 2.5	Siklus Kondensor	16
Gambar 2.6	Model Fisik Evaporator	16
Gambar 2.7	Kolektor	17
Gambar 2.8	Kondensor	17
Gambar 2.9	Evaporator	18
Gambar 2.10	Keseluruhan Sistem Pendingin Adsorpsi .	18
Gambar 2.11	Metanol	18
Gambar 2.12	Karbon Aktif	18
Gambar 2.13	Cool Box	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Pengerjaan Tugas Akhir	26
Gambar 4.1	Lapisan dinding utara yang digunakan untuk cool box	29
Gambar 4.2	Lapisan dinding selatan yang digunakan untuk cool box	30
Gambar 4.3	Lapisan dinding barat yang digunakan untuk cool box	32
Gambar 4.4	Lapisan dinding timur yang digunakan untuk cool box	33
Gambar 4.5	Lapisan dinding atap yang digunakan untuk cool box	35



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Bahan lapisan dinding utara pada cool box	29
Tabel 4.2	Bahan lapisan dinding selatan pada cool box	31
Tabel 4.3	Bahan lapisan dinding barat pada cool box	32
Tabel 4.4	Bahan lapisan dinding timur pada cool box	34
Tabel 4.5	Bahan lapisan dinding atas / atap pada cool box	35
Tabel 5.1	Hasil eksperimen yang dihasilkan dari generator adsorber / kolektor karbon aktif 2 kg dan metanol 2 kg	37
Tabel 5.2	Hasil eksperimen yang dihasilkan dari generator adsorber / kolektor dari karbon aktif 3 kg dan metanol 3 kg	41
Tabel 5.3	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pendingin pada kondensor terhadap tekanan uap metanol 2 kg	45
Tabel 5.4	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pendingin pada kondensor terhadap tekanan uap metanol 3 kg	46
Tabel 5.5	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap refrigeran evaporator 2 kg	47
Tabel 5.6	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap refrigeran evaporator 3 kg	49

Tabel 5.7	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap refrigeran evaporator 2 kg	50
Tabel 5.8	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap refrigeran evaporator 3 kg	51
Tabel 5.9	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur dan tekanan uap refrigeran pada evaporator 2 kg	57
Tabel 5.10	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur dan tekanan uap refrigeran pada evaporator 3 kg	58
Tabel 5.11	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur pada evaporator dan pada cool box 2 kg	60
Tabel 5.12	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur pada evaporator dan pada cool box 3 kg	61

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.a	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pada kolektor (Head Source)	39
Grafik 5.1.b	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap metanol	40
Grafik 5.1.c	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap metanol	41
Grafik 5.2.a	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pada kolektor (Head Source) 3 kg	42
Grafik 5.2.b	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap metanol 3 kg	43
Grafik 5.2.c	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap metanol 3 kg	44
Grafik 5.3	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pendingin pada kondensor terhadap tekanan uap metanol 2 kg	45
Grafik 5.4	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur air pendingin pada kondensor terhadap tekanan uap metanol 3 kg	46
Grafik 5.5	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap refrigeran evaporator 2 kg	48
Grafik 5.6	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan temperatur uap refrigeran evaporator 3 kg	49

Grafik 5.7	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap refrigeran evaporator 2 kg	50
Grafik 5.8	Hasil eksperimen dari perbandingan waktu rendaman dan tekanan uap refrigeran evaporator 3 kg	52
Grafik 5.9	Hasil eksperimen dari perbandingan tekanan uap refrigeran yang dihasilkan kondensor dan evaporator 2 kg dan 3 kg .	54
Grafik 5.10	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur uap refrigeran yang dihasilkan kondensor dan evaporator 2 kg dan 3 kg	56
Grafik 5.11	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur dan tekanan uap refrigeran pada evaporator 2 kg	57
Grafik 5.12	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur dan tekanan uap refrigeran pada evaporator 3 kg	59
Grafik 5.13	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur pada evaporator dan cool box 2 kg	60
Grafik 5.14	Hasil eksperimen dari perbandingan temperatur pada evaporator dan cool box 3 kg	62

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Tiap tahun CFC (*Chloroflourocarbon*) menjadi suatu masalah dan suatu kendala yang secepatnya harus diselesaikan. Selain tidak ramah lingkungan, juga dapat merusak lapisan ozon. Pada saat ini CFC masih banyak digunakan oleh industri – industri refrigerasi, solvent, foam. Alat pendingin seperti pendingin ruangan (*Air Conditioner*) serta lemari es masih banyak yang menggunakan oleh masyarakat. Karena alat – alat tersebut merupakan suatu kebutuhan yang harus ada untuk kehidupan sehari – hari selain harganya sangat terjangkau tentunya. Padahal sebagian besar alat – alat tersebut masih menggunakan CFC 11, CFC 12, CFC 113, dan CFC 115 yaitu suatu refrigeran yang dimana jika terlepas bebas ke udara dapat menyebabkan lapisan ozon rusak.

Pengurangan dan penggantian CFC untuk alat – alat kebutuhan masyarakat tersebut dengan bahan – bahan yang tidak merusak ozon, tentunya juga akan menimbulkan masalah baru yang dimana perlu menemukan pengganti yang tepat untuk menanggulangi masalah ini. Salah satu caranya yaitu dengan mengganti refrigeran yang lebih ramah lingkungan.

Selain permasalahan diatas, didunia pelayaran juga menemukan kendala yaitu tentang bagaimana mengawetkan ikan untuk kapal – kapal yang berukuran kecil. Dikarenakan selama ini pengawetan yang digunakan oleh nelayan – nelayan sederhana yaitu dengan

metode penggunaan es balok. Jadi nelayan membawa es balok yang banyak dan memasukkannya kedalam ruang muat. Selain berpengaruh dikarenakan ruang muat memiliki daya tampung sedikit selain itu juga es akan mencair dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk penangkapan ikan akan memerlukan waktu sehari – hari bahkan sampai berminggu – minggu. Agar hasil yang mereka peroleh sebanding dengan pendapatannya. Walaupun memerlukan waktu yang lama untuk mencari ikan tetapi hasil tangkapan terkadang tidak sesuai dengan yang diinginkan. Maka es balok yang dibawa tersebut menjadi tidak berguna. Dan kemampuan dari es balok untuk mengawetkan ikan menjadi kurang efektif.

Salah satu cara alternatif yang digunakan untuk mengatasi kendala - kendala diatas adalah dengan sistem pendingin adsorpsi. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan sistem pendingin pasangan karbon aktif dan metanol yang dimana akan diaplikasikan dengan menggunakan cool box. Dimana evaporator akan dimasukkan didalam cool box yang sudah disesuaikan dengan model fisik dari evaporator yang telah tersedia. Yang dimana komponen – komponen yang dibutuhkan yaitu kolektor, evaporator, kondensor sudah dibuat oleh peneliti terdahulu yaitu [Ghozali 2005] untuk kolektor, [Dedy Kurniawan 2006] untuk evaporator dan [Afan 2006] untuk kondensornya. Pada dasarnya prinsip kerja sistem adsorpsi ini tidak jauh beda dengan sistem pendingin cold storage yang beredar dipasaran seperti saat ini. Perbedaan utama antara sistem pendingin adsorpsi dengan cold storage adalah penggunaan kompresor dalam sistem pendinginan tersebut. Sistem pendingin dengan metode adsorpsi ini

tidak menggunakan kompresor dan sebagai gantinya untuk menggerakkan refrigeran digunakan energi kalor/panas, dimana keuntungan menggunakan energi panas/kalor ini adalah sumber energi tersebut bisa didapat dari pemanfaatan dari panas / kalor surya. Selain itu juga keuntungan dari sistem adsorpsi ini adalah tidak adanya komponen yang bergerak untuk memilih refrigeran yang lebih ramah lingkungan.

Siklus kerja dari sistem pendingin adsorpsi ini bersifat kontinu atau berulang terus – menerus dikarenakan dari kolektor, kondensor, dan evaporator sangat berkaitan. Dimana kolektor adalah sebagai tempat untuk campuran refrigeran metanol dan karbon aktif yang akan dipanasi dengan heater. Kemudian dari kolektor akan mendapatkan hasil yaitu berupa uap metanol yang selanjutnya akan masuk kedalam kondensor. Pada kondensor uap metanol yang masih panas tersebut didinginkan dengan media air yang telah disirkulasikan dengan media luar. Uap metanol tersebut akan berubah menjadi cairan dingin yang selanjutnya akan masuk kedalam evaporator. Kemudian setelah dari evaporator akan kembali lagi ke kolektor.

I.2 Rumusan dan Batasan Masalah.

Setelah dilakukan penelitian dan percobaan dari Tugas Akhir sebelumnya dan telah didapatkan data – data yang diperoleh maka rumusan masalah pada penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Bagaimana unjuk kerja dari sistem pendingin adsorpsi pasangan karbon aktif dan metanol untuk cool box.

Adapun batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah :

Kajian dilakukan dengan melihat hubungan didasarkan pada lama dan temperatur pendinginan.

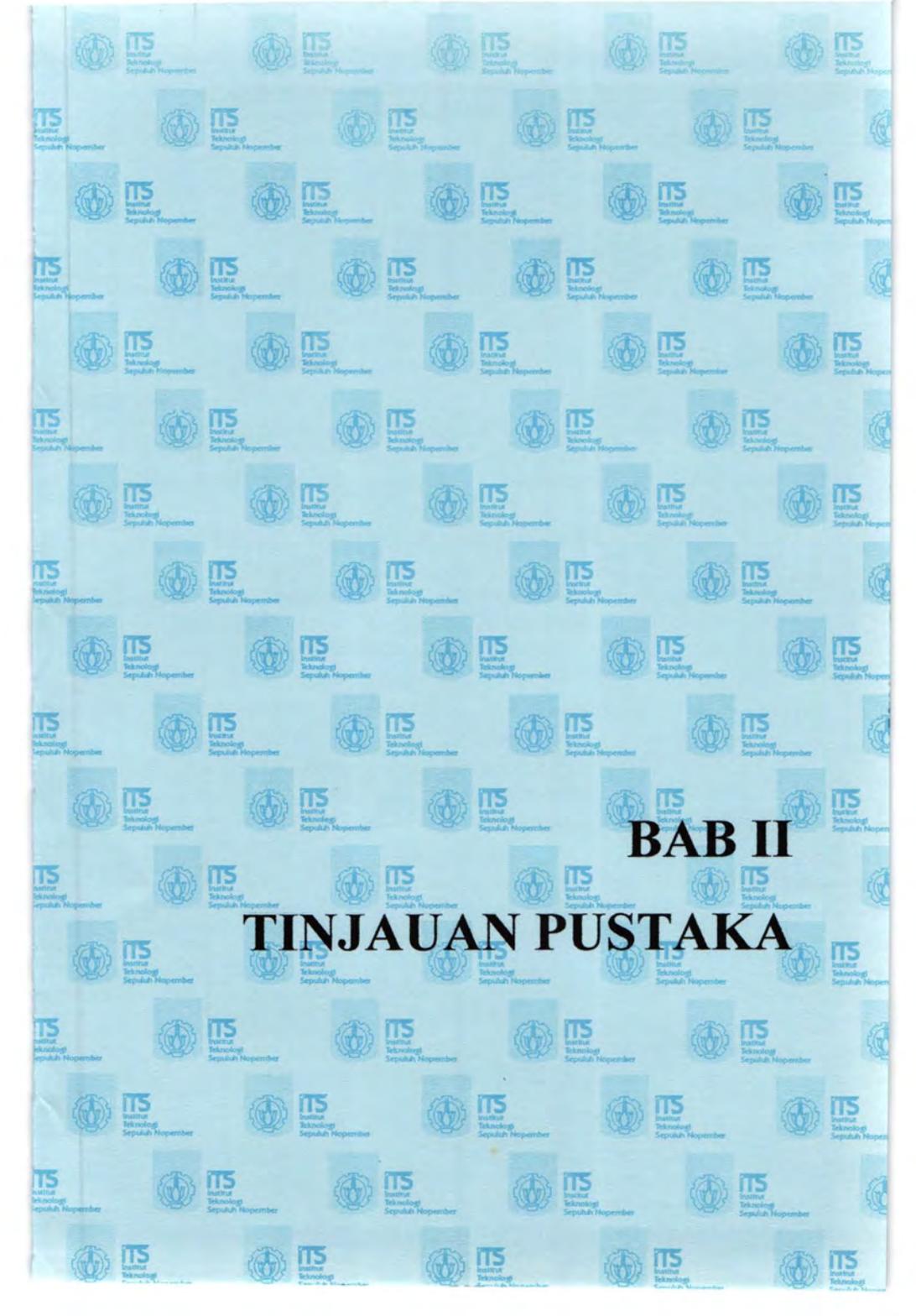
I.3 Tujuan dan Manfaat Penulisan.

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

Mendapatkan hasil temperatur akhir untuk mendinginkan cool box.

Sedangkan manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Dapat memberikan alternatif sistem pendingin untuk coll box dengan harga yang ekonomis.
2. Sebagai wacana yang dapat dilanjutkan dalam penelitian lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Umum

Mesin refrigerasi yang banyak dipakai saat ini adalah mesin refrigerasi dengan sistem kompresi uap dimana mesin refrigerasi dengan kompresi uap ini memerlukan energi yang cukup besar dan juga memakai refrigeran yang tidak ramah lingkungan yaitu CFCs (chlorofluorocarbons). Seiring dengan kebutuhan akan mesin refrigerasi / pendingin yang terus bertambah, maka diperlukan alternatif mesin pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif mesin pendingin tersebut adalah mesin pendingin dengan sistem adsorpsi

Bahan perusak ozon yang merupakan turunan senyawa klor dan karbon seperti chlorofluorocarbon (CFCs), banyak digunakan oleh berbagai industri misalnya refrigerasi, tembakau, halo, solvent. Perkembangan teknologi yang semakin maju saat ini masih memungkinkan pemakaian alat seperti air conditioner dan lemari es masih banyak yang menggunakan CFC 11, CFC 12, CFC 113, dan CFC 115 yaitu senyawa yang memungkinkan dapat merusak lapisan ozon jika terlepas ke udara.

Maka dari kendala tersebut diperlukan sistem pendingin alternatif yang ramah terhadap lingkungan dan yang terpenting adalah harga yang sangat ekonomis. Selain itu juga keuntungan sistem ini adalah sumber dari thermal energi dapat diperoleh dari dari pemanfaatan gas buang dari mesin maupun bisa juga dari energi matahari.

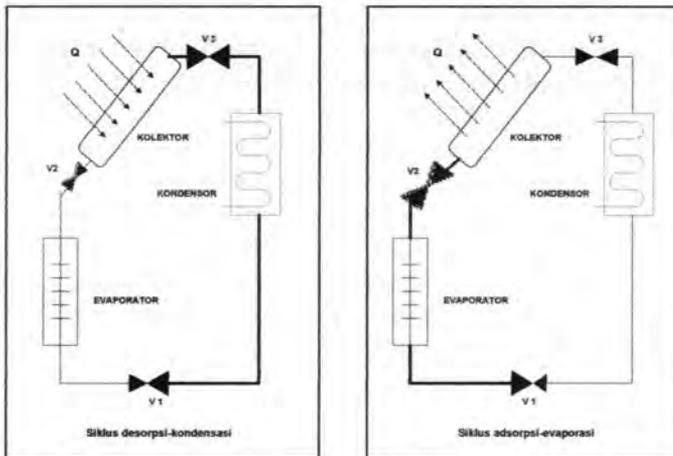
II.2 Sistem Pendingin Adsorpsi

II.2.1 Prinsip Kerja

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

Kolektor / generator bekerja dengan sistem adsorpsi, yaitu menyerap zat yang diterapkan pada evaporator pada kondisi dingin. Ketika pada kolektor / generator adsorber telah berisi penuh dengan refrigeran (campuran metanol dan karbon aktif). Kemudian campuran metanol dan karbon aktif tersebut dipanaskan sehingga terjadi desorpsi yang disalurkan menuju kondensor, sifat inilah yang digunakan untuk menggantikan kompresor untuk memompakan refrigeran sehingga terjadi sirkulasi.

Siklus sistem pendingin adsorpsi dengan menggunakan pasangan karbon aktif dan metanol adalah siklus semi kontinu dan intermitten yaitu aliran atau siklus yang berlangsung terus – menerus tetapi memerlukan tidak sedikit waktu untuk satu kali siklus dikarenakan karbon aktif memerlukan waktu dalam mendesorpsi metanol dengan memakai panas yang ditransmisikan disekeliling tabungnya. Adapun komponen utamanya adalah kolektor / generator adsorber, kondensor, dan evaporator. Satu siklus dari sistem terdiri dari : Siklus desorpsi – kondensasi dan siklus adsorpsi – evaporasi.



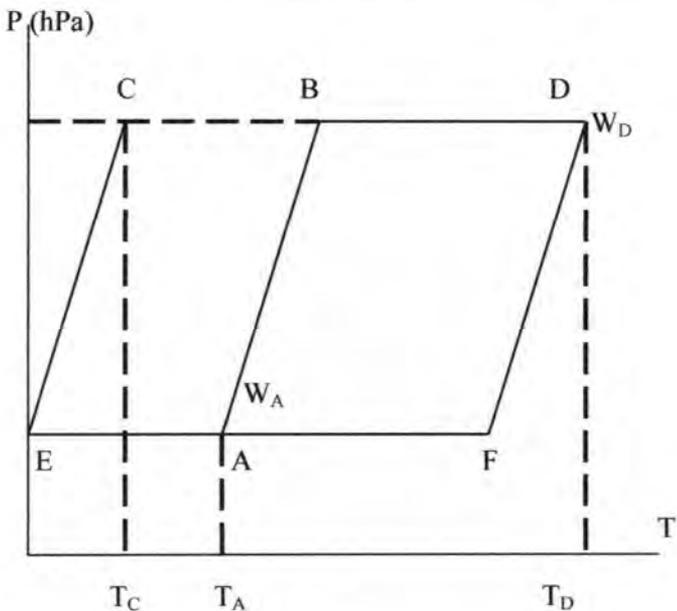
Gambar 2.1 Siklus desorpsi – kondensasi dan siklus adsorpsi – evaporasi.

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 metanol karena metanol menguap dari karbon aktif tersebut. Uap metanol kemudian didinginkan dalam kondensor menggunakan aliran air sehingga menjadi cairan metanol dengan memindahkan panas ke lingkungan oleh air atau aliran udara. Pada siklus ini evaporator belum difungsikan (katup v_1 dan v_2 dalam keadaan mati).

Kemudian pada siklus adsorpsi – evaporasi, cairan metanol dialirkan dari kondensor menuju evaporator dengan membuka katup v_1 selanjutnya pada evaporator cairan metanol ini menyerap kalor dari produk / beban pendinginan diikuti dengan

penguapan. Penguapan cairan metanol (refrigeran) akan menghasilkan efek pendinginan. Uap metanol tersebut akan mengalir dan kemudian diserap oleh karbon aktif kedalam generator adsorber / kolektor.

Untuk mengetahui kerja dari sistem ini, kita dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh *Dubin* dan *Raduskevitch*, unjuk kerja atau COP (*Coefficient Of Performance*) didefinisikan sebagai perbandingan antara efek pendinginan dengan energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses pendinginan. Prinsip kerja tersebut seperti dijelaskan menggunakan clayperon diagram dibawah ini :



Gambar 2.2 Clapeyron Diagram

Pada titik A, generator adsorber / kolektor yang berisi pasangan karbon aktif dan metanol berada pada temperatur dan tekanan yang rendah. Panas yang diterima generator adsorber / kolektor dari heater akan menyebabkan temperatur dan tekanan menjadi naik (A–B). Pada saat temperatur mencapai temperatur desorpsi, metanol mulai menguap dan melepas dari karbon aktif (B–D). Uap dari metanol akan menuju ke kondensor dan kemudian didinginkan dikondensor, tekanan akan menjadi turun sampai menjadi cair dari Pc ke Pe (terkondensasi). Cairan metanol kemudian dialirkan menuju evaporator, dan terjadilah penguapan dari metanol karena metanol tersebut menyerap panas dari beban produk. Penyerapan tersebut menyebabkan efek refrigerasi.

Untuk mengetahui kerja dari sistem ini maka kita dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh *Dubin* *Raduskevith* untuk kerja atau COP didefinisikan sebagai perbandingan antara efek pendinginan dengan energi yang dibutuhkan untuk melakukan proses pendinginan.

$$COP = Q_c - Q_T$$

$$Q_c = (W_a - W_d) (L - C_{pm} (T_a - T_e))$$

$$= (W_a - W_d) (L - (HT_a - HT_e))$$

Dimana :

W_a = Massa metanol pada waktu penyerapan

W_d = Massa metanol pada waktu setelah desorpsi

L = Panas Laten penguapan metanol

T_a & T_e = Suhu pada titik A dan titik D

C_{pm} = Panas spesifik metanol

H = Entalpi

Q_t = $(Q_{a-b}) + (Q_{b-d})$

$$Q_{a-b} = (C_{pa} + C_{pm} W_a) (T_b - T_a)$$

$$Q_{b-d} = ((C_{pa} + C_{pm} (W_a/2 + W_d/2)) + (T_d - T_b)) + (W_a - W_d) H_{des}$$

Dimana :

Hdes = Panas laten untuk karbon aktif pada penguapan

II.2.2 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi adalah suatu proses penyerapan zat oleh permukaan zat lain dimana zat yang diserap, sifatnya hanya menempel pada permukaan zat penyerapannya. Zat yang diserap disebut adsorbat sedangkan zat penyerap atau yang menyerap disebut adsorben. Proses adsorpsi biasanya berhubungan erat dengan tegangan permukaan suatu zat padat. Peristiwa yang terjadi yang disebabkan oleh adanya perbedaan susunan molekul yang berada dalam suatu zat. Molekul – molekul yang berada didalam suatu zat padat mendapat gaya – gaya yang sama dari semua arah. Sedangkan molekul – molekul pada bagian permukaan zat padat mendapat gaya – gaya yang tidak sama (tidak merata). Sehingga menyebabkan ikatan pada atom – atom yang ada dipermukaan mengalami gangguan, dan mengakibatkan lapisan permukaan zat padat atau zat cair bersifat aktif. Kemudian apabila partikel – partikel zat padat atau zat cair tadi dimasukkan ke dalam suatu cairan maka permukaan yang aktif tadi akan menarik atau menyerap zat aktif permukaan yang ada dalam suatu cairan. Untuk itu adsorben yang baik biasanya memiliki luas permukaan yang besar dan daya ini berkurang atau hilang apabila permukaan yang aktif tadi tertutup oleh lapisan dari zat yang terserap.

II.3 Refrigeran

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

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

Refrigeran yang dipakai pada penelitian Tugas Akhir ini adalah dengan jenis :

- Metanol, adalah senyawa alkohol berbentuk cairan sebagai bahan yang diserap / adsorbat.

Kelebihan dari refrigeran metanol untuk sistem pendingin adsorpsi, yaitu :

- 1) Dapat menghasilkan temperatur rendah.
- 2) Dapat teradsorpsi dengan baik.

Kekurangan dari refrigeran metanol untuk sistem pendingin adsorpsi, yaitu :

- 1) Beracun.
- 2) Mudah terbakar.

Sedangkan senyawa yang digunakan untuk menyerap metanol / adsorben yaitu :

- Karbon Aktif, adalah senyawa karbon berbentuk padat berfungsi sebagai bahan penyerap (adsorbent). Dipilihnya karbon aktif sebagai refrigeran adsorpsi ini dikarenakan karbon aktif memiliki karakteristik yaitu berupa padatan, secara kimiawi tidak dapat bereaksi dengan cairan, dan daya serap terhadap cairan tinggi.

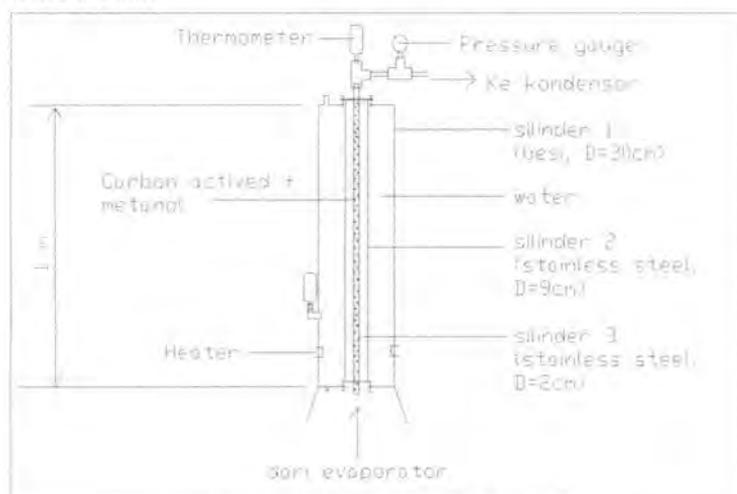
Kelebihan dari karbon aktif untuk sistem pendingin adsorpsi, yaitu :

- 1) Dapat menyerap gas - gas beracun dan menetralsirnya.
- 2) Dapat menghilangkan bau.
- 3) Untuk pendadsorpsi gas dan uap.
- 4) Daya serap tinggi.

II.4 Komponen Utama Sistem Pendingin Adsorpsi.

1. Kolektor

Pada sistem pendingin adsorpsi ini, kolektor atau generator adsorber berfungsi layaknya kompresor pada sistem pendingin kompresi uap lainnya. Dimana fungsi dari kompresor adalah untuk mengalirkan refrigeran menuju kondensor dan evaporator. Oleh karena kolektor / generator adsorber berfungsi mengalirkan refrigeran, maka parameter keberhasilan dari alat ini adalah adanya refrigeran (uap methanol) yang keluar dari kolektor / generator adsorber yang telah dibuat.



Gambar 2.3 Model fisik kolektor

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

- a. Tabung Silinder 1. Tabung ini berisi air dan dipasang heater untuk memanaskan air tersebut. Tabung ini berfungsi sebagai *heat source* yang akan memanasi tabung silinder 2, dimana tabung silinder 2 berisi rendaman karbon aktif dan metanol.
- b. Tabung Silinder 2. Tabung ini berisi rendaman karbon aktif dan metanol yang dipanasi oleh air yang telah ada pada silinder 1.
- c. Tabung Silinder 3. Tabung ini berfungsi sebagai tempat aliran uap refrigeran (uap metanol) yang teradsorpsi dari karbon aktif karena pemanasan. Agar uap refrigeran (uap metanol) yang ada pada tabung silinder 2 dapat mengalir di tabung silinder 3, maka sepanjang permukaan tabung silinder 3 ini diberi lubang – lubang kecil dengan diameter sebesar 2 mm. Ukuran diameter sekecil ini diambil agar karbon aktif tidak dapat masuk kedalam tabung silinder 3.

2. Kondensor

Kondensor merupakan salah satu peralatan utama dari sistem refrigerasi yang dimana kegunaannya adalah untuk menurunkan bahan pendinginan dan merubahnya dari suatu zat yang kondisinya gas menjadi cair. Peletakan dari kondensor ditempatkan sejajar dengan kolektor / generator adsorber. 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. Kondensor yang baik harus dapat membuat cairan dingin lanjut (subcooling) dari bahan

pendingin cair sebelum meninggalkan kondensor tersebut. Bahan pendingin gas dari kolektor harus lebih tinggi dari tekanan di bagian lain dari sistem.

Tekanan yang rendah didalam kondensor adalah baik dan ekonomis tetapi tekanan bahan pendingin yang meninggalkan kondensor harus masih cukup tinggi. Tekanan didalam kondensor yang sangat rendah dapat menyebabkan bahan pendingin tidak dapat mengalir melalui pipa. Untuk mengubahnya dari fase gas menjadi cair diperlukan usaha melepas kalor laten penguapan dengan cara mendinginkan uap tersebut. Media yang dipakai untuk mendinginkan disini berupa air, karena memiliki keuntungan yaitu memerlukan pipa air pendingin yang lebih sedikit sehingga lebih ekonomis dan memiliki dimensi yang sangat kecil.

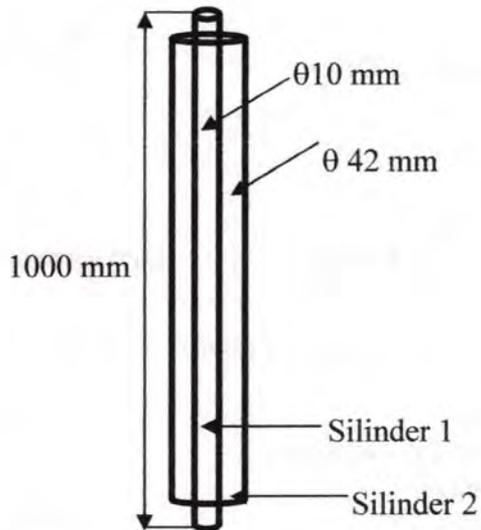
Kondensor dengan perencanaan yang baik harus dapat mendinginkan hingga keadaan dingin lanjut (*subcooled*) dan perpindahan kalor yang terjadi pada permukaan kondensor baik.

Dalam bukunya *Handoko (1979)*, 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 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.

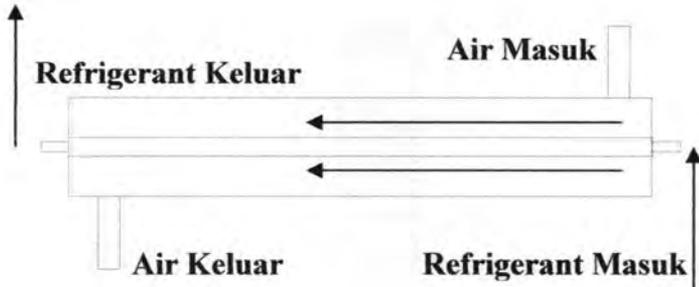
Pada penelitian ini dipilih kondensor dengan pendingin air dengan bentuk *shell and tube* dengan satu laluan, dikarenakan desain ini memiliki dimensi yang lebih kecil untuk beban yang sama dibandingkan dengan tipe lainnya.



Gambar 2.4 Model Fisik 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.

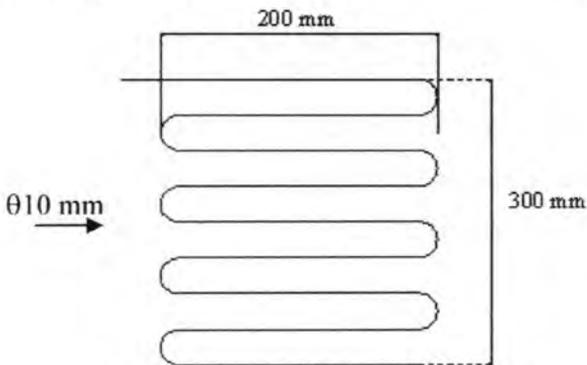


Gambar 2.5 Siklus kondensor

3. Evaporator

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/m⁰C



Gambar 2.6 Model Fisik Evaporator

Penentuan temperatur permukaan pipa evaporator

Beberapa asumsi yang diperlukan untuk mendesain 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 temperatur permukaan seragam.

Gambar bagian – bagian dari sistem pendingin adsorpsi dan refrigeran yang digunakan :



Gambar 2.7 Kolektor



Gambar 2.8 Kondensor



Gambar 2.9 Evaporator



Gambar 2.10 Keseluruhan



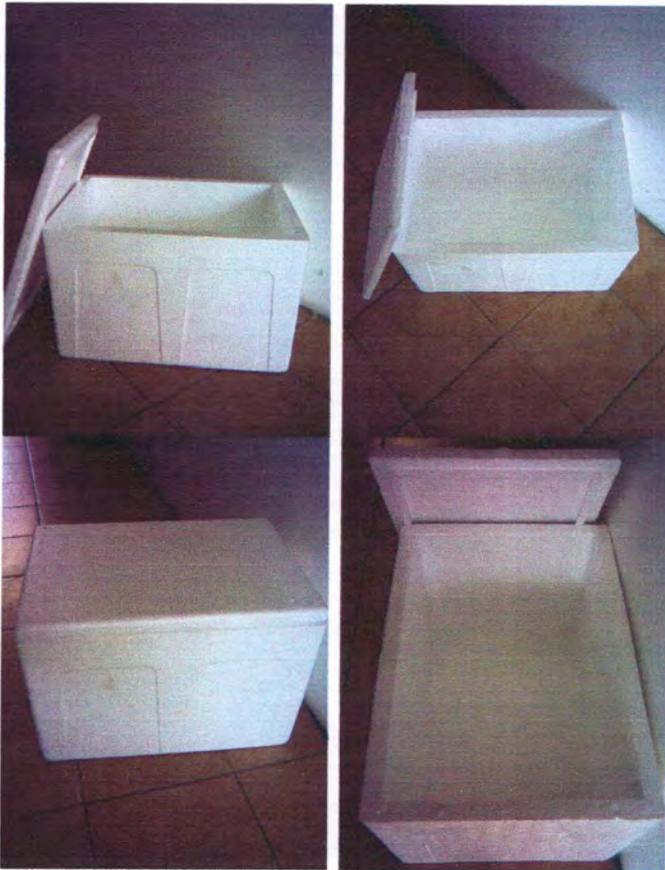
Gambar 2.11 Methanol



Gambar 2.12 Karbon Aktif

Dimensi dari Cool Box :

- Panjang : 50 cm
- Lebar : 30 cm
- Tinggi : 30 cm
- Ketebalan : 2,5 cm



Gambar 2.13 Cool Box



BAB III

METODE PENELITIAN

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Umum

Dalam metodologi penelitian merupakan suatu kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang akan dianalisa. Metodologi juga mencakup segala langkah – langkah maupun urutan – urutan yang akan dilakukan untuk penulisan tugas akhir. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada Bab I bahwa tujuan dari tugas akhir ini adalah penerapan sistem pendingin adsorpsi pasangan karbon aktif dengan metanol yang digunakan untuk cool box, dimana alat yang digunakan untuk melakukan percobaan ini sudah dibuat oleh peneliti sebelumnya maka tinggal bagaimana cara untuk penerapan pada cool box itu sendiri.

III.2 Studi Literatur

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

Pada studi literatur dilakukan dengan cara pencarian buku acuan yang berhubungan dengan tema permasalahan, penulisan karya ilmiah dan penelitian yang sudah ada, internet, dan lain – lain.

III.3 Data Unjuk Kerja Alat

Pada tahap ini merupakan pengumpulan data – data yang diambil dari Tugas Akhir sebelumnya, yaitu data dari kolektor, kondensor, evaporator. Setelah mendapatkan data – data yang

diinginkan kemudian akan dilakukan percobaan yang telah ditetapkan dari awal dengan menggabungkan sistem adsorpsi ini dengan menggunakan cool box.

Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja sistem ini mengadopsi sistem pendingin biasa, sebagai komponen utama dari sistem ini adalah: Kolektor Kondensor, Evaporator, dan beberapa alat ukur. Karena pada sistem ini kemungkinan tekanan yang dihasilkan oleh rektor berkisar pada 0.2 – 1 bar, maka agar sistem ini dapat berjalan dibutuhkan heater yang berfungsi sebagai alat untuk memanaskan tabung kolektor. Jadi sistem ini sebelum bekerja terlebih dahulu dibuat vakum sehingga dengan tekanan yang rendah maka metanol sebagai refrigerant dalam sistem ini dapat mengalir sesuai dengan yang diharapkan yaitu dari kolektor menuju ke kondensor dan dari kondensor dialirkan pada evaporator.

Kolektor pada sistem ini memegang peranan penting terhadap bekerja tidaknya sistem. Dalam reaktor ini terdapat pemanas yang digunakan sebagai pemanas metanol dalam pemanasannya maksimum adalah 120°C . Selain pemanas didalam terdapat karbon aktif yang digunakan sebagai penyerap. Pada dasarnya dalam keadaan panas maka karbon aktif akan kering sehingga dia memiliki kemampuan untuk menyerap uap metanol dari evaporator, dan pada saat kondisi karbon aktif sudah dalam keadaan basah maka dibutuhkan pemanas agar kandungan metanol dalam karbon aktif dapat lepas. Dengan lepasnya metanol dari karbon aktif mengakibatkan tekanan, dan tekanan ini dimanfaatkan sebagai penggerak fluida atau refrigeran. Karena tekanan bergerak kesegala arah dan dalam kolektor dibutuhkan katup biasa yang dapat dikontrol, dalam artian pada waktu didalam kolektor terjadi proses adsorpsi maka katup yang menuju kondensor dapat ditutup sehingga kolektor tidak menyerap

metanol dari kondensor dan sebaliknya jika didalam kolektor terjadi deadsorpsi maka katup yang menuju kolektor kita tutup.

Dan untuk bagian yang lain sistem ini seperti kondensor dan evaporator prinsip kerjanya sama dengan yang ada dalam sistem pendingin biasa. Karena didalam sistem ini kita menggunakan bahan penyerap dari karbon aktif maka diperlukan filter agar partikel karbon aktif tidak masuk dalam kondensor yang akan menyebabkan pengendapan dan buntu dalam kondensor.

III.4 Eksperimen

Pada tahap ini merupakan penggabungan seluruh komponen dari sub sistem peralatan yaitu Kolektor (Generator Adsorber), Kondensor, Evaporator yang akan dikombinasikan dengan cool box.

Pengujian prototype / model dilakukan dilaboratorium, dalam pengujian ini dilakukan perubahan temperatur dan tekanan dari kolektor dan evaporator maupun perubahan terhadap lama perendaman karbon aktif dalam metanol.

Dari penentuan lama rendaman dilakukan pengukuran terhadap temperatur dan tekanan uap metanol pada seluruh bagian sistem pendinginan baik itu pada kondensor maupun pada evaporator. Dengan mengetahui tekanan dan temperatur maka dapat diketahui seberapa besar energi yang dapat dipindahkan. Setiap refrigeran memiliki ciri khas tertentu, dari pengaturan suhu ini akan diketahui pada suhu berapa metanol ini dapat menghasilkan proses pendinginan yang optimum.

Selain melakukan pengukuran terhadap perubahan temperatur dan tekanan untuk mengetahui seberapa efektivitas penggunaan metanol sebagai refrigeran dapat dilakukan dengan melakukan perubahan jenis karbon aktif yang digunakan. Dengan perubahan jenis karbon aktif yang digunakan maka akan

diketahui jenis karbon aktif (sebagai zat adsorb) yang tepat untuk jenis refrigeran. Diharapkan dengan data yang dihasilkan akan diketahui efektifitas penggunaan metanol sebagai refrigeran. Dengan diketahui efektifitas penggunaan metanol sebagai refrigeran maka dengan mudah kita melakukan perhitungan untuk mendapatkan proses pendinginan yang optimum dengan menggunakan sistem adsorpsi yang memanfaatkan metanol sebagai refrigeran untuk cool box.

Adapun tahapan – tahapan dari eksperimen ini adalah :

1. Tahap pengujian dilaboratorium.

Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan awal terlebih dahulu. Kegunaan dari pengecekan alat ini adalah jika sewaktu melakukan percobaan, seminimal mungkin tidak terjadi kerusakan fatal yang menyebabkan hasil kurang maksimal.

2. Tahap pengujian alat.

Pada tahap ini evaporator sudah disesuaikan dengan ukuran cool box dan ditempatkan didalamnya.

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

1. Melakukan rendaman pasangan karbon aktif dan metanol sesuai dengan waktu yang ditentukan. Dalam hal ini variasi waktu yang ditentukan adalah : 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit dan 60 menit.
2. Pengisian air pada tabung 1 kolektor yang akan dipanaskan.
3. Memasukkan karbon aktif dan metanol 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 kolektor, evaporator, cool box.

III.5 Analisa unjuk kerja cool box

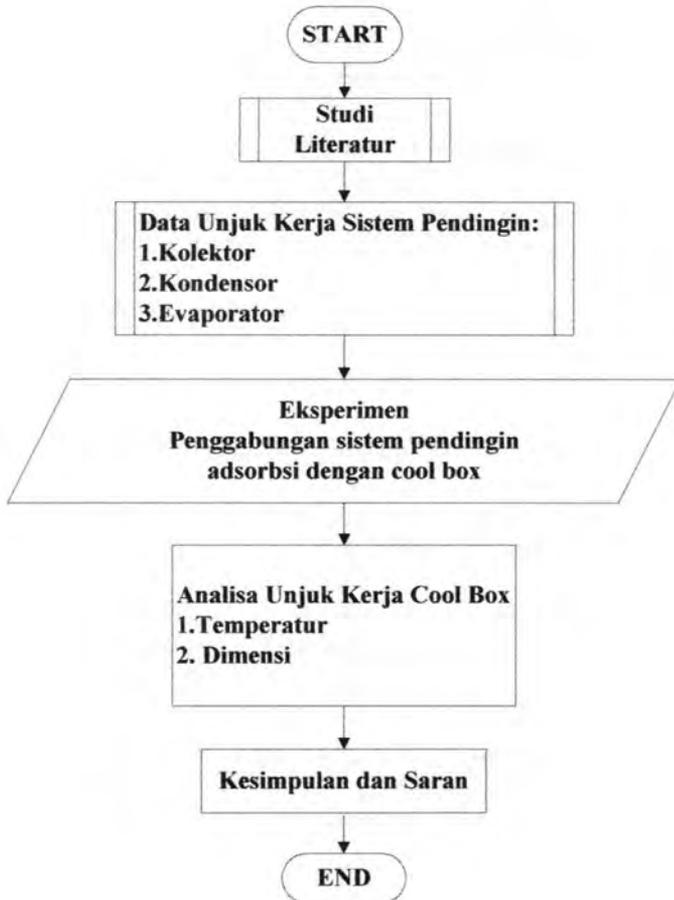
Pada tahap ini, merupakan data - data yang diperoleh dari tahapan eksperimen yang akan dianalisa untuk memperoleh dan mencapai tujuan yang diinginkan yaitu mengetahui apakah sistem adsorpsi ini dapat berfungsi dengan baik untuk mendinginkan cool box dan apakah sistem ini bias digunakan untuk mendinginkan beban produk.

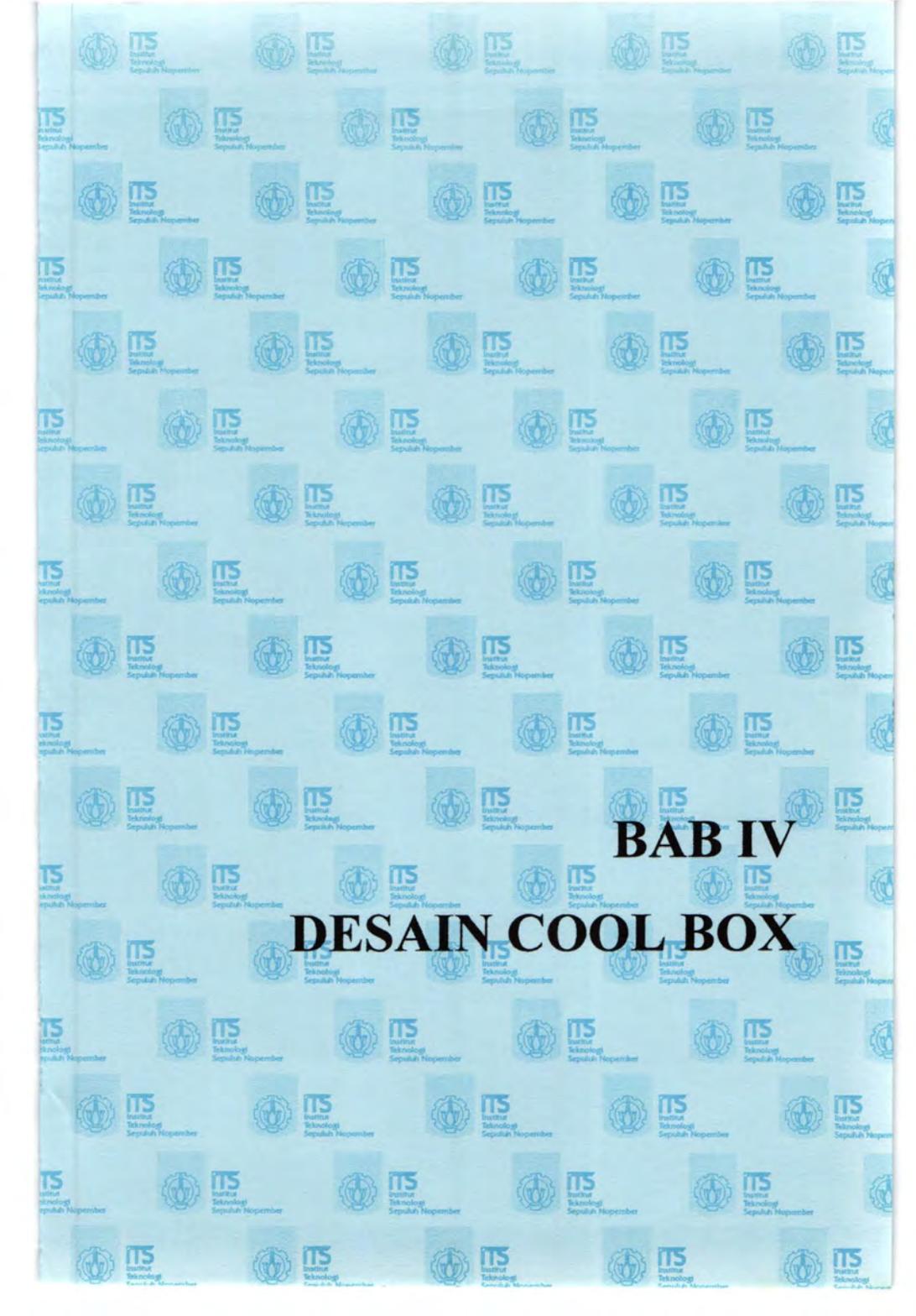
Adapun analisa yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah :

1. Analisa pengaruh waktu rendaman terhadap kemampuan adsorpsi.
2. Analisa pengaruh waktu rendaman terhadap temperatur dan tekanan uap refrigeran.

III.6 Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, akan diambil sebuah kesimpulan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan. Parameter penarikan kesimpulan didasarkan pada tujuan yang ingin dicapai pada penelitian pada tugas akhir ini. Dan saran – saran akan dituliskan dengan tujuan agar penelitian ini dapat dilanjutkan guna dapat melakukan perbaikan pada masa yang akan datang.

Diagram Alir Proses Pengerjaan Tugas Akhir



BAB IV

DESAIN COOL BOX

BAB IV

DESAIN COOL BOX

IV.1. Umum

Penerapan prinsip – prinsip perpindahan kalor untuk merancang (desain) alat – alat penukar kalor untuk mencapai sesuatu tujuan, teknik sangatlah penting karena dalam menerapkan prinsip kedalam rancanganlah orang bekerja ke arah 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 mendesain 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 desain evaporator, dikarenakan untuk kolektor / generator adsorber telah ada yang dibuat oleh peneliti sebelumnya. Sedangkan kondensor dirancang oleh peneliti lain secara paralel dengan desain evaporator. Sistem pendingin ini direncanakan akan disimulasikan untuk *cool box*.

IV.2. Beban Pendingin

Dalam sistem refrigerasi, tujuan utamanya 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*.
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 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 :

$$P \times L \times T = 0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \\ = 0,045 \text{ m}^3$$

1. *Beban Panas Konstruksi dinding Utara*

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

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \dots\dots\dots 4.1$$

Dimana :

Q : Laju perpindahan panas (W)

A : Luas permukaan (m^2)

U : Koefisien perpindahan panas total ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

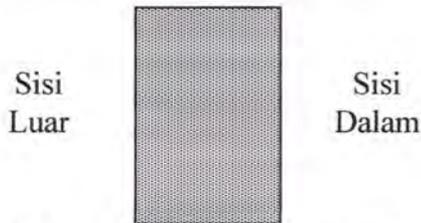
ΔT : Perbedaan temperatur udara luar dan dalam *cool box* ($^{\circ}\text{K}$)

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_0} \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :

- f_1 : koefisien konveksi film disisi dalam dinding (W/m²K)
 f_0 : koefisien konveksi film disisi luar dinding (W/m²K)
 x : tebal material insulasi (m)
 k : konduktivitas panas insulasi (W/mK)



Gambar 4.1. Lapisan dinding utara yang digunakan untuk cool box

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

Tabel 4.1. Bahan lapisan dinding utara pada cool box

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Sterofoam	0.025	0,0462

Sedangkan harga $f_1 : 9.37 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan $f_0 : 22.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, 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 :

$$\begin{aligned}\frac{1}{U} &= \frac{1}{f_1} + \frac{x}{k_1} + \frac{1}{f_0} \\ \frac{1}{U} &= \frac{1}{9,37} + \frac{0,025}{0,0462} + \frac{1}{22,7} \\ &= 0,6919 \text{ m}^2\text{K/W} \\ U &= 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

Luas permukaan perpindahan panas dinding utara adalah :

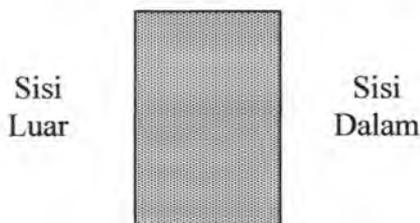
$$A_u = 0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$$

Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding utara (*persamaan 4.1*) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}Q &= 0,15 \text{ m}^2 \times 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K} \times (25 - (-3)) \text{ }^\circ\text{K} \\ &= 6,0702 \text{ Watt}\end{aligned}$$

2. *Beban Panas Konstruksi dinding Selatan*

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



Gambar 4.2. Lapisan dinding selatan yang digunakan untuk *cool box*

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

Tabel 4.2. Bahan lapisan dinding selatan pada cool box

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Sterofoam	0.025	0.0462

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m²K dan f_0 : 22.7 W/m²K, 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 :

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,025}{0,0462} + \frac{1}{22,7}$$

$$= 0,6919 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K}$$

luas permukaan perpindahan panas dinding selatan adalah :

$$A_u = 0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$$

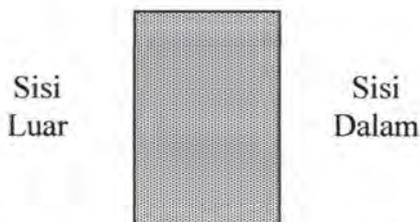
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding selatan (persamaan 4.1) sebagai berikut :

$$Q = 0,15 \text{ m}^2 \times 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K} \times (25 - (-3)) \text{ }^\circ\text{K}$$

$$= 6,0702 \text{ Watt}$$

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.



Gambar 4.3. Lapisan dinding barat yang digunakan untuk cool box

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

Tabel 4.3. Bahan lapisan dinding barat pada cool box

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Sterofoam	0.025	0.0462

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m²K dan f_0 : 22.7 W/m²K, 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 :

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,025}{0,0462} + \frac{1}{22,7}$$

$$= 0,6919 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Luas permukaan perpindahan panas dinding barat adalah :
 $u = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,09 \text{ m}^2$

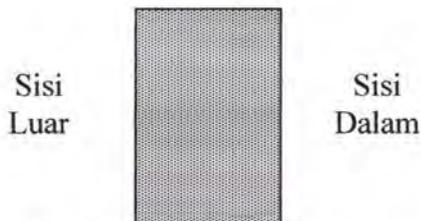
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding barat
 (persamaan 4.1) sebagai berikut :

$$Q = 0,09 \text{ m}^2 \times 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K} \times (25 - (-3)) \text{ }^\circ\text{K}$$

$$= 3,642 \text{ Watt}$$

4. *Beban Panas Konstruksi dinding Timur*

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



Gambar 4.4. Lapisan dinding timur yang digunakan untuk cool box

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

Tabel 4.4. Bahan lapisan dinding timur pada cool box

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Sterof foam	0.025	0.0462

Sedangkan harga f_1 : 9.37 W/m²K dan f_0 : 22.7 W/m²K, 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 :

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,025}{0,0462} + \frac{1}{22,7}$$

$$= 0,6919 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Luas permukaan perpindahan panas dinding timur adalah :
 $u = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,09 \text{ m}^2$

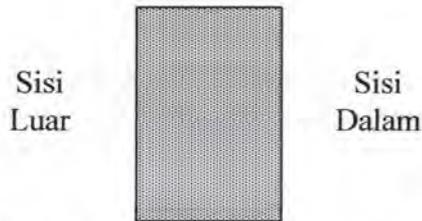
Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding timur (persamaan 4.1) sebagai berikut :

$$Q = 0,09 \text{ m}^2 \times 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K} \times (25 - (-3)) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$= 3,642 \text{ Watt}$$

5. Beban Panas Konstruksi dinding Atap (tutup)

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



Gambar 4.5. Lapisan dinding atap yang digunakan untuk cool box

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

Tabel 4.5. Bahan lapisan dinding atap pada cool box

No	Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas panas (W/mK)
1	Sterofoam	0.025	0.0462

Sedangkan harga f_1 : $9.37 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan f_0 : $22.7 \text{ W/m}^2\text{K}$, 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 :

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{9,37} + \frac{0,025}{0,0462} + \frac{1}{22,7}$$

$$= 0,6919 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Luas permukaan perpindahan panas dinding atap adalah :

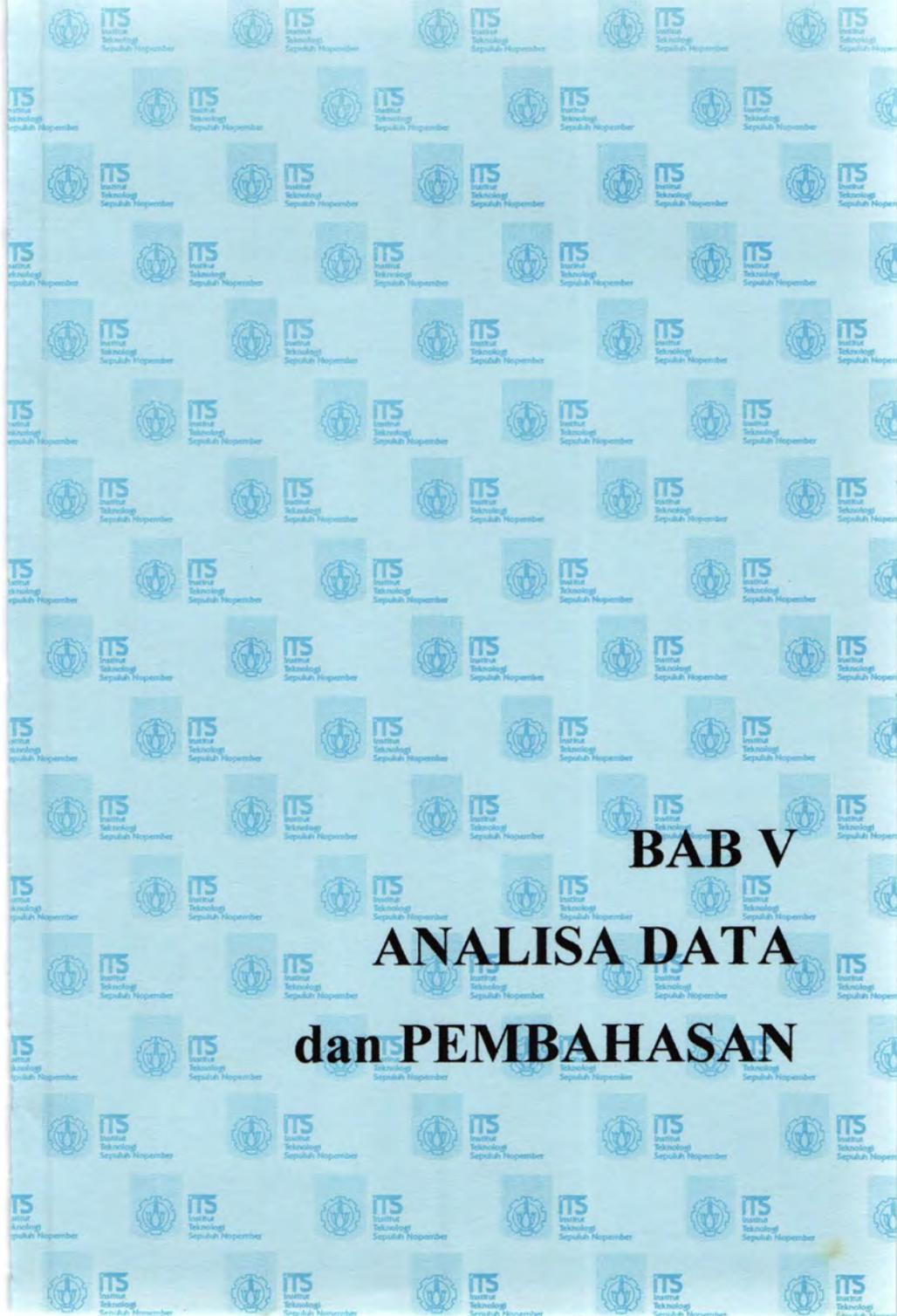
$$A_u = 0,5 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,15 \text{ m}^2$$

Sehingga laju perpindahan panas melalui dinding atap (persamaan 4.1) sebagai berikut :

$$Q = 0,15 \text{ m}^2 \times 1,4452 \text{ W/m}^2\text{K} \times (25 - (-3)) \text{ }^\circ\text{K}$$
$$= 6,070 \text{ Watt}$$

Sehingga beban pendingin konstruksi secara keseluruhan adalah :

$$Q = 6,070 + 6,070 + 3,642 + 3,642 + 6,070$$
$$= 25,4949 \text{ Watt}$$



BAB V

ANALISA DATA

dan PEMBAHASAN

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

V.1 Analisa Pengaruh *Concentration* (C) Terhadap Tekanan Uap Refrigeran/Metanol Yang Dihasilkan Oleh Kolektor/Generator Adsorber.

Dalam analisa data berikut dibuat untuk melihat perbandingan lama rendaman antara Karbon Aktif dan Metanol yang telah ditentukan.

Percobaan pasangan Karbon Aktif dan Metanol ini dilakukan dengan memvariasikan waktu rendaman selama : 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, 60 menit dengan campuran Karbon Aktif dan Metanol sebanyak 2 Kg dan 3 Kg. Variasi waktu ini dilakukan guna untuk mendapatkan temperatur dan tekanan yang maksimal dari pasangan Karbon Aktif dan Metanol.

a. Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter

Tabel 5.1 Hasil Eksperimen dari Karbon Aktif 2 Kg dan 2 Metanol

Waktu (Menit)	Jumlah Metanol (mL)			T Heat source (°C)	P Uap Metanol (Kg/Cm ²)	T Uap Metanol (°C)
	Masuk	Sisa	Teradsorpsi			
10	2000	800	1200	60	0	37
20				66	0,1	40
30				74	0,24	45
40				79	0,32	51
50				85	0,37	57
60				91	0,42	62

Perhitungan Concentration (C),

$$C = m_{\text{adsorbate}} / m_{\text{adsorbent}}$$

dimana : $m_{\text{Adsorbent}} = m_{\text{karbon aktif}} = 2 \text{ Kg}$

$$m_{\text{Adsorbate}} = m_{\text{metanol teradsorpsi}} = \rho_{\text{metanol}} \times V_{\text{metanol teradsorpsi}}$$

$$\rho_{\text{metanol}} = k_1 / k_2^{(1+(1-T/k_3)^{k_4})}$$

(berdasarkan pada buku *Perry Chemical Hand Book*).

Dimana nilai k_1, k_2, k_3, k_4 adalah konstanta–konstanta dengan nilai sebagai berikut :

$$K_1 = 2.288 ; \quad K_2 = 0.2685 ; \quad k_3 = 512.64 ; \quad k_4 = 0.2453$$

$$\text{Dan } T_{\text{metanol}} = 26 \text{ } ^\circ\text{C} = 299.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

Sehingga $\rho_{\text{metanol}} = k_1 / k_2^{(1+(1-T/k_3)^{k_4})} = 24.61204 \text{ Kmol/m}^3$,
dikonversi kedalam g/cm^3 dengan formula berikut ini :

$$\rho_{\text{metanol}} = \text{Kmol/ m}^3 \times (\text{mol.wt}/1\text{E}+03) = \text{g/cm}^3$$

$$\text{Dmana nilai mol.wt} = 32.042$$

(*Perry Chemical Engineering Handbook*) sehingga,

$$\rho_{\text{metanol}} = 24.61204 \times (32.042/1\text{E}+03) = 0.788619 \text{ g/cm}^3$$

$$= 788.619 \text{ Kg/m}^3$$

$$V_{\text{metanol teradsorpsi}} = 1200 \text{ ml} = 0.0012 \text{ m}^3$$

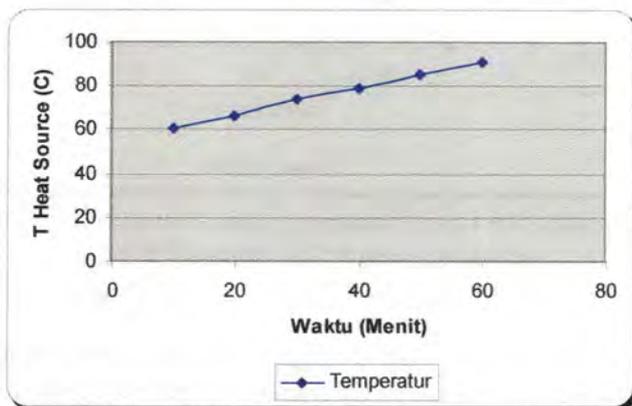
$$\text{Sehingga } m_{\text{adsorbate}} = \rho_{\text{metanol}} \times V_{\text{metanol teradsorpsi}}$$

$$= 788.619 \times 0.0012 = 0.9463428 \text{ Kg}$$

Jadi *Concentration (C)* = $m_{\text{adsorbate}} / m_{\text{adsorbent}}$

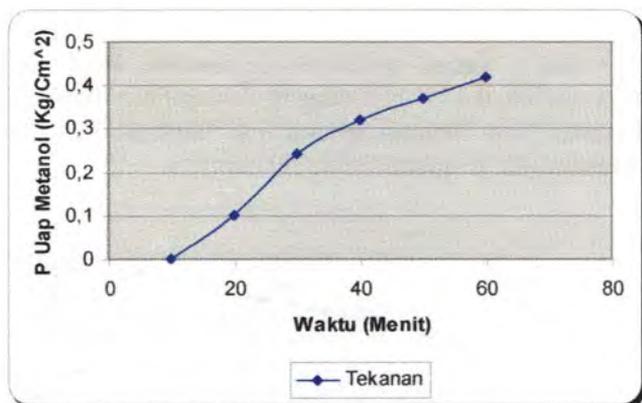
$$= 0.9463428 / 2 = 0.4731714$$

Nilai C untuk variasi 2 Kg Karbon Aktif dan 2 Liter Metanol adalah 0.4731714 dengan Temperatur Heat Source 91 °C, Tekanan Uap Metanol sebesar 0.42 Kg/Cm², dan Temperatur Uap Metanol 62 °C dalam waktu 60 menit.



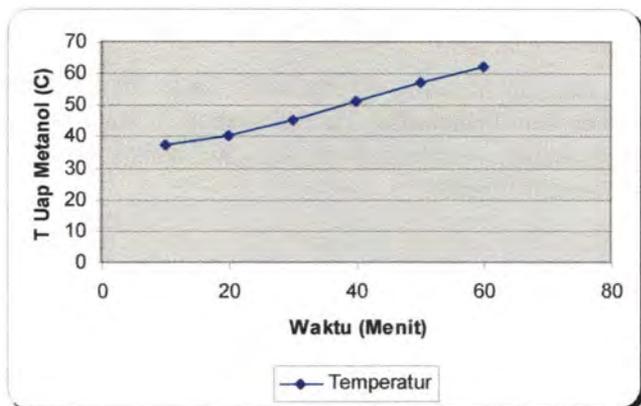
Grafik 5.1a Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan T Heat Source (C) Karbon Aktif 2 Kg dan 2 Liter Metanol

Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Temperatur Heat Source (C). Pada percobaan ini didapat kenaikan temperatur 91 °C, pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.



Grafik 5.1b Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan P Uap Metanol (Kg/Cm²) Karbon Aktif 2 Kg dan 2 Liter Metanol

Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Tekanan Uap Metanol (Kg/Cm²). Pada percobaan ini didapat kenaikan tekanan sebesar 0.42 Kg/Cm², pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.



Grafik 5.1c Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan T Uap Metanol (°C)
Karbon Aktif 2 Kg dan 2 Liter Metanol

Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Temperatur Uap Metanol (°C). Pada percobaan ini didapat kenaikan temperatur sebesar 62 °C, pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

Tabel 5.2 Hasil Eksperimen dari Karbon Aktif 3 Kg dan 3 Metanol

Waktu (Menit)	Jumlah Metanol (mL)			T Heat source (C)	P Uap Metanol (Kg/Cm ²)	T Uap Metanol (C)
	Masuk	Sisa	Teradsorpsi			
10	3000	1650	1350	65	0	55
20				75	0,25	65
30				80	0,45	72
40				86	0,6	79
50				94	0,8	86
60				102	1,1	92

Perhitungan Concentration (C),

$$C = m_{\text{adsorbate}} / m_{\text{adsorbent}}$$

dimana : $m_{\text{Adsorbent}} = m_{\text{karbon aktif}} = 3 \text{ Kg}$

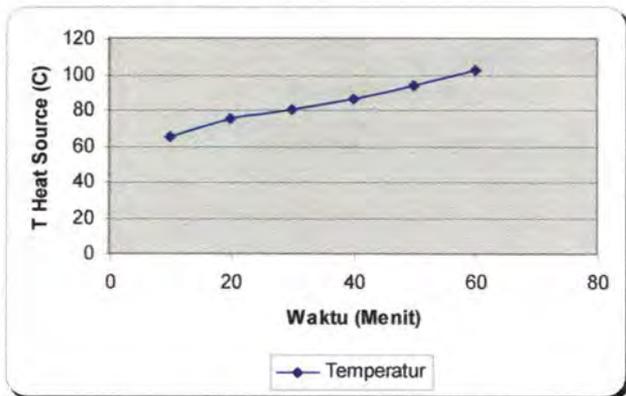
$$m_{\text{Adsorbate}} = m_{\text{metanol teradsorpsi}} = \rho_{\text{metanol}} \times V_{\text{metanol teradsorpsi}}$$

$$V_{\text{metanol teradsorpsi}} = 1350 \text{ ml} = 0.00135 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } m_{\text{adsorbate}} &= \rho_{\text{metanol}} \times V_{\text{metanol teradsorpsi}} \\ &= 788.619 \times 0.00135 = 1.06463 \text{ Kg} \end{aligned}$$

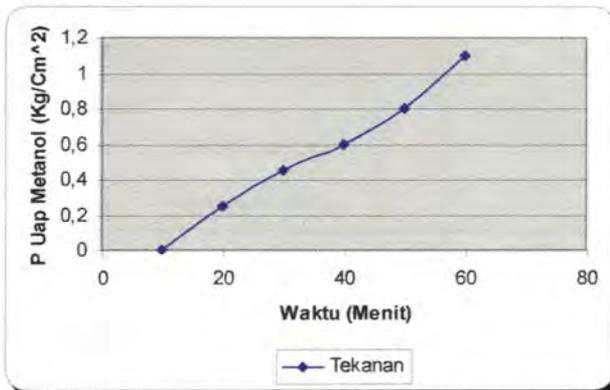
$$\begin{aligned} \text{Jadi } \textit{Concentration} (C) &= m_{\text{adsorbate}} / m_{\text{adsorbent}} \\ &= 1.06463 / 3 = 0.35487 \end{aligned}$$

Nilai C untuk variasi 3 Kg Karbon Aktif dan 3 Liter Metanol adalah 0.35487 dengan Temperatur Heat Source 102 °C, Tekanan Uap Metanol sebesar 1.1 Kg/Cm², dan Temperatur Uap Metanol 92 °C dalam waktu 60 menit.



Grafik 5.2a Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan T Heat Source (C) Karbon Aktif 3 Kg dan 3 Liter Metanol

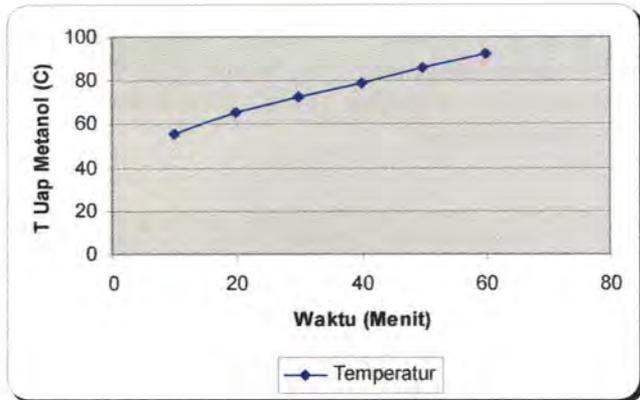
Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Temperatur Heat Source (C). Pada percobaan ini didapat kenaikan temperatur 102 °C, pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.



Grafik 5.2b Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan P Uap Metanol (Kg/Cm²) Karbon Aktif 3 Kg dan 3 Liter Metanol

Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Tekanan Uap Metanol (Kg/Cm²). Pada percobaan ini didapat kenaikan tekanan sebesar 1.1 Kg/Cm², pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.





Grafik 5.2c Hasil Eksperimen dari Perbandingan Waktu Rendaman dan T Uap Metanol ($^{\circ}\text{C}$) Karbon Aktif 3 Kg dan 3 Liter Metanol

Dari grafik yang ditunjukkan diatas, maka dapat dilihat trend kenaikan Temperatur Uap Metanol ($^{\circ}\text{C}$). Pada percobaan ini didapat kenaikan temperatur sebesar 92 $^{\circ}\text{C}$, pada waktu yang ditentukan yaitu selama 60 menit.

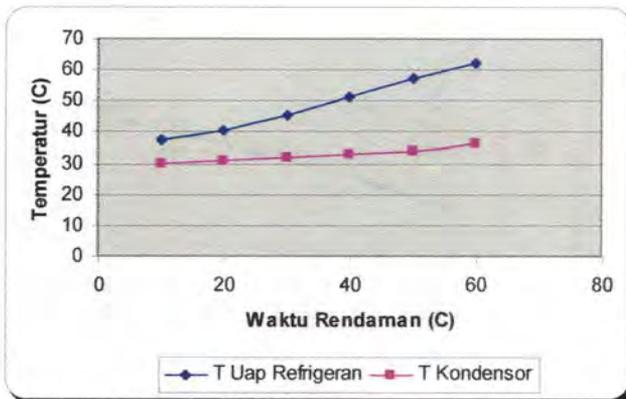
V.2 Analisa Pengaruh Temperatur Air Pendingin Kondensator terhadap Tekanan Uap Refrigeran/Metanol Yang Dihasilkan Oleh Kolektor/Generator Adsorber.

a. Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter



Tabel 5.3 Temperatur Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	29	30
20	29	31
30	29	32
40	29	33
50	29	34
60	29	36



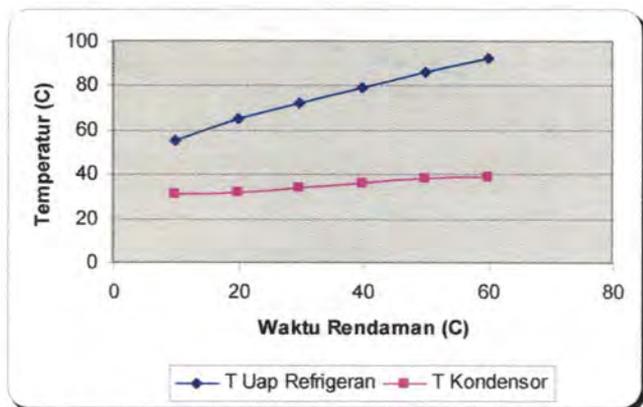
Grafik 5.3 Temperatur Karbon Aktif 2 Kg

Pada grafik dapat diketahui bahwa Temperatur Uap refrigeran pada Kolektor yang keluar menuju kondensor masih memiliki sifat kalor yang tinggi, dimana dapat dilihat temperatur air pendingin yang dialirkan melewati kondensor untuk mendinginkan uap metanol tersebut meningkat. Temperatur pada 10 menit 30 °C mengalami peningkatan samapai 36 °C pada menit ke 60.

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

Tabel 5.4 Temperatur Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	29	31
20	29	32
30	29	34
40	29	36
50	29	38
60	29	39



Grafik 5.4 Temperatur Karbon Aktif 3 Kg

Pada grafik dapat diketahui bahwa Temperatur Uap refrigeran pada Kolektor yang keluar menuju kondensor masih memiliki sifat kalor yang tinggi, dimana dapat dilihat temperatur air pendingin yang dialirkan melewati kondensor untuk

mendinginkan uap metanol tersebut meningkat. Temperatur pada 10 menit 31 °C mengalami peningkatan samapai 39 °C pada menit ke 60.

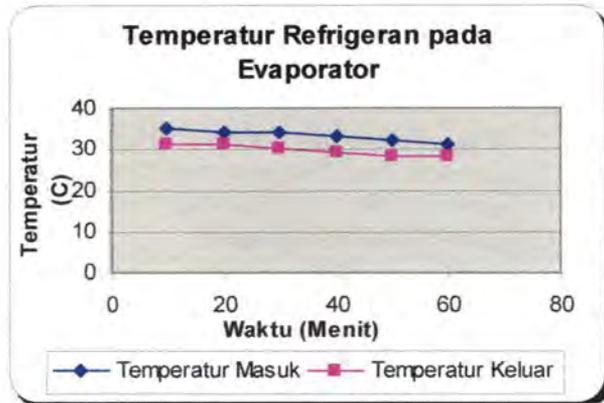
V.3 Analisa Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Temperatur dan Tekanan Uap Refrigeran.

V.3.1 Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Temperatur Uap Refrigeran Evaporator.

a. Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter

Tabel 5.5 Temperatur Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	35	31
20	34	31
30	34	30
40	33	29
50	32	28
60	31	28



Grafik 5.5 Temperatur Karbon Aktif 2 Kg

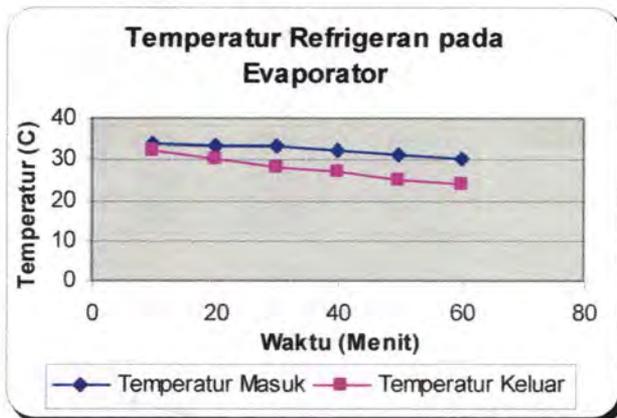
Pada grafik tersebut diketahui bahwa temperatur uap refrigeran pada evaporator berbanding terbalik dengan lamanya waktu rendaman karbon aktif dan metanol. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk perendaman, maka temperatur yang terjadi semakin kecil.

Pada rendaman 60 menit, temperatur mengalami penurunan dari 31 °C menjadi 28°C. Pada titik inilah kondisi optimum temperatur evaporator pasangan karbon aktif 2 Kg dan metanol.

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

Tabel 5.6 Temperatur Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	34	32
20	33	30
30	33	28
40	32	27
50	31	25
60	30	24



Grafik 5.6 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 24 °C, dimana temperatur ini adalah

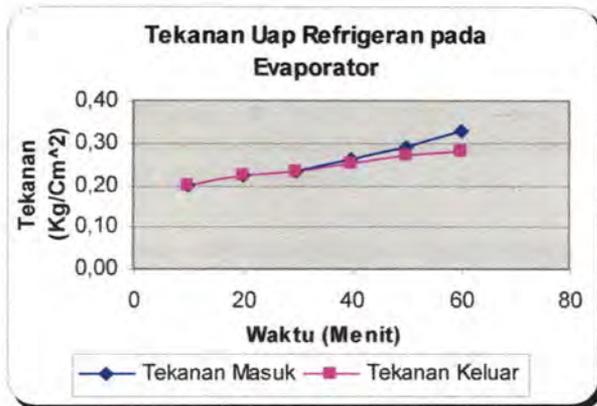
temperatur maksimal yang bisa di dapat oleh evaporator dengan menggunakan pasangan karbon aktif dan metanol.

V.3.2 Pengaruh Waktu Rendaman Terhadap Tekanan Uap Refrigeran Evaporator.

a. Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter

Tabel 5.7 Tekanan Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Tekanan (Kgf/Cm ²)	
	Input	Output
10	0,20	0,20
20	0,22	0,22
30	0,23	0,23
40	0,26	0,25
50	0,29	0,27
60	0,33	0,28



Grafik 5.7 Tekanan Karbon Aktif 2 Kg

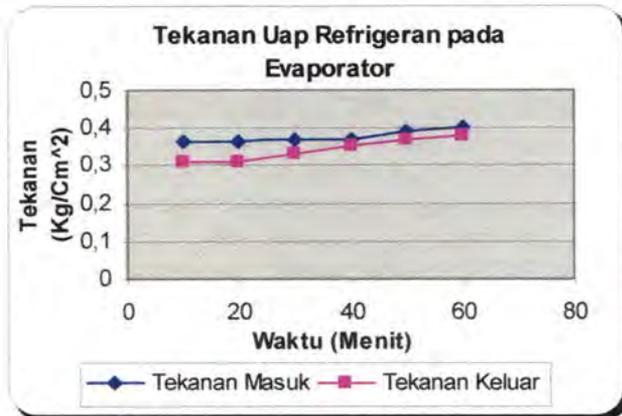
Pada grafik tekanan mempunyai tren nilai yang berbeda, yaitu semakin lama waktu rendaman yang dibutuhkan maka semakin besar nilai tekanan yang dihasilkan. Pada karbon aktif 2 Kg, tekanan terbesar pada rendaman 60 menit.

Kenaikan rata – rata tekanan tidak terlalu besar, waktu rendaman 10 menit dapat menghasilkan tekanan sebesar 0,20 Kg/cm². Sedangkan pada kondisi optimal rendaman 60 menit menghasilkan tekanan sebesar 0,28 Kg/cm².

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

Tabel 5.8 Tekanan Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Tekanan (Kgf/Cm ²)	
	Input	Output
10	0,36	0,31
20	0,36	0,31
30	0,37	0,33
40	0,37	0,35
50	0,39	0,37
60	0,40	0,38



Grafik 5.8 Tekanan Karbon Aktif 3 Kg

Pada karbon aktif 3 Kg juga tidak berbeda dalam tren nilai yang dihasilkan. Nilai waktu rendaman 10 menit sebesar $0,31 \text{ Kg/cm}^2$, sedangkan untuk waktu rendaman 60 menit tekanan yang dihasilkan sebesar $0,38 \text{ Kg/cm}^2$.

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.

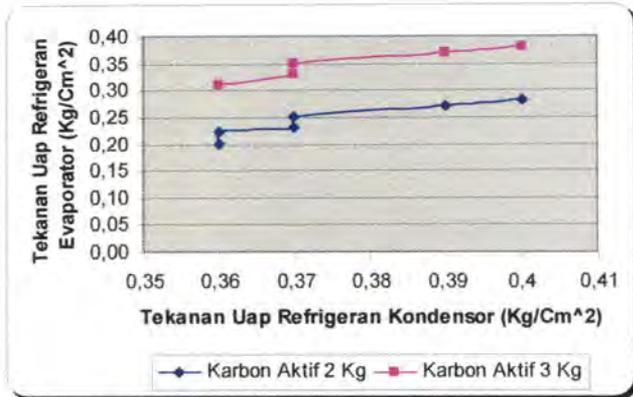
V.4 Analisa Pengaruh Tekanan Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensator Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.

Tabel 5.7 Tekanan Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Tekanan (Kgf/Cm ²)	
	Input	Output
10	0,20	0,20
20	0,22	0,22
30	0,23	0,23
40	0,26	0,25
50	0,29	0,27
60	0,33	0,28

Tabel 5.8 Tekanan Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Tekanan (Kgf/Cm ²)	
	Input	Output
10	0,36	0,31
20	0,36	0,31
30	0,37	0,33
40	0,37	0,35
50	0,39	0,37
60	0,40	0,38



Grafik 5.9 Perbandingan tekanan karbon aktif

Ditinjau dari grafik diatas diketahui bahwa semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh kondensator, 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 10 menit karbon aktif 2 Kg dan metanol menghasilkan tekanan sebesar 0,20 Kg/cm², sedangkan pada waktu rendaman 60 menit menghasilkan tekanan sebesar 0,28 Kg/cm².

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 dari pada 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.

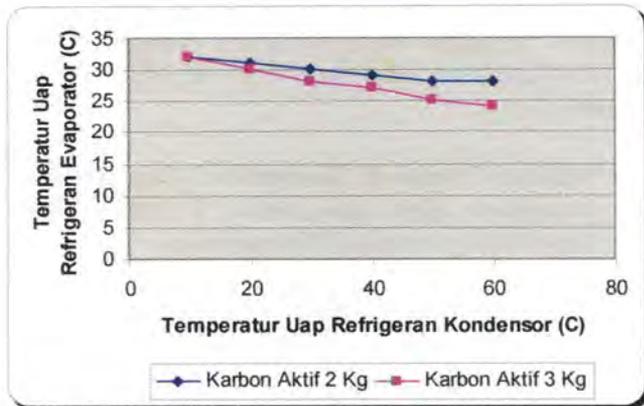
V.5 Analisa Pengaruh Temperatur Uap Refrigeran yang dihasilkan oleh Kondensor Terhadap Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator.

Tabel 5.5 Karbon Aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	35	31
20	34	31
30	34	30
40	33	29
50	32	28
60	31	28

Tabel 5.6 Karbon Aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Input	Output
10	34	32
20	33	30
30	33	28
40	32	27
50	31	25
60	30	24



Grafik 5.10 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 sudah dijelaskan 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.

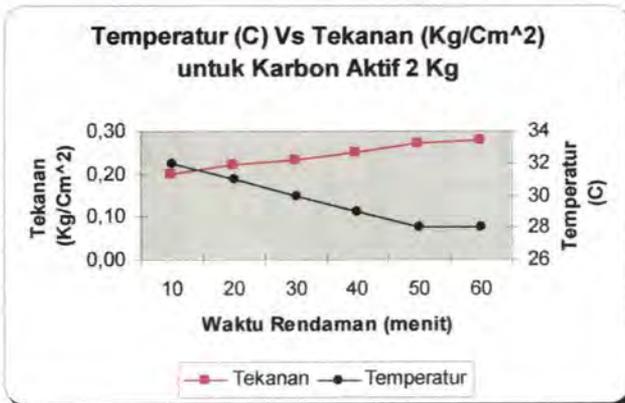
Pada karbon aktif 3 Kg waktu rendaman 60 menit menghasilkan temperatur 30°C pada kondensor menjadi 24°C pada evaporator.

V.6 Analisa Perbandingan Temperatur Uap Refrigeran pada Evaporator Terhadap Tekanan Uap Refrigeran pada Evaporator.

a. **Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter**

Tabel 5.9 Temperatur dan tekanan karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)		Tekanan (Kgf/Cm ²)	
	Input	Output	Input	Output
10	35	31	0,20	0,20
20	34	31	0,22	0,22
30	34	30	0,23	0,23
40	33	29	0,26	0,25
50	32	28	0,29	0,27
60	31	28	0,33	0,28



Grafik 5.11 Perbandingan temperatur dan tekanan karbon aktif 2 Kg

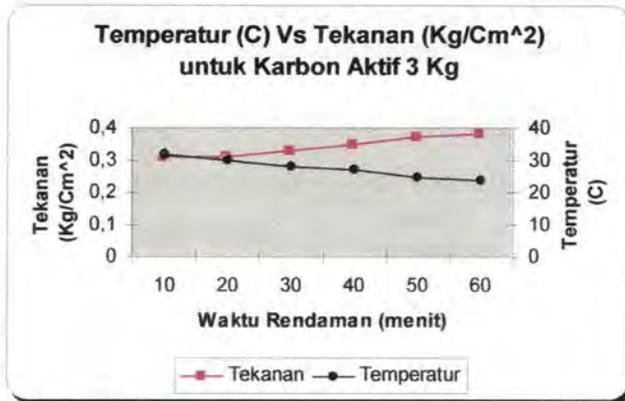
Pada grafik diatas diketahui bahwa besarnya tekanan berbanding terbalik dengan temperatur yang dihasilkan. Semakin

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 kerusakan pada kolektor yaitu bagian heater(pemanasannya). Tekanan maksimal pada nilai 0,28 Kg/cm² menghasilkan temperatur uap refrigeran sebesar 28 °C.

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

Tabel 5.10 Temperatur dan tekanan karbon aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)		Tekanan (Kg/Cm ²)	
	Input	Output	Input	Output
10	34	32	0,36	0,31
20	33	30	0,36	0,31
30	33	28	0,37	0,33
40	32	27	0,37	0,35
50	31	25	0,39	0,37
60	30	24	0,40	0,38



Grafik 5.12 Perbandingan temperatur dan tekanan karbon aktif 3 Kg

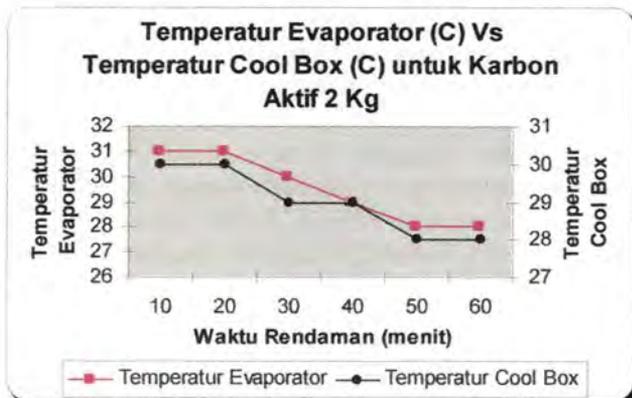
Sedangkan pada karbon aktif 3 Kg, menghasilkan tekanan yang lebih besar dan temperatur yang lebih rendah sesuai dengan tabel diatas. Pada kondisi karbon aktif 3 Kg dapat menghasilkan tekanan yang lebih besar karena metanol yang teradsorpsi lebih banyak, sehingga dapat menghasilkan tekanan uap refrigeran 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 0,38 Kg/cm² dengan temperatur 24⁰C.

V.7 Analisa Perbandingan Temperatur pada Evaporator Terhadap Temperatur pada Cool Box.

a. Karbon Aktif 2 Kg dan Metanol 2 Liter

Tabel 5.11 Temperatur karbon aktif 2 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Evaporator	Cool Box
10	31	30
20	31	30
30	30	29
40	29	29
50	28	28
60	28	28



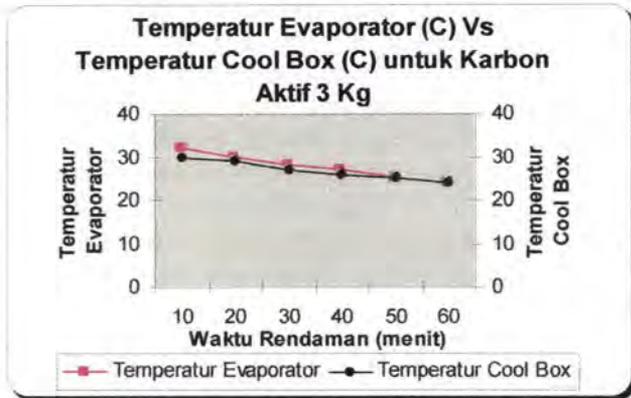
Grafik 5.13 Perbandingan temperatur karbon aktif 2 Kg

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa besarnya temperatur pada evaporator berbanding lurus dengan temperatur cool box. Semakin kecil (turun) temperatur yang dihasilkan oleh evaporator, maka semakin kecil pula temperatur pada cool box. Dimana panas yang terdapat didalam cool box terserap oleh pipa – pipa pada evaporator. Lama waktu rendaman pasangan karbon aktif dan metanol ini juga berpengaruh terhadap penurunan temperatur. Semakin lama waktu rendaman maka semakin kecil temperatur yang dihasilkan. Temperatur yang didapat pada cool box yaitu 28⁰C.

b. Karbon Aktif 3 Kg dan Metanol 3 Liter

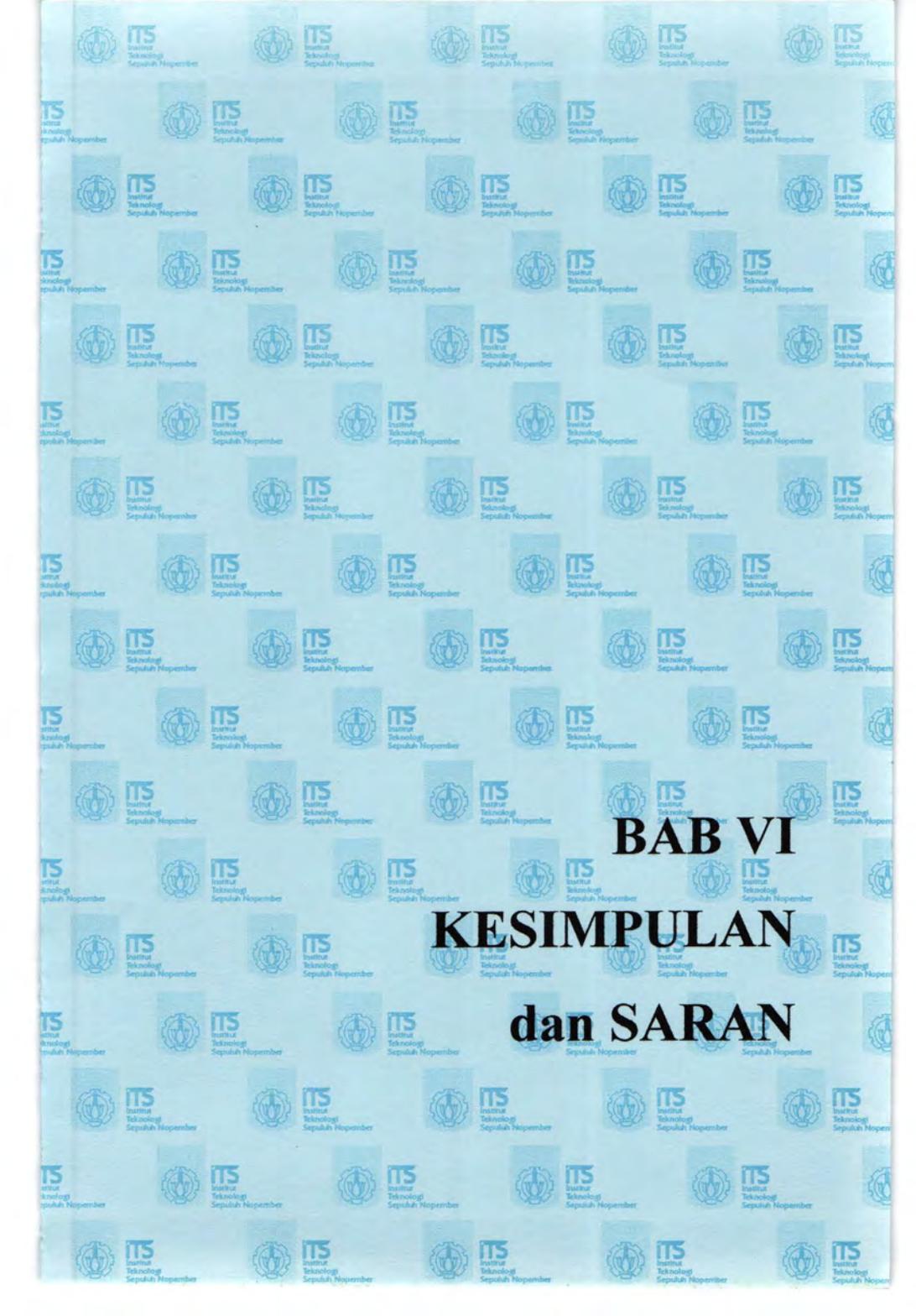
Tabel 5.12 Temperatur karbon aktif 3 Kg

Waktu Rendaman (Menit)	Temperatur (°C)	
	Evaporator	Cool Box
10	32	30
20	30	29
30	28	27
40	27	26
50	25	25
60	24	24



Grafik 5.14 Perbandingan temperatur karbon aktif 3 Kg

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa besarnya temperatur pada evaporator berbanding lurus dengan temperatur cool box. Semakin kecil (turun) temperatur yang dihasilkan oleh evaporator, maka semakin kecil pula temperatur pada cool box. Dimana panas yang terdapat didalam cool box terserap oleh pipa – pipa pada evaporator. Lama waktu rendaman pasangan karbon aktif dan metanol ini juga berpengaruh terhadap penurunan temperatur. Semakin lama waktu rendaman maka semakin kecil temperatur yang dihasilkan. Selain itu juga besarnya takaran campuran karbon aktif dan metanol juga sangat berpengaruh untuk peningkatan temperatur yang diinginkan. Temperatur yang didapat pada cool box yaitu 24⁰C.



BAB VI
KESIMPULAN
dan SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

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

1. Tekanan yang dihasilkan pada evaporator berbanding lurus dengan tekanan yang dihasilkan oleh kolektor. Semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh kolektor, maka semakin besar tekanan yang dihasilkan oleh evaporator. Waktu rendaman mempunyai pengaruh terhadap tekanan yang dihasilkan, karena jumlah metanol yang teradsorpsi. Tekanan pada waktu rendaman 60 menit karbon aktif 2 Kg mempunyai nilai sebesar $0,30 \text{ Kg/cm}^2$ sedangkan pada waktu rendaman 60 menit karbon aktif 3 Kg dengan nilai sebesar $0,38 \text{ Kg/cm}^2$.
2. Temperatur evaporator berbanding terbalik dengan temperatur kolektor. Temperatur yang dihasilkan oleh kolektor besar, namun temperatur yang dihasilkan oleh evaporator semakin rendah. Temperatur metanol dan karbon aktif pada waktu rendaman 60 menit memakai karbon aktif 2 Kg yaitu sebesar 28°C . Sedangkan temperatur maksimal saat waktu rendaman 60 menit karbon aktif 3 Kg adalah sebesar 24°C .
3. Dari percobaan yang telah dilakukan, pasangan karbon aktif dan metanol mendapatkan hasil yang kurang maksimal. Tidak tercapainya nilai yang sesuai karena pada kolektor sebelum dan saat percobaan terjadi kerusakan pada sistem heaternya (pemanas).
4. Waktu rendaman metanol sangat berpengaruh pada hasil tekanan dan temperatur pada evaporator, karena metanol yang teradsorpsi berbanding lurus dengan waktu rendaman.

VI.2. Saran

Adapun saran – saran penulis bagi penelitian berikutnya adalah sebagai berikut :

1. Refrigeran yang digunakan sebenarnya lebih baik metanol dilihat dari sudut pandang tekanan dan temperatur yang dihasilkan, namun sebaiknya tidak digunakan karena beracun dan mudah terbakar. Sedangkan syarat refrigeran yang baik adalah tidak beracun.
2. Alat sistem pendingin adsorpsi ini perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan suhu akhir yang maksimal karena hasil akhir yang diperoleh masih kurang mendukung untuk metode pendinginan.
3. Perubahan, perbaikan dari model fisik maupun perbandingan takaran dan lama rendaman dari refrigeran (Metanol dan Karbon Aktif) juga sangat mendukung untuk meningkatkan suhu pendinginan.
4. Penyebab tidak tercapainya temperatur yang maksimal dikarenakan :
 - Pemanas (Heater) biasanya kabel penghubung terbakar dan terjadi konslet (arus pendek) karena tidak kuat menahan panas yang lama atau tidak sesuai pemasangan.
 - Lubang Heater terjadi kebocoran dikarenakan sudah lamanya alat tersebut sehingga terjadi pengkaratan didalam tabung.
 - Dinding dari kolektor seharusnya dilapisi dengan bahan isolator, dikarenakan sewaktu melakukan percobaan, kolektor tersebut teraliri arus listrik yang berasal dari heater.
 - Ukuran dari tempat penampung refrigeran kurang lebih besar lagi dikarenakan maksimal dari tempat penampung tersebut hanya 3 Kg karbon katif saja. Sedangkan dibutuhkan refrigeran yang banyak untuk mendapatkan temperatur yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Afan Farid Muarif, [2006], "**Studi Perencanaan Kondensor Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Ethanol**". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS, Surabaya.
- Arora, CP (2000), "**Refrigeration and Air Conditioning**", McGraw-Hill International, NewYork.
- Dedy Kurniawan Wibowo, [2006], "**Studi Perencanaan Evaporator Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Etanol**". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS, Surabaya.
- Dossat, Roy J, 1981. **Principles of Refrigeration**. John Wiley and sons, Inc. Canada.
- Ghozali, [2005], "**Studi Perencanaan Kolektor Pada Sistem Pendingin Adsorpsi Pasangan Karbon Aktif dan Metanol**". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS, Surabaya.
- Perry (2001), "**Chemical Handbook**", McGrawHill, NewYork.
- Stoecker, Wilbert F, [1994], "**Refrigerasi dan Pengondisian Udara**" Erlangga, Jakarta.
- Wu-Hsun Cheng and Harold H. Kung, [1994], "**Methanol Production and Use**" Madison Avenue, New York.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kudus, 20 Oktober 1985, merupakan anak keempat dari 4 bersaudara dari pasangan Sutanto dan Sri Darwati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Mlatinorowito 2 Kudus, SLTPN 2 Kudus dan SMUN 1 Bae Kudus. Setelah lulus dari SMUN 1 Bae Kudus pada tahun 2003, penulis mengikuti ujian masuk yang diadakan ITS dan mengambil Jurusan Teknik Sistem Perkapalan tahun 2003 dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP. 4203109004.

Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini penulis mengambil Bidang Studi Marine Machinery System (MMS). Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan Seminar yang diselenggarakan oleh Jurusan, Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HimaSiskal).

Motto : *Never Give Up, if you wanna success!!!*

Penulis juga mengucapkan banyak – banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung dan tidak langsung. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Seluruh dosen – dosen yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada saya selama kuliah di Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS Surabaya ini.
2. Pak Beny dan teman – teman yang ada di Lab Mesin Fluida yang telah banyak membantu dalam kelancaran mengerjakan Tugas Akhir.
3. Mas Ghozali, Mas Dedy Kurniawan, Mas Afan yang telah memberikan tambahan ilmu dalam pengerjaan Tugas Akhir.

4. Seluruh teman – teman angkatan 2003 (PASSKAL), yang ada di Lab Safety, di Lab Mesin Kapal dan Kontrakan (Bumi Marina dan Semolowaru) terima kasih atas bantuannya selama ini.
5. Serta pihak lain yang tidak sempat disebutkan disini namun memberikan andil dalam kelangsungan studi penulis selama berada dikampus almamater ITS.

Semoga Allah SWT membalas segala bantuan yang telah kami terima dengan yang lebih baik. Amin.