

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Soal	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar	vi
Intisari	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar dan Grafik	xiv
Daftar Simbol dan Notasi	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Refrigerasi	1
1.2. Sisitem Bertingkat	3
1.3. Pencairan Gas	5
BAB II KARBON DIOKSIDA CAIR	
2.1. Permasalahan	8
2.2. Komposisi Fluida	10
2.3. Pencairan Karbon Dioksida	
2.3.1. Sifat – Sifat Karbon Dioksida	10

2.3.2. Siklus Pencairan Karbon Dioksida	11
2.3.3. Temperatur Intermediet	13
2.3.4. Pencairan Karbon Dioksida di Industri	16

BAB III KONDENSER KARBON DIOKSIDA

3.1. Kondenser Cascade

3.1.1. Istilah – Istilah	22
3.1.2. Pemilihan Jenis Kondenser	24
3.1.3. Beban Kondenser	26
3.1.4. Jenis Pipa	29
3.1.5. Temperatur Dinding Pipa	30
3.1.6. Kondensasi Karbon Dioksida	31
3.1.7. Evaporasi Amonia	34
3.1.8. Koefisien Perpindahan Kalor Total	37
3.1.9. Panjang Pipa	39
3.1.10. Rugi – Rugi Tekanan	40
3.1.11. Isolasi Termal	44
3.1.12. Katup Ekspansi	47

3.2. Reboiler/ Desuperheater

3.2.1. Beban Desuperheating	49
3.2.2. Perbedaan Temperatur Rata – Rata	49
3.2.3. Spesifikasi Pipa	50
3.2.4. Koefisien Perpindahan Kalor Aliran Dalam Pipa	50

3.2.5. Koefisien Perpindahan Kalor Bagian Shell	53
3.2.6. Koefisien Perpindahan Kalor Total	54
3.2.7. Pamjang Pipa	55
3.2.8. Rugi – Rugi Tekanan	56
3.2.9. Isolasi Termal	58

BAB IV INTERCOOLER DAN AFTERCOOLER

4.1. Water-Cooled Intercooler

4.1.1. Pemilihan Jenis Intercooler	61
4.1.2. Beban Pendinginan	62
4.1.3. Perbedaan Temperatur Rata – Rata	66
4.1.4. Jenis Pipa Pendingin	67
4.1.5. Pengaruh Kondensasi Uap Air Pada Pendinginan Gas	68
4.1.6. Koefisien Perpindahan Kalor Air Pendingin	70
4.1.7. Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Bagian Shell	72
4.1.8. Efisiensi Fin	80
4.1.9. Koefisien Perpindahan Panas Total	82
4.1.10. Panjang Pipa	84
4.1.11. Rugi – Rugi Tekanan	85

4.2. Water-Cooled Aftercooler

4.2.1. Beban Pendinginan	88
4.2.2. Perbedaan Temperatur Rata – Rata	92

4.2.3. Jenis Pipa Pendingin	93
4.2.4. Koefisien Perpindahan Kalor Air Pendingin	94
4.2.5. Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Bagian Shell	96
4.2.6. Efisiensi Fin	104
4.2.7. Koefisien Perpindahan Kalor Total	105
4.2.8. Panjang Pipa	108
4.2.9. Rugi – Rugi Tekanan	109
4.3. Amonia-Cooled Aftercooler	
4.3.1. Beban Pendinginan	112
4.3.2. Perbedaan Temperatur Rata – Rata	113
4.3.3. Jenis Pipa Pendingin	114
4.3.4. Koefisien Penpindahan Kalor Fluida Dalam Pipa	116
4.3.5. Koefisien Perpindahan Kalor Fluida Bagian Shell	118
4.3.6. Koefisien Perpindahan Kalor Total	121
4.3.7. Panjang Pipa	122
4.3.8. Rugi – Rugi Tekanan	123

BAB V KOMPRESOR

5.1. Kompresor I

5.1.1. Efisiensi Volumetrik	128
5.1.2. Kerja Kompresor	129
5.1.3. Diameter Dan Langkah	130
5.1.4. Silinder	133

5.1.5. Piston	135
5.1.6. Batang Piston	136
5.1.7. Cincin Piston	138
5.2. Kompresor II	
5.2.1. Efisiensi Volumetrik	143
5.2.2. Kerja Kompresor	143
5.2.3. Diameter Dan Langkah	144
5.2.4. Silinder	146
5.2.5. Piston	147
5.2.6. Batang Piston	148
5.2.7. Cincin Piston	149
5.3. Motor Penggerak	152
 BAB VI UNIT PENDUKUNG	
6.1. Adsorber	156
6.2. Tangki Produk	162
6.3. Water Scrubber	169
6.4. Unit Refrigerasi	176
6.5. Pompa Sirkulasi	179
 BAB VII OPERASI DAN PERAWATAN	183
 BAB VIII PENUTUP	188
 Daftar Pustaka	xx
Daftar Lampiran	xxii

DAFTAR

GAMBAR DAN GRAFIK

- Gambar 1.1 Siklus ideal kompresi uap
- Gambar 1.2 Skema sistem bertingkat
- Gambar 2.1 Siklus bertingkat $\text{CO}_2\text{-NH}_3$
- Gambar 2.2 Diagram p-h pencairan CO_2
- Gambar 2.3 Skema sistem pencairan CO_2
- Gambar 3.1 Diagram aliran massa di kondenser dan *reboiler*
- Gambar 3.2 Kestimbangan massa di *reboiler*
- Gambar 3.3 *Heat flux* vs. perbedaan temperatur
- Gambar 3.4 Fixed tubes sheet untuk kondenser
- Gambar 3.5 Aliran massa di kondenser
- Gambar 3.6 Rencana siklus unit refrigerasi NH_3
- Gambar 3.7 *Triangular pitch*
- Gambar 3.8 Aliran kalor dari lingkungan ke dalam *shell*
- Gambar 3.9 Skema katub ekspansi
- Gambar 3.10 *Kettle reboiler*
- Gambar 3.11 Aliran kalor melewati isolator thermal
- Gambar 4.1a Kompresi dengan *intercooling*
- Gambar 4.1b Skema *intercooler* dan *aftercooler*



Gambar 4.2 Profil *low fins tube*

Gambar 4.3 Pengaruh kondensasi uap air terhadap tekanan

Gambar 4.4 Susunan pipa *intercooler*

Gambar 5.1 Kompresor

Gambar 6.1 Skema *adsorber*

Gambar 6.2 Tangki penyimpan produk

Gambar 6.3 *Packed column*

Gambar 6.4 Skema perpindahan massa di *packed column*

Gambar 6.5 Bentuk isian

Gambar 6.6 Siklus p-h unit refrigerasi NH_3

Gambar 6.7 Skema unit refrigerasi

Gamabr 6.8 Instalasi pompa sirkulasi

DAFTAR

NOTASI DAN SATUAN

A	=	Luas permukaan	m^2
A_i	=	Luas aliran pada tube	m^2
A_s	=	luas area <i>cross sections</i>	m^2
A_t	=	Luas permukaan luar per satuan panjang	m^2/m
a	=	Koreksi terhadap kesalah cor	mm
Bi	=	Bilangan Biot	
b	=	Tebal fin	m
C_{mv}	=	Kandungan polutan dalam gas	kg/m^3
C_n	=	Konsentrasi polutan dalam gas	ppm
c_f	=	Koefisien gesekan	
c_m	=	Kecepatan rata-rata torak	m/s
c_p	=	Kalor spesifik pada tekanan konstan	J/(kg. K)
c_r	=	Clearance radial torak horisontal	Mm
c_v	=	Kalor spesifik pada volume konstan	J/(kg. K)
D	=	Diameter	m
D_{AB}	=	Koefisien diffusi antara dua zat	m^2/s
D_{tr}	=	Diameter luar torak	mm
d_e	=	Diameter ekuivalen	m



d_o	=	Diameter luar tube	m
E	=	Modulus Elastisitas	kg/cm^2
F	=	Gaya maksimum pada torak	kg
f	=	faktor gesekan	
f_{TO}	=	Koefisien gesekan aliran dua fase	
G	=	laju aliran massa tiap satuan luas permukaan	$\text{Kg}/(\text{m}^2.\text{s})$
G_t	=	Laju aliran massa tube tiap satuan luas	$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$
g	=	Percepatan gravitasi	m/s^2
H	=	Head pompa	m
H_f	=	<i>Head friction</i> pompa	m
HTU	=	Height of transfer units	m
h	=	Enthalpi	J
ID	=	Diameter dalam shell	m
i	=	Jumlah torak	
j_H	=	Faktor perpindahan panas	
K_g	=	Koefisien perpindahan massa	m/s
k	=	Konduktifitas termal	$\text{W}/(\text{m.K})$
L	=	Panjang	m
Le	=	Bilangan Lewis	
m	=	laju aliran massa	kg/s
Nu	=	Bilangan Nusselt	



NTU	=	Number of transfer untis	
Ns	=	Putaran spesifik	
n	=	Putaran	rpm
n	=	Jumlah tube dalam shell	
OD	=	Diameter luar pipa	m
P	=	Tekanan	Bar, N/m ²
ΔP	=	beda tekanan	Bar, atm
ΔP_s	=	Penurunan tekanan fluida dalam shell	Pa
ΔP_t	=	Penurunan tekanan fluida dalam tube	Pa
ΔP_f	=	Penurunan tekanan karena gesekan	Pa
ΔP_τ	=	Penurunan tekanan karena belokan	Pa
P_{sh}	=	Daya input pompa	Watt
P_c	=	Tekanan kritis	Bar, Pa
P_i	=	Tekanan masuk kompresor	Pa
P_o	=	Tekanan buang kompresor	Pa
Pr	=	Bilangan Prandtl	
P_T	=	Jarak pitch	m
Q	=	Laju perpindahan kalor	Watt
Q	=	Debit	m ³ /s
Q_l	=	Kalor laten	Watt
Q_s	=	Kalor sensibel	Watt



Re	=	Bilangan Reynolds	
R_{foul}	=	faktor fouling	$m^2.K/w$
R_t	=	Hambatan termal	$m^2.K/w$
r	=	Rasio kompresi	
r_i	=	Jari-jari dalam silinder kompresor	mm
r_o	=	Jari-jari luar silinder kompresor	mm
Sc	=	Bilangan Schmidt	
T	=	Temperatur	K, °C
ΔT_{lmtd}	=	log mean temperature difference	°C, K
$\Delta T_{m,CF}$	=	mean temperatur difference, aliran cross flow	°C, K
t	=	Waktu	sekon
t	=	Tebal minimum dinding silinder	mm
U	=	koefisien perpindahan panas total	$W/m^2.K$
V	=	volume	m^3
w_s	=	Laju aliran massa dalam shell	kg/s
X	=	Kualitas uap	
X_R	=	Kualitas uap rata-rata	
x_m	=	fraksi massa	Kg
Δx	=	tebal pipa	m
v	=	Volume Spesifik	m^3/kg
ρ	=	massa jenis	Kg/m^3



ε	=	Clearance kompresor torak	
γ	=	Eksponen kompresi isentropis	
θ	=	Rasio langkah torak terhadap diameter kompresor	
ϕ	=	Spherisitas	
ϕ	=	Koreksi viskositas	
η_v	=	efisiensi volumetrik kompresor	
μ	=	viskositas fluida	Pa.s
σ	=	Kekuatan tarik bahan	Kg/cm ²
σ	=	tegangan permukaan	N/m