

DAFTAR ISI

Pengesahan	i
Motto	ii
Kata pengantar	iii
Lembar soal	iv
Intisari	v
Daftar isi	vi
Daftar gambar	ix
Daftar tabel	xi
Daftar lampiran	xiii
Daftar notasi	xiv
 BAB 1 Pendahuluan	 1
Sistem refrigerasi , evaporator , kondenser , desuperheater , kompresor , katup Ekspansi , akumulator , suction drum , separator.	
Dasar teori	6
Kondensasi fluida campur , perpindahan panas , pressure drop	
BAB 2 Siklus Refrigerasi	13
2. 1. Proses refrigerasi	13
2. 2. Pengontrolan proses	16
2. 3. Heat balance	18
2. 4. Beban	36
2. 5. Titik didih dan titik embun	39
2. 6. Coefficient of Performance (COP)	42
BAB 3 Unit Utama	43
3. 1. Kondenser	44
3.1.1 Perhitungan thermal	44
3.1.2 Dimensi tube bundle	54
3.1.3 Header	56

3.1.4	Pemilihan fan	57
3.1.5	Pressure drop	58
3.1.6	Pressure drop fluida campur	58
3.1.7	Kerugian tekanan di header	61
3.1.8	Pressure drop sisi udara	62
3.2	Desuperheater	66
3.2.1	Perhitungan thermal	66
3.2.2	Dimensi tube bundle	72
3.2.3	Header	73
3.2.4	Pemilihan fan	74
3.2.5	Pressure drop	75
3.2.5.1	Pressure drop dalam tube	75
3.2.5.1	Pressure drop sisi udara	76
3.3	Kompresor	79
3.3.1	Pemilihan jenis kompresor	79
3.3.2	Kondisi inlet dan outlet	81
3.3.3	Head dan power	85
3.3.4	Poros dan impeler	87
3.3.4.1	Tekanan rendah ke tekanan menengah	89
3.3.4.2	Tekanan menengah ke tekanan tinggi	109
3.3.5	Casing , volute dan difuser	129
3.4	Evaporator	130
3.4.1	Warm core heat exchanger	130
3.4.1.1	Disain thermal	130
3.4.1.2	Pressure drop	147
3.4.1.3	Dimensi multi stream	151
3.4.1.4	Pengecekan performance	154



3.4.2 Cold core heat exchanger	160
3.4.2.1 Desain thermal	160
3.4.2.2 Pressure drop	168
3.4.2.3 Dimensi multi stream	170
3.4.2.4 Pengecekan performance	172
3.4.3 Insulasi	177
3.5. Katup ekspansi	180
BAB 4 Unit Tambahan	183
4.1 Akumulator	184
4.2 Separator	188
4.2.1 Warm separator	189
4.2.2 Cold separator	190
4.3 Suction drum	192
4.3.1 Suction drum tekanan rendah	192
4.3.2 Suction drum tekanan menengah	197
BAB 5 Start up sistem refrigerasi	200
5.1 Purging oksigen dengan nitrogen	200
5.2 Purging nitrogen dengan uap hidrokarbon	202
5.3 Start up	202
BAB 6 Penutup	203
Daftar pustaka	212
Lampiran	213

**Daftar Gambar**

Gb. 1.1 Konstruksi penukar panas tipe plate fin	2
Gb. 1.2 Aliran crossflow udara melewati tube bank	3
Gb. 1.3 Induced draft	4
Gb. 1.4 Tube bundle	4
Gb. 1.5 Formasi tube	4
Gb. 1.6 Plug header	5
Gb. 1.7 Korelasi G-h untuk fluida campur dua fase	10
Gb. 2.1 Diagram P – h siklus refrigerasi	13
Gb. 2.2 Skema sistem refrigerasi	14
Gb. 2.3 Skema heat balance	18
Gb. 3.1 Korelasi $Re - St.Pr^{2/3}$ untuk CF 8.8 10 J-A	45
Gb. 3.2 Korelasi G – h	51
Gb. 3.3 Pemilihan baris optimum	55
Gb. 3.4 Konfigurasi header	56
Gb. 3.5 Faktor gesekan tube side	60
Gb. 3.6 Skema inlet dan outlet kompresor	79
Gb. 3.7 Diagram pemilihan kompresor	80
Gb. 3.8 Efisiensi politropik overall	85
Gb. 3.9 Head maximum tiap tingkat	90
Gb. 3.10 Faktor Kompresibilitas	91
Gb. 3.11 Vektor kecepatan outlet impeler	95
Gb. 3.12 Konstruksi impeler	128
Gb. 3.13 Volute dan vaneless u turn difuser	129
Gb. 3.14 Rectangular offset stripfin	132
Gb. 3.15 Tinjauan thermal penukar panas	134
Gb. 3.16 Pengaturan aliran pada warm core	154



Gb. 3.17 Pengaturan aliran pada cold core	172
Gb. 3.18 Distribusi temperatur sistem insulasi	177
Gb. 3.19 Konstruksi katup ekspansi thermostatik	181
Gb. 3.20 Kesetimbangan tekanan dalam katup ekspansi	183
Gb. 4.1 Konstruksi akumulator	184
Gb. 4.2 Segmental area untuk holding time	185
Gb. 4.3 Ukuran drum untuk holding time	185
Gb. 4.4 Ukuran untuk entrainment reduction	187
Gb. 4.5 Faktor kecepatan uap	193
Gb. 5.1 Skema sistem refrigerasi	201

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Propane feed	19
Tabel 2.2 Propane keluar evaporator tingkat pertama masuk evaporator tingkat kedua	20
Tabel 2.3 Propane keluar evaporator tingkat pertama	21
Tabel 2.4 Feed buthane	22
Tabel 2.5 Buthne keluar Evaporator tingkat pertama	23
Tabel 2.6 Uap superheated refrigeran keluar dari discharge Kompresor ke Desuperheater	24
Tabel 2.7 Uap refrigeran superheated keluar Desuperheater masuk ke Kondenser	25
Tabel 2.8 Refrigeran uap jenuh / cair keluar Kondenser masuk ke Evaporator	26
Tabel 2.9 Refrigeran panas cair keluar Evaporator tingkat pertama	27
Tabel 2.10 Refrigeran cair masuk ke Katup Expansi	28
Tabel 2.11 refrigeran cair keluar separator tekanan menengah	29
Tabel 2.12 Refrigeran gas keluar separator tekanan menengah	30
Tabel 2.13 Refrigeran gas masuk suction tekanan menengah Kompresor	31
Tabel 2.14 Refrigeran panas cair masuk evaporator tingkat kedua	32
Tabel 2.15 Refrigeran panas cair keluar evaporator tingkat kedua masuk Katup Expansi	33
Tabel 2.16 Refrigeran cair keluar separator tekanan rendah	34
Tabel 2.17 Refrigeran gas keluar separator tekanan rendah	35
Tabel 2.18 refrigeran gas masuk suction tekanan rendah Kompresor	

Tabel 3.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kondenser	63
Tabel 3.2 Rekapitulasi hasil perhitungan Desuperheater	76
Tabel 3.3 Kondisi inlet dan outlet	81
Tabel 3.4 Rekapitulasi hasil perhitungan kompresor	127
Tabel 3.5 Desain inlet dan outlet warm core heat exchanger	130
Tabel 3.6 Parameter permukaan sel tunggal dan ganda	132
Tabel 3.7 Geometri perpindahan panas warm core heat exchanger	133
Tabel 3.8 Sifat fisis rata-rata fluida kerja	134
Tabel 3.9 Beda temperatur refrigeran – refrigeran panas	146
Tabel 3.10 Rekapitulasi data warm core	156
Tabel 3.11 Desain inlet dan outlet	160
Tabel 3.12 Geometri permukaan cold core	161
Tabel 3.13 Sifat fisis fluida	161
Tabel 3.14 Rekapitulasi data cold core	174

Daftar Lampiran

Lamp. 1 Spesifikasi kondenser	213
Lamp. 2 Properti stream refrigeran pada kondenser	214
Lamp.3 Spesifikasi Desuperheater	215
Lamp.4 Data sheet aluminium core	216
Lamp.5 Isometri cold box	217
Lamp.6 Spesifikasi evaporator tingkat 1 (warm core)	218
Lamp.7 Property stream buthane	219
Lamp.8 Property stream propane	220
Lamp.9 Property stream refrigeran panas	221
Lamp.10 Property stream refrigeran	223
Lamp.11 Spesifikasi evaporator tingkat 2 (cold core)	224
Lamp.12 Property stream propane	225
Lamp.13 Property stream refrigeran panas	226
Lamp.14 Property stream refrigeran	227
Lamp.15 Data sheet evaporator	228
Lamp.16 Spesifikasi kompresor sentrifugal	229
Lamp.17 Property ethane	230
Lamp.18 Property propane	231
Lamp.19 Property buthane	232



Daftar Notasi

- A : luas permukaan m^2
 A_u : unfinned area m^2
 A_b : bare internal area m^2
 A_i : luas area inlet m^2
 A_o : luas area outlet m^2
 A_l : area impeler inlet m^2
 A_{flow} : aliran bebas m^2
 A_{fr} : aliran frontal m^2
 A_{min} : luas area minimum m^2
 b_1 : lebar impeler inlet m
 b_2 : lebar impeler outlet m
 C_p : spesific heat $kJ/kg\ K$
 C : kapasitas panas W/K
 C_{min} : kapasitas panas minimum W/K
 D_s : diameter spesifik m
 D_o : diameter masuk m
 D_h : diameter hub m
 D_1 : diameter inlet m
 D_2 : diameter outlet m
 E : lebar aliran m
 f : koefisien gesek
 g : gravitasi m/s^2
 G : Kecepatan massa $kg/m.s$
 h : Koef perpindahan panas konveksi W/m^2K
 h_{fo} : koef. perpindahan panas udara W/m^2K
 h_i : koef. perpindahan internal W/m^2K
 H : head m



H_{ad} : head adiabatik m
 H_{poli} : head politropis m
 H_{vir} : head virtual m
 H_l : tinggi cair m
 H_v : tinggi uap m
 j : korelasi perpindahan panas
 k : koef. perpindahan panas konduksi W/mK , koef. isentropik
 k_p : koef konduksi plate W/m²K
 k_v : konduktivitas thermal gas W/mK , koef. kecepatan uap
 L : panjang tube m
 M_w : berat molekul
 N_t : jumlah tube
 NTU : Number of Transfer Unit
 N_s : kecepatan spesifik m/s
 n : putaran rpm , koef. politropik
 OD : diameter luar m
 P_{dyn} : putaran dinamik kg/cm²
 P : tekanan kg/cm²
 Pr : ratio tekanan aktual – tekanan kritis , bilangan Prantl
 P_{sh} : power shaft hp
 P_o : tekanan luar kg/cm²
 Q : debit aliran m³/s
 Q_1 : debit aliran masuk m³/s
 Q_2 : debit aliran keluar m³/s
 Re : bilangan reynold
 R_h : jari-jari hidrolik
 r : resistansi mK/W
 r_{to} : resistansi tube wall m K/W
 R : gas konstan



- R_u : gas konstan universal
 St : bilangan stanton
 sf : tebal fin mm
 S : permukaan alir udara m^2
 t : tinggi fin mm
 T_o : temperatur luar K
 tp : tebal plate mm
 U : koef. perpindahan panas total W/m^2K
 U_1 : inlet tip speed m/s
 U_a : kecepatan akustik m/s
 U_v : kecepatan uap maksimal m/s
 V_∞ : laju aliran bebas m/s
 V_f : kecepatan udara m/s
 v : volume spesifik m^3/kg
 V_o : kecepatan awal m/s
 V_r : kecepatan radial m/s
 V_1 : kecepatan inlet m/s
 V_2 : kecepatan outlet m/s
 V_{tot} : volume total m^3
 W : laju aliran massa kg/s
 W_l : laju aliran cair kg/s
 W_v : laju aliran gas kg/s
 x : kualitas uap
 y : perbandingan luasan fin terhadap luasan total
 z : panjang m , kompresibilitas , jumlah blade
 α : difusivitas thermal m^2/s , koef perpindahan panas rata-rata W/m^2K
 α_1 : sudut inlet
 α_2 : sudut outlet



- α : koef. perpindahan panas total W/m^2K
 γ_o : berat spesifik kg/m^3
 Δt_{lmtd} : beda temperatur rata-rata K
 Δx : tebal tube mm
 Δt_h : beda temperatur panas K
 Δt_c : beda temperatur panas K
 ΔP_{sh} : beda tekanan statis kg/m^3
 ΔP_p : penurunan tekanan melewati tube bundle kg/m^2
 ΔP_f : penurunan tekanan karena gesekan kg/m^2
 ΔP_m : penurunan tekanan karena perubahan momentum kg/m^2
 ΔP_b : penurunan tekanan melewati tube bundle kg/m^2
 ΔP_h : penurunan tekanan hidrostatik kg/m^2
 $\Delta \theta$: beda temperatur inlet outlet kg/m^2
 ΔT_e : beda temperatur boiling K
 ε : efektivitas, faktor tebal impeler
 ε_p : perbandingan tekanan
 η_f : efektivitas fin
 η : korelasi unjuk kerja terhadap permukaan total
 λ : perbandingan luasan total terhadap luasan perpindahan panas
 μ : viskositas $N/m^2 s$
 ρ_l : densitas cair kg/m^3
 ρ_g : densitas gas kg/m^3
 τ : kekuatan tarik kg/cm^2
 ϕ : unjuk kerja fin