

LAMPIRAN A

REAKTOR

1. Reaktor

1.1. Perancangan Dimensi Reaktor

Jenis : CSTR (*Continuous – Stirred Tank Reaktor*)

Fungsi : Sebagai tempat terjadinya reaksi dan pembentukan

Kaprolaktam Sulfat

Fase : Cair – cair

Bentuk : Tangki silinder

Jumlah : 1

Kondisi operasi reaktor :

Suhu : 110°C

Tekanan : 1 atm

Waktu tinggal : 28 menit

Reaksi :



Sikloheksanon oxime

Asam Sulfat

Kaprolaktam sulfat

Tabel 1.1 komponen masuk reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)	
	arus 2	arus 3
SHO	4146.76	-
SH	128.25	-
H2SO4	-	4675.20
H2O	-	95.41
Jumlah	9045.62	

A. Penentuan Volume Reaktor

Massa bahan (m) = 9045,62 kg/jam

Komponen	Arus masuk	Xi	P	Xi * p
	kg/jam		(kg/m ³)	(kg/m ³)
SHO	4146,76	0,46	826,82	379,04
SH	128,25	0,01	690,56	9,79
H2SO4	4675,20	0,01	1726,52	892,34
H2O	95,41	0,52	1687,69	9,97
Total	9045,62	1		1291,154

$$\rho \text{ campuran} = 1291,15 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{\text{massa umpan}}{\rho \text{ campuran}}$$

$$Fv = \frac{9045,62 \text{ kg/jam}}{1291,15 \text{ kg/m}^3} = 7,01 \text{ m}^3/\text{jam} = 7005,84 \text{ L/jam}$$

Mencari volume cairan

$$x = 97\%$$

$$t = 28 \text{ menit}$$

$$C_{ao} = 0,0052 \text{ kmol/L}$$

$$C_a = 0,000157 \text{ kmol/L}$$

$$C_b = 0,0017 \text{ kmol/L}$$

$$k = 40082,95 \text{ L/kmol.jam}$$

$$V = \frac{Fv \times C_{ao} \times x}{k \times C_a \times C_b} = \frac{7005,84^{\text{L}}/\text{jam} \times 0,0052 \text{ kmol/L} \times 0,97}{40082,95 \text{ L/kmol.jam} \times 0,000157 \text{ kmol/L} \times 0,0017 \text{ kmol/L}} = 3269,39 \text{ L}$$

$$\text{Volume cairan } (V_L) = 3269,39 \text{ L} = 3,27 \text{ m}^3$$

Menentukan volume reaktor

Untuk faktor keamanan, volume reaktor ditambah 20% (Peter, tabel 6, hal. 37)

$$\text{maka: Volume reaktor } (V_T) = 1,2 V_L$$

$$\text{sehingga didapat volume reaktor } (V_T) = 1,2 \times (3,27) \text{ m}^3 = 3,9233 \text{ m}^3$$

B. Penentuan Ukuran Diameter Tangki

Bentuk : Silinder tegak

Bahan : *Stainless Steel* SA 167 grade 11 Type 316

Alasan : - Umum digunakan

- Tahan panas dan korosi ($> 900 \text{ }^{\circ}\text{F}$)

(Brownell, hal.256)

B.1. Penentuan diameter dalam (ID) dan tinggi reaktor (H)

- Diameter reaktor (ID)

dipilih $H = 1,5 D$

$$\begin{aligned}\text{Volume reaktor} &= \pi/4 \times D^3 \\ &= 4 \times 3,9233 \times 1^3 = 1,4935 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\text{ID} = 58,8008 \text{ in}$$

- Tinggi reaktor (H) $H = 1.5 D = 1.5 \times 58,8008 \text{ in}$

B.2. Penentuan tebal reaktor (t_s)

Menentukan Tekanan desain

Tekanan Operasi	$= 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psia}$
Tinggi cairan (h_{cairan})	$= (\text{Volume cairan} \times 4) / (\pi D^2)$ $= (3,27 \text{ m}^3 \times 4) / (3,14 \times (1,4935 \text{ m}^2))$ $= 1,8671 \text{ m}$
P hidrostatik	$= \rho \times g \times h$ $= 1291,15 \times 9,8 \times 1,8671$ $= 3,4625 \text{ psia}$
P _{design}	$= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}}$ $= 14,7 + 3,4625$ $= 18,1265 \text{ psia}$

Menentukan tebal shell (t_s)

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f \cdot E - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell, 1959. p. 254., eq 13.1})$$

Dimana : P = tekanan desain = 18,1265 psia

$$\text{ID} = 58,8008 \text{ in}$$

f = allowable stress dari bahan yang digunakan = 18.750 psia

(Brownell, appendix D, untuk Stainless steel SA 167 grade 11 Type

316)

E = joint efficiency (effisiensi sambungan) = 0,8

(Brownell, tabel 13-2, hal. 254, untuk *double welded butt joint*) C =

faktpr korosi = 0,125 in / 10 tahun (Peter, tabel 6, hal.524)

ri = jari jari reactor = 29,4004in

$$\text{maka : } ts = \frac{18,1265 \times 29,4004}{18,750 \times 0,8 - 0,6 \times 18,1265} + 0,125 = 0,1606 \text{ in}$$

Dipilih tebal standar (t_s) = **0,1875 in** atau **3/16 in**

B.3. Penentuan diameter tangki sesuai standart

➤ Diameter luar tangki

$$(OD) OD = ID + (2x t_s)$$

$$OD = 58,8008 + (2 \times 0,1875) = 59,1758$$

Standarisasi dari tabel 5,7 (Brownell, 1959),

$$OD = 60 \text{ in} = 1,524 \text{ m}$$

$$ID = OD - (2 \times t_s)$$

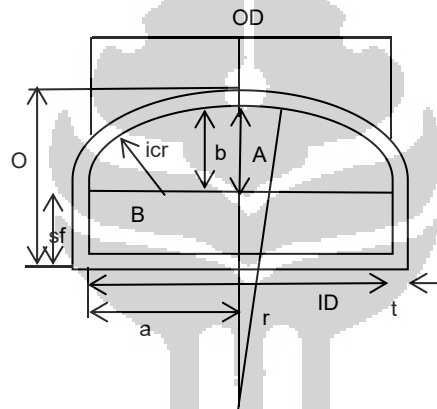
$$= 60 - (2 \times 0,1875)$$

$$= 59,6250 \text{ in}$$

$$th = \frac{0,885 \times 18,1265 \times 29,4004}{18,750 \times 0,8 - 0,1 \times 18,1265} = 0,1565 \text{ in}$$

Dipilih tebal *head* standart (th) = 0,1875 in = (3/16) in

B.4. Tinggi *head* reaktor (OA)



Gambar 1.1 Dimensi pada tutup reaktor, Brownell hal 87

Untuk th 3/16 didapatkan nilai sf (straight flange) = 3 in = 0,0762 m

(Brownell, tabel 5.8, hal 93)

ID = 1,5145 m; r = 60 in; icr = 3,625 in

$$a = ID/2 = 29,813 \text{ in}$$

$$AB = a - icr = 26,188 \text{ in}$$

$$BC = r - icr = 56,375 \text{ in}$$

$$AC = \sqrt{(BC)^2 - (AB)^2} = 49,923 \text{ in}$$

$$b = r - AC = 60 \text{ in} - 49,923 \text{ in} = 10,077 \text{ in}$$

tinggi head penutup reaktor, $OA = th + b + sf$

$$OA = 13,264 \text{ in} = 0,337 \text{ m}$$

1.2 Perancangan Pengaduk

Digunakan pengaduk jenis marine propeller with 3 blades and pitch $2D_i$.

A. Data pengaduk

$$D_i/D_t = 1/3; Z_i/D_i = 1,3; Z_l/D_i = 3,9; B/D_t = 1/12$$

Keterangan :

D_t = Diameter Tangki

Z_l = Tinggi cairan dalam pengadukan

D_i = Diameter Pengaduk

Z_i = Jarak Pengaduk Dari Dasar

B = Lebar Baffle Tangki

Maka :

$$D_t = ID = 59,6250 \text{ in}$$

$$D_i = D_t/3 = 0,5048 \text{ m}$$

$$B = D_t/12 = 0,1262 \text{ m}$$

$$Z_i = D_i \times 1,3 = 0,6563 \text{ m}$$

B. Menghitung Kecepatan Pengaduk

$$\text{Dipilih } \pi DN = 14$$

$$N = 14/\pi D$$

$$= 2,6920/ \text{ rps}$$

$$= 161,52 \text{ rpm}$$

C. Menghitung Daya Motor Pengaduk

Menghitung nilai Re

Dimana : ρ = densitas larutan = 1291,15 kg/m³ = 84,89 lb/ft³

N= kecepatan penfuduk = 2,6920/ rps

Di= diameter pengaduk = 1,6563ft

μ = viskositas larutan = 3,1284 cP = 0,002102 lb/ft.s

$$Re = \frac{\rho N Di^2}{\mu}$$

$$Re = 298222,48$$

Power number (Po) yang didapat dari Fig. 477 Brown

$$(Po) = 80$$

$$P = ((N^3) \times (Di^5) \times \rho \times Po) / gc$$

$$= 513.23 \text{ lb.ft/s}$$

$$= 0,9332 \text{ hp}$$

$$\text{Efisiensi } 80\%, P = 1,166 \text{ hp}$$

1.3. Perancangan Jacket Pendingin

Digunakan pendingin berupa air.

Jumlah panas yang diserap berdasarkan perhitungan neraca massa :

$$Q = 2703094,4 \text{ kJ/jam}$$

$$T \text{ operasi} = 110 \text{ } ^\circ\text{C} = 234 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Pendingin : Air

$$\text{Suhu masuk (t1)} = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Suhu keluar (t2)} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 104 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} \right)}$$

$$= 130,03 \text{ } ^\circ\text{F}$$

A. Menghitung Luas Tranfer Panas

Untuk fluida panas light organic dan fluida dingin air :

$$U_d = 75-150 \text{ btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{Jam}$$

$$\text{Diambil harga } U_d = 75 \text{ btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{Jam}$$

$$Q = 2703094,4 \text{ kJ/jam}$$

$$= 2562533,5 \text{ btu/jam}$$

Maka :

$$A = Q / (U_d \times \Delta t_{LMTD})$$

$$= 2562533,5 / (75 \times 188,8571)$$

$$= 262,75 \text{ ft}^2$$

luas selubung reaktor

$$A = 117,014 \text{ ft}^2$$

Karena luas selubung reaktor kurang dari luas transfer panas maka dipilih

coil pendingin

$$\text{Jumlah lilitan} = 6 \text{ lilitan}$$

$$\text{Tinggi tumpukan coil} = 0,6668 \text{ m}$$

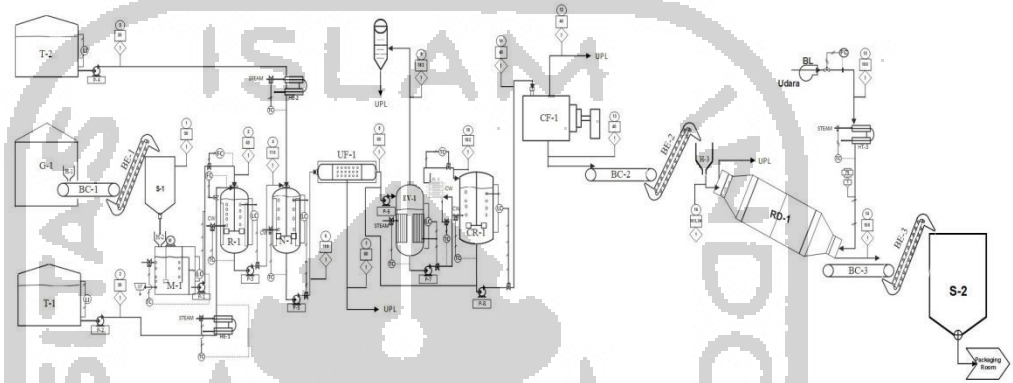
$$\text{Diameter lilitan coil} = 1,2116 \text{ m}$$

$$\text{Panjang lilitan coil} = 4,2803 \text{ m}$$

$$\text{Panjang coil} = 25,0558 \text{ m}$$

LAMPIRAN B (PEFD)

Process Engineering Flow Diagram
Prarancangan Pabrik KAPROLAKTAM DARI SIKLOHEKSANON OKSIM DAN ASAM SULFAT
Kapasitas : 34.000 ton/tahun



Keterangan Gambar :

NO	KOMPONEN	NOMOR ARUS (kg/jam)															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	SHD / CH ₂ O	4146,76	4146,76	-	124,40	-	124,40	-	124,40	-	124,40	95,44	28,86	1,79	-	27,17	-
2	SH / C ₆ H ₁₀ O	128,25	128,25	-	128,25	-	128,25	-	128,25	-	128,25	98,40	29,85	1,84	-	28,01	-
3	CPS / (C ₆ H ₁₀ SCONH)	-	-	-	7510,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	CPL / (C ₆ H ₁₀ SCONH)	-	-	-	-	-	4022,36	-	4022,36	-	4022,36	117,64	90,26	27,30	1,89	-	25,70
5	CPL KRISTAL / (C ₆ H ₁₀ SCONH)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3904,71	-	3904,71	3825,03	-	76,69
6	ASAM SULFAT / H ₂ SO ₄	-	-	-	4675,20	1186,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	NATRIUM HIDROKSIDA / NaOH	-	-	-	-	3618,49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	NATRIUM SULFAT / Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	6774,27	6774,27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	HIDROGEN DIOKSIDA / H ₂ O	-	-	-	95,41	2619,74	4357,16	-	4357,16	3050,01	1307,15	1307,15	1002,87	304,27	18,77	383,25	638,75
10	UDARA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7279,56	7279,56
	TOTAL	4275,01	4275,01	4770,61	9045,61	6258,23	15406,44	6774,27	8632,17	3050,01	5582,16	5582,16	1286,97	4295,37	3849,12	7632,81	8075,88

BC	Backflow Preventer	LI	Level Indicator	○	Nomor Arus
BE	Backflow Elevator	LC	Level Control	□	Suhu (°C)
BL	Blowdown	TC	Temperature Control	△	Tekanan (atm)
CF	Centrifuge	FC	Flow Control	◇	Control Valve
C	Condenser			—	Electric Connection
CR	Crystallizer			—	Udara Instrumen
HE	Heat Exchanger			—	Piping Line
H	Hopper				
M	Mixer				
P	Pompa				
PS	Pressure Switch				
RD	Rotary Drive				
S	Silo				
T	Tangki Penyimpanan				
UPL	Utilization Membrane				

	FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA 2020
	PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM Prarancangan Pabrik Kaprolaktam Dari Sikloheksanon Oksim Dan Asam Sulfat Kapasitas : 34.000 ton/tahun
Dibuat oleh: 1. GHALIB M. YUSUF 2. FAUZI AHBADUL	14521232 14521250
Dosen pembimbing: 1. Aris Sugiharto, S.Teks. M.M. 2. Ventuliyta Alethea Sri Augustia, S.T., M.Eng.	



LAMPIRAN C
LEMBAR KONSULTASI

جامعة الإسلام في إندونيسيا

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN

1. Nama Mahasiswa : Fauzi Ahmadul Baqi
 No. MHS : 14521250

2. Nama Mahasiswa : Ghalib Muhammad Yusuf
 No. MHS : 14521232

Judul Prarancangan : Pra rancangan pabrik kaprolaktam dan sikloheksanon dan asam sulfat dengan kapasitas 39.000 ton/tahun.

Mulai Masa Bimbingan : 06 Juni 2019

Batas Akhir Bimbingan : 03 Desember 2019

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	20 Agustus	Pensajuan judul skripsi	stb
2.	3 September	Konsultasi 1 perihal kapasitas produksi	stb
3.	10 September	Konsultasi 2 bab 1 & bab 2	stb
4.	21 September	Konsultasi ketayangan Pabrik	stb
5.	27 September	Konsultasi Bab 3	stb
6.	3 Oktober	Perhitungan / pemakaian alat kecil	stb
7.	13 Oktober	Alat besar	stb
8.	21 Oktober	Perihal Pemanfaatan PFD	stb
9.	15 November	Pengecekan perhitungan bab 3	stb
10.	24 November	tanya jawab perihal skripsi	stb
11.	4 Januari	persiapan / pengecekan / Penyetujuan	stb
12.	10 Januari	penyetujuan untuk maju sidang	stb

Disetujui Draft Penulisan:

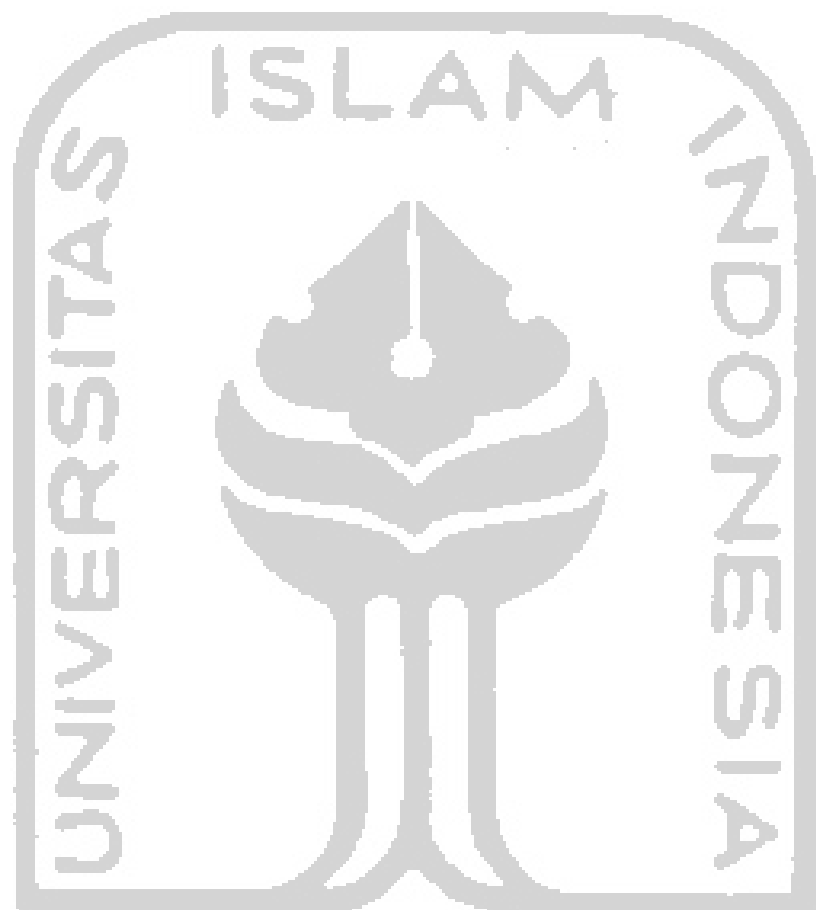
Yogyakarta, _____

Pembimbing,

Venalitya Alethea S. A., S.T., M.Eng.

* Judul PraRancangan Ditulis dengan Huruf Balok

- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan PraRancangan
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy



جامعة الإسلام في إندونيسيا