

SKRIPSI
PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN METAKROLEIN
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN



**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan
gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh

M. YUDHA DWI RAMADHAN	03031181520018
JEFRY MULIADY. A	03031181520026

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METAKROLEIN
KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana**

Oleh :

M. Yudha Dwi Ramadhan

NIM 03031181520018

Jefry Muliady. A

NIM 03031181520026

Inderalaya, Agustus 2019

Pembimbing



Ir. H. Farida Ali, DEA

NIP 195511081984032001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA

NIP 195810031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

1. Nama : M. Yudha Dwi Ramadhan
NIM : 03031181520018
2. Nama : Jefry Muliady. A
NIM : 03031181520026
- Judul : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metakrolein Kapasitas
80.000 Ton/Tahun

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019 oleh Dosen Penguji :

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita Rachman, DEA : (.....)
NIP 195805141984031001
2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T. : (.....
30/7/19)
NIP 19750201200012200
3. Lia Cundari, S.T., M.T. : (.....
26/9/19)
NIP 19841218200812200

Inderalaya, Agustus 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. H. Syaiful, DEA
NIP 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metakrolein Kapasitas 80.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan M. Yudha Dwi Ramadhan dan Jefry Muliady. A di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019.

Inderalaya, Agustus 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi :

- | | |
|--|---|
| 1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita Rachman, DEA
NIP 195805141984031001 | : () |
| 2. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP 197502012000122001 | : () |
| 3. Lia Cundari, S.T., M.T.
NIP 198412182008122002 | : () |

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia


 Dr. H. Svaiful, DEA
 NIP. 195810031986031003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : M. Yudha Dwi Ramadhan
NIM : 03031181520018
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metakrolein Kapasitas
80.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **Jefry Muliady. A** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Agustus 2019



M. Yudha Dwi Ramadhan

NIM 03031181520018

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Jefry Muliady. A
NIM : 03031181520026
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metakrolein Kapasitas
80.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama **M. Yudha Dwi Ramadhan** didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Inderalaya, Agustus 2019



Jefry Muliady. A

NIM 03031181520026

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metakrolein Kapasitas 80.000 Ton/Tahun” ini dapat diselesaikan.

Tugas akhir ini dibuat sebagai syarat akhir mengikuti ujian sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Universitas Sriwijaya. Tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ir. Hj. Farida Ali, DEA., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
6. Seluruh Karyawan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2015 serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

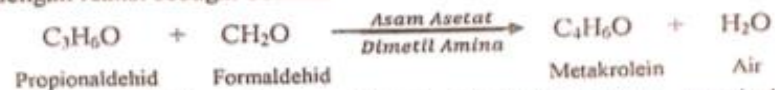
Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu diharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Indralaya, Juni 2019

Penulis

ABSTRAK

Pabrik Metakrolein direncanakan berlokasi di Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Pabrik ini meliputi area seluas 5,2 Ha dengan kapasitas 80.000 ton per tahun. Proses pembuatan Metakrolein dilakukan dengan mereaksikan Propionaldehid dan Formaldehid melalui proses kondensasi Propionaldehid dan Formaldehid dengan bantuan katalis Dimetil Amina dan Asam Asetat yang berlangsung di reaktor tipe *Multitubular Reaktor* pada temperatur 122,8°C dan tekanan 36atm dengan reaksi sebagai berikut:



Setelah melalui tahap purifikasi, dilakukan tahap pemisahan untuk memisahkan Metakrolein dan Air, sehingga diperoleh Metakrolein dalam bentuk *liquid* dengan kemurnian 99,90%wt.

Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur utama dengan jumlah karyawan 124 orang.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik Isopropil Benzena dinyatakan layak untuk didirikan dengan analisa ekonomi sebagai berikut:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1) Investasi | = US \$ 165.092.499,92 |
| 2) Hasil penjualan per tahun | = US \$ 641.358.690,12 /tahun |
| 3) Biaya produksi per tahun | = US \$ 444.149.616,60 |
| 4) Laba bersih per tahun | = US \$ 136.883.616,52 |
| 5) <i>Pay Out Time</i> | = 2 tahun |
| 6) <i>Rate of Return on Investment</i> | = 55,37% |
| 7) <i>Discounted Cash Flow - ROR</i> | = 89,95% |
| 8) <i>Break Even Point</i> | = 33,7905% |
| 9) <i>Service Life</i> | = 11 tahun |

Indralaya, Juli 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195610031986031003

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Hj. Farida Ali, DEA
NIP. 195511081984032001

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir ini, banyak pihak yang telah membantu dalam berbagai hal. Bantuan baik moril maupun materi merupakan salah satu hal yang sangat membantu dan berkesan dalam penyusunan tugas akhir ini. Terimakasih kepada pihak-pihak tersebut terutama kepada:

- 1) Allah SWT, atas berkat, rahmat, nikmat, dan seluruh karunia-Nya baik dalam bentuk kelapangan hati dan pikiran serta kesehatan sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
- 2) Ibu Irma Santika, Bapak Mukhlis selaku orang tua dari M. Yudha Dwi Ramadhan yang telah memberikan kasih sayang, *support*, dan doa-doa setiap harinya hingga terselesaikannya tugas akhir ini merupakan salah satu doa mereka yang Allah kabulkan.
- 3) Bapak Hendrimon dan Ibu Yanti Lovia selaku orang tua dari Jefry Muliady. A yang telah memberikan semangat serta dukungan moril, sehingga Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan lancar.
- 4) Ir. Hj. Farida Ali, DEA. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang selalu mendukung serta memberi arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
- 5) Keluarga besar tercinta yang telah memberikan dukungan dan kasih sayang tiada henti.
- 6) Ahmad Mukhsin dan Rizka Septriani selaku saudara kandung atas segala bantuan, dukungan, semangat, saran, kasih sayang yang secara tidak langsung tergambarkan dan tersampaikan selama ini.
- 7) Cindy Regita Septiani, selaku teman, ibuk dalam dunia perkuliahan, sahabat, partner perkuliahan, tempat berkeluh kesah, salah satu *support* terbesar selama kuliah, dan insyaAllah sahabat hingga surga kelak (Aamiin).
- 8) Teman-teman dari Mapia Squad (Herwan, Gusri, Endra, Fajar, Dhona, Agung, Glen, Ade, Habil, Syahri) atas dukungan, hiburan dan seluruh bantuan baik moril dan materi selama perkuliahan 8 semester ini.

- 9) Corps Asisten Unit Operasi (Laboratorium Teknik Separasi dan Purifikasi) dan Unit Proses (Laboratorium Rekayasa Proses, Produk Industri Kimia) selaku rekan kerja, sahabat sekaligus keluarga baru.
- 10) Pak Subhan, Buk Anis dan Mbak Fitri selaku Analis di Laboratorium Teknik Separasi dan Purifikasi atas segala bantuannya terutama pada saat pengerjaan penelitian.
- 11) Teman-teman dari Pepe Fams (Nyimas, Shanaz, Sheren, Virda, Andi, Kautsar) atas dukungan, hiburan dan seluruh bantuan baik moril dan materi selama perkuliahan 8 semester ini.
- 12) TIM KP PUSRI-III periode Mei-Juli 2018, Cindy, Fajar, Wahyu, Al-Kautsar, Andi, kak Qod, dan Gusri, yang telah menjadi teman seperjuangan selama KP dan saling memberi dukungan satu sama lain selama Kerja Praktek.
- 13) Teman-teman dari 13 CM (Kautsar dan Andi) atas dukungan, hiburan dan seluruh bantuan baik moril dan materi selama perkuliahan 8 semester ini.
- 14) Teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Kimia Angkatan 2015 Kampus Indralaya yang telah menjadi penunjang dan keluarga selama perkuliahan 8 semester ini, semoga tali silaturahmi yang kita miliki tetap terjalin sampai kapanpun.
- 15) Partner, yang telah dengan sabar dan bekerja keras bersama-sama mulai dari KP, Riset hingga Tugas Akhir, menyelesaikan laporan satu persatu. Sedikit demi sedikit melewati perjalanan panjang hingga akhirnya bersama-sama sampai di Sidang Tugas Akhir ini. Semoga apa yang telah dikerjakan bersama-sama menjadi berkah dan menjadi penghubung yang baik sehingga dilancarkan menuju dunia kerja nantinya.
- 16) Barisan para mantan dan para gebetan yang telah memberikan warna kehidupan selama hidup di dunia ini. Semoga kelak nantiya walaupun kita jodoh pasti Allah akan persatukan kita, tetapi walaupun belum jodoh mungkin Allah akan ganti dari kita dengan yang terbaik
- 17) Serly Anggraini selaku my *future* yang semoga Allah akan satukan kita kearah yang lebih serius. Allah satukan kita lewat pernikahan sehingga

mempunyai keturunan yang sholeh dan sholeha, yang ganteng, gagah, wibawa, manis, tinggi seperti yudha.

- 18) Rahma eti jayanti selaku pejuang menuju surga Allah yang senantiasa memberikan hal-hal positif yang berbau islami
- 19) Semua orang yang pernah kenal dengan kami, yang pernah singgah di kehidupan kami, yang pernah menjadi bagian yang terpenting yang kami minta maaf tidak dapat disebutkan nama nya satuper satu.

Palembang, Maret 2019

Tim Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	
.....	i
i	
DAFTAR ISI	
.....	i
ii	
DAFTAR TABEL	
.....	
v	
DAFTAR GAMBAR	
.....	
vi	
DAFTAR NOTASI	
.....	
vii	
DAFTAR LAMPIRAN	
.....	
xiv	
BAB I PENDAHULUAN	
1	
1.1. Latar Belakang	
.....	
1	
1.2. Sejarah dan Perkembangan	
.....	
1	
1.3. Jenis Proses Pembuatan	
2	
1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia	
3	

BAB II	PERENCANAAN PABRIK	8
	2.1. Alasan Pendirian Pabrik	8
	2.2. Penentuan Kapasitas	9
	2.3. Pemilihan Bahan Baku	11
	2.4. Pemilihan Proses	11
	2.5. Uraian proses	12
BAB III	LOKASI DAN LETAK PABRIK	13
	3.1. Lokasi Pabrik	13
	3.2. Penentuan Tata Letak Pabrik	17
	3.3. Luas Area	18
BAB IV	NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	20
	4.1. Neraca Massa	20
	4.2. Neraca Panas	27
BAB V	UTILITAS	35
	5.1. Unit Pengadaan Air	35
	5.2. Unit Pengadaan Refrigeran	37
	5.3. Unit Pengadaan Steam	38
	5.4. Unit Pengadaan Listrik	38
	5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	41
BAB VI	SPESIFIKASI PERALATAN	43

BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	
82	
7.1. Struktur Organisasi	
82	
7.3. Manajemen Perusahaan	
83	
7.4. Kepegawaian	
83	
7.5. Penentuan Jumlah Buruh	
85	
BAB VIII ANALISA EKONOMI	
91	
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	
92	
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	
93	
8.3. Total Modal Akhir	
95	
8.4. Laju Pengembalian Modal	
97	
8.5. Break Even Point (BEP)	
99	
BAB IX KESIMPULAN	
102	
DAFTAR PUSTAKA	
103	
LAMPIRAN	
.....214	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.2. Tren Impor Metakrolein dan Prediksi Tahun 2023.....	10
Gambar 3.1. Lokasi Pendirian Pabrik.....	14
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik ke PT. Intan Wijaya Internasional Tbk.....	14
Gambar 3.3. Lokasi Pabrik ke Pelabuhan Tanjung Emas.....	15
Gambar 3.4. Lokasi Pabrik ke PT. IndoAcidatama	15
Gambar 3.5. Tata Letak Pabrik.....	18
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan	90
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	100

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

- D : Diameter
 L, L_T : Panjang Ellipsoidal, total
 t_h, t_s : Ketebalan Dinding Bagian *Head*, silinder, m
 V_e, V_s : Volume elipsoidal, silinder
 V_t : Kapasitas

2. CONDENSER, COOLER, HEATER, KONDENSER, REBOILER

- A : Area perpindahan panas, ft^2
 a_o, a_p : Area alir pada annulus, *inner pipe*, ft^2
 a_s, a_t : Area alir pada *shell and tube*, ft^2
 a'' : *External surface* per 1 in, $\text{ft}^2/\text{in ft}$
 B : *Baffle spacing*, in
 C : *Clearence* antar *tube*, in
 C_p : *Specific Heat*, kJ/kg
 D : Diameter dalam *tube*, in
 D_e : Diameter ekuivalen, in
 D_B : Diameter *bundle*, in
 D_s : Diameter *shell*, in
 f : Faktor friksi, ft^2/in^2
 g : Percepatan gravitasi
 h : Koefisien perpindahan panas, $\text{Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$
 h_1, h_o : Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar
tube
 j_H : Faktor perpindahan panas
 k : Konduktivitas termal, $\text{Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$
 L : Panjang *tube* pipa, ft
 LMTD : *Logaritmik Mean Temperature Difference*, °F

N	: Jumlah <i>Baffle</i>
N_t	: Jumlah <i>tube</i>
P_T	: <i>Tube pitch</i> , in
ΔP_T	: Return <i>drop shell</i> , psi
ΔP_S	: Penurunan tekanan pada <i>shell</i> , psi
ΔP_t	: Penurunan tekanan pada <i>tube</i> , psi
ID	: <i>Inside diameter</i> , ft
OD	: <i>Outside diameter</i> , ft
Q	: Beban panas <i>heat exchanger</i> , Btu/hr
R_d	: <i>Dirt factor</i> , hr.ft ² .°F/Btu
Re	: Bilangan Reynold, dimensionless
s	: Specific gravity
T_1, T_2	: Temperatur fluida panas inlet, outlet, °F
t_1, t_2	: Temperatur fluida dingin inlet, outlet, °F
T_a	: Temperatur rata-rata fluida panas, °F
t_a	: Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
Δt	: Beda temperatur yang sebenarnya, °F
U	: Koefisien perpindahan panas
U_c, U_o	: <i>Clean overall coefficient, Design overall coefficient</i> , Btu.hr.ft ² .°F
V	: Kecepatan alir, ft/s
W	: Kecepatan alir massa fluida panas, lb/hr
w	: Kecepatan alir massa fluida dingin, lb/hr
μ	: Viskositas, Cp

3. KOLOM DESTILASI

P	: Tekanan, atm
T	: Temperatur, °C
α	: Relatif volatilitas
N_m	: <i>Stage minimum</i>
L/D	: Refluks
N	: <i>Stage/tray</i>

m : *Rectifying section*

p	: Stripping section
F_{LV}	: Liquid-vapor flow factor
U_f	: Kecepatan flooding, m/s
U_v	: Volumetric flowrate, m ³ /s
A_n	: Net area, m ²
A_c	: Cross section atau luas area kolom, m ²
D_c	: Diameter kolom, m
A_d	: Downcomer area, m ²
A_a	: Active area, m ²
l_w	: Weir length, m
A_h	: Hole area, m ²
h_w	: Weir height, mm
dh	: Hole diameter, mm
L_m	: Liquid rate, kg/det
h_{ow}	: Weir Liquid crest, mm Liquid
U_h	: Minimum design vapor velocity, m/s
C_o	: Orifice coefficient
h_d	: Dry plate drop, mm Liquid
h_r	: Residual Head, mm Liquid
h_t	: Total pressure drop, mm Liquid
h_{ap}	: Down comer pressure loss, mm
A_{ap}	: Area under apron, m ²
H_{dc}	: Head loss in the Downcomer, mm
h_b	: Backup di Downcomer, m
t_r	: Check resident time, s
θ	: Sudut subtended antara pinggir plate dengan unperforated strip
L_m	: Mean length, unperforated edge strips, m
A_{up}	: Area of unperforated edge strip, m ²
L_{cz}	: Mean length of calming zone, m
A_{cz}	: Area of calming zone, m ²
A_p	: Total area perforated, A_p

A_{oh}	: Area untuk 1 <i>hole</i> , m ²
t	: Tebal dinding, cm
D	: Diameter tanki, m
r	: Jari-jari tanki, m
S	: Tekanan kerja yang diijinkan, atm
C_c	: Korosi yang diijinkan, m
E_j	: Efisiensi pengelasan
OD	: Diameter luar, m
ID	: Diameter dalam, m
E_{mV}	: Efisiensi tray, %
ρ	: Densitas, kg/m ³
μ	: Viskositas, N.s/m ²
FA	: <i>Fractional Area</i>
He	: Tinggi tutup elipsoidal, m
Ht	: Tinggi tanki, m

4. POMPA

A	: Area alir pipa, in ²
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi, ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitasi, ft/s ²
H_f	: Total friksi, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
H_{ff}	: Friksi karena <i>fitting</i> dan <i>valve</i> , ft
H_d, H_s	: <i>Head Discharge, suction</i> , ft
ID	: <i>Inside</i> diameter, in
OD	: <i>Outside</i> diameter, in
K_c, K_e	: <i>Contaction, expansion contraction</i> , ft

L	: Panjang pipa, m
Le	: Panjang ekuivalen pipa, m
NPSH	: <i>Net Positive Suction Head</i> , ft . lbf/ lb
P uap	: Tekanan uap, psi
Qf	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
Re	: Reynold Number, dimensionless
Vs	: <i>Suction</i> velocity, ft/s
Vd	: <i>Discharge</i> velocity, ft/s
BHP	: <i>Brake HorsePower</i> , HP
MHP	: <i>Motor Horse Power</i> , HP
ΔP	: <i>Differential pressure</i> , psi
ε	: <i>Equivalent roughness</i> , ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/m.hr
ρ	: Densitas, kg/m ³

5. REAKTOR

At	: Luas area total <i>Orifice</i> , m ²
C	: <i>Corrosion</i> maksimum, in
Cao	: Konsentrasi reaktan mula-mula, kmol/m ³
Di	: Diameter impeller, m
Dt	: Diameter tangki, m
Ds	: Diameter <i>sparger</i> , m
E	: <i>Joint</i> efisiensi
E	: Energi aktivasi
Fao	: Jumlah feed mula-mula, Kmol
g	: Lebar <i>Baffle</i> pengaduk, m
h	: Tinggi <i>Head</i> , m
H _L	: Tinggi <i>Liquid</i> , m
Hs	: Tinggi silinder, m
Hs	: Tinggi <i>sparger</i> , m

H_r	: Tinggi tangki, m
k	: Konstanta kecepatan reaksi, $m^3/kmol \text{ jam}$
K	: Konstanta Boltzmann = $1,30 \cdot 10^{-16} \text{ erg/K}$
M_A	: Berat molekul A
M_B	: Berat molekul B
N	: Bilangan avogadro = $6,203 \cdot 10^{23} \text{ molekul/mol}$
N	: Kecepatan putaran pengaduk, rpm
N_t	: Jumlah <i>Orifice</i>
P	: Tekanan desain, psi
P	: <i>Power</i> , HP
q	: Debit per <i>Orifice</i> , m^3/jam
Q	: Volumetrik <i>flowrate</i> , m^3/jam
r	: Panjang <i>blade</i> pengaduk, m
r_b	: Posisi <i>Baffle</i> dari dinding tangki, m
r_i	: Jari-jari <i>Vessel</i> , in
R	: Konstanta umum gas = $1,987 \cdot 10^{-3} \text{ kkal/mol. K}$
R_d	: <i>Fouling factor</i>
S	: <i>Working stress Allowable</i> , psi
t	: Tebal dinding tangki, m
T	: Temperatur operasi, K
U_c	: <i>Overall heat transfer coefficient</i>
V	: kecepatan gelembung gas lepas <i>Orifice</i> , m/s
V_s	: Volume silinder, m^3
V_E	: Volume elipsoidal, m^3
V_t	: Volume tangki total, m^3
W_b	: Lebar <i>Baffle</i> , m
V_h	: Volume <i>Head</i> , m^3
V_b	: Volume <i>bottom</i> , m^3
V_s	: Volume silinder, m^3
V_t	: Volume tangki, m^3
W	: Laju alir massa, kg/jam

X	: Konversi
μ	: Viskositas, kg/m.hr
ρ	: Densitas, kg/m ³
τ	: Waktu tinggal, jam
σ_A	: Diameter molekul A
σ_B	: Diameter molekul B

6. TANGKI

C	: <i>Allowable Corrosion</i> , m
D	: Diameter tanki, m
E	: <i>Joint</i> efisiensi
h	: Tinggi <i>Head</i> , m
H	: Tinggi silinder tanki, m
Ht	: Tinggi total tanki, m
P	: Tekanan, atm
S	: <i>Allowable</i> stress, psi
t	: Tebal dinding tanki, m
V _h	: Volume <i>Head</i> , m ³
V _s	: Volume silinder, m ³
V _t	: Volume tanki, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. DIMENSIONLESS NUMBER

N _{Re}	: Reynold Number
Sc	: Schmidt Number
j _H	: Faktor perpindahan panas
f	: Friction <i>factor</i>

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan Neraca Massa	192
Lampiran 2 Perhitungan Neraca Panas	281
Lampiran 3 Perhitungan Spesifikasi Peralatan	390
Lampiran 4 Perhitungan Ekonomi	678
Lampiran 5 Tugas Khusus	
Lampiran 5.1 Tugas Khusus Crystallizer.....	689
Lampiran 5.2 Tugas Khusus Bubble Column Reactor.....	710
Lampiran 6 Lembar Perbaikan.....	744

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Pendahuluan

Sejak awal tahun 2016, di wilayah Asia Tenggara telah diberlakukan perdagangan bebas berdasarkan perjanjian Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) sehingga persaingan pada berbagai bidang kehidupan terutama pada bidang ekonomi dan perindustrian akan terus meningkat. Sejalan dengan berkembangnya Industri di wilayah Asia Tenggara, Indonesia telah banyak melakukan usaha diversifikasi. Bahan mentah diolah menjadi produk setengah jadi atau bisa juga bahan setengah jadi diolah menjadi produk. Hal ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada produk impor. Dalam usaha ini pemerintah memprioritaskan pada pembangunan berbagai industri termasuk industri kimia yang diharapkan mampu menjadi penggerak pertumbuhan industri yang lain.

Salah satu industri kimia yang menarik untuk didirikan di Indonesia adalah industri atau pabrik Metakrolein. Penggunaan metakrolein di Indonesia masih terbatas pada industri plastik, industri jenis resin, perekat, industri cat dengan pemanfaatan terbesar adalah untuk pembuatan metil metakrilat (MMA). Secara aplikasinya, metakrolein dapat digunakan untuk penyedia bahan baku dalam pembuatan metil metakrilat, sebagai campuran dalam pembuatan aspal dalam bidang transportasi dan konstruksi, sebagai bahan campuran pembuatan cat agar cat lebih terang dan bertahan lama dalam bidang konstruksi dan sebagai bahan campuran dalam bidang teknologi farmasi (Nagai, 2001).

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Metakrolein dapat berpolimerasi pertama kali pada tahun 1880 ketika diperoleh serbuk putih hasil distilasi metil metakrilat. Metakrolein ada karena pembuatan metil metakrilat. Metakrolein merupakan produk tengah dari pembuata metil metakrilat. Pembuatan metil metakrilat juga dapat dibuat dengan mereaksikan metakrolein dengan oksigen. Hal ini pertama kali diketahui secara komersil melauai tesis doctoral Otto Rohm dari University of Tübingen pada tahun 1901, yang menggambarkan pembuatan lembaran seperti karet yang jernih dan tidak berwarna. Walaupun Rohm memperoleh paten untuk aplikasi akrilat pada tahun 1914, proses komersil untuk pembuatan monomer metakrolein tidak dikembangkan sampai tahun 1930-an.

Pada awalnya ester metil metakrolein dihasilkan dari reaksi antara oksidasi langsung ini menggunakan bahan baku isobutilena atau tert-butyl alkohol (TBA).

Pada tahun 1992, produksi metakrolein diperkirakan 547,824 ton. Sehingga untuk memproduksi metil metakrilat, kebanyakan pabrik Metil Metakrilat langsung diproduksi dengan bahan baku metakrolein. Perkembangan metakrolein sangat signifikan karena fungsinya yang dapat diaplikasikan di banyak bidang. Metakrolein merupakan bahan baku untuk pembuatan metakrilat lainnya. Turunannya ini meliputi etil metakrilat (EMA), butil metakrilat (BMA) dan 2-etil heksil metakrilat (2-EHMA). Namun, aplikasi utama dari metakrolein adalah pembuatan polimetilmetakrilat (PMMA). Poli metil metakrilat (PMMA) merupakan senyawa homopolimer yang dibentuk dari reaksi polimerisasi adisi senyawa metil metakrilat. Senyawa ini juga dikenal dengan nama dagang flexiglass (gelas yang fleksibel) (Nagai dan Ui, 2004).

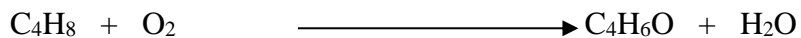
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan

Metakrolein dapat dibuat dengan dua proses, yaitu Proses *Direct Isobutylene Oxidation*, Proses *Direct Oxidative Esterification*.

1.3.1. Proses *Direct Isobutylene Oxidation*

Proses Oksidasi langsung ini menggunakan bahan baku isobutilena atau tert-butyl alkohol (TBA). Proses ini terdiri dari reaksi oksidasi. Proses Oksidasi langsung ini dikembangkan secara independen oleh tiga kelompok perusahaan di Jepang yakni Mitsubishi Rayon, Japan Methacryl Monomer (Sumitomo Chemical dan Nippon Shokubai) dan Kyodo Monomer (Kuraray dan Mitsui Chemicals) selama 20 tahun sejak proses oksidasi langsung isobutilena dikomersialkan. Proses ini hanya mengoksidasi isobutanol menjadi Metakrolein. Proses ini menggunakan reactor fixed bed dengan kondisi temperatur operasi antara 360-420 °C dan tekanan operasi 1,22 bar. Penggunaan reactor fixed bed menggunakan katalis padat. Katalis yang digunakan adalah bismuth Molybdate yang akan masuk kedalam tube pada reactor fixed bed.

Reaksi :



Gambar 1.1. Reaksi *Isobutylene Oxidation*

1.3.2. Proses *Direct Oxidative Esterification with Propanal and Formaldehyde*

Pada proses *Direct Oxidative Esterification with Propanal and Formaldehyde*, Propionaldehida direaksikan dengan Formaldehida membentuk Metakrolein dan air. Propionaldehida adalah propanal dengan golongan aldehida. Formaldehid adalah formal dengan

golongan aldehida. Reaksi yang digunakan adalah reaksi Mannich. Reaksi Amnich adalah reaksi dengan reaktan dibantu oleh katalis asam dan basa dengan katalis basa yang berperan dan katalis asam pemberi suasana asam. Reaksi tersebut berlangsung pada fase *liquid* dengan bantuan katalis *liquid* asam dan basa organik. Katalis yang digunakan adalah Asam Asetat dan Dimetil Amina. Proses ini menggunakan reactor Multitubular dengan kondisi temperatur operasi 155-170°C dan tekanan operasi 30-50 bar.

Reaksi:



Gambar 1.2. Reaksi *Oxidative Esterification*

1.4. Sifat-sifat Fisika dan Kimia

1.4.1. Propionaldehida

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$
- b) Wujud : Cair
- c) Warna : Putih
- d) Berat Molekul : 58,080 Kg/Kmol
- e) Titik Beku : -80°C
- f) Titik Didih : 48°C
- g) Temperatur Kritis : $22,85^\circ\text{C}$
- h) Tekanan Kritis : 46,60 bar
- i) Densitas : $79,1983 \text{ Kg/m}^3$
- j) Tekanan Uap : 31.3 KPa
- k) Viskositas : 0.3167 MPa

2) Sifat Kimia

- a) Dapat digunakan sebagai bahan bakar
- b) Bersifat racun ketika masuk dalam tubuh
- c) Dapat difermentasi membentuk ethanol

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

1.4.2. Formaldehida

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : CH_2O

- b) Wujud : Cair
 - c) Warna : Putih
 - d) Berat Molekul : 30,026 Kg/Kmol
 - e) Titik Beku : -92°C
 - f) Titik Didih : $-19,1^{\circ}\text{C}$
 - g) Temperatur Kritis : $134,85^{\circ}\text{C}$
 - h) Tekanan Kritis : 65,86 bar
 - i) Densitas : $906,2793 \text{ Kg/m}^3$
 - j) Tekanan Uap : 3883 mmHg
 - k) Viskositas : 2 MPa
- 2) Sifat Kimia
- a) Bersifat racun
 - b) Terdapat kandungan 37% pada senyawa dalam Formalin
 - c) Dapat digunakan sebagai desinfektan

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

1.4.3. Metakrolein

- 1) Sifat Fisika
- a) Rumus Molekul : $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$
 - b) Wujud : Cair
 - c) Warna : Putih
 - d) Berat Molekul : 70,091 Kg/Kmol
 - e) Titik Beku : -81°C
 - f) Titik Didih : 68°C
 - g) Temperatur Kritis : $256,85^{\circ}\text{C}$
 - h) Tekanan Kritis : 42,50 bar
 - i) Densitas : $832,1710 \text{ kg/m}^3$
 - j) Tekanan Uap : 16 KPa
 - k) Viskositas : 0,512 MPa
- 2) Sifat Kimia
- a) Dapat dioksidasikan membentuk metil metakrilat
 - b) Sebagai bahan pembuatan pembalut dalam bidang farmasi

- c) Sebagai bahan pembuat cat

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

1.4.4. Dimeric Metakrolein

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : $C_8H_{12}O_2$
- b) Wujud : Cair
- c) Warna : Putih
- d) Berat Molekul : 140 Kg/Kmol
- e) Titik Beku : $-81^{\circ}C$
- f) Titik Didih : $98^{\circ}C$
- g) Temperatur Kritis : $256,85^{\circ}C$
- h) Tekanan Kritis : 42,50 bar
- i) Densitas : $832,1710 \text{ kg/m}^3$
- j) Tekanan Uap : 16 KPa
- k) Viskositas : 0,512 MPa

2) Sifat Kimia

- a) Dapat dijadikan bahan pembuat lampu
- b) Sebagai campuran dalam pembuatan plastik
- c) Iritan pada kulit dan mata

(Sumber: *Pub-Chemical Engineers'*, 2018)

1.4.5. Air

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : H_2O
- b) Wujud : Cair
- c) Warna : Bening
- d) Berat Molekul : 18,015 Kg/Kmol
- e) Titik Beku : $0^{\circ}C$
- f) Titik Didih : $100^{\circ}C$
- g) Temperatur Kritis : $373,98^{\circ}C$

- h) Tekanan Kritis : 220,55 bar
- i) Densitas : 998 kg/m³
- j) Tekanan Uap : 29,3 kPa
- k) Viskositas : 0,35 MPa

2) Sifat Kimia

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H₂O, artinya satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air mempunyai sifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan suhu 273,15 K (0°C). Zat

Kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting karena mampu melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan senyawa organik.

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

1.4.6. Asam Asetat

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : CH₃COOH
- b) Wujud : Cair
- c) Warna : Putih
- d) Berat Molekul : 60,053 Kg/Kmol
- e) Titik Beku : 16,66°C
- f) Titik Didih : 117,9°C
- g) Temperatur Kritis : 319,56°C
- h) Tekanan Kritis : 57,86 bar
- i) Densitas : 937,0287 Kg/m³
- j) Tekanan Uap : 1,5 KPa
- k) Viskositas : 1,22 MPa

2) Sifat Kimia

- a) Bau menyengat seperti cuka
- b) Cairan tak berwarna
- c) Bersifat korosif dan dapat membuat iritasi pada kulit

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

1.4.7. Dimetil Amina

1) Sifat Fisika

- a) Rumus Molekul : C_2H_7N
- b) Wujud : Cair
- c) Warna : Putih
- d) Berat Molekul : 45,084 Kg/Kmol
- e) Titik Beku : $-92,19^{\circ}C$
- f) Titik Didih : $7^{\circ}C$
- g) Temperatur Kritis : $164,5^{\circ}C$
- h) Tekanan Kritis : 53,09 bar
- i) C_p , kkal/kmol $^{\circ}K$:
- j) Densitas : 649,6 Kg/m 3
- k) Tekanan Uap : 170,3 KPa
- l) Viskositas : 1,7 MPa

2) Sifat Kimia

- a) Berbau amis seperti bau amonia
- b) Mudah terbakar
- c) Sebagai surfaktan pada pembuatan sabun dan keperluan farmasi

(Sumber: *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*, 1997)

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, A. N., Sularso, A., Ardhining, F., dan Hardiansyah, M. F. 2015. *Makalah Reaktor Fixed Bed Teknik Reaksi Kimia*. (Online). <https://docplayer.info/3819215-Makalah-reaktor-fixed-bed-teknik-reaksi-kimia.html>. (Diakses pada tanggal 30 April 2019)
- Aji. 2017. *Struktur Organisasi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- American Chemistry Council. 2019. *Methyl Methacrilat Product Summary*. Washington DC: American Chemistry.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Tabel Impor Menurut Komoditi*. (Online). https://www.bps.go.id/all_newtemplate.php. (Diakses pada tanggal 5 Januari 2019)
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Konseversi Energi Sistem Pencahayaan*. (Online). <https://www.philips.co.id/id/c-p/8718696715185/led-bohlam-lampu/spesifikasi>. (Diakses pada tanggal 9 April 2019)
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Konseversi Energi Sistem Pencahayaan*. (Online). <https://www.philips.co.id/id/c-p/8727900808575/lampu-linier-halogen/spesifikasi>. (Diakses pada tanggal 9 April 2019)
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Penyusunan Neraca Sumber Daya – Bagian 1 : Sumber Daya Air Spasial*. (Online). <http://big.go.id/assets/download/sni/SNI/SNI%2019-6728.1-2002.pdf>. (Diakses pada tanggal 9 April 2019)
- Budiaman, G. S. 2007. *Perancangan Reaktor*. Yogyakarta: Universitas Veteran.
- Chemical Book. 2017. *Methacrolein*. (Online): https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB4853718.htm. Diakses pada tanggal 26 Desember 2018)
- Coulson, J. M., dan Richardson, J. F. 2005. *Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition Volume VI*. Swansea: University Wales.
- Eigenberger, G. 1992. *Fixed Bed Reactors*. Jerman: Universitas Stuttgart.
- Febriantri, P. 2014. *Reaktor Fixed Bed*. Jakarta: Universitas Jayabaya.
- Felder, R. M., dan Rousseau, R. W. 1978. *Elementary Principles of Chemical Processes 3rd Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Fernandes. 2000. *Fluidized Bed Reactor for Polyethylene Production*. Brazil: Universitas Estadual de Campinas.

- Fogler, H. S. *Elements of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. 1990. New Delhi: Prentice Hall International Series.
- Hanif, K. 2017. *Jenis-Jenis Reaktor*. Bandung: Politeknik Bandung.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Ivana, M. 2017. *Teknik Reaksi Kimia 2*. (Online). <https://id.scribd.com/document/341047645/Tugas-TRK-2-Kelompok-8-Jenis-Reaktor>. (Diakses pada tanggal 30 April 2019)
- Kartawijaya. 2018. *Chemical Reactor*. (Online). <http://www.essentialchemicalindustry.org/processes/chemical-reactors.html>. (Diakses pada tanggal 30 April 2019)
- Kementrian Perindustrian. 2016. *Investasi metakrolein*. (Online): <http://www.kemenperin.go.id/artikel/785/Kemenperin-Dukung-Investasi-Sektor-metakrolein>. (Diakses pada tanggal 25 Desember 2018)
- Kern, D. Q. 1957. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 2nd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriot, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill International .
- Merck Millipore. 2018. *Dimericmethacrolein*. (Online): http://www.merckmillipore.com/ID/id/product/dimericmethacrolein,MDA_CHEM-818801. (Diakses pada tanggal 25 Desember 2018)
- Mineral Data Publishing. 2005. *Hydroxylapatite*. USA: Mineral Group.
- Perry, R. H., Green, D. W., dan Maloney, J. O. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Company.
- Peter, M. S., dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics For Chemical Engineers 4th Edition Volume IV*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Pramono, N. 2012. *Perbandingan Perseoran Terbatas di Beberapa Negara*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Praxair. 2016. *Praxair Material Safety Data Sheet*. Kanada: Praxair Canada Inc.
- Ramdani. 2019. *Struktur Organisasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Saefrudin. 2017. *Pengorganisasian Dalam Manajemen*. Jurnal Al-Hikmah. Vol. 5(2) : 56-67.

- Safety School. 2019. *Tugas dan Tanggung Jawab HSE*. (Online). www.indonesiasafetycenter.org/component/content/article. (Diakses pada tanggal 10 April 2019)
- Sanusi. 2017. *Tugas Direktur Utama*. (Online). [https://id.scribd.com/document/358626342/Tugas Direktur Utama](https://id.scribd.com/document/358626342/Tugas-Direktur-Utama). (Diakses pada tanggal 12 April 2019)
- Situmeang, E. 2016. *Dimeric methacrolein*. (Online): <https://id.scribd.com/document/325191316/BAB-1-Dimericmethacrolein>. (Diakses pada tanggal 25 Desember 2018)
- Sleekr. 2018. *Panduan Lengkap UU Ketenagakerjaan Indonesia*. (Online). <https://sleekr.co/blog/panduan-lengkap-undang-undang-ketenagakerjaan-di-indonesia/>. (Diakses pada tanggal 12 April 2019)
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbot, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Song, D.S. 2016. *Kinetic Model Development for production methacrolein over an Catalyst*. Industrial and Engineering Chemistry Research. Vol. 1(1).
- Song, D.S. 2018. *Method of Preparing Methacrolein from Propionaldehyde and Formaldehyde Using Adiabatic Reactor*. Korea Selatan: SK Innovation Co.
- Thomas, S., Balakrishnan, P., dan Sreekala, M.S. 2018 *Fundamental Biomaterials: Ceramics*. India: Mathew Deans.
- Treybal, R. E. 1981. *Mass-Transfer Operation*. New York: McGraw-Hill.
- Van Winkle, M. 1967. *Distillation*. New York: McGraw-Hill.
- Vilbrandt, F. C., dan Dryden, C. E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design 4th Edition Volume IV*. New York: McGraw-Hill International Edition.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Boston: Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Wibowo, H. B. 2011. *Analisis Metode Produksi Metakrolein yang Efisien Diterapkan di Indonesia*. Penelitian Pusat Teknologi Roket. Vol. 6(3) : 77-85.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Zhang, W., Xue, X., Yin, Q., Jia, H., Wang, J., Ji, Q., dan Xu, Z. 2017. *Enhanced Compatibility and Mechanical Properties of Carboxylated Acrylonitrile Butadiene Rubber/Styrene Butadiene Rubber by Using Graphene Oxide as Reinforcing Filler*. Composite Part B. Vol. 11(1): 243-250.

