

SKRIPSI

**PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL METOKSI ASETAT
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Kimia
pada
Universitas Sriwijaya**



Putra Satria

NIM 03031181520012

Syahri Romadhoni

NIM 03031181520023

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL METOKSI ASETAT KAPASITAS PRODUKSI 45.000 TON PER TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Putra Satria

NIM 03031181520012

Syahri Romadhoni

NIM 03031181520023

Palembang, Desember 2019

Pembimbing



Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

NIP 198110312005011003

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. H. Syaiful, DEA

NIP 195810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pembuatan Pabrik Etilen Diklorida dengan Proses Oksiklorinasi Kapasitas Produksi 300.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Endah Pradila Sandi dan Wafika Firdayanti di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Desember 2019.


Palembang, Januari 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

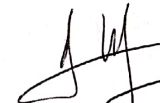
1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002

()

2. Ir. Hj. Farida Ali, DEA
NIP. 195511081984032001

()

3. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197505112000122001

()

4. Selpiana, S.T., M.T.
NIP. 197809192003122001

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

Putra Satria **03031181520012**

Syahri Romadhoni **03031182520023**

Judul :

“PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN METIL METOKSI ASETAT KAPASITAS PRODUKSI 45.000 TON PER TAHUN”

Mahasiswa tersebut diatas telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Desember 2019 oleh Dosen Penguji :

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002

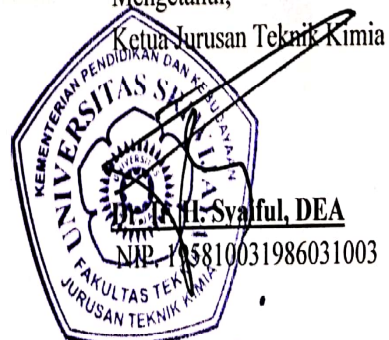
(.....
[Signature]
.....)

2. Ir. Hj. Farida Ali, DEA
NIP. 195511081984032001

(.....
[Signature]
.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putra Satria

NIM : 03031181520012

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Metoksi Asetat
Kapasitas Produksi 45.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Syahri Romadhoni didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsure 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.

Indralaya, Januari 2020



Putra Satria

NIM. 03031181520012



HALAMAN PENYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syahri Romadhoni

NIM : 03031181520023

Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Metoksi Asetat
Kapasitas Produksi 45.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya dan partner atas nama Putra Satria didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsure 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.

Indralaya, Januari 2020



Syahri Romadhoni

NIM. 03031181520023



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Metil Metoksi Asetat Kapasitas 45.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dikarenakan penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, yang dalam kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. David Bahrin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh staff administrasi Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
6. Orang tua dan teman-teman yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.

Penulis berharap tugas akhir ini agar dapat memberikan gambaran mengenai perancangan pabrik, serta dapat dijadikan sebagai referensi ilmu pengetahuan.

Palembang, Desember 2019

Penulis

ABSTRAK

Pabrik pembuatan metil metoksi asetat dengan kapasitas produksi 45.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Kota Cilegon, Provinsi Banten yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 5,3887 Ha. Bahan baku dari pembuatan metil metoksi asetat ini adalah *methylal* dan karbon monoksida. Proses pembuatan metil metoksi asetat ini mengacu pada US Patent No. 2018/0201567 A1 dengan proses karbonilasi *methylal* dengan karbon monoksida membentuk metil metoksi asetat sebagai produk utama dan proses disproporsionasi *methylal* membentuk dimetil eter dan metil format sebagai produk samping. Reaktor yang digunakan adalah reaktor jenis *trickle bed reactor*. Reaktor beroperasi pada temperatur 73°C dan tekanan 20 bar.

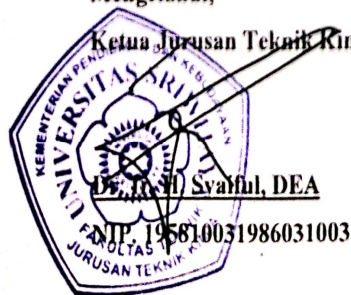
Pabrik ini merupakan perusahaan yang berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, yang dipimpin oleh seorang direktur dengan total karyawan 119 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik metil metoksi asetat ini layak untuk didirikan dengan ketentuan sebagai berikut:

- *Total Production Cost* (TPC) = US\$ 154.704.000,42
- Hasil Penjualan Pertahun = US\$ 192.941.722,12
- *Annual Cash Flow* = US\$ 34.482.682,95
- *Pay Out Time* = 2,13 Tahun
- *Rate Of Return On Investment* (ROR) = 35,97%
- *Break Even Point* (BEP) = 35,54%
- *Service Life* = 11 Tahun

Kata Kunci: Metil Metoksi Asetat, Karbonilasi, *Trickle Bed Reactor*, Perseroan Terbatas

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Iqbal Syaiful, DEA

NIP. 195810031986031003

Indralaya, Januari 2020

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dr. David Bahrin, S.T., M.T.

NIP. 198110312005011003

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan.....	2
1.3.1. Proses karbonilasi <i>dimethoxymethane</i> dan Karbon Monoksida.....	3
1.3.2. Proses katalitik sintesis <i>methylal</i> dan karbon monoksida	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia	4
1.4.1. Bahan Baku.....	4
1.4.2. Produk.....	4
1.4.3. Katalis	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK	7
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	7
2.2. Penentuan Kapasitas.....	8
2.2.1. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku	10
2.4. Pemilihan Proses	10
2.5. Deskripsi Proses	10

2.5.1. Tahap Persiapan Bahan Baku	10
2.5.2. Tahap Pembentukan Metil Metoksi Asetat	11
2.5.3. Tahap Pemurnian Metil Metoksi Asetat.....	11
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK	14
3.1. Lokasi Pabrik	14
3.1.1. Ketersediaan Bahan Baku.....	14
3.1.2. Tenaga Kerja	14
3.1.3. Pemasaran Hasil Produksi	15
3.1.4. Letak Geografis.....	15
3.1.5. Ketersediaan Listrik dan Bahan Bakar.....	15
3.1.6. Ketersediaan Air.....	15
3.1.7. Lokasi Pembuangan Limbah.....	16
3.2. Tata Letak Pabrik	16
3.2.1. Peta Lokasi Pendirian Pabrik Metil Metoksi Asetat	17
3.2.2. Layout Pabrik Pembuatan Metil Metoksi Asetat	18
3.3. Perkiraan Luas Tanah	19
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	20
4.1. Neraca Massa	20
4.1.1. Neraca Massa Mixing Point-01 (MP-01)	20
4.1.2. Neraca Massa Reaktor-01 (R-01).....	20
4.1.3. Neraca Massa Kolom Distilasi-01 (KD-01)	21
4.1.4. Neraca Massa Condenser-01 (CD-01).....	21
4.1.5. Neraca Massa Accumulator-01 (ACC-01)	21
4.1.6. Neraca Massa Reboiler-01 (RB-01).....	22
4.1.7. Neraca Massa Partial Condenser-01 (PC-01)	22
4.1.8. Neraca Massa Knock Out Drum-01 (KOD-01).....	22
4.1.9. Neraca Massa Kolom Distilasi-02 (KD-02)	23
4.1.10. Neraca Massa Condenser-02 (CD-02).....	23
4.1.11. Neraca Massa Accumulator-02 (ACC-02)	23
4.1.12. Neraca Massa Reboiler-02 (RB-02).....	24

4.1.13. Neraca Mixing Point-02 (MP-02)	24
4.2. Neraca Panas	24
4.2.1. Neraca Panas Kompresor-01 (K-01).....	24
4.2.2. Neraca Panas Kompresor-02 (K-02).....	24
4.2.3. Neraca Panas Mixing Point-01 (MP-01)	25
4.2.4. Neraca Panas Heater-01 (H-01)	25
4.2.5. Neraca Panas Heater-02 (H-02)	25
4.2.6. Neraca Panas Reaktor-01 (R-01)	25
4.2.7. Neraca Panas Heater-03 (H-03)	26
4.2.8. Neraca Panas Kolom Distilasi-01 (KD-01)	26
4.2.9. Neraca Panas Condenser-01 (CD-01)	26
4.2.10. Neraca Panas Cooler-01 (C-01)	26
4.2.11. Neraca Panas Cooler-02 (C-02)	27
4.2.12. Neraca Panas Cooler-03 (C-03)	27
4.2.13. Neraca Panas Partial Condenser-01 (CD-01)	27
4.2.14. Neraca Panas Knock Out Drum-01 (KOD-01).....	27
4.2.15. Neraca Panas Kolom Distilasi-02 (KD-02)	28
4.2.16. Neraca Panas Condenser-02 (CD-02).....	28
4.2.17. Neraca Panas Reboiler-02 (RB-02).....	28
4.2.18. Neraca Panas Cooler-04 (C-04)	28
4.2.19. Neraca Panas Mixing Point-02 (MP-02)	29
4.2.20. Neraca Panas Chiller-01 (CH-01)	29
BAB V UTILITAS	30
5.1. Unit Pengadaan Air	30
5.1.1. Air Pendingin	30
5.1.2. Air Umpan Boiler	32
5.1.3. Air Domestik.....	33
5.1.4. Total Kebutuhan Air.....	33
5.2. Unit Pengadaan Steam	33
5.3. Unit Pengadaan Listrik	34
5.3.1. Listrik untuk Peralatan.....	34
5.3.2. Listrik untuk Penerangan.....	34

5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar	36
5.4.1. Bahan bakar Boiler	36
5.4.2. Bahan bakar keperluan generator	37
5.4.3. Total Kebutuhan Bahan Bakar	38
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	39
6.1. Accumulator-01 (ACC-01).....	39
6.2. Accumulator-02 (ACC-02).....	40
6.3. Chiller-01 (CH-01).....	41
6.4. Compressor-01 (K-01)	42
6.5. Compressor-02 (K-02)	43
6.6. Condensor-01 (CD-01)	44
6.7. Condensor-02 (CD-02)	45
6.8. Cooler-01 (C-01)	46
6.9. Cooler-02 (C-02)	47
6.10. Cooler-03 (C-03)	48
6.11. Cooler-04 (C-04)	49
6.12. Heater-01 (H-01)	50
6.13. Heater-02 (H-02)	51
6.14. Heater-03 (H-03)	52
6.15. Heater-04 (H-04)	53
6.16. Knock Out Drum-01 (KOD-01).....	54
6.17. Kolom Distilasi-01 (KD-01).....	55
6.18. Kolom Distilasi-02 (KD-02).....	56
6.19. Partial Condensor-01 (PC-01)	57
6.20. Pompa-01 (P-01).....	58
6.21. Pompa-02 (P-02).....	59
6.22. Pompa-03 (P-03).....	60
6.23. Pompa-04 (P-04).....	61
6.24. Pompa-05 (P-05).....	62
6.25. Pompa-06 (P-06).....	63
6.26. Pompa-07 (P-07).....	64

6.27. Pompa-08 (P-08).....	65
6.28. Pompa-09 (P-09).....	66
6.29. Pompa-10 (P-10).....	67
6.30. Pompa-11 (P-11).....	68
6.31. Reaktor-01 (R-01).....	69
6.32. Reboiler-01 (RB-01).....	70
6.33. Reboiler-02 (RB-02).....	71
6.34. Tangki-01 (T-01).....	72
6.35. Tangki-02 (T-02).....	73
6.36. Tangki-03 (T-03).....	74
6.37. Tangki-04 (T-04).....	75
6.38. Tangki-05 (T-05).....	76
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN	77
7.1. Bentuk Perusahaan	77
7.2. Struktur Organisasi	78
7.3. Tugas dan Wewenang	79
7.3.1. Dewan Komisaris	79
7.3.2. Direktur	79
7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi	80
7.3.4. Manajer Keuangan dan Pemasaran	80
7.3.5. Manajer Kepegawaian dan Umum	81
7.3.6. Kepala Bagian.....	81
7.3.7. Kepala Seksi.....	81
7.3.8. Operator dan Karyawan.....	82
7.4. Sistem Kerja	82
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-shift</i>	82
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	82
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan	83
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i>	83
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	84

BAB VIII ANALISA EKONOMI	88
8.1. Profitabilitas (Keuntungan)	89
8.1.1. Total Penjualan Produk	89
8.1.2. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i>	90
8.2. Lama Waktu Pengembalian Pinjaman	90
8.2.1. Lama Pengembalian Modal	91
8.2.2. <i>Pay Out Time (POT)</i>	92
8.3. Total Modal Akhir	92
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)</i>	93
8.3.2. <i>Total Capital Sink (TCS)</i>	94
8.4. Laju Pengembalian Modal	95
8.4.1. <i>Rate of Return on Investment (ROR)</i>	95
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	95
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	96
BAB IX KESIMPULAN	99
DAFTAR PUSTAKA	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Kebutuhan Metil Metoksi Asetat di Indonesia	8
Tabel 5.1. Rincian Kebutuhan Unit Utilitas	30
Tabel 5.2. Data <i>Cp liquid</i>	36
Tabel 7.1. Pembagian Jadwal <i>Shift</i> Kerja Karyawan	83
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	85
Tabel 8.1. <i>Selling Price</i>	89
Tabel 8.2. Angsuran Pengembalian Modal	91
Tabel 8.3. Kesimpulan Analisa Ekonomi	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Pabrik Metil Metoksi Asetat	13
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pendirian Pabrik	17
Gambar 3.2. Lokasi Pendirian Pabrik	17
Gambar 3.3. Perencanaan Tata Letak Peralatan Proses	18
Gambar 3.4. Perencanaan Tata Letak Pabrik	19
Gambar 7.1. Bagan Struktur Organisasi Pabrik	87
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Even Point</i>	97

DAFTAR NOTASI

1. ACCUMULATOR

C_c	: Tebal korosi maksimum, in
E_j	: Efisiensi pengelasan
ID, OD	: Diameter dalam, diameter luar, m
L	: Panjang accumulator, m
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja yang diizinkan, psi
T	: Temperatur operasi, °C
t	: Tebal dinding accumulator, cm
V	: Volume total, m ³
V_s	: Volume silinder, m ³
ρ	: Densitas, kg/m ³

2. COOLER, CONDENSOR, CHILLER, HEATER, PARTIAL CONDENSOR, REBOILER

W, w	: Laju alir massa di shell, tube, kg/jam
T_1, t_1	: Temperatur masuk shell, tube, °C
T_2, t_2	: Temperatur keluar shell, tube, °C
Q	: Beban panas, kW
U_o	: Koefisien overall perpindahan panas, W/m ² .°C
ΔT_{lm}	: Selisih log mean temperatur, °C
A	: Luas area perpindahan panas, m ²
ID	: Diameter dalam tube, m
OD	: Diameter luar tube, m
L	: Panjang tube, m
p_t	: Tube pitch, m
A_o	: Luas satu buah tube, m ²
N_t	: Jumlah tube, buah
V, v	: Laju alir volumetrik shell, tube, m ³ /jam
N_{RE}	: Bilangan Reynold

N_{PR}	:	Bilangan Prandtl
h_i, h_o	:	Koefisien perpindahan panas shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
D_e	:	Diameter ekivalen, m
k_f	:	Konduktivitas termal, $W/m \cdot ^\circ C$
ρ	:	Densitas, kg/m^3
μ	:	Viskositas, cP
C_p	:	Panas spesifik, $kJ/kg \cdot ^\circ C$
h_{id}, h_{od}	:	Koefisien dirt factor shell, tube, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
k_w	:	Konduktivitas bahan, $W/m \cdot ^\circ C$
ΔP	:	Pressure drop, psi

3. KNOCK OUT DRUM

A	:	Vessel cross sectional area, m^2
D	:	Diameter vessel, m
HL	:	Tinggi liquid, m
H_v	:	Space untuk vapor, m
L	:	Tinggi separator, m
Q_l	:	Liquid volumetric flowrate, m^3/s
Q_v	:	Vapor volumetric flowrate, m^3/s
U_t	:	Settling velocity, m/s
V	:	Volumetric untuk hold up, m^3
V_a	:	Kecepatan komponen uap maksimum, m/s
V_d	:	Design velocity, m/s
V_h	:	Volume head, m^3
V_s	:	Volume silinder, m^3
V_t	:	Volume separator, m^3
W_l	:	Laju alir liquid, kg/jam
W_v	:	Laju alir uap, kg/jam
ρ_v	:	Densitas uap, kg/m^3
ρ_l	:	Densitas liquid, kg/m^3

4. KOLOM DISTILASI

A_a	:	Active area, m^2
A_d	:	Downcomer area, m^2
A_{da}	:	Luas aerasi, m^2
A_h	:	Hole area, m^2
A_n	:	Net area, m^2
A_t	:	Tower area, m^2
C_c	:	Tebal korosi maksimum, in
D	:	Diameter kolom, m
d_h	:	Diameter hole, mm
E	:	Total entrainment, kg/s
E_j	:	Efisiensi pengelasan
F_{IV}	:	Parameter aliran
H	:	Tinggi kolom, m
h_a	:	Aerated liquid drop, m
h_f	:	Froth height, m
h_q	:	Weep point, cm
h_w	:	Weir height, m
L_w	:	Weir height, m
N_m	:	Jumlah tray minimum, stage
Q_p	:	Faktor aerasi
R	:	Rasio refluks
R_m	:	Rasio refluks minimum
U_f	:	Kecepatan massa aerasi, m/s
V_d	:	Kelajuan downcomer
ΔP	:	Pressure drop, psi
Ψ	:	Fractional entrainment
U_D	:	Design Overall Heat Transfer Coefficient
U_C	:	Clean Overall Heat Transfer Coefficient

5. KOMPRESSOR

k	: Konstanta Kompresi
n	: Jumlah stage
η	: Efisiensi compressor
P_{IN}	: Tekanan masuk, bar
P_{OUT}	: Tekanan keluar, bar
T_1	: Temperatur masuk kompressor, °C
T_2	: Temperatur keluar kompressor, °C
P_W	: Power kompressor, HP
Q	: Kapasitas kompressor, lb/menit
R_c	: Rasio kompresi
W	: Laju alir massa, lb/jam
ρ	: Densitas, kg/m ³

6. POMPA

A	: Area alir pipa, in ²
BHP	: Brake Horse Power, HP
D_{opt}	: Diameter optimum pipa, in
f	: Faktor friksi
g	: Percepatan gravitasi ft/s ²
g_c	: Konstanta percepatan gravitas, ft/s ²
H_d, H_s	: Head discharge, suction, ft
H_f	: Total friksi, ft
H_{fc}	: Friksi karena kontraksi tiba-tiba, ft
H_{fe}	: Friksi karena ekspansi tiba-tiba, ft
H_{ff}	: Friksi karena fitting dan valve, ft
H_{fs}	: Friksi pada permukaan pipa, ft
ID	: Diameter dalam, in
K_C, K_E	: Konstanta kompresi, ekspansi, ft
L	: Panjang pipa, m
L_e	: Panjang ekivalen pipa, m

MHP	: Motor Horse Power, HP
NPSH	: Net positive suction head, ft.lbf/lb
N_{RE}	: Bilangan Reynold
OD	: Diameter luar, in
P_{uap}	: Tekanan uap, psi
Q_f	: Laju alir volumetrik, ft ³ /s
V_d	: Discharge velocity, ft/s
V_s	: Suction velocity, ft/s
ε	: Equivalent roughness, ft
η	: Efisiensi pompa
μ	: Viskositas, kg/ms
ρ	: Densitas, kg/m ³

7. REAKTOR

C_A	: Konsentrasi akhir umpan, kmol/m ³
C_{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
C_c	: Tebal korosi maksimum, in
F_{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
H_R	: Tinggi reaktor, m
K	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
P	: Tekanan operasi, bar
τ	: Waktu tinggal, jam
T	: Tebal dinding reaktor, cm
V_R	: Volume reaktor, m ³
ρ, ρ_k	: Densitas fluida, katalis, kg/m ³
V_E	: Volume elipsoidal, m ³
H_S	: Tinggi silinder, m
H	: Tinggi tutup
H_T	: Tinggi total tanki, m
H_L	: Tinggi cairan, m
X_A	: Konversi reaktan A

8. TANGKI

Cc	: Tebal korosi maksimum, in
D	: Diameter tangki, m
Ej	: Efisiensi pengelasan
P	: Tekanan desain, psi
S	: Tegangan kerja diizinkan, psi
t	: Tebal dinding tangki, cm
V	: Volume tangki, m ³
W	: Laju alir massa, kg/jam
ρ	: Densitas

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN NERACA MASSA.....	103
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN NERACA PANAS	153
LAMPIRAN 3 SPESIFIKASI PERALATAN	212
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN EKONOMI.....	532
LAMPIRAN 5 TUGAS KHUSUS	544

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang masih melakukan impor bahan kimia untuk memenuhi kebutuhan proses produksi industri kimia dalam negeri. Oleh karena itu, Indonesia merupakan salah satu konsumen terbesar dalam kegiatan impor barang khususnya bahan-bahan kimia setiap tahunnya. Pertumbuhan industri kimia di Indonesia cenderung mengalami peningkatan baik dalam segi kualitas maupun kuantitas. Sehubungan dengan semakin meningkatnya kebutuhan bahan kimia dalam negeri menjadikan industri kimia bernilai tinggi dan kaya teknologi. Salah satu bahan kimia yang masih impor dalam jumlah banyak setiap tahunnya adalah metil metoksi asetat.

Metil metoksi asetat adalah salah satu senyawa turunan metil ester yang memiliki rumus kimia $C_4H_8O_3$ atau dengan nama IUPAC Metil 2-metoksiasetat. Metil metoksi asetat merupakan senyawa kimia berbentuk cairan yang dapat larut di dalam air. Pada umumnya metil metoksi asetat merupakan produk *intermediate* dari pembuatan senyawa etilen glikol. Metil metoksi asetat biasanya dihasilkan dari reaksi antara *acetal* dengan karbon monoksida (CO) dengan menggunakan metode karbonilasi dengan bantuan katalis berupa *acidic microporous silicoaluminophosphate molecular sieve*.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik kebutuhan metil metoksi asetat di Indonesia cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Pada tahun 2024 kebutuhan metil metoksi asetat di Indonesia diperkirakan dapat mencapai 45.000 ton. Disisi lain sampai saat ini belum adanya pabrik metil metoksi asetat di Indonesia, sehingga untuk memenuhi kebutuhan metil metoksi asetat dalam negeri, Indonesia harus melakukan impor. Oleh karena itu, dengan kondisi yang seperti ini sudah selayaknya Indonesia mendirikan pabrik pembuatan metil metoksi asetat dalam skala yang cukup besar, sehingga dapat memenuhi kebutuhan metil metoksi asetat di dalam negeri dan bahkan di luar negeri sehingga dapat menjadi pemasukan devisa bagi negara.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Metil metoksi asetat pertama kali dibuat oleh Richard S. Threlkel pada tahun 1984 dengan cara *oxycarbonylation* dari metanol dan karbon monoksida. Richard S. Threlkel membuat metil metoksi asetat dengan Methoy Methode yaitu dengan mereaksikan metanol dan karbon monoksida dengan bantuan katalis hidrogen fluorida dan zat pengoksidasi yang terdiri dari garam kobal (III) atau garam logam Kelompok IB, Kelompok VII atau Kelompok VIII dan setidaknya kisaran suhu sekitar 80°C hingga 120°C dan tekanan parsial karbon monoksida dalam kisaran sekitar 5 hingga 5.000 psig.

Pada tahun 2010, Fuat E. Celik membuat metil metoksi asetat dengan mereaksikan metana atau dimetoksimetana dengan bentuk asam dari katalis Zeolit berpori besar atau berpori besar, namun yang paling banyak dipakai adalah bentuk asam dari faujasite, ZSM-5, mordenite, atau beta, dalam fase gas pada tekanan atmosfer. Produsen metil metoksi asetat umumnya banyak ditemukan di luar negeri seperti perusahaan Sigma Aldrich di Jerman, Tokyo Chemical Industry di Australia, Fisher Scientific di Kanada, dan Molbase di China. Pada umumnya metil metoksi asetat diproduksi dengan menggunakan tekanan dan temperatur yang rendah. Metil metoksi asetat banyak dipakai dalam industri pembuatan etilen glikol yang dalam pengaplikasiannya digunakan sebagai pelarut organik.

1.3. Macam-Macam Proses Pembuatan

Ada beberapa macam metode dalam pembuatan metil metoksi asetat. Bahan baku yang digunakan berupa senyawa *dimethoxymethane* dan karbon monoksida. Proses reaksi dari *dimethoxymethane* dan karbon monoksida dapat menghasilkan konversi yang cukup besar. Berikut ini adalah beberapa proses yang digunakan dalam pembuatan metil metoksi asetat, yaitu:

- 1) Proses karbonilasi *dimethoxymethane* dan karbon monoksida
- 2) Proses katalitik sintesis *methylal* dan karbon monoksida

1.3.1. Proses karbonilasi *dimethoxymethane* dan Karbon Monoksida

Bahan baku yang digunakan pada proses ini *Dimethoxymethane* (DMM) dan gas karbon monoksida yang akan dikarbonilasi menjadi Metil Metoksi Asetat (MMA) dengan bantuan katalis zeolit seperti faujasite (FAU), ZSM-5, mordenite (MOR), dan beta (BEA). Kondisi operasi yang digunakan pada proses ini yaitu temperatur 90°C-150°C dan tekanan 2-30 atm. Produk yang dihasilkan dari proses ini yaitu berupa dimetil eter (DME) dan metil format (MF) sebagai produk samping, dan metil metoksi asetat (MMA) sebagai produk utama. Selektivitas MMA terbaik yaitu sebesar 79% pada temperatur 100°C (Celik, 2010).

Proses lainnya dilakukan oleh Youming pada tahun 2018. Bahan baku yang digunakan pada proses ini berupa *methylal* dan gas karbon monoksida. Katalis yang digunakan yaitu acidic microporous silicoaluminophosphate molecular sieve ($\text{Si}_x\text{Al}_y\text{P}_z$). Reaksi karbonilasi dapat dilakukan di dalam *continous reactor* seperti *fixed bed reactor*, *tank reactor*, *moving bed reactor*, dan *fluidized bed reactor*. Kondisi operasi yang digunakan yaitu temperatur reaksi 60-140°C, tekanan 1-15 MPa, *mass space velocity* 0,1-10 h^{-1} , dan tidak membutuhkan pelarut.

1.3.2. Proses katalitik sintesis *methylal* dan karbon monoksida

Pada proses ini, sintesis metil metoksi asetat (MMA) menggunakan bahan baku berupa *methylal* dan karbon monoksida (CO). Katalis yang digunakan pada proses ini ini adalah katalis tipe MWW seperti MCM-22 dan MCM-49, rumus molekulnya adalah $\text{Si}_x\text{Al}_y\text{O}_z$, dan molekuler siavenya adalah tipe hidrogen. Rasio molekuler $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ adalah 10-200. Reaksi karbonilasi dilakukan dalam reaktor *fixed bed* fase gas-padatan, tekanan reaksi 1-50 kPa, gas bahan baku reaksi terdiri dari *dimethoxymethane* dengan tekanan parsial 1-50 kPa dan CO (1-49 kPa) atau CO/He (1-49 kPa), suhu reaksi adalah 60-180°C, dan kecepatan ruang adalah 20-500L. Dibandingkan dengan *molecular sieve* tipe MFI (HZSM-5) dan *molecular sieve* tipe BEA (Hbeta), *molecular sieve* tipe MWW memiliki selektivitas metil metoksi asetat yang lebih tinggi. Produk yang dihasilkan dari proses ini berupa dimetil eter dan metil format sebagai produk samping, dan metil metoksi asetat sebagai produk utama (Wenjie, 2014).

1.4. Sifat Fisika dan Kimia

Data sifat fisika dan kimia senyawa bahan baku, katalis, dan produk yang dihasilkan sebagai berikut (Yaws, C. L., 1999):

1.4.1. Bahan Baku

1) Methylal

Rumus Molekul	: $C_3H_8O_2$
Berat Molekul	: 76,095 g/mol
Titik Didih	: 44°C
Titik Beku	: -105°C
Densitas	: 860 kg/m ³
Temperatur Kritis	: 207,45°C
Tekanan Kritis	: 39 atm
Fase	: Liquid
Warna	: Tidak berwarna

2) Karbon Monoksida

Rumus Molekul	: CO
Berat Molekul	: 28,010 g/mol
Titik Didih	: -191,5°C
Titik Beku	: -205°C
Densitas	: 1,14 kg/m ³
Temperatur Kritis	: -140,23 °C
Tekanan Kritis	: 34,53 atm
Fase	: Gas
Warna	: Tidak berwarna

1.4.2. Produk

1) Metil Metoksi Asetat

Rumus Molekul	: $C_4H_8O_3$
Berat Molekul	: 104,105 g/mol
Titik Didih	: 129 °C
Titik Beku	: -43,92°C
Densitas	: 1051 kg/m ³

Temperatur Kritis : 296,11°C
Tekanan Kritis : 39,87 atm
Fase : Liquid
Warna : Tidak Berwarna

2) Dimetil Eter

Rumus Molekul : C₂H₆O
Berat Molekul : 46,069 g/mol
Titik Didih : -24,8°C
Titik Beku : -141°C
Densitas : 2,11 kg/m³
Temperatur Kritis : 126,85°C
Tekanan Kritis : 53 atm
Fase : Liquid (-25°C)
Warna : Tidak berwarna

3) Metil Format

Rumus Molekul : C₂H₄O₂
Berat Molekul : 60,052 g/mol
Titik Didih : 32°C
Titik Beku : -100°C
Densitas : 980 kg/m³
Temperatur Kritis : 214,05°C
Tekanan Kritis : 59,22 atm
Fase : Liquid
Warna : Tidak Berwarna

4) Air

Rumus Molekul : H₂O
Berat Molekul : 18,015 g/mol
Titik Didih : 100°C
Titik Beku : 0°C
Densitas : 964,43 kg/m³ (25°C, 1 atm)
Temperatur Kritis : 373,98°C

Tekanan Kritis : 217,7 atm
Fase : Liquid (25°C, 1 atm)
Warna : Tidak Berwarna

5) Nitrogen

Rumus Molekul : N₂
Berat Molekul : 28,013 g/mol
Titik Didih : -195,8°C
Titik Beku : -210°C
Densitas : 1,251 kg/m³ (0°C, 1 atm)
Temperatur Kritis : -147,05°C
Tekanan Kritis : 33,496 atm
Fase : Gas (25°C, 1 atm)
Warna : Tidak Berwarna

1.4.3. Katalis

1) SAPO-18

Rumus Molekul : SiO₂Al₂O₃P₂O₅
Porositas : 0,38
Diameter : 3 mm
Densitas : 2350 kg/m³
Life Time : 550 hari

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2019. (Online). *Dimethoxymethane*. <https://indonesian.alibaba.com>. (Diakses pada Tanggal 1 Agustus 2019).
- _____. 2016. (Online). *Chemical Properties of Acetic Acid, methoxy-, methyl ester (CAS 629049-9)*. <https://www.chemeo.com>. (Diakses pada Tanggal 1 Agustus 2019).
- Assegaff, H. D. 2017. *Paper Teknik Reaksi Kimia III*. Surabaya: Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Data Impor Metil Metoksi Asetat dari Tahun 2014-2018*. (Online). <http://www.bps.go.id/>. (Diakses pada Tanggal 1 Agustus 2019).
- Bank Indonesia. 2019. *Suku Bunga Penjaminan*. (Online). <https://www.bi.go.id/idt>. (Diakses pada Tanggal 17 Oktober 2019).
- Budiaman, I. G. S. 2007. *Perancangan Reaktor*. Yogyakarta: UPN Veteran.
- Budiman, A. 2015. *Distilasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Branan, C. 2002. *Rules of Thumb for Chemical Engineer Third Edition*. Burlington: Gulf Publishing Company.
- Celik, F. E., Kim, T. J., dan Bell, A. T. 2009. *Effect of Zeolite Framework Type and Si/Al Ratio on Dimethoxymethane Carbonylation*. Department of Chemical Engineering: University of California.
- Celik F. E. 2010. *Novel Routes to Ethylene Glycol Synthesis via Acid-Catalyzed Carbonylation of Formaldehyde and Dimethoxymethane*. Berkeley: University of California.
- Celik, F. E., Kim, T. J., Mlinar, A.N., dan Bell, A. T. 2010. *An Investigation Into the Mechanism and Kinetics of Dimethoxymethane Carbonylation Over FAU and MFI Zeolites*. Department of Chemical Engineering: University of California.
- Celik, F. E., Kim, T. J., dan Bell, A. T. 2016. *Novel Vapor-Phase Carbonylation of Dimethoxymethane Over Acid Zeolites*. Department of Chemical Engineering: University of California.

- Coker, A. K. 2001. *Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design*. Butterworth-Heinemann.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Felder, R. M. dan Rousseau, R. W. 2005. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3rd Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Fogler, S. H. 2004. *Element of Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Fogler dan Gurmen. 2008. (Online). *Diffusion and Reaction in Porous Catalysts*. Umich.edu/~elements/12chap/html/12prof.htm. (Diakses pada Tanggal 1 Agustus 2019).
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*. Inderalaya: Universitas Sriwijaya.
- Kemenperin RI. 2018. *Kementerian Perindustrian Republik Indonesia: Industri Kimia Ketergantungan Bahan Baku Impor*. (Online). <http://www.kemenperin.go.id/>. (Diakses pada 1 Agustus 2019).
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- Lee, K. R., Riley, B. J., Park, H. S., Choi, H. J., Han, S. Y., Hur, J. M., Peterson, J. A., Zhu, Z., Schreiber, D. K., Kruska, K., dan Olszta, M. J. 2018. *Investigation of Physical and Chemical Properties for Upgraded SAP (SiO₂-Al₂O₃-P₂O₅) Waste Form to Immobilized Radioactive Waste Salt*. Journal of Nuclear Materials.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3rd Edition*. Oregon: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 17 Oktober 2019).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- National Library of Medicine. 2019. (Online). *Methyl Methoxyacetate*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl-methoxyacetate>. (Diakses pada Tanggal 1 Agustus 2019)

- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers, Edisi 4*. Singapore: McGraw Hill.
- Purwanto, W. W., dan Slamet. 2017. *Teknik Reaksi Kimia Soal dan Penyelesaian*. Jakarta: UI Press.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. (Hal. 322: Heat Capacities of the Element). Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbott, M. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Ulfah, N. 2015. *Sistem Pengendalian Manajemen*. (Online). https://www.academia.edu/17207416/Jenis-jenis_struktur_organisasi. (Diakses pada Tanggal (17 Oktober 2019).
- US Patent No. US 2018/0201567 A1. Youming, Wenliang, Yong, Chao, H., Zhongmin, Yang, M., dan Tian, P. 2018. *Method for Preparing Acetal Carbonyl Compound*.
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Woods, D. R. 2007. *Rules of Thumb in Chemical Engineering Practice*. Jerman: Wiley-VCH.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.