

SKRIPSI

**PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**



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

Oleh

SIMON FREDY PARLINDUNGAN NADEAK 03031381823074

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024


HALAMAN PENGESAHAN

PRA RANCANGAN
PABRIK ETILEN OKSIDA
KAPASITAS 12.000 TON PER TAHUN

SKRIPSI
Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:
Simon Fredy Parlindungan Nadeak 03031381823074

Palembang, Januari 2025
Dosen Pembimbing,


Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia,


Dr. Tuji Indah Sari, S. T., M. T., IPM.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Etilen Oksida Kapasitas 12.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan oleh Simon Fredy Parlindungan Nadeak dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Desember 2024.

Palembang, Januari 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
NIP. 195805141984031001

()

2. Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198204252023212029

()

3. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP. 198606292008122002

()

Palembang, Januari 2025


Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Tuh Lillah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001


Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

HALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa :

SIMON FREDY PARLINDUNGAN N. 03031381823074

Judul :

**PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA
KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada sidang sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 Desember 2024 oleh Dosen Penguji :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
NIP. 195805141984031001

()

2. Tine Aprianti, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198204252023212029

()

3. Asyeni Miftahul Jannah, S.T., M.Si.
NIP. 198606292008122002

()

Palembang, Januari 2025

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

NIP. 198208042012121001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Simon Fredy Parlindungan Nadeak

NIM : 03031381823074

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Etilen Oksida Kapasitas 12.000
Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya atas nama **Simon Fredy Parlindungan Nadeak** didampingi oleh 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.



Simon Fredy Parlindungan Nadeak

NIM. 03031381823074

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan YME, atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pra rancangan Pabrik Etilen Oksida Kapasitas 12.000 Ton/Tahun”.

Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Kedua Orang Tua atas dukungan yang tidak henti-hentinya, baik dukungan materi maupun simpati.
2. Keluarga, dan orang-orang terkasih atas dukungannya yang sangat besar selama ini.
3. Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Dr. Tuti Indah Sari, ST, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
5. Dr. Fitri Hadiyah, ST, MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya
6. Seluruh Staff Dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
7. Teman-teman terdekat di Teknik Kimia 2018 dan Kakak Tingkat (Alumni) Teknik Kimia yang turut serta memberikan ilmunya.

Demikian kami berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Desember 2024

Penulis

RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK ETILEN OKSIDA KAPASITAS 12.000 TON/TAHUN

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Desember 2024

Simon Fredy Parlindungan Nadeak oleh Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Etilen Oksida dari proses oksidasi oksigen dengan kapasitas 12.000 ton/tahun ini, direncanakan berdiri pada tahun 2030 di daerah Merak, Cilegon, Banten yang diperkirakan memiliki luar area sebesar 2,5 Ha. Berdasarkan paten EP 2980082 B1, bahan baku yang digunakan pada pembuatan Etilen Oksida ini adalah Etilen dan Oksigen. Reaktor-01 yang digunakan adalah reaktor jenis *Fixed Bed Multi Tubular*. Reaktor beroperasi pada temperatur 220 °C dan tekanan 20 atm.

Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line* dan *Staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 172 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik Etilen Oksida ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

- *Total Production Cost* = US \$ 14.864.178,05
- *Selling Price per Year* = US \$ 28.963.217,78
- *Annual Cash Flow* = US \$ 11.848.531,35
- *Pay Out Time* = 2,033 tahun
- *Rate of Return on Investment (ROR)* = 35,90 %
- *Break Event Point (BEP)* = 29,77 %
- *Service Life* = 11 tahun

Kata Kunci : Etilen Oksida, Oksidasi Oksigen, *Fixed Bed Multi Tubular*

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T
NIP. 197503012000122001

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Prahady Susmanto, S.T., M.T.
NIP. 198208042012121001

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERBAIKAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik.....	2
1.4. Macam-macam Proses Pembuatan Etilen Oksida.....	3
1.5 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk	5
BAB II PERENCANAAN PABRIK	12
2.1 Alasan Pendirian Pabrik	12
2.2 Pemilihan Kapasitas Produksi	13
2.3 Pemilihan Proses	16
2.4 Pemilihan Bahan Baku	17
2.5 Uraian Proses.....	17
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	20
3.1. Lokasi Pabrik.....	20
3.2. Tata Letak Peralatan.....	22
3.3. Tata Letak Pabrik	22
3.4. Luas Tanah	24
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	25

4.1	Neraca Massa	25
4.2.	Neraca Panas	35
BAB V UTILITAS		44
5.1.	Unit Pengadaan <i>Steam</i>	44
5.2.	Unit Pengadaan Air	45
5.3.	Unit Pengadaan Listrik.....	49
5.4.	Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	51
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN		54
6.1.	Tangki Etilen (T-01).....	54
6.2.	Tangki Oksigen (T-02).....	54
6.3.	Tangki Nitrogen (T-03).....	55
6.4.	Tangki Karbon dioksida (T-04).....	55
6.5.	Tangki Etilen Oksida (T-05)	56
6.6.	Tangki Produk Karbon dioksida (T-02)	56
6.7.	Ekspander-01 (EKS-01)	57
6.8.	Ekspander-02 (EKS-02)	57
6.9.	Ekspander-03 (EKS-03)	58
6.10.	Ekspander-04 (EKS-04)	59
6.11.	Kompresor-01 (K-01).....	59
6.12.	Kompresor-02 (K-02).....	60
6.13.	Kompresor-03 (K-03).....	60
6.14.	Kompresor-04 (K-04).....	61
6.15.	Heater-01 (H-01)	62
6.16.	Heater-02 (H-02)	62
6.17.	Heater-03 (H-03)	63
6.22.	Heater-04 (H-04)	64
6.23.	Heater-05 (H-05)	65
6.24.	Cooler-01 (C-01)	65
6.25.	Cooler-02 (C-02)	66
6.26.	Cooler-03 (C-03)	67
6.27.	Cooler-04 (C-04)	68
6.28.	Cooler-05 (C-05)	68

6.29.	Cooler-06 (C-06)	69
6.30.	Cooler-07 (C-07)	70
6.31.	Cooler-08 (C-08)	71
6.32.	Heat Exchanger-01 (HE-01).....	71
6.33.	Heat Exchanger-02 (HE-02).....	72
6.34.	Evaporator-01 (EV-01)	73
6.35.	Absorber-01 (AB-01)	73
6.36.	Absorber-02 (AB-02)	74
6.37.	Stripper-01 (STP-01).....	75
6.38.	Stripper-02 (STP-02).....	76
6.39.	Reaktor-01 (R-01)	77
6.40.	Pressure Swing Adsorber-01 (PSA-01).....	78
6.41.	Pressure Swing Adsorber-02 (PSA-02).....	78
6.42.	Pompa-01 (P-01)	79
6.43.	Pompa-02 (P-02)	80
6.44.	Pompa-03 (P-03)	81
6.45.	Pompa-04 (P-04)	82
6.46.	Pompa-05 (P-05)	83
BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN		85
7.1.	Bentuk Perusahaan	85
7.2.	Struktur Organisasi.....	86
7.3.	Tugas dan Wewenang	87
7.4.	Sistem Kerja	91
7.5.	Penentuan Jumlah Karyawan	92
BAB VIII ANALISA EKONOMI.....		98
8.1.	Profitabilitas (Keuntungan)	99
8.2.	Lama Waktu Pengembalian Modal	100
8.3.	Total Modal Akhir.....	102
8.4.	Laju Pengembalian Modal	104
8.5.	Break Even Point (BEP).....	105
BAB IX KESIMPULAN		107
DAFTAR PUSTAKA		108

LAMPIRAN I PERHITUNGAN NERACA MASSA	101
LAMPIRAN II PERHITUNGAN NERACA PANAS	131
LAMPIRAN III SPESIFIKASI ALAT	196
LAMPIRAN IV PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....	356
LAMPIRAN V TUGAS KHUSUS.....	368

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.Peluang Etilen Oksid di Indonesia	14
Gambar 2.2.Peluang Etilen Oksid di ASEAN	15
Gambar 3.1.Peta lokasi jarak sumber bahan baku dengan lokasi pabrik	21
Gambar 3.2.Tata letak pabrik.....	23
Gambar 3.3.Layout alat.....	24
Gambar 7.1.Struktur organisasi.....	97
Gambar 8.1.Grafik Break Even Point (BEP)	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Impor Etilen Oksida di indonesia	13
Tabel 2.2 Data Peluang Impor Etilen Oksida di indonesia	13
Tabel 2.3 Data Impor Etilen Oksida di ASEAN	14
Tabel 2.4 Data Peluang Impor Etilen Oksida di ASEAN	15
Tabel 2.5 Perbandingan beberapa proses pembuatan etilen oksida	16
Tabel 5.1 Kebutuhan Utilitas	44
Tabel 5.2 Peralatan dengan kebutuhan steam	44
Tabel 5.3 Total kebutuhan steam	45
Tabel 5.4 Kebutuhan air pendingin	46
Tabel 5.5 Kebutuhan air domestik	48
Tabel 5.6 Kebutuhan air dalam pabrik	49
Tabel 5.7 Kebutuhan listrik peralatan	50
Tabel 5.8 Listrik pabrik etilen oksida	51
Tabel 5.9 Total kebutuhan bahan bakar	53
Tabel 7.1 Pembagian jadwal kerja karyawan shift.....	92
Tabel 7.2 Perincian jumlah karyawan	94
Tabel 8.1 Tabel penjualan produk.....	99
Tabel 8.2 Rincian angsuran pengembalian Modal	101
Tabel 8.3 Kesimpulan analisa ekonomi	106

DAFTAR NOTASI

1. COOLER, HEAT EXCHANGER, HEATER

A	= Area perpindahan panas, ft ²
a _a , a _p	= Area pada annulus, inner pipe, ft ²
a _s , a _t	= Area pada shell, tube, ft ²
a''	= External surface per 1 in, ft ² /in ft
B	= Baffle spacing, in
C	= Clearance antar tube, in
D	= Diameter dalam tube, in
D _e	= Diameter ekivalen, in
f	= Faktor friksi, ft ² /in ²
G _a	= Laju alir massa fluida pada annulus, lb/jam.ft ²
G _p	= Laju alir massa fluida pada inner pipe, lb/jam.ft ²
G _s	= Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft ²
G _t	= Laju alir massa fluida pada tube, lb/jam.ft ²
g	= Percepatan gravitasi
h	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft ² .°F
h _i , h _{io}	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
jH	= Faktor perpindahan panas
k	= Konduktivitas termal, Btu/jam.ft ² .°F
L	= Panjang tube, pipa, ft
LMTD	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
ΔP _s	= Penurunan tekanan pada annulus, Psi
ΔP _t	= Penurunan tekanan tube, Psi I
D	= Inside Diameter, ft
OD	= Outside Diameter, ft
Q	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
R _d	= Dirt factor, Btu/jam.ft ² .°F
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_c = Temperatur rata-rata fluida panas, °F
 t_c = Temperatur rata-rata fluida dingin, °F
 U_c, U_d = Clean overall coefficient, design overall coefficient, Btu/jam.ft².°F
 W = Laju alir massa fluida panas, lb/jam
 w = Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
 μ = Viscositas, cp

2. POMPA

A = Area alir pipa, in²
 BHP = Brake Horse Power, HP
 $D_i \text{ opt}$ = Diameter optimum pipa, in
 E = Equivalent roughness
 f = Faktor friksi
 FK = Faktor keamanan
 g_c = Percepatan gravitasi, ft/s²
 Gpm = Gallon per menit
 $H_f \text{ suc}$ = Total friksi pada suction, ft
 $H_f \text{ dis}$ = Total friksi pada discharge, ft
 H_{fs} = Skin friction loss
 H_{fsuc} = Total suction friction loss
 H_{fc} = Sudden Contraction Friction Loss (ft lb_m/lb_f)
 H_{fc} = Sudden expansion friction loss (ft lb_m/lb_f)
 ID = Inside diameter pipa, in
 K_C, K_S = Contraction, expansion loss contraction, ft
 L = Panjang pipa, ft
 L_e = Panjang ekuivalen pipa, ft
 $NPSH$ = Net positive suction head (ft)
 N_{Re} = Reynold number, dimension less
 P_{vp} = Tekanan uap, Psi

Q_f = Laju alir volumeterik
 V_f = Kapasitas pompa, lb/jam
 V = Kecepatan alir
 ΔP = Beda tekanan, Psi

3. REAKTOR

C_{p_i} = Kapasitas panas bahan i
 F_i = Laju alir bahan i
 H_i = Enthalpi bahan i
 ID_t = Diameter dalam *tube*
 N_t = Jumlah *tube*
 T_s = Suhu pendingin dalam *shell*
 U_D = Koefisien perpindahan panas menyeluruh
 X_A = Konversi
 Z = Panjang reaktor
 $-\Delta H_r$ = Panas reaksi
 W_s = Jumlah massa pendingin
 C_{p_s} = Kapasitas panas pendingin
 U = Koefisien perpindahan panas overall
 V_0 = Volumetric flowrate, m^3/jam
 T = Residence Time
 t_h = Tebal dinding torispherical head, in
 t_s = Tebal silinder, in
 k = Konstanta laju reaksi, $m^3/kmol.s$
 OD = Outside Diameter, m
 P = Tekanan, atm
 D_{opt} = Diameter optimum
 A = Luas area, m^2
 V_T = Laju alir tube side, m^3/s
 U_t = Kecepatan bagian tube, m/s
 D_b = Diameter bundle, m
 C_b = Diameter shell clearance, m
 D_s = Inside diameter shell, m

- h_{oc} = Koefisien perpindahan panas, $W/m^2 \text{ } ^\circ C$
 $P't$ = Sudu tube vertikal, m
 E = Energi Aktivasi
 ρ = Densitas

4. ABSORBER, STRIPPER

- A = Luas permukaan, m^2
 a_p = Luas permukaan spesifik packing, m^2/m^3
 C_c = Faktor korosi maksimum yang diizinkan
 C_f = Konstanta flooding pada tray
 d_s = Diameter permukaan packing, m
 D_{liq} = Difusifitas liquid, m^2/s
 E = Efisiensi pengelasan
 F = Koefisien volumetrik
 G = Laju alir, kg/s
 H_{toL} = Tinggi transfer unit, m
 $L1$ = Laju alir liquid masuk, kg/jam
 m = slope
 n = jumlah tray
 N_{toL} = Jumlah transfer unit
 p = Kontanta empirik tekanan
 S = Tekanan kerja yang diizinkan, psi
 T = Temperatur operasi, $^\circ C$
 t = Tebal dinding, m
 Z = Tinggi packing, m
 α = Interfacial area, m^2/m^3
 β = Konstanta empirik untuk kecepatan flooding
 σ = Surface tension, N/m
 ε = Operating void space
 μ_{gas} = Viskositas gas, cP
 μ_{liq} = Viskositas liquid, Cp
 ρ_{gas} = Densitas gas

- ρ_{liq} = Densitas liquid, kg/m^3
 φ = Hold up, m^2/m^3
 ΔP = Pressure drop, atm

5. TANGKI

- C = Tebal korosi yang diizinkan
 D = Diameter tangki, m
 E = Efisiensi penyambungan, dimensionless
 H = Tinggi silinder, m
 H_T = Tinggi total tangki, m
 P = Tekanan Operasi, atm
 S = Working stress yang diizinkan, Psia
 T = Temperatur Operasi, K
 t = Lama persediaan/penyimpanan, hari
 V_h = Volume torispherical head, m^3
 V_s = Volume silinder, m^3
 V_t = Volume tangki, m^3
 W = Laju alir massa, kg/jam
 ρ = Densitas, kg/m^3

6. KOMPRESOR

- C_{fm} = Cubic feed per menit
 N_s = Jumlah stage
 P_w = Power yang dibutuhkan,
 R_c = Ratio $P_{\text{out}}/P_{\text{in}}$, dimensionless
 R_{ct} = ratio kompresi per stage, dimensionless
 W = Laju feed
 ρ_v, ρ_l = Densitas gas, liquid, kg/m^3

7. PRESSURE SWING ADSORBER

- D = Diameter, m
 H = Tinggi, m

ε	= Porositas
ε_p	= Porositas luar
f	= <i>Fanning friction factor</i>
Re	= Bilangan Reynold, tak berdimensi
x	= Diameter adsorben, m
V_v	= Volume <i>vessel</i> , m ³
t	= Siklus, s
u	= Kecepatan superfisial, m/s
Q_A	= Laju alir adsorbat, m ³ /s
Q_f	= Laju alir total, m ³ /s
ρ_p	= Densitas partikel kering, kg/m ³
ρ_f	= Densitas fluida, kg/m ³
m	= Jumlah adsorben minimal, kg
$V_{p,wet}$	= Volume <i>packing</i> basah, m ³
$V_{p,dr}$	= Volume <i>packing</i> kering, m ³
V_{total}	= Volume total, m ³
$-\Delta P/h$	= <i>Pressure drop over bed</i>

8. EKSPANDER

n	= Jumlah stage
P_1	= Tekanan masuk, atm
P_2	= Tekanan keluar, atm
T_1	= Temperatur masuk, °C
T_2	= Temperatur keluar, °C
η	= Efisiensi
P_w	= Power kompresor, Hp
Q	= Kapasitas kompresor, ft ³ /menit
Re	= Rasio ekspansi
E_p	= Polytropic efisiensi
W	= Laju alir massa, lb/jam
ρ	= Densitas, kg/m ³

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Neraca Massa
LAMPIRAN II	Perhitungan Neraca Panas
LAMPIRAN III	Perhitungan Spesifikasi Alat
LAMPIRAN IV	Perhitungan Analisa Ekonomi
LAMPIRAN V	Tugas Khusus

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah. Adapun upaya untuk mengelola sumber daya alam tersebut adalah dengan mendirikan berbagai industri dan manufaktur yang mampu menghasilkan produk-produk berkualitas agar dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di dalam negeri maupun luar negeri. Industri kimia menjadi salah satu sektor industri yang semakin meningkat perkembangannya karena sangat dibutuhkan dalam pengelolaan industri dan penyediaan kebutuhan bahan baku kimia bagi industri lainnya.

Salah satu senyawa kimia yang banyak digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia adalah etilen oksida (C_2H_4O). Etilen Oksida sebagai bahan baku etilen glikol juga sebagai bahan setengah jadi pembuatan etanol amin, glikol eter dan poli etilen oksida (Othmer,2004). Sebagian kecil dari produksi etilen oksida digunakan sebagai insektisida pada produk pertanian seperti kacang-kacangan dan rempah. Namun, disebabkan minimnya pabrik etilen oksida di Indonesia untuk mencukupi kebutuhan produksinya, etilen oksida harus diperoleh dari luar negeri, sehingga diinginkan adanya pabrik etilen oksida yang dapat diperoleh secara lokal. Bahan baku pembuatan etilen oksida juga banyak diproduksi di indonesia yaitu etilen dan oksigen.

Menurut data dari comtrade tahun 2022 di indonesia menunjukkan bahwa data impor untuk etilen oksida sebesar 466,567 ton. Selain kebutuhan dalam negeri, meningkatnya penggunaan etilen oksida di dunia juga menjadi alasan didirikannya pabrik ini. Terutama untuk negara ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) saat ini etilen oksida masih diperoleh dengan cara impor dari Belgia, Amerika maupun Cina dengan data impor tahun 2022 di wilayah ASEAN sebesar 2623,786 ton. Dengan perkiraan konsumsi yang akan meningkat setiap tahunnya maka dari itu pembangunan pabrik etilen oksida layak untuk dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, menjadi peluang bagi Indonesia untuk menjadi negara yang memasok kebutuhan etilen oksida di wilayah ASEAN serta menjadi lapangan pekerjaan baru bagi masyarakat indonesia.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Etilen oksida awalnya ditemukan oleh John Wurtz pada tahun 1859. Caranya adalah dengan mereaksikan etilen klorohidrin (2-kloroetanol) dengan larutan kalsium hidroksida menggunakan metode klorohidrin. Pada tahun 1914, BASF mulai memproduksi etilen oksida secara komersial dengan metode klorohidrin. Sampai tahun 1937, metode klorohidrin merupakan metode utama dalam produksi etilen oksida di industri.

Namun, metode ini tidak efisien karena sebagian besar klorin yang digunakan hilang dalam bentuk kalsium klorida. Pada tahun 1958, metode klorohidrin mulai digantikan oleh metode oksidasi langsung fase uap yang ditemukan oleh Robert Lefort di tahun 1931. Metode ini melibatkan oksidasi etilen menjadi etilen oksida menggunakan udara atau oksigen sebagai reagen dan perak sebagai katalis. Metode ini kemudian dikenal sebagai metode oksidasi langsung yang sampai saat ini masih digunakan untuk memproduksi etilen oksida dalam skala industri.

1.3. Tujuan dan Manfaat Pendirian Pabrik

1.3.1. Tujuan Pendirian Pabrik

1. Memenuhi kebutuhan Etilen Oksida dalam negeri dan luar negeri khususnya negara-negara ASEAN
2. Meningkatkan daya tahan perekonomian nasional melalui sektor industri.
3. Menciptakan lapangan pekerjaan.
4. Meningkatkan produktivitas pada sumber daya manusia dan sumber daya alam melalui pembaharuan teknologi.
5. Menciptakan pemerataan usaha dengan memacu pertumbuhan industri-industri baru yang menggunakan bahan baku etilen oksida.

1.3.2. Manfaat Pendirian Pabrik

1. Pengembangan industri etilen oksida dapat memberikan keuntungan bagi perekonomian dalam negeri.
2. Memanfaatkan kondisi sosial, infrastruktur dan sumber daya alam pada lokasi pendirian pabrik.
3. Meningkatkan partisipasi masyarakat dalam perkembangan industri.

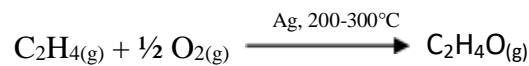
4. Pemanfaatan secara maksimal bahan baku etilen dan oksigen yang disuplai dari hasil produksi dalam negeri sehingga produk etilen oksida di Indonesia dapat menambah pendapatan negara.

1.4. Macam-macam Proses Pembuatan Etilen Oksida

1.4.1. Proses Oksidasi Etilen dengan Oksigen

Pada saat ini, kebanyakan etilen oksida diproduksi dengan proses oxygen-based dengan katalis perak. Tube reaktor yang berisi katalis dikelilingi oleh pendingin yang dapat menghilangkan panas reaksi dan menjaga temperatur pada reaktor. Keluaran reaktor yang telah didinginkan kemudian akan melalui proses absorpsi, dimana etilen oksida dan sebagian kecil pengotornya yang terikut (CO₂, N₂, dan C₂H₆) akan larut dalam zat pelarut. Etilen oksida kemudian akan diperoleh setelah melalui proses stripping untuk memisahkannya dengan zat pelarut dan konstituen fraksi ringan.

Reaksi Utama :



Reaksi Samping :



Sejumlah gas yang keluar dari absorber kemudian akan di-combust untuk mencegah terjadinya penumpukan senyawa inert (N₂, Ar, dan C₂H₆) yang terdapat pada bahan baku etilen dan oksigen. Aliran yang terdiri dari karbondioksida akan melalui proses absorpsi dengan Larutan Benfield (K₂CO₃) panas untuk menghilangkan kandungan CO₂-nya. Larutan yang kaya akan CO₂ akan melalui proses stripping untuk memisahkan CO₂ dari larutannya. CO₂ yang telah terpisah dapat dilepaskan menuju atmosfer atau di-recycle kembali.

1.4.2. Proses Oksidasi Etilen dengan Udara

Proses oksidasi etilen dengan udara terdiri dari tiga bagian, yaitu system reaksi, *recovery* oksida dan pemurnian oksida. Udara yang sudah dinaikkan tekanannya kemudian disaring dan dipisahkan lalu diumpankan secara terpisah dengan etilen kedalam aliran gas *recycle*. Etilen kemudian dioksidasi dengan bantuan katalis menjadi etilen oksida, dengan produk samping berupa karbon dioksida dan air. Inhibitor oksidasi dalam fase uap ditambahkan ke dalam masukan

reaktor untuk menghambat terjadinya pembentukan CO₂, misalnya senyawa halida organik, seperti etilen diklorida atau vinil klorida.

Tahap kedua, yaitu *recovery* etilen oksida dari gas mentah. Etilen Oksida diabsorpsi dengan air dalam absorber dan gas sisa dibuang ke *vent* dari reaktor utama untuk mencegah akumulasi dari gas *inert*, terutama nitrogen dan karbondioksida. Reaksi oksidasi etilen dengan udara sebagai *oxidizing agent* berlangsung pada temperatur 220–280°C dan tekanan 10–30 atm dengan selektivitas sebesar 63-75%. Selektivitas yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan selektivitas oksidasi etilen dengan oksigen sebagai *oxidizing agent*. Rendahnya selektivitas dapat mempengaruhi terhadap besarnya volume alat yang digunakan karena adanya aliran untuk mencegah nitrogen akumulasi.

1.4.3. Proses Klorohidrin

Proses Klorohidrin terdiri atas dua reaksi utama yaitu reaksi pembentukan etilen klorohidrin dan reaksi pembentukan etilen oksida dari etilen klorohidrin. Reaksi klorohidrin berlangsung di dalam reaktor *packed tower* yang terbuat dari material tahan korosi. Pada tahap reaksi pertama, etilen akan bereaksi dengan asam hipoklorit dan menghasilkan etilen klorohidrin. Reaktor pertama dikondisikan pada temperatur sebesar 27–43°C dan tekanan 2-3 bar dengan selektivitas sebesar 85-90%. Berikut adalah reaksi pertama:



Produk dari reaktor pertama berupa etilen klorohidrin yang berada dalam fase *liquid* selanjutnya direaksikan di reaktor kedua dengan *slurry* Ca(OH)₂ dalam reaktor hidrolisa pada temperatur 100 °C. Selektivitas pada reaksi kedua sebesar 90-95%. Hasil reaktor kedua berupa uap etilen oksida kemudian dikondensasi, dan selanjutnya dialirkan ke unit purifikasi. Pada proses klorohidrin terdapat beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan proses oksidasi langsung, salah satunya adalah terdapatnya kandungan klor, sehingga dibutuhkan material tahan korosi pada alat-alat yang harganya mahal. Berikut adalah reaksi kedua:



1.5 Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

1.5.1. Bahan Baku

1) Etilen

Rumus Kimia	C ₂ H ₄
Berat Molekul (kg/kmol)	28,054
Densitas (kg/m ³)	1,18
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-103,8
Titik Leleh (°C)	-169,2
Temperatur Kritis (K)	282,4
Tekanan Kritis (bar)	50,4
Tekanan Uap (atm)	40,478
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,129
Kapasitas Panas (J/mol.K)	$32,083 T + -1,483 \times 10^{-2} T^2 + 2,477 \times 10^{-4} T^3 - 2,377 \times 10^{-7} T^4 + 6,827 \times 10^{-11} T^5$

(Yaws, 1999).

Etilen bersifat mudah terbakar dan meledak. Etilen tidak mudah terlarut dalam air, namun dapat larut dalam alkohol dan eter. Reaksi-reaksi umum yang dapat terjadi pada etilen adalah reaksi polimerisasi, oksidasi, hidrogenisasi, dan adisi.

2) Oksigen

Rumus Kimia	O ₂
Berat Molekul (kg/kmol)	31,999
Densitas (kg/m ³)	1,331
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-183
Titik Leleh (°C)	-218,8
Temperatur Kritis (K)	154,6
Tekanan Kritis (bar)	50,5
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,073

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas Panas (J/mol.K)} & 29,526 T - 8,9 \times 10^{-3} T^2 + 2,477 \times 10^{-4} T^3 \\ & - 2,377 \times 10^{-7} T^4 + 6,827 \times 10^{-11} T^5 \end{aligned}$$

(Yaws, 1999)

Oksigen biasanya dikenal dengan nama oksida. Kehadiran oksigen juga dapat mendukung adanya proses pembakaran sebagai unsur pembakar. Oksigen secara aktif dapat mengoksidasi logam, dan menimbulkan karat.

1.5.2. Produk Utama

1) Etilen Oksida

Rumus Kimia	C ₂ H ₄ O
Berat Molekul (kg/kmol)	44,054
Densitas (kg/m ³)	1,52
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	10,3
Titik Leleh (°C)	-112,2
Temperatur Kritis (K)	469,0
Tekanan Kritis (bar)	71,9
Tekanan Uap (atm)	1,46
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,140
Kapabilitas Panas (J/mol.K)	30,827 T - 7,604 × 10 ⁻³ T ² + 3,235 × 10 ⁻⁴ T ³ - 3,257 × 10 ⁻⁷ T ⁴ + 9,727 × 10 ⁻¹¹ T ⁵

(Yaws, 1999)

Etilen oksida adalah gas tak berwarna yang reaktif dan dapat larut dalam air, alkohol dan pelarut organik. Gas etilen oksida mudah terbakar. Reaksi etilen oksida pada umumnya bersifat eksotermis. Etilen oksida dapat mudah meledak apabila berkontak dengan panas yang berlebihan.

1.5.3. Produk Samping

1) Karbon Dioksida

Rumus Kimia	CO ₂
Berat Molekul (kg/kmol)	44,010
Densitas (kg/m ³)	1,977

Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-78,5
Titik Leleh (°C)	-56,6
Temperatur Kritis (K)	304,2
Tekanan Kritis (bar)	73,8
Tekanan Uap (atm)	34,449
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,094
Kapasitas Panas (J/mol.K)	$27,437 T + 4,232 \times 10^{-2} T^2 - 1,956 \times 10^{-5} T^3 + 3,997 \times 10^{-9} T^4 - 2,987 \times 10^{-13} T^5$

(Yaws, 1999)

Karbon dioksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Karbondioksida dapat larut dalam air dan membentuk asam karbonat (H₂CO₃) yang merupakan asam lemah karena ionisasinya yang belum terjadi secara sempurna.

1.5.4. Impurities

2) Nitrogen

Rumus Kimia	N ₂
Berat Molekul (kg/kmol)	28,013
Densitas (kg/m ³)	1,251
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-195,8
Titik Leleh (°C)	-209,9
Temperatur Kritis (K)	126,2
Tekanan Kritis (bar)	33,9
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,09
Kapasitas Panas (Cp)	$29,342 T - 3,540 \times 10^{-3} T^2 - 1,008 \times 10^{-5} T^3 - 4,312 \times 10^{-9} T^4 + 2,594 \times 10^{-13} T^5$

(Yaws, 1999)

Nitrogen merupakan gas yang tidak berbau, dan berasa. Nitrogen biasanya digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan ammonia dan asam nitrat.

3) Argon

Rumus Kimia	Ar
Berat Molekul (kg/kmol)	39,948
Densitas (kg/m ³)	1,784
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-185,9
Titik Leleh (°C)	-189,9
Temperatur Kritis (K)	150,8
Tekanan Kritis (bar)	48,7
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,075
Kapasitas Panas (Cp)	$20,804 T - 3,211 \times 10^{-5} T^2 + 51,665 \times 10^{-9} T^3$

(Yaws, 1999)

Argon termasuk ke dalam golongan gas mulia yang dapat ditemukan di atmosfer bumi dengan kandungan 0,94%. Argon bersifat inert dan tidak memiliki warna ataupun bau dalam wujud gas maupun cair.

4) Etana

Rumus Kimia	C ₂ H ₆
Berat Molekul (kg/m ³)	30,07
Densitas (kg/kmol)	1,264
Wujud	Gas
Titik Didih (°C)	-88,7 °C
Titik Leleh (°C)	-183,3 °C
Temperatur Kritis (K)	305,4 K
Tekanan Kritis (bar)	48,8 bar
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,148
Kapasitas Panas (Cp)	$28,146 T + 4,345 \times 10^{-2} T^2 - 1,895 \times 10^{-4} T^3 - 1,908 \times 10^{-7} T^4 + 5,335 \times 10^{-11} T^5$

(Yaws, 1999)

Etana adalah senyawa hidrokarbon yang berwujud gas tidak berbau dan tidak berwarna pada suhu dan tekanan standar. Etana merupakan senyawa

yang stabil dan menunjukkan ketahanan terhadap reaktivitas. Etana dapat larut dalam pelarut polar. Pada suhu kamar, sama seperti metana, etana sangat mudah terbakar, hasil pembakarannya menghasilkan kalor, karbon dioksida dan uap air.

5) Air

Rumus Kimia	H ₂ O
Berat Molekul (kg/kmol)	18,015
Densitas (kg/m ³)	998
Wujud	Cair
Titik Didih (°C)	100
Titik Leleh (°C)	0
Temperatur Kritis (K)	647,3
Tekanan Kritis (bar)	220,5
Volume Kritis (m ³ /mol)	0,056
Kapasitas Panas (Fase Uap) (Cp)	$33,393 T - 8,419 \times 10^{-3} T^2 + 2,001 \times 10^{-5} T^3 - 1,783 \times 10^{-8} T^4 + 3,693 \times 10^{-12} T^5$
Kapasitas Panas (Fase Cair) (Cp)	$92,053 T - 0,039 T^2 + 2,110 \times 10^{-4} T^3 - 5,346 \times 10^{-7} T^4$

(Yaws, 1999)

Air membutuhkan panas berlebih untuk menaikkan temperatur dibandingkan senyawa lain untuk memutuskan ikatan hidrogennya, sehingga memiliki kapasitas panas yang tinggi. Air dapat bereaksi dengan senyawa organik dan membentuk berbagai jenis produk.

6) Propilen Karbonat

Rumus Kimia	C ₄ H ₆ O ₃
Berat Molekul (kg/kmol)	102,09
Densitas (kg/m ³)	1205
Wujud	Cair
Titik Didih (°C)	242
Titik Leleh (°C)	-48.8
Kapasitas Panas (Fase Cair) (Cp)	$2,9899 T + 0,9104 \times 10^{-4} T^2 - 0,0036 \times 10^{-6} T^3 + 7,230 \times 10^{-6} \times 10^{-9} T^4$

(Yaws, 1999)

Propilen karbonat merupakan cairan yang tidak berwarna, tidak berbau, dan dapat larut dalam aseton, benzena, dan eter. Propilen karbonat biasanya digunakan sebagai pelarut, pengekestrasi, dan pelunak. Propilen karbonat biasanya sangat stabil dalam berbagai kondisi dan tidak bersifat korosif sehingga sangat cocok digunakan dalam proses purifikasi.

7) Kalium Karbonat

Rumus Kimia	K_2CO_3
Berat Molekul (kg/kmol)	138,205
Densitas (g/cm^3)	2,43
Wujud	Padat
Titik Didih ($^{\circ}C$)	-
Titik Leleh ($^{\circ}C$)	891

(Yaws, 1999)

Larutan Kalium karbonat atau dikenal sebagai Larutan Benfield memiliki sifat alkali yang kuat. Kalium karbonat tidak dapat larut dalam etanol, aseton, dan eter. Kalium karbonat memiliki sifat higroskopis yang kuat dan dapat menyerap karbon dioksida dan air dengan adanya kontak udara dan dapat diubah menjadi kalium bikarbonat, sehingga kegunaannya umum diaplikasikan dalam absorpsi karbon dioksida.

8) Kalium Bikarbonat

Rumus Kimia	$KHCO_3$
Berat Molekul (kg/kmol)	100,115
Densitas (g/cm^3)	2,17
Wujud	Padat
Titik Didih ($^{\circ}C$)	292

(Yaws, 1999)

Kalium bikarbonat adalah senyawa kimia yang memiliki sifat-sifat kimia yang unik dan berguna. Sifat alkalinitas, kemampuan untuk bereaksi dengan asam, dan kemudahan larut dalam air menjadikannya senyawa yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri.

1.5.5 Katalis

1) Perak

Rumus Kimia	Ag
Berat Molekul (kg/kmol)	107,8682
Densitas (kg/m ³)	10,49
Wujud	Padatan
Titik Didih (°C)	2162
Titik Leleh (°C)	961,78

(Yaws, 1999)

Perak merupakan unsur logam yang tidak reaktif. Logam tidak teroksidasi pada udara, namun dapat bereaksi dengan hidrogen sulfida yang ada di udara dan membentuk perak sulfida, sehingga memerlukan pembersihan yang teratur. Perak juga memiliki kestabilan yang tinggi dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba, Alibaba : Global Products. (online) Retrieved from 1 (diakses 7 Oktober 2024)
- 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 18 September 2024)
- Aji. 2017. Struktur Organisasi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Budiaman, G. S. 2007. Perancangan Reaktor. Yogyakarta: Universitas Veteran.
- Chandra Asri, Operational and Financial Performance. Volume and Price by Product. (Online). Retrived from [www. Chandra asri.com](http://www.Chandraasri.com) (diakses pada 23 Agustus 2024)
- Comtrade. Retrieved From UN Comtrade Database. (Online). <https://comtrade.un.org/> (diakses pada tanggal 27 agustus 2024).
- 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.
- Kern, D. Q. 1957. Process Heat Transfer. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. 1999. Chemical Reaction Engineering 2nd Edition. New York: Johw Wiley and Sons.
- Ludwig, E. Ernest. (1999) Applied Process Design: For Chemical and

- Petrochemical Plants. Oxford. Butterworth- heinemann
- McCabe, W. L., Smith, J. C., dan Harriot, P. 1993. Unit Operations of Chemical Engineering. New York: McGraw-Hill International .
- 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.
- Ramdani. 2019. Struktur Organisasi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Safety School. 2019. Tugas dan Tanggung Jawab HSE. (Online). www.indonesiasafetycenter.org/component/content/article. (Diakses pada tanggal 10 September 2024)
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbot, M. M. 2001. Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition. Boston: McGraw Hill.
- Syarifudin, I. (1999). Alat industri kimia. Palembang. Universitas Sriwidjaja
- 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
- Vilbrandt, F. C., dan Dryden, C. E. 1959. Chemical Engineering Plant Design 4th Edition Volume IV. New York: McGraw-Hill International Edition.
- Vannes dan J. M. Smith. (2001). Introduction to chemical engineering Thermodynamics. Sixth Edition. McGraw – HillBOOK CO: New York.
- Walas, S. M. 1990. Chemical Process Equipment. Boston: Butterworth- Heinemann Series in Chemical Engineering.
- Yaws, C. L. 1999. Chemical Properties Handbook. New York: McGraw-Hill.