

**PRA RANCANGAN
PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA
KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

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

Oleh

MARISA ANGGRAINI	03031181621006
MARIA MARGARETHA BARINGBING	03031181621025

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA KAPASITAS 45.000 TON / TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana

Oleh:

Marisa Anggraini
NIM. 03031181621006
Maria Margaretha Baringbing
NIM. 03031181621025

Dosen Pembimbing Tugas Akhir.



Lia Cundari, ST, MT

NIP. 198412182008122002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



RINGKASAN

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA KAPASITAS 45.000 TON/TAHUN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, April 2020

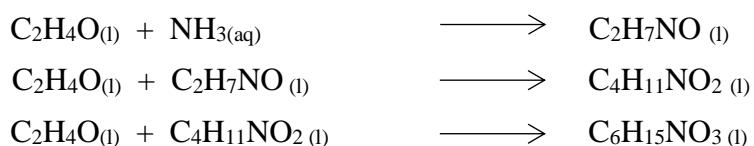
Marisa Anggraini dan Maria Margaretha

Dibimbing oleh Lia Cundari, S.T.,M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Pabrik pembuatan trietanolamina dengan kapasitas produksi 45.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2026 di Desa Mulyasari, Ciampel, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat yang diperkirakan memiliki luas area sebesar 4,6 Ha. Bahan baku dari pembuatan Trietanolamina adalah etilen oksida dan larutan amonia dengan kemurnian trietanolamina yang dicapai 99,99%. Pemanfaatan trietanolamina paling banyak digunakan sebagai *emulsifier*. Proses pembuatan trietanolamina dengan jenis reaktor tubular. Kondisi operasi pembuatan Trietanolamina adalah 40°C dengan tekanan 19,7 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Bentuk perusahaan yang akan digunakan pada pabrik ini adalah Perseroan Terbatas (PT). Sistem organisasi perusahaan ini adalah *line* dan *staff*, dipimpin oleh seorang Direktur dengan total karyawan 126 orang. Total Penjualan mencapai US \$190.459.016,52 dengan *Rate Of Return On Investment* (ROR) sebesar 56,89% serta nilai *Break Even Point* (BEP) 39,86%. Berdasarkan analisa ketersediaan bahan baku, kebutuhan dan manfaat trietanolamina, proses, kebutuhan utilitas, lokasi, susunan organisasi dan ekonomi, maka pabrik trietanolamina ini layak didirikan.

Kata Kunci: Trietanolamina, Reaktor, Etilen Oksida, Amonia.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Trietanolamina Kapasitas 45.000 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. Lia Cundari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
4. Ir. Hj. Rosdiana Moeksin, M.T. selaku perwakilan dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Orang tua dan keluarga.
6. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
7. Seluruh Karyawan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2016 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, April 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam Proses Pembuatan.....	3
1.4. Sifat Fisika dan Kimia.....	5
BAB 2 PERENCANAAN PABRIK	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik	8
2.2. Pemilihan Kapasitas	9
2.3. Pemilihan Bahan Baku	10
2.4. Pemilihan Proses	11
2.5. Uraian Proses.....	11
BAB 3 LOKASI DAN LETAK PABRIK.....	15
3.1. Lokasi Pabrik.....	15
3.2. Tata Letak Pabrik	18
3.3. Kebutuhan Luas Area.....	18
BAB 4 NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	20
4.1. Neraca Massa	20
4.2. Neraca Panas	28

BAB 5 UTILITAS	37
5.1. Unit Pengadaan Steam	37
5.2. Unit Pengadaan Air	39
5.3. Unit Pengadaan Listrik.....	43
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	46
BAB 6 SPESIFIKASI PERALATAN.....	48
BAB 7 ORGANISASI PERUSAHAAN	88
7.1. Bentuk Perusahaan	88
7.2. Manajemen dan Struktur Organisasi	88
7.3. Tugas dan Wewenang	90
7.4. Sistem Kerja	94
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	96
BAB 8 ANALISA EKONOMI	101
8.1. Keuntungan (Profitabilitas)	102
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	103
8.3. Total Modal Akhir.....	105
8.4. Laju Pengembalian Modal	108
8.5. Break Even Point (BEP).....	109
8.6. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	111
BAB 9 KESIMPULAN	113
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.2. Perbandingan Proses Pembuatan Etanolamina.....	4
Tabel 2.1. Data Total Impor Trietanolamina di Wilayah ASEAN.....	9
Tabel 5.1. Kebutuhan <i>Steam</i> 200°C.....	38
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	40
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Domestik.....	43
Tabel 5.4. Total Kebutuhan Air.....	43
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan.....	44
Tabel 5.6. Total Kebutuhan Listrik.....	45
Tabel 7.1. Pembagian Waktu Kerja Pekerja <i>Shift</i>	96
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	98
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal.....	104
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	111

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Data Impor TEA.....	10
Gambar 2.2. Flowsheet Pabrik TEA.....	14
Gambar 3.1 Lokasi Pabrik di Karawang-Jawa Barat.....	15
Gambar 3.2 Lokasi Pabrik dan Bahan Baku.....	16
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik.....	19
Gambar 3.4 Tata Letak Peralatan Pabrik.....	19
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	100
Gambar 8.1. Grafik Break Even Point.....	111

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, atm
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. ABSORBER

P	: Tekanan desain, atm
T	: Temperatur operasi, °C
G	: Laju alir gas masuk
μ _G	: Viskositas gas
ρ _G	: Densitas gas
L	: Laju alir liquid masuk
D _T	: Diameter absorber
Z	: Tinggi packing
H	: Tinggi head packing
H _{AB}	: Tinggi absorber
S	: working stress
E	: Joint efficiency
C	: Corrosion allowance
t	: Tebal dinding

3. EVAPORATOR

A	: Area perpindahan panas, ft ²
a_a, 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, ft ² /in ft
B	: Baffle spacing, in
C	: Clearance antar tube, in
C_p	: Spesifik head, 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, Btu/hr.ft ² .°F
h_1, h_o	: Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam, bagian luar tube
j_H	: Faktor perpindahan panas
k	: Konduktivitas termal, Btu/hr.ft ² .°F
L	: Panjang tube pipa, ft
LMTD	: Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
N	: Jumlah baffle
N_t	: Jumlah tube
P_T	: Tube pitch, in
ΔP_T	: Return drop shell, psi
ΔP_S	: Penurunan tekanan pada shell, psi
ΔP_t	: Penurunan tekanan pada tube, psi
ID	: Inside diameter, ft
OD	: Outside diameter, ft
Q	: Beban panas heat exchanger, Btu/hr
Rd	: Dirt factor, 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	: Clean overall coefficient, Design overall coefficient, 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

4. HEAT EXCHANGER

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
u _t , u _s	: Kelajuan fluida shell, tube, m/s
D _b	: Diameter bundel, m
D _s	: Diameter shell, m

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

5. KOLOM DESTILASI

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

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 _{AO}	: Konsentrasi awal umpan, kmol/m ³
F _{AO}	: Laju alir umpan, kmol/jam
k	: Konstanta kecepatan reaksi, m ³ /kmol.s
P	: Tekanan operasi, atm
τ	: Waktu tinggal, jam
V _T	: Volume reaktor, m ³

8. STRIPPER

P	: Tekanan desain, atm
T	: Temperatur operasi, °C
G	: Laju alir gas masuk
μ_G	: Viskositas gas
ρ_G	: Densitas gas
L	: Laju alir liquid masuk
D _T	: Diameter absorber
Z	: Tinggi packing
H	: Tinggi head packing
H _{AB}	: Tinggi absorber
S	: working stress
E	: Joint efficiency
C	: Corrosion allowance

t : Tebal dinding

14. TANKI

- 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

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Neraca Massa.....	114
Lampiran 2. Perhitungan Neraca Panas.....	158
Lampiran 3. Perhitungan Spesifikasi Peralatan.....	218
Lampiran 4. Perhitungan Ekonomi.....	360

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Setiap negara berkembang maupun negara maju memiliki peran penting dalam pertumbuhan ekonomi di dalam sektor industri. Setiap negara dituntut untuk bersaing dalam sektor industri untuk mengembangkan potensi yang dimiliki. Perkembangan di sektor industri adalah salah satu sasaran pembangunan di bidang ekonomi pada sumber daya alam dan sumber daya manusia yang produktif mandiri, maju dan berdaya saing. Manfaat suatu negara dalam pengembangan industri merupakan suatu jalur kegiatan untuk peningkatan kesejahteraan hidup.

Ketergantungan bahan baku yang masih mengimpor merupakan kendala dalam pengembangan industri di Indonesia, salah satunya yaitu etanolamina. Kebutuhan etanolamina di ASEAN rata-rata meningkat setiap tahunnya yaitu 24% (Comtrade, 2019). Proses aminasi yaitu salah proses yang dapat digunakan dalam pembuatan etanolamina merupakan reaksi dari etilen oksida dengan amonia menghasilkan etanolamina. Kapasitas etilen oksida Indonesia mencapai 84.000 ton/tahun (BPS, 2019). Bahan baku kedua yaitu amonia dengan kapasitas produksi 300.000 ton/tahun (BPS, 2019). Ketersediaan bahan baku tersebut, maka potensi perencanaan pembuatan pabrik etanolamina dapat dilakukan di Indonesia.

Fungsi penting etanolamina yaitu sebagai produksi emulsifiers, bahan baku pembuatan detergen, bahan kimia tekstil, purifikasi gas, dan *agrochemicals*.. Triethanolamine digunakan sebagai inhibitor korosi dalam cairan pemotongan logam, agen pengawet untuk epoksi dan polimer karet, sebagai pendispersi penetralisir dalam pertanian formulasi herbisida. Trietanolamim juga banyak digunakan dalam pengemulsi, pengental dan agen pembasah dalam produk konsumen seperti kosmetik, deterjen, sampo dan produk pribadi lainnya. (Beyer et al., 1983). Estimasi persentase yang digunakan dalam aplikasi utama trietanolamina yaitu metalworking fluids 33%, semen 25%, surfaktan 20%, produksi tekstil 8%, *agricultural chemicals* 3%, dan kosmetik 2% (Knaak et al, 1997).

Trietanolamina tersedia secara komersial dengan spesifikasi sebagai berikut: kemurnian, min 99,0%; monoetanolamina, maks 0,05%; dietanolamina,

maks 0,40%. dan kadar air, maks 0,20%. (Dow Chemical Company, 1999b). Trietanolamina juga tersedia dalam beberapa tingkatan lain, termasuk campuran 85% trietanolamina dan 15% dietanolamina [TEA 85]; campuran kadar beku rendah (85% TEA 85 dan 15% air deionisasi) untuk digunakan dalam suhu yang lebih dingin; dan campuran 85% trietanolamina dan 15% air deionisasi [TEA 99 Low Freeze Grade] (Dow Chemical Company, 1998)

Industri etanolamina di Indonesia sendiri belum pernah didirikan, sehingga pertimbangan untuk mengurangi ketergantungan impor serta memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat, maka pembangunan pabrik etanolamina perlu dilakukan untuk dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Etanolamina pertama kali di sintesis pada tahun 1860 dengan memanaskan etilen klorohidrin dengan larutan amonia pada *tube* tertutup. Pada abad 19, kimiawan jerman berhasil memisahkan etanolamina menjadi tiga komponen, yaitu mono-, di-, dan tri- etanolamina yang digunakan pada sintesis lain. Baru setelah tahun 1945, etanolamina dikomersialkan. Pada saat ini, produksi etilen oksida skala industri berkembang dengan signifikan, begitupun dengan produksi turunan dari etilen oksida. Hal inilah yang menyebabkan etilen oksida yang dikenal sebagai bahan sintesis etanolamin mengantikan peran klorohidrin. Pada tahun 1999 menunjukkan bahwa trietanolamin diproduksi oleh enam perusahaan di India, lima perusahaan di Amerika Serikat, masing-masing tiga perusahaan yaitu di Cina, Prancis, Jerman dan Meksiko, dua perusahaan masing-masing yaitu di Italia dan Federasi Rusia dan satu perusahaan masing-masing di Australia, Belgia, Brasil, Republik Ceko, Iran, Jepang, Spanyol, dan Inggris.

Industri modern yang memproduksi etanolamina beroperasi dengan mereaksi etilen oksida dengan amonia bersama air. Hal ini membuktikan bahwa air berperan dalam reaksi, dimana bila tidak terdapat air, maka etilen oksida dan amonia tidak dapat bereaksi. Monoetanolamina, dietanolamina, dan trietanolamina, diproduksi dengan konsep *three parallel-consecutive competitive reactions* (T. McMillan, 1991). Karena sifat yang alkoholik dari monoetanolamina, maka bahan kimia ini sering digunakan pada pembuatan detergen, tekstil, obat-obatan, serta

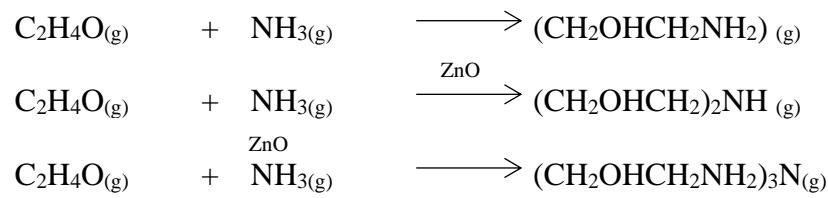
sebagai *emulsifier*, dan *corrosion inhibitor* sebagai bahan aditif pada semen (Hammer, 2003).

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Etanolamina

Terdapat 4 macam proses dalam pembuatan etanolamina yaitu proses katalitik, aminasi, hidrogenasi, dan amonolisis. Proses dibedakan berdasarkan penggunaan bahan baku, katalis, dan kondisi reaksi.

1.3.1. Proses Dengan Menggunakan Katalis Zinc Oxide

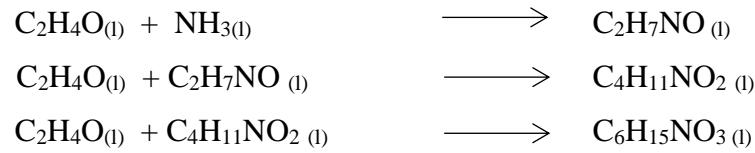
Pada proses ini fase reaksi dalam fasa gas dan terjadi karena adanya kontak dengan katalis. Pada reaksi ini biasanya digunakan reaktor jenis *fixed bed*, aliran bahan baku berupa amonia dan etilen oksida yang dialirkan menuju reaktor dan berkontak dengan katalis sehingga terjadi reaksi. Reaksi yang terjadi adalah:



Kondisi operasi yang terjadi pada reaksi ini adalah temperatur 80-170°C dan tekanan di atas atmosfer (atm). (Ullman, 2002).

1.3.2. Proses Amminasi dari Ethylene Oxide dan Larutan Ammonia

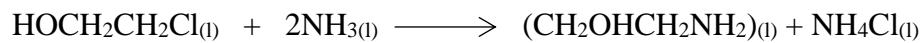
Pada proses ini, direaksikan etilen oksida dengan larutan amonia pada fase liquid, tanpa menggunakan katalis dan pembentukannya terjadi secara eksotermis. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Kondisi operasi yang terjadi pada reaksi ini adalah temperatur 40-100°C dan tekanan di atas 1 atm. Distribusi produk yang dihasilkan tergantung pada perbandingan reaktan yang digunakan. Pada proses ini akan dihasilkan produk dengan konversi dan kemurnian yang cukup tinggi (Ullman, 2002).

1.3.3. Proses Ammonolisa Ethylene Chlorohidrin

Bahan baku yang digunakan adalah *ethylene chlorohidrin* dan larutan amonia. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Kesukaran dalam proses ini adalah pemisahan amina tersebut dari Ammonium klorida.

1.3.4. Proses Hydorgenasi Formaldehyde Cyanohidrin

Bahan baku yang digunakan pada proses produksi ini adalah *formaldehyde cyanohidrin* yang direaksikan dengan hidrogen, dan menggunakan katalis nikel (Ullman,2002). Produk yang dihasilkan berupa monoetanolamina dan dietanolamin. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Tabel 1.2. Perbandingan Proses Pembuatan Etanolamina

Nama Proses	Proses dengan menggunakan katalis ZnO	Proses amminasi dari etilen oksida dan amonia	Proses ammonolisa etilen chlorohidrin	Proses hydrogenasi formaldehyde
Bahan baku	Etilen oksida dan amonia	Etilen oksida dan amonia	Etilen oksida chlorohidrin dan larutan amonia	Formaldehyde cyanohidrin dan hidrogen
Katalis	ZnO	-	-	Nikel
Jenis reaktor	Fixed bed	Tubular Reactor	Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)	Fixed bed
Kondisi operasi	150°C,160 atm	40°C - 150°C, 19,7 atm	150°C–275°C, 102,07 atm	130°C, 70 atm
Konversi	83%	99,9%	78,5%	89%
Produk samping	DEA	DEA	NH ₄ Cl	DEA, H ₂

(Sumber: Ullman, 2002)

1.4. Sifat - Sifat Fisika dan Kimia

Sifat fisika dan kimia senyawa-senyawa baik bahan baku dihasilkan berdasarkan Pubchem (2019) dan bahan produk berdasarkan Technical Data Sheet DOW Ethanolamines adalah sebagai berikut:

1.4.1. Bahan Baku

1) Etilen Oksida

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	C ₂ H ₄ O
2.	Berat Molekul	44,053 kg/kmol
3.	Densitas	0,862 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
4.	Titik Didih	10,6°C
5.	Titik Lebur	-111,7°C
6.	Temperatur Kritis	196°C
7.	Tekanan Kritis	70,99 atm
8.	ΔH _f ° (kJ/mol)	-95,73
10.	Wujud	cair

2) Ammonia

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	NH ₃
2.	Berat Molekul	17,031 gr/mol
3.	Densitas	0,602 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
4.	Titik Didih	-33,35°C
5.	Titik Lebur	-77,74°C
6.	Temperatur Kritis	132,5°C
7.	Tekanan Kritis	111,30 atm
8.	ΔH _f ° (kJ/mol)	-45,90
10.	Wujud	gas

3) Air

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	H_2O
2.	Berat Molekul	18,015 gr/mol
3.	Densitas	1,027 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
4.	Titik Didih	100°C
5.	Titik Lebur	0°C
6.	Temperatur Kritis	373,98°C
7.	Tekanan Kritis	217,66 atm
8.	$\Delta\text{H}_{\text{f}^\circ}$ (kJ/mol)	-285,83
10.	Wujud	cair

1.4.2. Produk

1) Monoetanolamina

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	$\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}$
2.	Berat Molekul	61,084 gr/mol
3.	Densitas	1,014 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
4.	Titik Didih	171°C
5.	Titik Lebur	10,5°C
6.	Temperatur Kritis	364,85°C
7.	Tekanan Kritis	67,80 atm
8.	$\Delta\text{H}_{\text{f}^\circ}$ (kJ/mol)	-507,5
10.	Wujud	cair

2) Dietanolamina

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	$\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_2$
2.	Berat Molekul	105,137gr/mol
3.	Titik Didih	268,89°C (pada 25°C, 1 atm)

4.	Titik Lebur	28°C
5.	Temperatur Kritis	441,85°C
6.	Tekanan Kritis	32,27 atm
7.	ΔH_f° (kJ/mol)	-397,13
9.	Wujud	cair

3) Trietanolamina

No	Sifat Fisik dan Kimia	Keterangan
1.	Rumus Kimia	$C_6H_{15}NO_3$
2.	Berat Molekul	149,190 gr/mol
3.	Densitas	1,120 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
4.	Titik Didih	335,4°C
5.	Titik Lebur	21,5°C
6.	Temperatur Kritis	513,85°C
7.	Tekanan Kritis	24,17 atm
8.	ΔH_f° (kJ/mol)	-665,7
10.	Wujud	cair

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2012. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2013. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2014. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2015. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2016. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2017. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- _____. 2018. *Data Ekspor dan Impor Trietanolamina*. Jakarta: UN Comtrade.
- Couper, J. R., Penney, W. R., James, dan Walas, S. M. 2010. *Chemical Process Equipment Selection and Design Edisi 2*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Evans, J. E., dan Lobo, W. E. 1939. *Heat Transfer in the Radiant Section of Petroleum Heaters*. New York: Kellog Company.
- 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.
- Geankolis, C. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3rd Edition*. United States of America: Prentice-Hall International.
- Hanif, K. 2017. Jenis-Jenis Reaktor. Bandung: Politeknik Bandung.
- Hayness, W. M. 2012. *Handbook of Chemistry and Physics*. New York: CRC Press.
- Index Mundi. 2019. *Indonesian Liquified Natural Gas Monthly Price – US Dollars per Million Metric British Thermal Unit*. (Online). <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=indonesian-liquified-natural-gas&months=60>. (Diakses pada 1 April 2020).
- 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 April 2020).

- Kementerian PU. 1996. *Kriteria Perencanaan Pengolahan Air*. Jakarta: Direktorat Jendral Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kern, D. Q. 1957. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Kirk-Othmer. 2013. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 2 Edisi 4*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kirk-Othmer. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology Volume 23 Edisi 3*. New York: John Wiley and Sons.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering 2nd Edition*. New York: Johw Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost*. (Online). www.matche.com. (Diakses pada 1 April 2020).
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Megyesy, E. F. 2001. *Pressure Vessel Handbook 12th Edition*. Oklahoma: University of Tulsa.
- 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 Dipenogoro.
- Richardson, J. F., Harker, J. H., dan Backhurst, J. R. 2002. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering 5th Edition, Volume 2: Particle Technology & Separation Processes*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Rumah.com. 2013. *Situs Properti Terdepan di Indonesia*. (Online). <http://www.rumah123.com>. (Diakses pada Tanggal 5 April 2020)
- Sleekr. 2018. *Panduan Lengkap UU Ketenagakerjaan Indonesia*. (Online). <https://sleekr.co/blog/panduan-lengkap-undang-undang-ketenagakerjaan-di-indonesia/>. (Diakses pada tanggal 1 April 2020)

- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics 2nd Edition*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., dan Abbot, 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. (Diakes pada Tanggal (5 April 2020).
- Ulman F.2002.*Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 6th Edition*. Vol A 16,VCH, Germany.
- Ulrich, G. G. 1984 *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Willey and Sons.
- Vataruk, W. M., Hall, R. S., dan Matley, J. 2002. Estimating Process Equipment Costs. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 95, Hal. 66.
- 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.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.
- Yushchenko, D. Y. 2019. *Method for Synthesis of Triethanolamine*. Jurnal. Vol 11(2): 113-118