

**SKRIPSI**

**PRA RANCANGAN PABRIK  
PEMBUATAN TRIETANOLAMINA  
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON PER TAHUN**

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



**Vincent Low Rance**

NIM 03031381520051

**Fadhel Zamali**

NIM 03031381520053

**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

---

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA  
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON PER TAHUN**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana

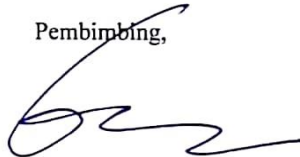
Oleh:

Vincent Low Rance  
NIM 03031381520051

Fadhel Zamali  
NIM 03031381520053

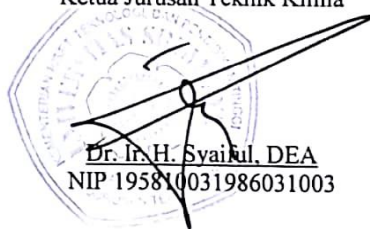
Palembang, Oktober 2019

Pembimbing,



Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T.  
NIP 197503261999032002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia







Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003

## HALAMAN PERSETUJUAN

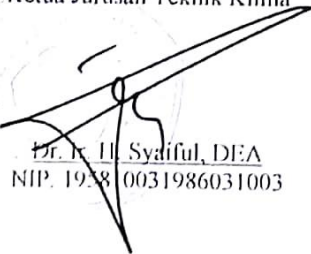
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Trietanolamina Kapasitas Produksi 30.000 Ton Per Tahun" telah dipertahankan Vincent Low Rance dan Fadhel Zamali di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 30 Juli 2019.

Palembang, Agustus 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Susila Arita Rachman, DEA  
NIP. 196010111985032002 (  )
2. Ir. Hj. Farida Ali, DEA  
NIP. 195511081984031001 (  )
3. Budi Santoso, S. T., M. T.  
NIP. 197706052003121004 (  )
4. Asyeni Miftahul Jannah, S. T., M. T.  
NIP. 198606292008122002 (  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syariful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## PALAMAN PERBAIKAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

Vincent Low Rance	03031381520051
Fadhel Zamali	03031381520053

Judul:

**"PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA  
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 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 31 Juli 2019 oleh Dosen Penguji :

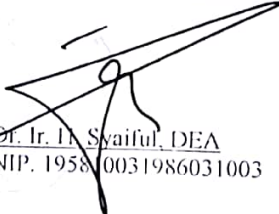
1. Dr. Ir. Susila Arita Rachman, DEA  
NIP. 196010111985032002

(  )

2. Budi Santoso, S. T., M. T.  
NIP. 197706052003121004

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP. 195810031986031003

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vincent Low Rance  
NIM : 03031381520051  
Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Trietanolamina  
Kapasitas Produksi 30.000 Ton Per Tahun  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

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

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

Palembang, Oktober 2019



**Vincent Low Rance**

NIM. 03031381520051



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fadhel Zamali

NIM : 03031381520053

Judul Tugas Akhir : Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Trietanolamina  
Kapasitas Produksi 30.000 Ton Per Tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

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

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

Palembang, Oktober 2019



**Fadhel Zamali**

NIM. 03031381520053



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan karya ilmiah berupa skripsi tugas akhir yang berjudul **“Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Trietanolamina Kapasitas Produksi 30.000 Ton per Tahun”** dapat diselesaikan. Penulisan yang dilaksanakan dari tanggal 10 Maret 2019 s.d 27 Juli 2019 dilakukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mengikuti ujian akhir dalam memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Penulisan skripsi tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik tak lepas dari banyaknya dukungan, bimbingan, serta bantuan yang telah diberikan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Kedua Orang Tua dan Keluarga atas semua doa dan dukungan.
4. Seluruh Dosen beserta Staff Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Seluruh teman-teman Teknik Kimia angkatan 2015 yang turut membantu dalam penyelesaian skripsi tugas akhir ini.

Demikian, penulis berharap semoga Skripsi Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Palembang, September 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	vii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	viii
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
 <b>BAB I PEMBAHASAN UMUM</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan .....	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Etanolamina .....	3
1.4. Sifat Fisika dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk .....	7
 <b>BAB II PERENCANAAN PABRIK</b>	
2.1. Alasan Pendirian Pabrik .....	10
2.2. Pemilihan Kapasitas Produksi.....	12
2.3. Pemilihan Bahan Baku .....	13
2.4. Pemilihan Proses .....	14
2.5. Uraian Proses .....	15
 <b>BAB III LOKASI DAN LETAK PABRIK</b>	
3.1. Lokasi Pabrik .....	19
3.2. Tata Letak Pabrik .....	22
3.3. Tata Letak Peralatan Pabrik .....	24
3.4. Perkiraan Luas Tanah yang Dipergunakan .....	25



**BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS**

4.1. Neraca Massa .....	26
4.2. Neraca Panas .....	37

**BAB V UTILITAS**

5.1. Unit Pengadaan Steam .....	45
5.2. Unit Pengadaan Air .....	46
5.3. Unit Pengadaan Listrik .....	50
5.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar .....	53

**BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN ..... 54****BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN**

7.1. Bentuk Perusahaan .....	90
7.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	90
7.3. Penentuan Jumlah Karyawan .....	92

**BAB VIII ANALISA EKONOMI**

8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	98
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal .....	99
8.3. Total Modal Akhir .....	102
8.4. Laju Pengembalian Modal .....	104
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP) .....	105

**BAB IX KESIMPULAN..... 108****BAB X TUGAS KHUSUS ..... 109****DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kegunaan Etanolamina .....	2
Tabel 1.2. Perbandingan Proses Aminasi Pembuatan Etanolamina .....	5
Tabel 2.1. Impor Trietanolamina di negara ASEAN .....	12
Tabel 2.2. Perbedaan Reaktor-01 dan Reaktor-02 .....	16
Tabel 5.1. Kebutuhan <i>Steam</i> Pemanas .....	45
Tabel 5.2. Kebutuhan Air Pendingin .....	47
Tabel 5.3. Kebutuhan Air Domestik .....	49
Tabel 5.4. Total Kebutuhan Air .....	50
Tabel 5.5. Kebutuhan Listrik Peralatan .....	50
Tabel 5.6. Jumlah Kebutuhan Listrik .....	52
Tabel 7.1. Perincian Jumlah Karyawan .....	96
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Pinjaman .....	102
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi .....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konsumsi Etanolamina Dunia Tahun 2017 .....	10
Gambar 2.2. <i>Trend</i> Impor Trietanolamina di Negara ASEAN .....	12
Gambar 2.3. Diagram Alir Proses Pabrik Pembuatan Etanolamina Kapasitas 30.000 Ton/Tahun .....	18
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik .....	20
Gambar 3.2. Tata Letak Pabrik .....	23
Gambar 3.3. Tata Letak Peralatan .....	25
Gambar 7.1. Kebutuhan Jumlah Karyawan .....	95
Gambar 7.2. Struktur Organisasi Perusahaan .....	97
Gambar 8.1. <i>Break Even Point</i> .....	107
Gambar 10.1. Rangkaian Reaktor Seri di Industri .....	113
Gambar 10.2. Skema Reaktor Seri .....	114
Gambar 10.3. Reaksi Hidrolisis Epiklorohidrin .....	115

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran I Neraca Massa

Lampiran II Neraca Panas

Lampiran III Spesifikasi Peralatan

Lampiran IV Perhitungan Ekonomi

## DAFTAR NOTASI

### 1. ACCUMULATOR

C	=	Tebal korosi yang diizinkan, m
E	=	Effisiensi pengelasan, dimensionless
ID, OD	=	Inside diameter, Outside diameter, m
L	=	Panjang accumulator, m
P	=	Tekanan operasi, atm
S	=	Working stress yang diizinkan
t	=	Temperatur Operasi, °C
V	=	Volume total, m <sup>3</sup>
V <sub>s</sub>	=	Volume silinder, m <sup>3</sup>
W	=	Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	=	Densitas, lb/ft <sup>3</sup>

### 2. COOLER, CONDENSER, HEATER, REBOILER, VAPORIZER

A	=	Area perpindahan panas, ft <sup>2</sup>
a <sub>a</sub> , a <sub>p</sub>	=	Area pada annulus, inner pipe, ft <sup>2</sup>
a <sub>s</sub> , a <sub>t</sub>	=	Area pada shell, tube, ft <sup>2</sup>
a''	=	External surface per 1 in, ft <sup>2</sup> /in ft
B	=	Baffle spacing, in
C	=	Clearance antar tube, in
D	=	Diameter dalam tube, in
D <sub>e</sub>	=	Diameter ekivalen, in
f	=	Faktor friksi, ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
G <sub>a</sub>	=	Laju alir massa fluida pada annulus, lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>p</sub>	=	Laju alir massa fluida pada inner pipe, lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>s</sub>	=	Laju alir massa fluida pada shell, lb/jam.ft <sup>2</sup>
G <sub>t</sub>	=	Laju alir massa fluida pada tube, lb/jam.ft <sup>2</sup>
g	=	Percepatan gravitasi

$h$	= Koefisien perpindahan panas, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$h_i, h_{io}$	= Koefisien perpindahan panas fluida bagian dalam dan luar tube
$jH$	= Faktor perpindahan panas
$k$	= Konduktivitas termal, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$L$	= Panjang tube, pipa, ft
$LMTD$	= Logaritmic Mean Temperature Difference, °F
$\Delta P_s$	= Penurunan tekanan pada annulus, Psi
$\Delta P_t$	= Penurunan tekanan tube, Psi
$ID$	= Inside Diameter, ft
$OD$	= Outside Diameter, ft
$Q$	= Beban panas pada heat exchanger, Btu/jam
$R_d$	= Dirt factor, Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F
$R_e$	= 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.ft <sup>2</sup> .°F
$W$	= Laju alir massa fluida panas, lb/jam
$w$	= Laju alir massa fluida dingin, lb/jam
$\mu$	= Viscositas, cp

### 3. KOLOM DISTILASI

$A_d$	= Downcomer area, m <sup>2</sup>
$A_t$	= Tower area, m <sup>2</sup>
$A_n$	= Net area, m <sup>2</sup>
$A_a$	= Active area, m <sup>2</sup>
$A_b$	= Hole area, m <sup>2</sup>
$A_{da}$	= Aerated area, m <sup>2</sup>
$C$	= Faktor korosi yang dizinkan, m

$C_{sb}$	= Kapasitas vapor, m/det
$DI$	= Clearance, mm
$d_h$	= Diameter hole, mm
$d_c$	= Diameter kolom, mm
$e$	= Total entrainment, kg/det
$E$	= Joint efficiency, dimensionless
$F$	= Friction factor, dimensionless
$F_{iv}$	= Paramater aliran, dimensionless
$h_a$	= Aerated liquid drop, m
$h_f$	= Froth height, mm
$h_w$	= Weir height, mm
$h_{\sigma}$	= Weep point, cm
$H$	= Tinggi kolom, m
$L_w$	= Weir length
$L$	= Laju alir massa liquid solvent, kg/det
$N_m$	= Jumlah tray minimum
$\Delta P$	= Pressure drop
$P$	= Tekanan desain, atm
$q$	= Laju alir volume umpan solvent, m <sup>3</sup> /det
$Q$	= Laju alir volume umpan gas, m <sup>3</sup> /det
$Q_p$	= Aeration factor, dimensionless
$R$	= [L/D] reflux ratio, dimensionless
$R_h$	= Radius Hydrolic, m
$R_m$	= Refluks minimum
$Re_h$	= Reynold modulus, dimensionless
$S$	= Working stress, N/m <sup>2</sup>
$S_s$	= Stage umpan
$St$	= Jumlah stages
$t$	= Tebal dinding vessel, m
$T$	= Temperatur operasi, °C
$T_{av}$	= Temperatur rata-rata, °C

$U_f$	= Kecepatan aerated mass, $U_f$
$V$	= Laju alir massa umpan gas, kg/det
$V_d$	= Downcomer velocity, m/det
$\alpha$	= Relatif volatil, dimensionless
$\Delta$	= Liquid gradien, cm
$\rho_g$	= Densitas gas, $\text{kg/m}^3$
$\rho_l$	= Densitas liquid, $\text{kg/m}^3$
$\psi$	= Fractional entrainment, dimensionless

#### 4. MIXING TANK

$b$	= Lebar blade impeller, m
BHP	= Brake Horse Power, HP
$C_c$	= Faktor korosi maksimum yang diizinkan
$D_d$	= Tinggi impeller, m
$D_i$	= Diameter impeller, m
$D_t$	= Diameter tangki, m
$E$	= Efisiensi pengelasan
$f$	= Tekanan kerja yang diinginkan, kPa
$H_h$	= Tinggi ellipsoidal head, m
$H_t$	= Tinggi tangki, m
$H_s$	= Tinggi silinder, m
$H_L$	= Tinggi level liquid, m
$l$	= Panjang blade impeller, m
$L_B$	= Lebar baffle, m
$N$	= Kecepatan putar pengaduk, rpm
$N_{re}$	= Bilangan reynold
OD	= Outside diameter, m
$P$	= Tekanan operasi, atm
spgr	= Specific gravity
$T$	= Temperatur operasi, °C
$t$	= Waktu tinggal, jam



$t_h$	= Tebal dinding ellipsoidal head, m
$V_t$	= Volume tangki, $m^3$
$V_s$	= Volume silinder, $m^3$
$V_h$	= Volume ellipsoidal head, $m^3$
$W$	= Laju alir massa, kg/jam
$WELH$	= Water Equivalent Liquid Height, m
$\rho$	= Densitas, $kg/m^3$

## 5. POMPA

$A$	= Area alir pipa, $in^2$
$BHP$	= 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, $ft/s^2$
$Gpm$	= 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 ( $ft \text{ lb}_m/\text{lb}_f$ )
$H_{fe}$	= Sudden expansion friction loss ( $ft \text{ lb}_m/\text{lb}_f$ )
$ID$	= 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 volumetrik

$V_f$	= Kapasitas pompa, lb/jam
$V$	= Kecepatan alir
$\Delta P$	= Beda tekanan, Psi

## 6. REAKTOR

$C_{Ao}$	= Konsentrasi awal umpan gas masuk, kmol/m <sup>3</sup>
$C_{Bo}$	= Konsentrasi awal umpan liquid masuk, kmol/m <sup>3</sup>
$C$	= Tebal korosi yang dizinkan, atm
$D_R$	= Diameter reaktor, m
$F_{Ao}$	= Laju alir umpan gas, kmol/jam
$F_{Bo}$	= Laju alir umpan liquid, kmol/jam
$g$	= Gravitasi
$H_{HR}$	= Tinggi Head Reaktor, m
$H_S$	= Tinggi Kolom Reaktor, m
$H_R$	= Tinggi Reaktor Total, m
$k$	= Konstanta laju reaksi, m <sup>3</sup> /kmol.s
$OD$	= Outside Diameter, m
$P$	= Tekanan, atm
$Q_L$	= Volumetric Flowrate Umpan
$S$	= Working Stress yang diizinkan, atm
$T$	= Temperatur. °C
$t$	= Tebal dinding reaktor
$t_s$	= Tebal dinding ellipsoidal head
$V_K$	= Volume katalis, m <sup>3</sup>
$V_{HR}$	= Volume Head Reaktor, m <sup>3</sup>
$V_R$	= Volume total reaktor, m <sup>3</sup>
$V_t$	= Volume reaktor, m <sup>3</sup>
$W_k$	= Berat katalis
$X$	= Konversi
$\rho$	= Densitas
$\varepsilon_A$	= Voidage

$\tau$	= Residence Time
$\varphi$	= Porositas Katalis
$d_p$	= Diameter efektif katalis
$\Delta P_{lg}$	= Pressure drop dua fase, Psi
$\Delta P_g$	= Single pressure drop aliran gas, Psi
$\Delta P_l$	= Single pressure drop aliran liquid, Psi

## 7. STRIPPER

A	= Luas permukaan, m <sup>2</sup>
$a_p$	= Luas permukaan spesifik packing, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
c	= Densitas molar
Cc	= Faktor korosi maksimum yang diizinkan
C <sub>d</sub>	= Konstanta empirik
C <sub>f</sub>	= Konstanta flooding pada tray
$d_s$	= Diameter permukaan packing, m
$D_{gas}$	= Difusifitas gas, m <sup>2</sup> /s
$D_{liq}$	= Difusifitas liquid, m <sup>2</sup> /s
$D_t$	= Diameter tower, m
E	= Efisiensi pengelasan
F	= Koefisien volumetrik
G	= Laju alir gas keluar, kg/jam
$H_{toL}$	= Tinggi transfer unit, m
$H_{ST}$	= Tinggi stripper, m
L1	= Laju alir liquid masuk, kg/jam
m	= slope
n	= jumlah tray
$N_{toL}$	= Jumlah transfer unit
P	= Tekanan operasi, atm
p	= Kontanta empirik tekanan
S	= Tekanan kerja yang diizinkan, psi
T	= Temperatur operasi, °C

$t$	= Tebal dinding, m
$Z$	= Tinggi packing, m
$\alpha$	= Interfacial area, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
$\beta$	= Konstanta empirik untuk kecepatan flooding
$\sigma$	= Surface tension, N/m
$\varepsilon$	= Operating void space
$\mu_{\text{gas}}$	= Viskositas gas, cP
$\mu_{\text{liq}}$	= Viskositas liquid, Cp
$\rho_{\text{gas}}$	= Densitas gas
$\rho_{\text{liq}}$	= Densitas liquid, kg/m <sup>3</sup>
$\varphi$	= Hold up, m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
$\Delta P$	= Pressure drop, atm

## 8. TANGKI

$C$	= Tebal korosi yang diizinkan
$D$	= Diameter tangki, m
$E$	= Efisiensi penyambungan, dimensionless
$h$	= Tinggi head, m
$H$	= 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 ellipsoidal head, m <sup>3</sup>
$V_s$	= Volume silinder, m <sup>3</sup>
$V_t$	= Volume tangki, m <sup>3</sup>
$W$	= Laju alir massa, kg/jam
$\rho$	= Densitas, kg/m <sup>3</sup>

## ABSTRAK

PRA RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN TRIETANOLAMINA  
KAPASITAS PRODUKSI 30.000 TON PER TAHUN  
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Juli 2019

Vincent Low Rance dan Fadhel Zamali;

Dibimbing oleh Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S.T., M.T.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 117 halaman, 13 tabel, 12 gambar, 4 lampiran

## ABSTRAK

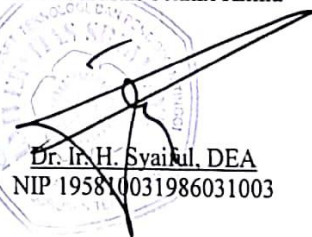
Pabrik pembuatan Trietanolamina berkapasitas produksi 30.000 ton/tahun ini direncanakan berdiri pada tahun 2024 di Desa Mulyasari, Kecamatan Ciampel, Kabupaten Karawang, Jawa Barat yang diperkirakan memiliki luas area 4,5 Ha. Proses pembuatan trietanolamina ini mengacu pada Patent EP 1.443.036 B2, menggunakan metode proses aminasi menghasilkan produk utama Trietanolamina (TEA), serta produk samping Monoetanolamina (MEA) dan Dietanolamina (DEA). Bahan baku dari pembua' un etanolamina ini adalah etilen oksida dan amoniak. Reaktor pertama merupakan jenis *fixed bed reactor* beroperasi pada temperatur 40°C dan tekanan 78 atm dengan katalis ZSM-5 serta reaktor kedua merupakan *shell and tube reactor* beroperasi pada 40°C dan tekanan 9,86 atm tanpa menggunakan katalis. Pabrik ini akan didirikan dengan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *Line and Staff*, yang dipimpin oleh seorang Direktur Utama dengan total karyawan 120 orang. Berdasarkan hasil analisa ekonomi, pabrik etanol ini layak untuk didirikan karena telah memenuhi berbagai macam persyaratan parameter ekonomi, yaitu sebagai berikut:

• <i>Total Capital Investment (TCI)</i>	= US\$ 40.218.498,15
• <i>Total Production Cost (TPC)</i>	= US\$ 323.754.948,27
• Total Penjualan per Tahun (SP)	= US\$ 369.515.031,14
• <i>Annual Cash Flow</i>	= US\$ 35.139.540,27
• <i>Pay Out Time</i>	= 1,04 tahun
• <i>Rate of Return</i>	= 79,6451%
• <i>Break Even Point</i>	= 37,9520%
• <i>Service Life</i>	= 11 tahun

**Kata Kunci:** Trietanolamina, TEA. Spesifikasi Peralatan, Analisa Ekonomi

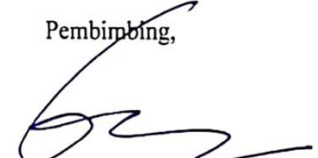
Palembang, Oktober 2019

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA  
NIP 195810031986031003

Pembimbing,



Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, S. T., M. T.  
NIP 197503261999032002

# **BAB I**

## **PEMBAHASAN UMUM**

### **1.1. Latar Belakang**

Seiring berkembang pesatnya pembangunan pada era globalisasi di Indonesia saat ini, kebijakan pemerintah memfokuskan pada pengembangan pembangunan di sektor industri. Pembangunan sektor industri merupakan bagian dari usaha pembangunan ekonomi negara jangka panjang yang diarahkan untuk menciptakan struktur ekonomi yang lebih kuat dan stabil. Industri merupakan salah satu elemen penting untuk menggerakkan roda perekonomian dan meningkatkan kemampuan daya saing global.

Pengembangan pembangunan industri khususnya sektor industri kimia dikarenakan karena hampir semua sektor industri pada saat sekarang ini membutuhkan bahan kimia sebagai bahan baku maupun dalam pengolahannya. Ketersediaan sumber daya alam yang melimpah dengan jumlah penduduk sekitar 230 juta jiwa membuat Indonesia memiliki peluang dalam pengembangan industri kimia. Pengembangan industri kimia ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor dan dapat memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri, serta dapat membuka lapangan pekerjaan baru.

Etanolamina merupakan salah satu bahan kimia yang hingga saat ini masih didatangkan dari luar negeri, serta belum adanya pabrik yang memproduksi etanolamina di dalam Indonesia. Etanolamina merupakan senyawa organik dari golongan amina primer, sekaligus merupakan golongan alkohol primer. Etanol amina berwujud cairan kental tak berwarna, mudah terbakar, dan korosif dengan bau yang mirip amoniak dan memiliki sifat toksik. Etanolamina diproduksi dengan mereaksikan etilen oksida dengan larutan amoniak yang menghasilkan mono-, di- dan tri-etanolamina.

Etanolamina memiliki peranan penting dalam kebutuhan rumah tangga maupun kebutuhan industri, antara lain sebagai bahan dalam produksi surfaktan, bahan baku pewarna tekstil, dan kegunaan lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 1.1. Oleh karena itu, atas pertimbangan untuk mengurangi ketergantungan impor

serta memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat, perlu untuk dilakukan pembangunan pabrik etanolamina agar dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.

**Tabel 1.1.** Kegunaan Etanolamina

Aplikasi	MEA	DEA	TEA komersil 86%	TEA 99%
Bahan perekat			✓	
<i>Agricultural chemicals</i>		✓	✓	
Pengeringan semen			✓	✓
Bahan tambahan beton				✓
Deterjen	✓	✓	✓	✓
<i>Gas treating</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Metalworking</i>	✓		✓	✓
<i>Oil well chemicals</i>	✓		✓	✓
Kemasan dan <i>printing ink</i>	✓			
<i>Photographic chemical</i>		✓		✓
Karet			✓	
<i>Textile finishing</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Urethane foams</i>		✓	✓	✓

(sumber: <https://www.dow.com>, (2018), diakses pada tanggal 20 April 2019)

Trietanolamina digunakan terutama sebagai *emulsifier* dan surfaktan. Bahan ini umum dalam formulasi untuk membuat produk deterjen cair *laundry*, cairan pencuci piring, sabun tangan, cairan poles, cairan *metalworking*, cat, krim cukur dan tinta cetak. Trietanolamina menetralkan asam lemak, menyesuaikan dan *buffer* pH, dan solubilitas minyak dan bahan-bahan lain yang tidak larut dalam air (Mantiq, 2016).

## 1.2. Sejarah dan Perkembangan

Etanolamina pertama kali disintesis pada tahun 1860 dengan memanaskan etilen klorohidrin dengan larutan amoniak pada *tube* tertutup. Pada abad 19, kimiawan Jerman berhasil memisahkan etanolamina menjadi tiga komponen, yaitu mono-, di-, dan tri-*ketanolamina* yang digunakan pada sintesis lain. Baru setelah tahun 1945, etanolamina dikomersilkan. 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 etanolamina menggantikan peran klorohidrin.

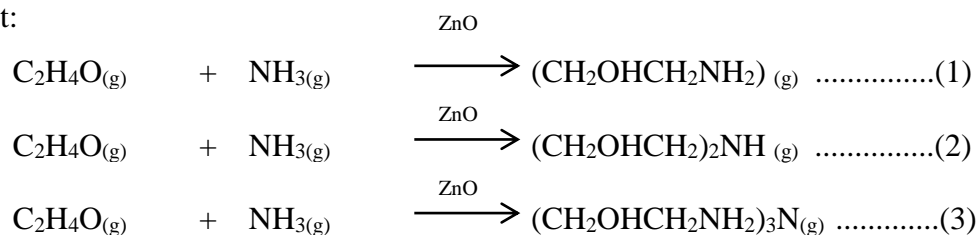
Industri modern yang memproduksi etanolamina beroperasi dengan mereaksikan etilen oksida dengan larutan amoniak. Hal ini membuktikan bahwa air berperan dalam reaksi, di mana bila tidak terdapat air, maka etilen oksida dan amoniak tidak dapat bereaksi. Pada kenyataannya, air berperan sebagai katalis pada reaksi. Monoetanolamina, dietanolamina, dan trietanolamina, diproduksi dengan konsep *three parallel-consecutive competitive reactions*. 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.

### 1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Etanolamina

Menurut Frauenkron, dkk. (2012), etanolamina dapat dibuat dengan berbagai macam proses. Proses tersebut dibedakan berdasarkan penggunaan bahan baku, katalis, dan kondisi reaksi.

#### 1.3.1. Proses Dengan Menggunakan Katalis Zinc Oxide

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



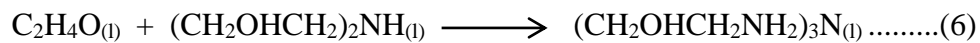
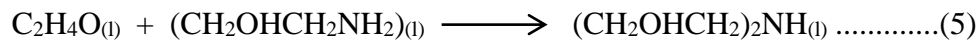
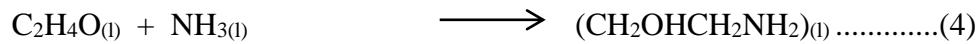
Kondisi operasi yang terjadi pada reaksi ini adalah temperatur 80-170°C dan tekanan di atas atmosfer.



### 1.3.2. Proses Amminasi dari Ethylene Oxide dan Larutan Ammonia

Pada proses ini, direaksikan etilen oksida dengan larutan amoniak pada fase *liquid*, tanpa menggunakan katalis dan pembentukannya terjadi secara eksotermis.

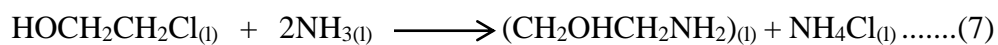
Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



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.

### 1.3.3. Proses Ammonolisa Ethylene Chlorohidrin

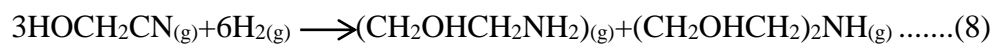
Bahan baku yang digunakan adalah *ethylene chlorohidrin* dan larutan amoniak. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



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

### 1.3.4. Proses Hydrogenasi Formaldehyde Cyanohidrin

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



Tabel 1.2. Perbandingan Proses Aminasi Pembuatan Etanolamina

Parameter	Proses 1 (EP 1443036 B2) 2018	Proses 2 (US 9120720 B2) 2015	Proses 3 (US 8383861 B2) 2013	Proses 4 (US 4169856) 1979
Bahan Baku	- Etilen oksida liquid - <i>Ammonia</i> liquid	- Etilen oksida liquid - <i>Ammonia</i> liquid	- Etilen oksida liquid - <i>Ammonia</i> gas - Hidrogen	- Etilen oksida liquid - <i>Ammonia</i> gas
Pre-treatment	- <i>Preheating feed</i> (20-100°C) - Membuat larutan <i>ammonia</i> 30-50% wt	- Membuat larutan <i>ammonia</i> 45-55% wt di dalam <i>Absorber</i>	- <i>Preheating feed</i> - Membuat larutan <i>ammonia</i> 90%	- Membuat larutan <i>ammonia</i> 20-50% wt di dalam <i>Absorber</i> .
Sintesis	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(l)} + \text{NH}_{3(aq)} \rightarrow (\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{NH}_2)_{(l)}$ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(l)} + (\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{NH}_2)_{(l)} \rightarrow (\text{CH}_2\text{OHCH}_2)_2\text{NH}_{(l)}$ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(l)} + (\text{CH}_2\text{OHCH}_2)_2\text{NH}_{(l)} \rightarrow (\text{CH}_2\text{OHCH}_2)_3\text{N}_{(l)}$			
Persamaan Reaksi				
Kondisi Operasi	Reaktor 1: T = 20-100°C P = 8-15 MPa Reaktor 2: T = 25-150°C P = 0,09-16 MPa	T = 30-75°C P = 1-2 MPa	T = 130-225°C P = 2000-5000 psia	Reaktor 1: T = 50-110°C P = 10-30 kg/cm <sup>2</sup> Reaktor 2: T = 110-180°C P = 10-30 kg/cm <sup>2</sup>
Katalis	Reaktor 1 : <i>Aluminosilicate</i> (ZSM-5)	Tanpa Katalis	<i>Nickel-rhenium-boron</i>	Tanpa Katalis
Konversi	98-100%		30-80%	Reaktor 1 : 80-95% Reaktor 2 : 99%
Jenis Reaktor	Reaktor 1 : <i>Fixed-bed reactor</i> Reaktor 2 : <i>Shell and tube reactor</i>	<i>Tubular reactor</i>	<i>Fixed-bed plug flow reactor</i>	Reaktor 1 : <i>Tubular reactor (U-tube)</i> Reaktor 2: <i>Tubular reactor</i>

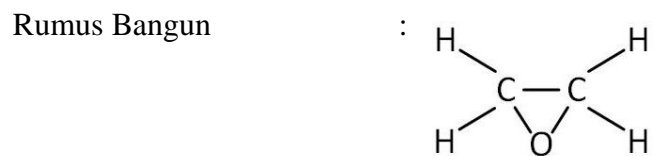
Separasi	- Memisahkan <i>ammonia</i> yang tidak bereaksi dalam <b>Stripper</b> dengan steam	- Memisahkan <i>ammonia</i> yang tidak bereaksi dalam <b>Stripper</b> dengan steam - Me-recovery <i>ammonia</i> keluaran <b>Stripper</b> dalam <b>Absorber</b> dengan H <sub>2</sub> O sebagai absorben	- Memisahkan <i>ammonia</i> yang tidak bereaksi dalam <b>Ammonia Recovery System</b> ( <i>multistage separator</i> ) -	- Memisahkan <i>ammonia</i> yang tidak bereaksi dalam <b>Stripper</b> dengan steam - Me-recovery <i>ammonia</i> keluaran <b>Stripper</b> dalam <b>Absorber</b> dengan H <sub>2</sub> O sebagai absorben - Menguapkan air dalam <b>Evaporator</b>
Purifikasi	- Menghilangkan kandungan air pada <b>Dehydration Column</b> - Memisahkan dan memurnikan produk dengan 3 buah <b>Distillation Column</b>	- Menghilangkan kandungan air dengan 2 buah <b>Evaporator</b>	- Memisahkan dan memurnikan produk dengan <b>Distillation Column</b>	- Menghilangkan sisa-sisa air dalam <b>dehydration column</b> , bagian <i>bottom</i> terdapat produk Etanol amina
Produk				
Produk Utama	TEA 98-99,7%	MEA, DEA, TEA	MEA, DEA, TEA	MEA, DEA, TEA
Produk Samping	MEA, DEA		Ethyleneamine	

## 1.4. Sifat - Sifat Fisik dan Kimia

### 1.4.1. Bahan Baku

- 1) Etilen Oksida ([pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov))

Rumus Molekul :  $C_2H_4O$



Berat Molekul : 44,053 kg/kmol

Densitas : 0,882 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : 10,6°C

Titik Lebur : -111,7°C

Temperatur Kritis : 196°C

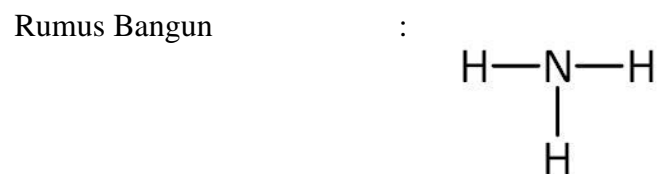
Tekanan Kritis : 70,99 atm

$\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -95,73

Fase : cair

- 2) Amoniakk ([pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov))

Rumus Kimia :  $NH_3$



Berat Molekul : 17,031 gr/mol

Densitas : 0,602 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : -33,35°C

Titik Lebur : -77,74°C

Temperatur Kritis : 132,5°C

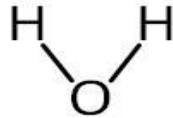
Tekanan Kritis : 111,30 atm

$\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -45,90

Wujud : gas

3) Air ([pubchem.ncbi.nlm.nih.gov](http://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov))Rumus Kimia : H<sub>2</sub>O

Rumus Molekul :



Berat Molekul : 18,015 gr/mol

Densitas : 1,027 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : 100°C

Titik Lebur : 0°C

Temperatur Kritis : 373,98°C

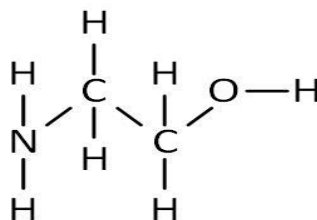
Tekanan Kritis : 217,66 atm

 $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -285,83

Wujud : cair

**1.4.2. Produk**1) Monoetanolamina ([www.dowamines.com](http://www.dowamines.com))Rumus Kimia : C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>NO

Rumus Bangun :



Berat Molekul : 61,08 gr/mol

Densitas : 1,014 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : 171°C

Titik Lebur : 10,5°C

Temperatur Kritis : 364,85°C

Tekanan Kritis : 67,80 atm

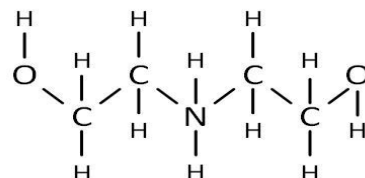
 $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -507,5

Wujud : cair

## 2) Dietanolamina (www.dowamines.com)

Rumus Kimia :  $C_4H_{11}NO_2$ 

Rumus Bangun :



Berat Molekul : 105,14 gr/mol

Densitas : 1,088 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : 268,89°C

Titik Lebur : 28°C

Temperatur Kritis : 441,85°C

Tekanan Kritis : 32,27 atm

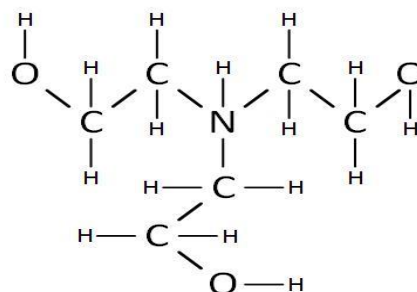
 $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -397,13

Wujud : cair

## 3) Trietanolamina (www.dowamines.com)

Rumus Kimia :  $C_6H_{15}NO_3$ 

Rumus Bangun :



Berat Molekul : 149,190 gr/mol

Densitas : 1,126 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)

Titik Didih : 335,4°C

Titik Lebur : 21,5°C

Temperatur Kritis : 513,85°C

Tekanan Kritis : 24,17 atm

 $\Delta H_f^\circ$  (kJ/mol) : -665,7

Wujud : cair

**DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung*. SNI 03-6197-2011.
- Bank Indonesia. 2019. *Suku Bunga Pinjamam yang Diberikan US Dollar menurut Kelompok Bank dan Jenis Pinjaman (Persen per Tahun)*. (Online). [www.bi.go.id](http://www.bi.go.id). (Diakses pada Tanggal 21 Juni 2019).
- Biomass Energy Data Book. 2011. *Lower and Higher Heating Values of Gas, Liquid and Solid Fuels*. (Online). <http://dta.ornl.gov/bedb>. (Diakses pada tanggal 22 Juni 2019).
- Brownell, L. E., dan Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Budiaman, I. G. S. 2007. *Perancangan Reaktor*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia-FTI UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Cocuzza, G., dan Torreggiani, G. 1979. *Process for The Preparation and The Recovery of Ethanolamines*. US Patent No. 4.169.856
- Coulson, J., dan Jack, R. 2003. *Chemical Engineering 3<sup>th</sup> Edition Volume 6*. New York: Butterworth-Heinemann.
- Do, D., Domke, C. H., Toledo, J. L., Petraitis, D. M., dan Srnak, T. Z. 2013. *Methods for Making Ethanolamine(s) and Ethyleneamine(s) from Ethylene Oxide and Ammonia and Related Methods*. US Patent No. 8383861 B2.
- Energy Efficiency Guide for Industry in Asia. 2019. *Energy efficiency Asia*. (Online). <https://www.energyefficiencyasia.org>. (Diakses pada tanggal 20 Juni 2019).
- Felder, R. M. 2000. *Elementary Principles of Chemical Engineering 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Fogler, H. S. 2006. *Element of Chemical Reaction Engineering 4<sup>th</sup> Edition*. Massachusetts: Pearson Education, Inc.
- Foutch, G. L. dan Johannes, A. H. 2003. *Reactors in Process Engineering*. Oklahoma: Oklahoma State University.

- Frauenkron, M., Melder, J., Ruider, G., dan Höke, H. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Fumiaki, M., Atsushi, T., Takahiro, T., dan Yutaka, S. 2018. *Process for Producing High Purity Trialkanolamine*. EP Patent No. 1.443.036 B2.
- IHS Markit. 2018. *World Consumption of Ethanolamines 2017*. (Online). <https://www.ihsmarkit.com>. (Diakses pada tanggal 21 April 2019).
- Ismail, S. 1996. *Alat Industri Kimia Cetakan ketiga*. Palembang: Universitas Sriwijaya. ISBN 979-587-168-4.
- Smith, J. M. 1982. *Chemical Engineering Kinetics*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Kern, D. Q. 1965. *Process Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book, Co.
- KLM Technology Group. 2011. *Layout and Spacing*. (Online). [www.klmtechgroup.com](http://www.klmtechgroup.com). (Diakses pada tanggal 15 Juni 2019).
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering Third Edition*. United State of America: John Wiley and Sons.
- Matches Engineering. 2017. *Equipment Cost Index*. <http://www.matche.com/equipcost.html>. (Diakses pada tanggal 15 Juni 2019).
- Mantiq, A. 2016. *Trietanolamin*. (Online). <https://bisakimia.com/2016/07/28/trietanolamin/> (Diakses pada tanggal 23 Maret 2019)
- Marvin, K. dan Billig, B. J. 2015. *Process for Making Ethanolamines*. US Patent No. 9.120.720 B2
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. 1993. *Unit Operation of Chemical Engineering 5<sup>th</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Pemerintah Kabupaten Karawang Prov. Jawa Barat Indonesia. 2018. *Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Karawang 2010-2030*. (Online). <https://karawangkab.bps.go.id>. (Diakses pada tanggal 30 Juni 2019).
- Perry, R. H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 7<sup>th</sup> Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.
- Perry, R. H. 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook 8<sup>th</sup> Edition*. United States of America. The McGraw Hill Companies.



- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design and Chemical Engineers*. Singapore: McGraw Hill.
- Santoso, B. dan Ismoro, D. S. 2011. *Permodelan Perancangan Pabrik Bentley Openplant Modeler*. Palembang: UNSRI Press.
- Smith, J. M. 2001. *Introduction Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition*. Boston: McGraw Hill.
- Takahide, S. 1999. *Kurita Handbook of Water Treatment 2nd Edition*. Tokyo: Kurita Water Industries, Ltd.
- Tex, Pasadena, Cofer, K. B. 1958. *Continuous Hydrolisis of Epichlorohydrin*. US Patent No. 2.838.574
- The Dow Chemical Company. 2018. *Ethanolamines Applications*. (Online). <https://www.dow.com>. (Diakses pada tanggal 20 April 2019).
- The Dow Chemical Company. 2018. *Technical Data Sheet DOW Ethanolamines*. (Online). [www.dowamines.com](http://www.dowamines.com). (Diakses pada tanggal 21 April 2019)
- Treybal, R. E. 1980. *Mass Transfer Operations 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Tsuneki, H., Koji, T., Fumiaki, M. 2002. *Method for Producing of Alkanolamine and Apparatus Therefor*. EP Patent No. 1.219.592 A1.
- Tsuneki, H. 2010. Development of Diethanolamine Selective Production Process Using Shape-Selective Zeolite Catalyst. *Catal Surv Asia* (2010) : 14. 116-123.
- Ulrich, G. D. 1984. *A Guide for Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.
- UN Comtrade Database. 2016. *Data Impor Trietanolamina di Negara ASEAN Tahun 2013-2017*. (Online). <https://comtrade.un.org/data/>. (Diakses pada tanggal 22 April 2019).
- U.S. National Library of Medicine. 2019. *Compound Summary*. (Online). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. (Diakses pada tanggal 21 April 2019).
- Walas, S. M. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. New York: Butterworth-Heinemann.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. New York: McGraw Hill Education.