

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN MONOETANOLAMINA
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

TIA AMALIA AGUSTIANTI

03031381320027

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PALEMBANG
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN MONOETANOLAMINA
KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN

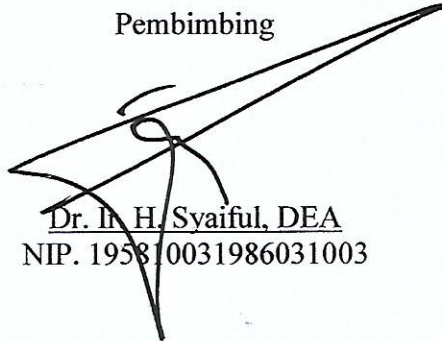
SKRIPSI

Dajukani untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana

Oleh:

Tia Amalia Agustianti 03031381320027

Pembimbing



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

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Monoetanolamina Kapasitas 100.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan Tia Amalia Agustianti di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Desember 2018.

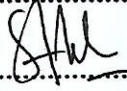
Palembang, April 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Ir. Hj. Tri Kurnia Dewi, M.Sc.

()

2. Ir. Siti Miskah, S.T.

()

NIP. 195602241984032002

3. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M. Eng.

()

NIP. 195910191987111001

4. 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 dibawah ini:

Nama : Tia Amalia Agustianti
NIM : 03031381320027
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Monoetanolamina
Kapasitas Produksi 100.000 Ton Per Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya 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, Juli 2019



Tia Amalia Agustianti

NIM 03031381320027

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya lah skripsi beserta laporan ini dapat diselesaikan dengan lancar dan tepat pada waktunya. Tugas akhir berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Monoetanolamina Kapasitas 100.000 Ton/Tahun”.

Penulisan tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan mengikuti ujian sarjana Tingkat Strata Satu di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Pada kesempatan ini, terima kasih kepada bapak Dr. Ir. H.Syaiful, DEA selaku dosen pembimbing tugas akhir dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyelesaikan tugas akhir ini walaupun terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman.
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERSYARATAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
ABSTRAK	xx
BAB I PEMBAHASAN UMUM	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	2
1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Monoetanolamina.....	3
1.3.1. Proses Menggunakan Katalis <i>Zinc Oxide</i>	3
1.3.2. Proses Amminasi dari Etilen Oksida dan Amonia	3
1.3.3. Proses Ammonolisa <i>Ethylene Chlorohidrin</i>	4
1.3.4. Proses Hydrogenasi <i>Formaldehyde Chlorohidrin</i>	4
1.4. Sifat Fisik dan Kimia	5
1.4.1. Bahan Baku.....	5
1.4.2. Produk.....	6
BAB II PERENCANAAN PABRIK	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	8
2.2. Penentuan Kapasitas.....	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku	10
2.4. Pemilihan Proses	10
2.5. Uraian Proses	11
2.5.1. Tahap Persiapan	11
2.5.2. Tahap Reaksi Pembentukan Etanolamina	11
2.5.3. Tahap Pemisahan Etanolamina	11
2.5.4. Tahap Pemurnian Produk	12
BAB III LOKASI TATA LETAK PABRIK	13
Lokasi Pabrik.....	13
Tata Letak Pabrik	15
Luas Area	16
3.1.1. Layout Pabrik	16
3.1.2. Layout Peralatan.....	17
BAB IV PERHITUNGAN NERACA MASSA DAN NERACA PANAS ...	19
4.1. Neraca Massa	19
4.1.1. Neraca Massa Mixed Point-01 (MP-01)	19
4.1.2. Neraca Massa Mixed Point-02 (MP-02)	19

4.1.3.	Neraca Massa Reaktor (R)	20
4.1.4.	Neraca Massa Stripper (ST)	20
4.1.5.	Neraca Massa Absorber (AB)	20
4.1.6.	Neraca Massa Evaporator (EV)	21
4.1.7.	Neraca Massa Kolom Destilasi (KD)	21
4.1.8.	Neraca Massa Condenser (CD)	22
4.1.9.	Neraca Massa Accumulator (ACC)	22
4.1.10.	Neraca Massa Reboiler (RB)	22
4.2.	Neraca Panas	23
4.2.1.	Neraca Panas Mixed Point-01 (MP-01)	23
4.2.2.	Neraca Panas Mixed Point-02 (MP-02)	23
4.2.3.	Neraca Panas Reaktor	23
4.2.4.	Neraca Panas Heater-01 (H-01)	23
4.2.5.	Neraca Panas Heater-02 (H-02)	24
4.2.6.	Neraca Panas Heater-03 (H-03)	24
4.2.7.	Neraca Panas Stripper (ST)	24
4.2.8.	Neraca Panas Cooler-01 (C-01)	24
4.2.9.	Neraca Panas Cooler-02 (C-02)	24
4.2.10.	Neraca Panas Cooler-03 (C-03)	25
4.2.11.	Neraca Panas Absorber (AB)	25
4.2.12.	Neraca Panas Evaporator (EV)	25
4.2.13.	Neraca Panas Kolom Destilasi (KD)	26
4.2.14.	Neraca Panas Condensor (CD)	26
4.2.15.	Neraca Panas Reboiler (RB)	26
BAB V	UTILITAS	27
5.1.	Unit Pengolahan Air (Water Treatment Plant)	27
5.1.1.	Air Pendingin	27
5.1.2.	Air Umpan Boiler	29
5.1.3.	Air Domestik	29
5.1.4.	Total Air yang Disuplai Unit Utilitas	30
5.2.	Unit Penyediaan Steam	30
5.3.	Unit Penyediaan Tenaga Listrik	30
5.3.1.	Kebutuhan Listrik Peralatan	31
5.3.2.	Kebutuhan Listrik Penerangan	31
5.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar	32
5.4.1.	Bahan Bakar untuk Boiler	33
5.4.2.	Bahan Bakar untuk Generator	33
5.4.3.	Total Kebutuhan Bahan Bakar Peralatan yang Membutuhkan Steam dan Generator	34
5.5.	Unit Pengadaan <i>Refrigrant</i>	34
BAB VI	SPESIFAKSI PERALATAN	35
6.1.	Tanki-01 (T-01)	35
6.2.	Tanki-02 (T-02)	35
6.3.	Tanki-03 (T-03)	36
6.4.	Tanki-04 (T-04)	37
6.5.	Heater-01 (H-01)	37

6.6. Heater-02 (H-02).....	38
6.7. Heater-03 (H-03).....	39
6.8. Pompa-01 (P-01).....	40
6.9. Pompa-02 (P-02).....	41
6.10. Pompa-03 (P-03).....	42
6.11. Pompa-04 (P-04).....	43
6.12. Pompa-05 (P-05).....	44
6.13. Pompa-06 (P-06).....	45
6.14. Pompa-07 (P-07).....	46
6.15. Reaktor (R).....	47
6.16. Stripper (ST).....	47
6.17. Absorber (AB).....	48
6.18. Evaporator (EV).....	49
6.19. Kolom Destilasi.....	50
6.20. Cooler-01 (C-01).....	51
6.21. Cooler-02 (C-02).....	52
6.22. Cooler-03 (C-03).....	52
6.23. Condenser (CD).....	53
6.24. Accumulator (ACC).....	54
6.25. Reboiler (RB).....	55
BAB VII ORGANISI PERUSAHAAN	56
7.1. Bentuk Perusahaan.....	56
7.2. Struktur Organisasi.....	57
7.3. Tugas dan Wewenang.....	57
7.3.1. Dewan Komisaris.....	57
7.3.2. Direktur.....	58
7.3.3. Manajer Teknik dan Produksi.....	58
7.3.4. Manajer Keuangan dan Pemasaran.....	59
7.3.5. Manajer Umum dan Personalia.....	60
7.3.6. Operator/Karyawan.....	60
7.4. Sistem Kerja.....	61
7.4.1. Waktu Kerja Karyawan <i>Non-Shift</i>	61
7.4.2. Waktu Kerja Karyawan <i>Shift</i>	61
7.5. Penentuan Jumlah Karyawan.....	62
7.5.1. <i>Direct Operating Labor</i>	62
7.5.2. <i>Indirect Operating Labor</i>	62
BAB VIII ANALISA EKONOMI	67
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	68
8.1.1. Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> (ACF).....	68
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal.....	69
8.2.1. Lama Pengangsuran Pengembalian Modal TCI.....	69
8.2.2. <i>Pay Out Time</i>	70
8.3. Total Modal Akhir.....	70
8.3.1. <i>Net Profit Over Total Life of Project</i> (NPOTLP).....	71
8.3.2. <i>Total Capital Sink</i>	72
8.4. Laju Pengembalian Modal.....	72

8.4.1. <i>Rate of Return Investment (ROR)</i>	72
8.4.2. <i>Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)</i>	72
8.5. <i>Break Even Point (BEP)</i>	74
8.5.1. <i>Metode Grafis</i>	74
8.5.2. <i>Metode Analitis</i>	75
BAB IX KESIMPULAN	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Kebutuhan Monoetanolamina di Indonesia.....	9
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pabrik	13
Gambar 3.2. Layout Pabrik	17
Gambar 3.3. Layout Peralatan	18
Gambar 7.1. Struktur Organisasi Perusahaan.....	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Kegunaan Etanolamina	2
Tabel 1.2. Perbandingan Proses Pembuatan Monoetanolamina.....	4
Tabel 5.1. Data Kebutuhan Air Pendingin Peralatan	27
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja <i>Shift</i>	61
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan	63
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Biodata

Lampiran II Paten Utama dan Pendukung

Lampiran III Tugas Khusus

ABSTRAK

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN MONOETANOLAMINA KAPASITAS PRODUKSI 100.000 TON/TAHUN

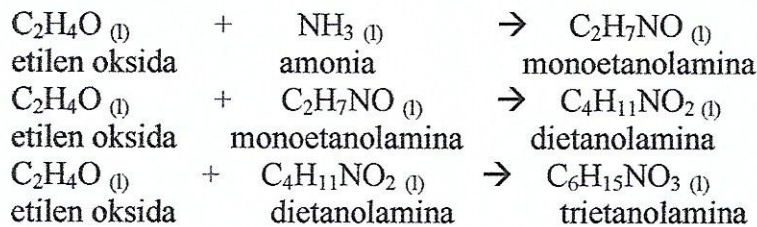
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 19 Desember 2018

Tia Amalia Agustianti; Dibimbing oleh Dr. Ir. H. M. Syaiful, DEA

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xv + 79 halaman, 6 tabel, 4 gambar, 4 lampiran

Pabrik Monoetanolamina direncanakan berlokasi di Kecamatan Ciampel, kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Pabrik ini meliputi area seluas 6 Ha dengan kapasitas 100.000 ton per tahun. Proses pembuatan Monoetanolamina dilakukan dengan mereaksikan Etilen Oksida dan Amonia pada Reaktor (R), pada temperatur operasi 75°C dan tekanan operasi 20 atm, dengan reaksi sebagai berikut:



Pada reaksi diatas, diperoleh Monoetanolamina dalam bentuk *liquid* dengan kemurnian 99,5%.

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

Hasil analisa ekonomi dari pra rencana Pabrik Pembuatan Monoetanolamina ini adalah sebagai berikut:

a) <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= US \$ 40.521.619,07
b) <i>Selling Price</i>	= US \$ 462.308.550,51
c) <i>Total Production Cost</i> (TPC)	= US \$ 428.658.371,29
d) <i>Annual Cash Flow</i> (ACF)	= US \$ 26.502.152,30
e) <i>Pay Out Time</i> (POT)	= 1,8 tahun
f) <i>Rate of Return on Investment</i>	= 58,12%
g) <i>Discounted Cash Flow – ROR</i>	= 65,19%
h) <i>Break Even Point</i> (BEP)	= 39%
i) <i>Service Life</i>	= 11 tahun

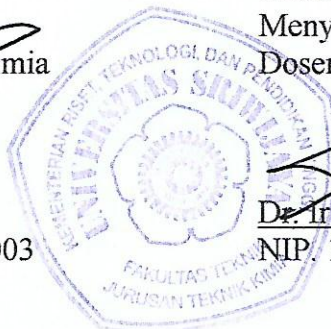
Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia

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

Palembang, Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

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



BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di sektor ekonomi yang sedang giat dikembangkan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional adalah pembangunan sektor industri. Industri merupakan elemen penting untuk menggerakkan roda perekonomian dan meningkatkan kemampuan daya saing global. Salah satu sasaran pembangunan ekonomi adalah agar negara Indonesia mempunyai industri yang kuat dan maju sehingga dapat menjamin kelangsungan pembangunan nasional.

Pembangunan industri ini dikembangkan secara bertahap dan terpadu melalui peningkatan keterkaitan antar industri dan sektor ekonomi lainnya. Untuk menunjang pelaksanaan pembangunan industri di dalam negeri dilakukan pengurangan pemakaian bahan-bahan industri yang diproduksi di dalam negeri. Pembangunan ini diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan industri di negara Indonesia.

Pembangunan industri dalam negeri juga dapat mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain. Dari pertimbangan tersebut, dibuatlah suatu pra rencana pabrik pembuatan monoetanolamina. Etanolamina (*ETA*, 2-aminoethanol, *monoethanolamine*, *MEA*) adalah senyawa organik dari golongan amina primer, sekaligus merupakan golongan alkohol primer. Tidak seperti senyawa amina lainnya, etanolamina lebih bersifat basa meskipun lemah. Dengan bentuk cairan yang cukup kental, etanolamina bersifat toksik, mudah terbakar, korosif, tidak berwarna dengan bau mirip amonia. Etanolamina lebih sering disebut monoetanolamina, untuk membedakan dari senyawa dietanolamina dan trietanolamina. Etanolamina banyak ditemukan pada gugus kepala fosfolipid pada membran sel. Dengan bentuk cairan yang cukup kental, etanolamina bersifat toksik, mudah terbakar, korosif, tidak berwarna dengan bau mirip amonia. Etanolamina lebih sering disebut monoetanolamina, untuk membedakan dari senyawa dietanolamina dan trietanolamina

Tabel 1.1 Kegunaan Etanolamina

Tipe Pengaplikasian	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: The DOW chemical company, 2003)

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 menggantikan peran klorohidrin.

Industri modern yang memproduksi etanolamina beroperasi dengan mereaksikan 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. Pada kenyataannya, air berperan sebagai katalis pada reaksi. Monoetanolamina, dietanolamina, dan trietanolamina,

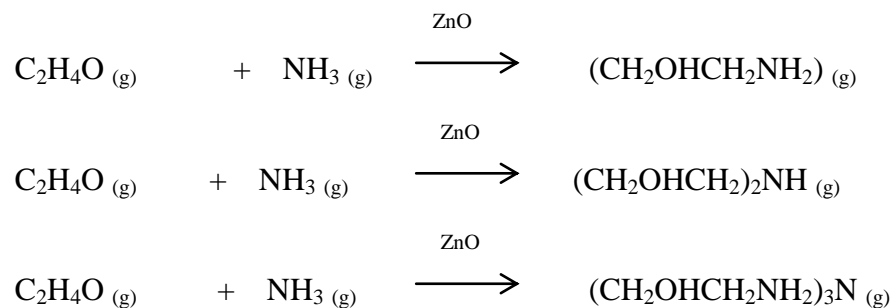
diproduksi dengan konsep *three parallel-consecutive competitive reactions*. Karena sifat yang alkoholik dari monoetanolamina, maka bahan kimia ini sering digunakan pada pembuatan detergen, tekstil, obat-obatan, serta sebagai *emulsifier*, dan *corrosion inhibitor* sebagai bahan aditif pada semen.

1.3. Macam-macam Proses Pembuatan Monoetanolamina

Monoetanolamina dapat dibuat dengan berbagai macam proses. Proses pembuatan dapat dibedakan berdasarkan penggunaan bahan baku, katalis, kondisi reaksi dan jenis.

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 sebagai berikut:

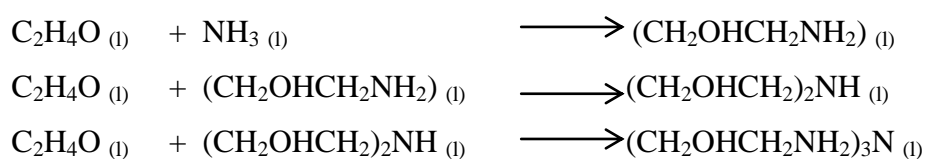


Kondisi operasi yang terjadi pada reaksi ini adalah temperatur 80-170°C dan tekanan diatas atmosfer (atm).

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 diatas atmosfer (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 amonia. 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 diethanolamin. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Tabel. 1.2 Perbandingan Proses Pembuatan Monoetanolamina

Nama proses	Proses hydrogenasi formaldehyde	Proses ammonolisa etilen chlorohidrin	Proses amminasi dari etilen oksida dan amonia	Proses dengan menggunakan katalis ZnO
Bahan baku	Formaldehyde cyanohidrin dan hidrogen	Etilen chlorohidrin dan larutan amonia	Etilen dan amonia	Etilen dan amonia
Katalis	Nikel	-	-	ZnO
Konversi	89%	78,5%	99,99%	83%
Kondisi operasi	130°C, 70 atm	150°C – 275°C, 102,07 atm	60°C - 150 °C, 10 atm	150°C, 160 atm

Produk samping	DEA, H ₂	NH ₄ Cl	DEA, TEA	DEA, TEA
Jenis reaktor	<i>Fixed bed</i>	Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB)	Multitubular Reactor	<i>Fixed bed</i>

1.4. Sifat - Sifat Fisik dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1) Etilen Oksida

Rumus Kimia	: C ₂ H ₄ O
Berat Molekul	: 44,053 kg/kmol
Densitas	: 0,862 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: 10,7°C
Titik Lebur	: -111,7°C
Temperatur Kritis	: 196°C
Tekanan Kritis	: 70,99 atm
ΔH _f ^o (kJ/mol)	: -95,73
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: 35,720 + 4,29 x 10 ⁻¹ T - 1,547 x 10 ⁻³ T ² + 2,407 x 10 ⁻⁶ T ³
Wujud	: Gas

2) Ammonia

Rumus Kimia	: NH ₃
Berat Molekul	: 17,031 gr/mol
Densitas	: 0,602 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: -33,43°C
Titik Lebur	: -77,74°C
Temperatur Kritis	: 132,5°C
Tekanan Kritis	: 111,30 atm
ΔH _f ^o (kJ/mol)	: -45,90
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: 33,573 - 1,2581 x 10 ⁻² T + 8,8906 x 10 ⁻⁵ T ² - 7,1783 x 10 ⁻⁸ T ³ + 1,8569 x 10 ⁻¹¹ T ⁴
Wujud	: Gas

3) Air

Rumus Kimia	: H ₂ O
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
ΔH_f° (kJ/mol)	: -285,83
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $92,053 - 3,995 \times 10^{-2} T - 2,110 \times 10^{-4} T^2 + 347 \cdot 10^{-7} T^3$
Wujud	: cair

1.4.2. Produk**1) Monoetanolamina**

Rumus Kimia	: C ₂ H ₇ NO
Berat Molekul	: 61,084 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
ΔH_f° (kJ/mol)	: -507,5
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $23,111 + 1,228 T - 3,122 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,071 \cdot 10^{-6} T^3$
Wujud	: cair

2) Dietanolamina

Rumus Kimia	: C ₄ H ₁₁ NO ₂
Berat Molekul	: 105,137gr/mol
Titik Didih	: 268,89°C (pada 25°C, 1 atm)
Titik Lebur	: 28°C
Temperatur Kritis	: 441,85°C

Tekanan Kritis	: 32,27 atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: -397,13
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $76,703 + 1,082 T - 2,486 \cdot 10^3 T^2 + 2,249 \cdot 10^6 T^3$
Wujud	: cair

3) Trietanolamina

Rumus Kimia	: $C_6H_{15}NO_3$
Berat Molekul	: 149,190 gr/mol
Densitas	: 1,120 gr/ml (pada 25°C, 1 atm)
Titik Didih	: 339,85°C
Titik Lebur	: 21,2°C
Temperatur Kritis	: 513,85°C
Tekanan Kritis	: 24,17 atm
ΔH_f° (kJ/mol)	: -665,7
Kapasitas Panas (J/mol.K)	: $179,047 + 1,244 T - 2,663 \cdot 10^3 T^2 + 2,338 \cdot 10^6 T^3$
Wujud	: cair

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hazmi et al. 2015. *Minimizing Water Content In Ethanolamine Product Streams* (Patent US 9,227,912 B2). www.google.com/patens. Diakses 14 Oktober 2018.
- Anonim. *Earth.google.co.id*. Diakses pada 24 Agustus 2018 pukul 14.30 WIB.
- Anonim. 2013. *Chemical Equipment Price*. www.matche.com. Diakses pada tanggal 27 Agustus 2018.
- Askin, dkk. *Desain Alat Evaporator*, J. Teknik Pertanian (J-TEP) vol. 1 no. 2, Oktober 2014, Universitas Jember, website: www.ftp.unej.ac.id/jtep/vol1no2/7.pdf. Diakses pada tanggal 29 September 2017.
- Carlona, 2012. *Evaporator Handbook*. Website: <http://www.spxflow.com>. Diakses pada tanggal 29 September 2017.
- Coulson dan Richardson. 2005. *Chemical Engineering Volume 6 4th Edition*. Elsevier: Oxford.
- Felder, R. M. dan Rousseau R. W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process, 3rd Edition*. John Wiley & Sons, Inc: New York.
- Geankoplis, C.J. 1985. *Mass Tansport Phenomena*. Columbus : Ohio.
- H.Hammer. 2003. *Ethanolamines and Propanolamines*. *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 6th Ed*. Willey-VCH : New York
- Hill, C. G. 1977. *An Introduction to Chemical Engineering Kinetics & Reactor Design*. John Wiley and Sons: New York.
- Indra, W. 2012. *Evaporator*. J. Teknik Kimia, Universitas Lampung, website: <https://indrawibawads/2012/01/evaporator.pdf>. Diakses pada tanggal 9 September 2018.
- Ismail, S. 1999. *Alat Industri Kimia*, Universitas Sriwijaya: Inderalaya.

- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Edition: Auckland.
- Kister, H. Z. 1992. *Distillation Design*. McGraw Hill: New York.
- Levenspiel, O. 1973. *Chemical Reaction Engineering, 2nd Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Ludwig, E. E. 1997. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants Vol. 2 3rd Edition*. Gulf: Texas.
- Marvin et al.. 2015. *Process For Making Ethanolamines* (Patent US 9,120,720 B2). www.google.com/patens. Diakses 24 Juli 2018
- McCabe, W.L. dan Smith, J.C. 1999. *Operasi Teknik Kimia. Alih Bahasa Jasiji, E. Ir. Edisi ke-4*. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Perry, R.H. dan Green, D. 1999. *Perry's Chemical Engineers Handbook, 7th Edition*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Peters, M. S. dan Timmerhaus, K. D. 1991. *Plant Design dan Economic for Chemical Engineering, 4 th Edition*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Rayner, R. 1995. *Pump Users Handbook 4th edition*. Elsevier: Oxford.
- Sinnott, R. K. 2005. *Coulson and Richardson's Chemical Engineering Design 4th Edition, Volume 6*. Butterworth – Heinemann: Oxford.
- Smith, J.M. Ness, Van H.C. dan Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 6th Edition*. McGraw-Hill Book Company: New York.
- Treybal, R.E. 1980. *Mass Transfer Operations, 3rd Edition*. McGraw-Hill Book Co: Rhode Island.
- Wallas, S.M. 1998. *Chemical Process Equipment Selection dan Design*. Butterwoths Publishers: Boston USA.