



***TUBULAR REACTOR DESIGN PADA PABRIK
ETHANOLAMINE MENGGUNAKAN KATALIS AIR
DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN***

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Kimia**

Oleh :

Ragil Budiarto

NIM.5213415045

**TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ragil Budiarto
NIM : 5213415045
Program Studi : S-1 Teknik Kimia
Judul SKRIPSI : *Tubular Reactor Design* pada Pabrik *Ethanolamine*
menggunakan Katalis Air dengan Kapasitas 50.000
Ton/Tahun

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 15 Juli 2019
Pembimbing,



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.
NIP. 197310172000032001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*Tubular Reactor Design* pada Pabrik *Ethanolamine* menggunakan Katalis Air dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 30 bulan Juli tahun 2019.

Oleh:

Nama : Ragil Budiarto
NIM : 5213415045
Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Ketua Panitia

Sekretaris



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji 1

Penguji 2

Pembimbing



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.
NIP. 197309082006042001



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.
NIP. 19731017200003001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus, M.T. IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 18 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,

Ragil Budiarto



NIM 5213415045

MOTTO DAN PERSEMBAHAS

MOTTO :

“Teruslah berusaha karena apa yang akan kita dapat adalah dari usaha kita sendiri”

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT
2. Nabi Muhammad SAW
3. Ibu dan Bapak
4. Kakak dan Adik
5. Saudaraku
6. Dosen-dosenku
7. Sahabat-sahabatku
8. Almamaterku

ABSTRAK

TUBULAR REACTOR DESIGN PADA PABRIK ETHANOLAMINE MENGUNAKAN KATALIS AIR DENGAN KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Ragil Budiarto

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Dosen Pembimbing : Dr. Widi Astuti.,S.T.,M.T.

Ethanolamine merupakan produk yang dibuat dengan mereaksikan antara etilen oksida dan ammonia sehingga membentuk *ethanolamine* yang terdiri dari tiga produk utama yaitu *monoethanolamine*, *diethanolamine*, dan *triethanolamine*. *Ethanolamine* direaksikan pada temperatur 75°C dan tekanan 15 atm. Perbandingan mol masuk antara ammonia dan etilen oksida adalah 10:1. Dalam reaksi pembentukan *ethanolamine* reaksi yang terbentuk sangat eksotermis sehingga diperlukan reaktor yang dapat menjaga temperatur tetap konstan pada kondisi operasinya. Salah satu jenis reaktor yang tepat untuk pembentukan produk *ethanolamine* adalah *multitubular reactor*.

Multitubular reactor merupakan reaktor yang memiliki beberapa pipa yang disusun dalam sebuah *shell*, dimana didalam pipa reaktan bereaksi dan pemanas atau pendingin berada di shell. Hasil perancangan dari *multitubular reactor* adalah diameter tube sebesar 0,75 in dengan jumlah tube sebanyak 109, reaktor ini akan mencapai konversi 99,9% pada 29,56 m panjang reaktor dengan waktu tinggal 29 detik. Reaktor ini membutuhkan pendingin sebanyak 92987,61 kg/jam untuk menjaga reaktor berjalan *isothermal* pada temperatur 75°C

Kata kunci : *ethanolamine, Multitubular Reactor, ammonia, etilen oksida*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Tubular Reactor Design* pada Pabrik *Ethanolamine* menggunakan Katalis Air dengan kapasitas 50000 ton/tahun”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia
3. Dr. Widi Astuti S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya serta penuh kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, pengarahan dalam penyusunan skripsi.
4. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Dr. Megawati., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Ibu dan keluarga yang telah memberikan perhatian dan dukungannya.
7. Teman-teman angkatan 2015 dan semua pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan maupun industri di masyarakat.

Semarang, 9 agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>Ethanolamine</i>	5
2.2 Pembuatan <i>Ethanolamine</i>	5
2.3 <i>Tubular Reactor</i>	6
2.4 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Prosedur Kerja.....	13
3.3 Diagram Alir	14
BAB IV PEMBAHASAN.....	15
4.1 Data Fisis.....	15
4.2 Mencari Persamaan Kecepatan Reaksi	18
4.3 Menentukan Spesifikasi Tube	19
4.4 Menentukan Jumlah Tube	20

4.5 Mencari Panjang Reaktor.....	21
4.6 Menghitung Tebal Shell.....	25
4.7 Menghitung Tebal Head.....	26
4.8 Menghitung Volume Reaktor.....	26
4.9 Mencari Kebutuhan Pendingin.....	27
4.10 Menghitung Koefisien Transfer Panas.....	29
4.11 Menghitung Pressure Drop	31
4.12 Menghitung Pipa Pemasukan.....	33
4.13 Menghitung Pipa Pengeluaran	34
BAB V KESIMPULAN.....	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 4.1 Skema Alat <i>Multitubular</i> Reaktor	15

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data umpan masuk reaktor	15
Tabel 4.2 Data Densitas masing-masing Komponen	16
Tabel 4.3 Data Viskositas Liquid.....	16
Tabel 4.4 Data Kapasitas Panas Liquid Masing-Masing Komponen	17
Tabel 4.5 Data Konduktivitas Termal Masing-Masing Komponen.....	17
Tabel 4.6 Perhitungan Panjang Reaktor dengan Menggunakan <i>Runge Kutta</i> .	24
Tabel 4.7 Panas Arus Masuk Reaktor	27
Tabel 4.8 Panas Arus Keluar Reaktor	28
Tabel 4.9 Panas yang Dihasilkan oleh Reaksi 1	28
Tabel 4.10 Panas yang Dihasilkan oleh Reaksi 2	28
Tabel 4.11 Panas yang Dihasilkan oleh Reaksi 3	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dalam bidang industri sangatlah cepat . seiring dengan perkembangan zaman pengembangan di berbagai bidang harus ditingkatkan salah satu cara agai taraf hidup bangsa meningkat adalah dengan mengembangkan pembangunan di bidang industri. Industri kimia merupakan salah satu industri yang sangat vital dan strategis hamper disetiap Negara didunia . tak terkecuali di Indonesia yang menaruh perhatian pada industri kimia, karena industri ini memiliki keterkaitan dengan indutri lainnya.

Indonesia pada saat ini sudah mulai mulai melakukan pembangan industri kimia namun sebagian besar bahan baku serta bahan pendukung masih impor untuk mendukung proses produksinya. Ketergantungan bahan baku impor yang tinggi menyebabkan industri nasional rentan terhadap gejolak kurs (Kementerian Perindustrian, 2018). Salah satu bahan kimia yang diimpor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri adalah ethanalamine. Diaman ethanalamine didapatkan dari reaksi antara etilenoksida dan ammonia sehingga membentuk ethanalamine yang terdii dari monoethanalamine, diethanalamine dan triethanalamine (Marvin dan Billig, 2016).

Pada pembuatan ethanalamine dapat dilakukan dengan dua proses, yaitu dengan mereaksikan antara etilen oksida dengan ammonia anhydrous dan mereaksikan etilen oksida dengan ammonia aqueous (Ruehl *et al.*, 1997,Garg *et al.*, 2004). Reaksi pada pembentukan ethanalamine berlangsung sangat eksotermis dan dijalankan secara isotermis oleh sebab itu diperlukan reaktor yang mampu untuk menjaga suhu agar reactor dapat dijalankan secara isotermis.

Tubular reactor adalah salah satu jenis reactor yang berbentuk pipa lurus, diaman didalam pipa tersebut fluida direaksikan dengan menggunakan *system steady state*. *Tubular reactor* memiliki beberapa jenis yaitu reactor alir pipa, *multi tubular reactor* dan *fixed bed tubular reactor*. Sehingga dalam penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut perancangan reactor tubular sehingga didapatkan efisiensi alat maksimum.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

- a. *Ethanolamine* adalah produk *intermediate* yang sering digunakan, akan tetapi belum ada pabrik *ethanolamine* yang ada di Indonesia sehingga kebutuhan *ethanolamine* dipenuhi dengan cara impor.
- b. Ammonia dan etilen oksida adalah bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *ethanolamine* dimana reaksi antara keduanya berlangsung sangat eksotermis dan dilakukan pada tekanan yang cukup tinggi sehingga diperlukan pendingin menjaga kondisi reactor tetap isotermis dan kekuatan reactor untuk menahan tekanan dari kondisi operasi pembentukan *ethanolamine*
- c. Tubular reactor digunakan untuk mereaksikan etilenoksida dan ammonia untuk menjadi *ethanolamine*

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada penelitian ini, diantaranya :

- a. Perancangan pabrik *ethanolamine* di Indonesia perlu dilakukan karena belum ada pabrik yang memproduksi *ethanolamine* di Indonesia.

- b. Tubular reactor adalah alat yang akan dirancang untuk mereaksikan etilen oksida dan ammonia
- c. *Multitubular reactor* merupakan jenis *tubular reactor* yang akan dirancang dalam penelitian ini

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana proses reaksi etilen oksida dan ammonia dengan menggunakan multitubular reactor?
- b. Bagaimana tahap-tahap perancangan *multitubular reactor* untuk mereaksikan etilen oksida dan ammonia?
- c. Bagaimana hasil perancangan *tubular reactor* dengan jenis *multitubular reactor*?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Menentukan kondisi operasi dari multitubular reactor untuk mereaksikan etilen oksida dan ammonia
- b. Mengetahui dimensi perancangan *multitubular reactor* untuk memproduksi *ethanolamine*?
- c. Mengetahui hasil perancangan pendingin *multitubular reactor* untuk memproduksi *ethanolamine*?

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi :

- a. Bagi Lingkungan dan Masyarakat

Memberi kontribusi dan wawasan dalam perancangan multitubular reactor untuk produksi ethanolamine.

b. Bagi IPTEK

Memberikan informasi bahwa proses reaksi ethanolamine dalam multitubular reactor sangat cocok untuk diaplikasikan dalam industry

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Ethanolamine*

Ethanolamine merupakan senyawa organik dari golongan amina primer dan merupakan golongan alcohol primer. *Ethanolamine* sering disebut dengan *monoethanolamine* atau *2-aminoetanol*. *Ethanolamine* salah satu bahan penunjang penting dalam industri kimia (Yeon *et al.*, 2007). seperti detergen, tekstil, kosmetik dan pemurnin gas. *Ethanolamine* terdiri dari *monoethanolamine diethanolamine* serta *triethanolamine*, didalam negeri *ethanolamine* masih belum ada industri yang memproduksinya sehingga untuk memenuhi kebutuhan *ethanolamine* masih didatangkan dari luar negeri. *Ethanolamine* diproduksi dengan mereaksikan antara etilen oksida dengan ammonia, namun reaksi ammonia dengan etilen oksida berjalan lambat sehingga digunakan katalis berupa air untuk mempercepat reaksi. Reaksi ethilen oksida dengan menggunakan katalis air memiliki kondisi operasi suhu sampai 150°C dengan dengan tekanan mencapai 15 MPa dengan konsentrasi ammonia yang digunakan sekitar 50-100% dengan perbandingan mol ammonia dan amol etilen oksida mencapai 40:1 (ulman,2012).

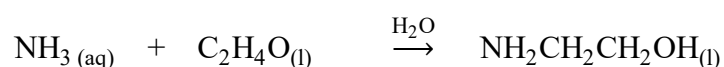
2.2 Pembuatan *Ethanolamine*

Pembuatan *ethanolamine* memiliki 2 proses yang dapat digunakan yaoti proses dengan menggunakan *ammonia anhydrous* dan proses dengan menggunakan *ammona aqueous* dalam. Pada pembuatan *ammonia* dengan menggunakan *ammonia anhydrous* memiliki kondisi operasi yang cukup tinggi dimana reaksi dapat terjadi pada suhu 150-225°C dengan tekanan operasi sekitar 68-170 atm namun konversi yang dihasilkan cukup rendah yaitu hanya sekitar 70-80% dari total etilen oksida (MacKenzie, 1958). Sedangkan peroses yang kedua menggunakan

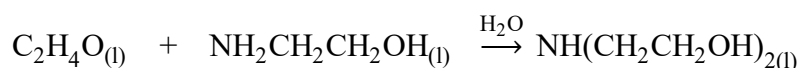
ammonia aqueous yang beroperasi pada tekanan 10-20 atm dengan suhu operasi 40-75°C dan konversi yang dihasilkan mendekati sempurna yaitu 99,9% (marvin,2016)

Proses pembuatan *ethanolamine* merupakan reaksi yang terjadi antara *ammonia* dan etilen oksida reaksi yang terjadi adalah reaksi seri paralel dimana reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut:

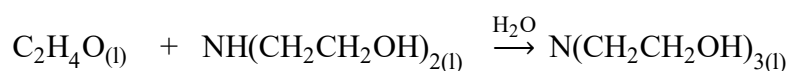
Reaksi 1



Reaksi 2



Reaksi 3



(Sumber: Zahedi *et al*, 2009)

2.3 Tubular reactor

Tubular reactor adalah salah satu jenis reactor yang memiliki pipa lurus, didalam pipa tersebut fluida direaksikan dengan menggunakan *system steady state*. *Tubular reactor* memiliki beberapa jenis yaitu reactor alir pipa, *multi tubular reactor* dan *fixed bed tubular reactor*. Reaktor Alir Pipa merupakan reactor yang mereaksikan gas-gas atau cair-cair dimana reaksi tidak menimbulkan panas yang terlalu tinggi. Reaktor jenis ini memiliki aliran *plugflow* yang optimal untuk kecepatan reaksi. Multi tubular reaktor hampir sama dengan *plugflow* reaktor

namun reaktor jenis ini memiliki beberapa pipa yang disusun dalam sebuah *shell*, didalam pipa reaktan bereaksi dan pemanas atau pendingin berada di *shell*. Reactor ini digunakan apabila dibutuhkan sistem transfer panas dalam reaktor. Suhu dan konversi tidak homogen di semua titik. Sedangkan *Fixed Bed Reactor* merupakan reaktor berbentuk pipa besar yang didalamnya berisi katalisator padat. Reactor jenis ini digunakan untuk reaksi gas dengan katalisator padat dan diperlukan proses transfer panas yang cukup besar, dimana reaktan bereaksi di dalam *tube* yang berisi katalisator dan pemanas/pendingin mengalir di luar *tube* di dalam *shell*.

Reaksi yang terjadi pada produksi ethanalamine merupakan reaksi eksotermis, sedangkan reactor yang digunakan dalam pembuatan *ethanalamine* dijalankan secara isotermis dimana tidak ada perubahan suhu didalamnya, oleh sebab itu pada perancangan ini jenis reactor yang digunakan adalah jenis *multitubular reactor* karena reactor jenis ini memiliki luar transfer panas yang luas sehingga dapat untuk menjaga kondisi reactor tetap isotermis

2.4 bahan baku dan produk

2.4.1 Spesifikasi Bahan baku

1. Etilene Oksida

- Wujud : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Kemurnian : 99,8 %

(Petronas Chemical Group, 2018)

Sifat Fisika dan Kimia

- Rumus molekul : C_2H_4O
- Berat molekul : 44,053 g/mol

- Titik didih (1 atm) : 10,6 °C
- Titik didih (15 atm): 140,89 °C
- Titik leleh : -111,7 °C
- Tekanan uap : 1095 mmHg @20 °C
- Viscosity : 9,45x10⁻³ mPa.s @25 °C
- Kenampakan : gas tidak berwarna
- Mudah terbakar
- Larut dalam air
- Tingkat toksik

LC50 = 1462 ppm/4 jam (inhalation rat) artinya sejumlah 50% tikus sampel mati saat menghirup sejumlah 1462 ppm etilen oksida selama 4 jam.

LD50 = 72 mg/kg (oral rat) artinya sejumlah 50% tikus sampel mati saat diberi dosis 72 mg tiap 1 kg berat tikus.

(Pubchem Ethylene Oxide, 2018)

2. Ammonia

- Wujud : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Kemurnian : 99,5 %
- Impuritas (air) : 0,5 %

(PT.Pupuk Kaltim, 2018)

Sifat fisika dan sifat kimia

- Rumus molekul : NH₃
- Berat molekul : 17,031 g/mol

- Titik didih (1 atm) : -33 °C
- Titik didih (15 atm) : 103,02 °C
- Titik Leleh : -77,7 °C
- Densitas : 0,696 g/L
- Tekanan uap : 7500 mmHg @25 °C
- Kelarutan di dalam air : 4,82x105 mg/liter @24 °C
- Kenampakan : gas tidak berwarna
- Gas mudah terbakar
- Tingkat toksik

LC50 = 6190 ppm/jam (inhalation rat) artinya sejumlah 50% tikus sampel mati saat menghirup sejumlah 6190 ppm etilen oksida selama 4 jam.

LD50 = 350 mg/kg (oral rat) artinya sejumlah 50% tikus sampel mati saat diberi dosis 350 mg tiap 1 kg berat tikus.

(Pubchem Ammonia, 2018)

2.4.2 Spesifikasi produk

1. Produk Utama

a. Monoetholamine (MEA)

- Wujud : cair
- Warna : tidak berwarna
- Kemurnian: 99 %

Sifat fisika dan Sifat Kimia

- Rumus molekul : C₂H₇NO
- Berat molekul : 61,084 gr/mol

- Titik didih (1 atm) : 171 °C
- Suhu kritis : 397,85 °C
- Tekanan kritis : 8 Mpa
- Kelarutan dalam air : 1000000 mg/L
- Densitas : 1.0180 g/cm³ pada suhu 20 °C
- Viskositas : 18,95 cP @25 °C
- Kenampakan : cair tidak berwarna
- Mudah terbakar pada suhu tinggi
- Korosif terhadap logam
- Larut dalam air, etanol, dan aseton, kloroform
- Tingkat Toksik

LD50 : 2050 mg/kg (oral rat) artinya sejumlah 50% tikus sampel mati saat diberi dosis 2050 mg tiap 1 kg berat tikus.

(Pubchem Monoethanolamine, 2018)

b. Diethanolamine (DEA)

- Wujud : cair
- Warna : tidak berwarna
- Kemurnian: 99%

Sifat Fisika dan Sifat Kimia

- Rumus molekul : C₄H₁₁NO₂
- Berat molekul : 105,137 g/mol
- Titik didih (1 atm): 268,8 °C
- Titik leleh : 28 °C

- Kelarutan dalam air: 954 gram/liter (20 °C)
- Tekanan uap : $2,8 \times 10^{-4}$ mmHg @25 °C
- Viskositas : 351,9 cP at 30 °C
- Kenampakan : cair tidak berwarna
- Mudah terbakar
- Larut dalam air, ethanol, methanol, aseton
- Tingkat Toksik

LD50 : 710 mg/kg (oral rabbit) artinya sejumlah 50% kelinci sampel mati saat diberi dosis 710 mg tiap 1 kg berat kelinci.

(Pubchem Diethanolamine, 2018)

c. Triethanolamine (TEA)

- Wujud : cair
- Warna : tidak berwarna
- Kemurnian : 99%

Sifat Fisika dan Sifat Kimia

- Rumus molekul : $C_6H_{16}NO_3$
- Berat molekul : 149,19 gr/mol
- Titik didih (1 atm): 335,4 °C
- Titik leleh : 21,6 °C
- Tekanan uap : $3,59 \times 10^{-6}$ @25 °C
- Viskositas : 590,5 cP @25 °C
- Mudah terbakar

- Kenampakan : cair
- Larut dalam air, aseton, dan methanol.
- Tingkat Toksik

LD50 : 8 g/kg (oral rat) artinya sejumlah 50% kelinci sampel mati saat diberi dosis 8 gram tiap 1 kg berat kelinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, Lloyd E, Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Dicken, Peter. 2011. *Global Shift Mapping The Changing Contour of World Economy 6th Edition*. New York : The Guildford Press.
- Q. Kern, Donald. 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill Book Company. Japan
- Fassler, Peter and Aureo Celeghin. 2010. *Cost-efficient production of ethanalamines*. Sulzer Technical Review 3.
- Garg, Diwakar, Shashank Navin Shah, Matthew Joseph Okasinski, Ava S, and Drayton-Elder. 2004. *US 2004/0068143 A1 Process for Producing Alkanolamines*. Hamilton Boulevard Allentown.
- Kementerian Perindustrian. 2018. *64% dari Industri Nasional Bergantung pada Bahan Baku Impor* <http://www.kemenperin.go.id/artikel/9306/64-dari-Industri-Nasional-Bergantung-pada-Bahan-Baku-Impor>. Diakses pada tanggal 6 Desember 2018.
- Ludwig, Ernest E. 2001. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Vol 2 3th ed*. Gulf Publishing Company. Houston.
- Marvin, Katelyn, Barry Jay Billig. 2016. *US Patent 9,227,912 B2 Process for Making Ethanalamines*. Scientific Design Company.
- Petronas Chemical Group. 2015. <https://www.icis.com>. Diakses pada tanggal 15 Oktober 2018.
- Pubchem Ammonia. 2018. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada tanggal 1 Januari 2018.
- Pubchem Diethanolamine. 2018. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada tanggal 1 Januari 2018.
- Pubchem Ethylene Oxide. 2018. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada tanggal 1 Januari 2018.
- Pubchem Monoethanolamine. 2018. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada tanggal 1 Januari 2018.
- Pubchem Triethanolamine. 2018. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses pada tanggal 1 Januari 2018.
- Pupuk Kaltim. 2017. <https://www.pupukkaltim.com/id/laporan-laporan-tahunan>. Diakses pada tanggal 16 Oktober 2018.
- Sinnot, R.K. 2005. *Coulson and Richardson's: Chemical Engineering Design, Vol 6 4th ed*. Elsevier Ltd. Oxford.
- U. Aronu, H.Svendsen, K.Hoff, and O. Juliussen, 2009. *Solvent Selection for Carbon Dioxide Absorption*. Energy Procedia, 2009. 1(1) : p.1051-1057.

- Ullmann's. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany :VCH Verlagsgesell Scahf, Wanheim.
- Budi, Wahyudi. 1997. *Permodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia*. Andi Offset. Yogyakarta
- Zahedi, Gholamreza, Saeideh Amraei, and Mazda Biglari. 2009. *Simulation and Optimization of Ethanol Amine Production Plant*. Korean J. Chem. Eng., 26(6), 1504-1511(2009).