



***SIEVE TRAY DISTILLATION TOWER PABRIK
ETHANOLAMINE DENGAN PROSES AMMONIA
AQUEOUS KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN***

Skripsi

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

Oleh

Miftakhul Hidayah

NIM. 5213415015

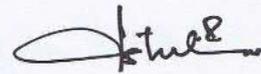
**TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Miftakhul Hidayah
NIM : 5213415015
Program Studi : S-1 Teknik Kimia
Judul : *Sieve Tray Distillation Tower* Pabrik *Ethanolamine* dengan
Proses *Ammonia Aqueous* 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, 9 Juli 2019
Pembimbing ,



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

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “*Sieve Tray Distillation Tower Pabrik Ethanolamine dengan Proses Ammonia Aqueous Kapasitas 50.000 Ton/Tahun*” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 22 bulan Juli tahun 2019.

Oleh:

Nama : Miftakhul Hidayah
NIM : 5213415015
Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Ketua Panitia



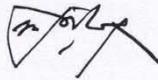
Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Sekretaris



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

Penguji 1



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

Penguji 2



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

Pembimbing



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

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



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

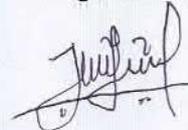
PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, 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, 9 Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Miftakhul Hidayah
NIM. 5213415015

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

*“Tidak ada yang mudah dan juga tidak ada yang tidak mungkin di dunia ini.
Lakukan, Kerjakan, dan Serahkan pada Allah SWT”*

PERSEMBAHAN

1. Tuhan Yang Maha Esa.
2. Ibu dan Bapak
3. Kakak dan Adik
4. Saudaraku
5. Dosen-dosenku.
6. Sahabat-sahabatku.
7. Almamaterku

ABSTRAK

Hidayah, Miftakhul. 2019. “*Sieve Tray Distillation Tower Pabrik Ethanolamine Dengan Proses Ammonia Aqueous Kapasitas 50.000 Ton/Tahun*”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

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

Perkembangan kemajuan teknologi dalam dunia industri saat ini sangat pesat. Banyak teknologi terkini yang diterapkan dalam dunia industri. Salah satunya adalah industri kimia, industri kimia merupakan salah satu industri yang sangat penting karena industri kimia banyak yang mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainnya. Ketergantungan bahan baku impor yang tinggi menyebabkan industri nasional rentan terhadap gejolak kurs. Salah satu bahan baku yang masih diimpor adalah bahan kimia *ethanolamine*. Produk *ethanolamine* terdiri dari *monoethanolamine*, *diethanolamine*, *triethanolamine*. Pada proses pembuatan *ethanolamine* dengan menggunakan *ammonia aqueous* membutuhkan beberapa alat utama, salah satu alat utama yang digunakan untuk proses pemurnian *ethanolamine* adalah menara distilasi. Menara distilasi pada pabrik *ethanolamine* menggunakan *sieve tray distillation*. Hasil perancangan menara distilasi yang menggunakan bahan *stainless steel SA-240 type 304* dengan jumlah *plate* 32 buah, *tray spacing* 0,3 m, tinggi menara 9,5578 m, diameter menara 0,7714 m, tebal *head* dan tebal *shell* sebesar 0,1875 m dengan kemurnian *monoethanolamine*, *diethanolamine*, *triethanolamine* masing-masing 99%.

Kata kunci: Industri, *Ethanolamine*, Menara Distilasi.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Sieve Tray Distillation Tower Pabrik Ethanolamine dengan Proses Ammonia Aqueous Kapasitas 50.000 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. Zuhriyan Ash Shiddiqezy Bahlawan 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, Juli 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 TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Ethanolamine</i>	6
2.2 Distilasi	8
2.3 Prinsip Distilasi	9
2.4 Klasifikasi Distilasi	11
2.5 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Operasi	13
2.6 Tipe Kolom Distilasi	15
2.7 <i>Sieve Tray Distillation</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.3 Prosedur Kerja.....	17
3.4 Diagram Alir Penelitian	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Perancangan Menara Distilasi.....	20
4.2 Perhitungan Dimensi Menara Distilasi	53
BAB V PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Perbandingan Pemilihan Lokasi Pabrik <i>Ethanolamine</i>	2
Tabel 4.1 Konstanta Antoine.....	20
Tabel 4.2 Konstanta Antoine Viskositas	21
Tabel 4.3 Konstanta Densitas.....	21
Tabel 4.4 Konstanta Tegangan Muka	21
Tabel 4.5 Komposisi Umpan Masuk Menara Distilasi 3	22
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan T_{dew} umpan menara distilasi.....	24
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan T_{bubble} umpan menara distilasi	25
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan T_{Dew} Distilat Menara Distilasi 3	25
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan T_{bubble} Distilat Menara Distilasi 3.....	26
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan T_{dew} Bottom Menara Distilasi 3	26
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan T_{bubble} Bottom Menara Distilasi 3.....	27
Tabel 4.12 Perhitungan Trial θ	28
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan R_{min}	29
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Viskositas Distilat	30
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Viskositas Bottom	31
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 3.....	33
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 3.....	34
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Densitas Cairan	35
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan	35
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 3.....	39
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Neraca Massa Menara Distilasi 3.....	40
Tabel 4.22 Perhitungan Densitas Cairan.....	41
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Tegangan Permukaan	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Molekul <i>Monoethanolamine</i>	7
Gambar 2.2 Struktur Molekul <i>Diethanolamine</i>	7
Gambar 2.3 Struktur Molekul <i>Triethanolamine</i>	8
Gambar 2.4 <i>Bubble Cap Tray</i>	15
Gambar 2.5 <i>Valve Tray</i>	15
Gambar 2.6 <i>Sieve Tray</i>	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Kolom Distilasi.....	19
Gambar 4.1 Skema Menara Distilasi	20
Gambar 4.2 Pemilihan <i>Liquid Flow Arrangement</i>	44
Gambar 4.3 Hubungan Antara <i>Downcomer Area</i> dan <i>Weir Length</i>	45
Gambar 4.4 Koefisien <i>Discharge Sieve Tray</i>	47
Gambar 4.5 Hubungan θ , <i>chord length</i> , dan <i>chord height</i>	51
Gambar 4.6 Korelasi <i>Entrainment</i> untuk <i>Sieve Tray</i>	53
Gambar 4.7 Desain <i>Head Vessel</i>	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan kemajuan teknologi dalam dunia industri saat ini sangatlah pesat. Banyak teknologi terkini yang diterapkan dalam dunia industri. Berbagai negara saat ini mulai bersaing untuk meningkatkan kualitas dan kuantitasnya masing-masing. Perkembangan ini ditandai dengan semakin banyaknya industri-industri yang didirikan dan dibuka kesempatan untuk penanaman modal asing, salah satu industri tersebut adalah industri kimia.

Industri kimia merupakan salah satu industri yang sangat penting dan juga vital diantara industri-industri lain, karena industri kimia banyak mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainnya. Perkembangan industri kimia menyebabkan kebutuhan pabrik dalam produksi bahan kimia juga meningkat seperti bahan baku dan juga bahan penunjang produksi.

Saat ini Indonesia telah melakukan pengembangan dibidang industri, namun 64% dari total industri yang telah berdiri di Indonesia mengandalkan bahan baku, bahan penolong dan juga barang-barang impor untuk menunjang proses produksinya. Ketergantungan bahan baku impor yang tinggi menyebabkan industri nasional rentan terhadap gejolak kurs (Kementrian Perindustrian, 2018).

Salah satu bahan baku atau bahan penunjang yang masih diimpor adalah bahan kimia *ethanolamine*. Impor *ethanolamine* rata-rata setiap tahunnya mengalami peningkatan seperti terlihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data impor *ethanolamine* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2008	4687,269
2009	3665,8
2010	4772,102
2011	5401,088
2012	5737,654
2013	5423,769
2014	6308,66
2015	6068,789
2016	5698,703
2017	6568,999

(Badan Pusat Statistik, 2017)

Ethanolamine terdiri dari *monoethanolamine*, *diethanolamine*, *triethanolamine* (Marvin dkk,2016). *Ethanolamine* memiliki banyak manfaat diantaranya, sebagai bahan utama dalam sejumlah formulasi produk seperti kosmetik, produk pertanian, sabun, deterjen, dan zat pengemulsi pada cat (Fassler dan Celeghin, 2008). Selain itu juga *ethanolamine* dapat digunakan sebagai bahan dalam pemurnian gas dan sebagai bahan campuran dalam semen (Ullmann's, 2012).

Pada proses pembuatan *ethanolamine* dapat dilakukan dengan dua proses yakni dengan mereaksikan etilen oksida dengan *ammonia aqueous* dan mereaksikan etilen oksida dengan *ammonia anhydrous*. Dengan berbagai pertimbangan maka dipilih proses dengan mereaksikan etilen oksida dengan *ammonia aqueous*, karena dengan menggunakan *ammonia aqueous* suhu dan

tekanan operasi yang digunakan lebih rendah untuk mempertahankan reaktan tetap dalam fase cair dibandingkan dengan menggunakan *ammonia anhydrous* (Ruehl, 1997).

Proses pembuatan *ethanolamine* dengan menggunakan *ammonia aqueous* membutuhkan beberapa alat utama yakni reaktor, ammonia stripper, absorber, distilasi. Distilasi merupakan alat yang sangat penting dalam proses pemurnian *ethanolamine*, karena *ethanolamine* yang terdiri dari *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine* masih tergabung menjadi satu didalam reaktor maka perlu ada alat pemisah yang juga dapat memurnikan dari pengotornya.

Ada beberapa jenis plate distilasi yang digunakan dalam industri kimia diantaranya sieve plate, bubble cap, valve plates. Dengan berbagai pertimbangan pada penelitian perhitungan distilasi pada industri ethanolamine digunakan distilasi dengan plate jenis sieve plate. Hal ini dikarenakan sieve plate memiliki beberapa kelebihan yakni memiliki harga konstruksi yang paling murah, kapasitas yang besar, dan efisiensi yang tinggi (Sinnott, 2005).

1.2 Identifikasi Masalah

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

1. *Ethanolamine* merupakan bahan baku kimia penting, tetapi di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi dan produknya masih impor.
2. Distilasi merupakan alat penting pada pembuatan *ethanolamine* dalam hal pemurnian produk.

3. *Sieve plate distillation* adalah jenis *pate distilasi* yang memiliki harga paling murah, efisiensi dan kapasitas tinggi.

1.3 Pembatasan Masalah

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

1. *Ethanolamine* merupakan produk yang akan dimurnikan dan dipisahkan didistilasi menjadi *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine*.
2. Distilasi adalah alat yang akan dirancang untuk penelitian ini.
3. *Sieve plate distillation* adalah distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray* yang digunakan dalam penelitian ini.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dikemukakan rumusan masalah yang tepat sebagai berikut:

1. Bagaimana kemurnian produk *ethanolamine* yang dihasilkan untuk masing-masing senyawa *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine* ?
2. Bagaimana proses perancangan menara distilasi untuk memisahkan produk *ethanolamine* ?
3. Bagaimana hasil perancangan menara distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray* ?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemurnian produk ethanolamine yang dihasilkan untuk masing-masing senyawa *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine*.
2. Mengetahui proses perancangan menara distilasi untuk memisahkan produk *ethanolamine*.
3. Mengetahui hasil perancangan menara distilasi dengan *plate* menggunakan *sieve tray*.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Bagi lingkungan dan masyarakat

Memberi kontribusi dan wawasan dibidang perancangan alat menara distilasi untuk memurnikan produk-produk dalam industri kimia.

2. Bagi IPTEK

Memberikan informasi bahwa distilasi dengan plate menggunakan sieve tray memiliki harga yang lebih murah serta suhu dan efisiensinya tinggi.

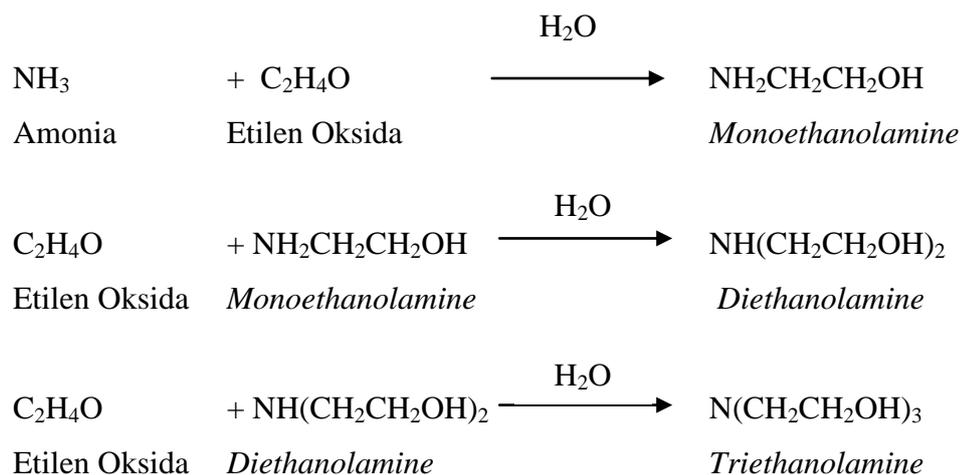
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Ethanolamine*

Ethanolamine merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul C_2H_7NO , yang termasuk kedalam bahan kimia organik. *Ethanolamine* memiliki ciri khusus yakni bau yang khas mirip dengan ammonia dan asam amino yang juga sering ditemukan dalam *membrane* biologis (Gad,2014). *Ethanolamine* juga memiliki banyak manfaat dalam industri yakni sering digunakan sebagai bahan baku atau campuran dalam pembuatan kosmetik, farmasi, dan insektisida (Diguillo, 1992).

Ethanolamine dibuat dengan mereaksikan antara ammonia dan etilen oksida pada fase cair. Reaksi antara ammonia dan etilen oksida merupakan reaksi seri paralel yang dapat dituliskan sebagai berikut:



(Zahedi dkk, 2009)

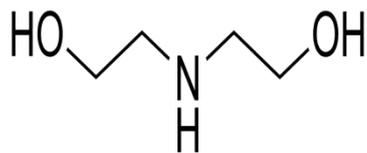
Ethanolamine terdiri dari tiga produk yakni *monoethanolamine* (MEA), *diethanolamine* (DEA) dan *triethanolamine* (TEA). Masing-masing dari produk

tersebut memiliki kegunaan tersendiri, *monoethanolamine* (MEA) sering digunakan dalam industri sebagai absorben untuk menghilangkan CO₂ dari limbah cair (Borhan dan Johari, 2014). MEA merupakan cairan yang tidak berwarna dan memiliki titik didih sebesar 171 °C (Pubchem *Monoethanolamine*, 2019).



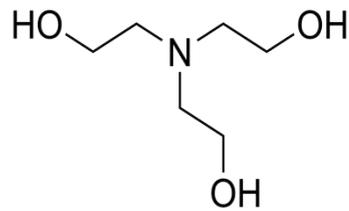
Gambar 2.1 Struktur Molekul *Monoethanolamine*

Diethanolamine (DEA) merupakan produk kedua dari reaksi antara ammonia dan etilen oksida yang memiliki titik didih sebesar 268,8 °C dan titik leleh 28 °C (Pubchem *Diethanolamine*, 2019). DEA memiliki kegunaan sebagai bahan baku tambahan dalam produk perawatan diri seperti shampo, kosmetik, dan kondisioner rambut (Panchal dan Ramtej, 2013).



Gambar 2.2 Struktur Molekul *Diethanolamine*

Triethanolamine (TEA) merupakan produk ketiga dari proses pembentukan *ethanolamine*, produk ini sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri detergen dan juga kosmetik (Lenninger dkk, 2018).



Gambar 2.3 Struktur Molekul *Triethanolamine*

2.2 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan yang paling banyak digunakan pada industri kimia. Proses pemisahan ini berdasarkan perbedaan kemudahan menguap relatif antara komponen yang akan dipisahkan (Hartanto dkk, 2017). Sedangkan menurut Wahyudi dkk (2017), distilasi sederhana adalah teknik pemisahan untuk memisahkan dua atau lebih komponen zat cair yang memiliki perbedaan titik didih, juga perbedaan kecenderungan sebuah zat untuk berubah fase menjadi gas (*volatile*). Distilasi adalah metode yang paling umum digunakan untuk pemisahan campuran homogen dengan metode pemisahan menggunakan perbedaan titik didih dan jugsan volatilitas antar komponen dalam suatu campuran, tetapi distilasi pada prosesnya memerlukan energi yang tinggi meskipun demikian terdapat banyak keuntungan jika proses pemisahan menggunakan distilasi diantaranya:

1. Distilasi memiliki kemampuan untuk mengatasi berbagai aliran umpan masuk, tidak hanya cocok untuk aliran yang rendah tetapi distilasi juga cocok untuk aliran yang sangat tinggi. Sehingga dapat menyesuaikan dengan rancangan pengguna.
2. Distilasi memiliki kemampuan untuk memisahkan jenis campuran dengan berbagai macam konsentrasi dan juga produk hasil pemisahan relatif murni.

3. Memiliki kemampuan untuk memisahkan produk dengan kemurnian yang tinggi, jika menggunakan alternatif pemisahan selain distilasi biasanya hanya melakukan sebagian pemisahan saja dan tidak dapat menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi (Smith dan Jobson, 2000).

2.3 Prinsip Distilasi

Campuran *liquid* pada distilasi akan memiliki karakteristik titik didih yang berbeda, oleh karena itu proses pemisahan dengan distilasi sangat bergantung pada tekanan uap campuran *liquid*. Tekanan uap cairan pada suhu tertentu adalah tekanan kesetimbangan yang dikeluarkan oleh molekul-molekul yang keluar dan masuk pada permukaan cairan. Berikut adalah hal-hal yang berkaitan dengan tekanan uap:

- a. Input energi menaikkan tekanan uap
- b. Tekanan uap berkaitan dengan proses mendidih
- c. Cairan dikatakan mendidih ketika tekanan uapnya sama dengan tekanan udara sekitar.
- d. Mudah atau tidaknya cairan untuk mendidih bergantung pada volatilitasnya.
- e. Cairan dengan tekanan uap tinggi (mudah menguap) akan mendidih pada temperatur yang lebih rendah.
- f. Tekanan uap dan titik didih campuran cairan bergantung pada jumlah relatif komponen-komponen dalam campuran.
- g. Distilasi terjadi karena perbedaan volatilitas (kemudahan suatu zat berybah fase menjadi gas) komponen-komponen dalam campuran.

Untuk dapat menyelesaikan kasus perancangan distilasi harus tersedia data-data kesetimbangan uap-cair sistem. Data kesetimbangan uap cair dapat berupa tabel atau diagram. Tiga macam diagram keseimbangan yang diperlukan dalam perancangan yakni:

a. Diagram Titik Didih

Diagram titik didih adalah diagram yang menyatakan hubungan antara temperatur atau titik didih dengan komposisi uap dan cairan yang berkesetimbangan. Di dalam diagram titik tersebut terdapat dua buah kurva, yaitu kurva cair jenuh dan uap jenuh. Kedua kurva ini membagi daerah didalam diagram menjadi 3 bagian, yakni:

1. Daerah satu fase yaitu daerah cairan yang terletak dibawah kurva cair jenuh.
2. Daerah satu fase yaitu daerah uap yang terletak diatas kurva uap jenuh.
3. Daerah dua fase yaitu daerah uap jenuh dan cair jenuh yang terletak diantara kurva cair jenuh dan kurva uap jenuh.

b. Diagram Kesetimbangan Uap-Cair

Diagram kesetimbangan uap-cair adalah diagram yang menyatakan hubungan keseimbangan antara komposisi uap dengan komposisi cairan. Diagram keseimbangan uap-cair dengan mudah digambar jika tersedia titik didih komponen.

c. Diagram Entalpi Komposisi

Diagram entalpi komposisi adalah diagram yang menyatakan hubungan antara entalpi dengan komposisi suatu sistem pada tekanan tertentu. Didalam

diagram tersebut terdapat dua buah kurva yaitu kurva cair jenuh dan kurva uap jenuh. Setiap titik pada kurva cair jenuh dihubungkan dengan garis hubungan *tie line* dengan titik tertentu pada kurva uap jenuh, dimana titik-titik tersebut dalam keadaan keseimbangan. Dengan adanya kedua kurva tersebut daerah didalam diagram terbagi menjadi tiga daerah yakni:

1. Daerah cairan yang terletak dibawah kurva cair jenuh.
2. Daerah uap yang terletak diatas kurva uap jenuh.
3. Daerah cairan dengan uap yang terletak diantara kurva cair jenuh dengan kurva uap jenuh.
4. Dibawah kurva cair jenuh terdapat isotherm – isotherm yang menunjukkan entalpi cairan pada berbagai macam komposisi pada berbagai temperatur (Komariah dkk, 2009).

2.4 Klasifikasi Distilasi

Terdapat berbagai jenis distilasi dengan masing-masing kegunaannya. Menurut Sinnot (2005) klasifikasi distilasi adalah sebagai berikut:

- a. Distilasi berdasarkan prosesnya terbagi menjadi dua, yaitu distilasi kontinyu dan distilasi batch.
- b. Berdasarkan tekanan operasinya terbagi menjadi tiga yaitu distilasi atmosferis (0,4 – 5,5 atm mutlak), distilasi vakum (≤ 300 mmHg pada bagian atas kolom), dan distilasi tekanan (≥ 80 psia pada bagian atas kolom).
- c. Berdasarkan komponen penyusunnya terbagi menjadi dua, yakni distilasi sistem biner dan distilasi sistem multi komponen.

- d. Berdasarkan sistem operasinya terbagi menjadi dua, yakni *single – stage distillation* dan *multi stage distillation*.

Tetapi pada umumnya distilasi juga dapat dibedakan menjadi tiga jenis distilasi yakni:

1. Distilasi Kilat (*Flash Distillation*)

Distilasi kilat merupakan distilasi *continue* satu tahap tanpa refluks. Distilasi kilat ini terdiri dari penguapan sebagian dari suatu zat cair sedemikian rupa sehingga uap yang keluar berada dalam keseimbangan dengan zat cair yang tersisa. Uap tersebut dipisahkan dari zat cair dan dikondensasikan. Distilasi ini digunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang memiliki titik didih yang berbeda. Distilasi ini tidak efektif untuk memisahkan komponen – komponen yang volatilitasnya sebanding.

2. Distilasi *continue* dengan Refluks

Sama halnya dengan *flash distillation* hanya saja dalam proses distilasi dengan refluks komponen produk yang dihasilkan menjadi lebih murni, karena semakin banyak refluks maka kemurnian produk yang dihasilkan semakin tinggi.

3. Distilasi vakum

Distilasi vakum adalah distilasi yang tekanannya operasinya 0,4 atm (300 mmHg absolut). Distilasi vakum biasanya digunakan jika senyawa yang ingin didistilasi tidak stabil, artinya dapat terdekomposisi sebelum atau mendekati titik didihnya atau campuran yang memiliki titik didih diatas 150 °C.

2.5 Faktor – faktor yang Mempengaruhi Operasi

Menurut Sinnott (2005) Kinerja kolom distilasi ditentukan oleh beberapa faktor, faktor yang mempengaruhi diantaranya adalah:

1. Kondisi *feed*

Keadaan campuran dan kondisi *feed* mempengaruhi garis operasi dan jumlah stage yang digunakan dalam pemisahan distilasi, hal ini juga mempengaruhi lokasi *feed tray*.

2. Kondisi refluks

Pemisahan semakin baik jika menggunakan sedikit tray untuk mendapatkan tingkat pemisahan. Tray minimum dibutuhkan dibawah kondisi total refluks, yakni tidak ada penarikan distilat. Sebaliknya refluks berkurang maka garis operasi untuk bagian rektifikasi bergerak terhadap garis kesetimbangan.

3. Kondisi aliran uap

Kondisi aliran uap yang merugikan dapat menyebabkan berbagai hal berikut:

a. *Foaming*

Mengacu pada ekspansi *liquid* melewati uap atau gas. Walaupun menghasilkan kontak antar fase liquid-uap yang tinggi, foaming berlebihan sering mengarah pada terbentuknya liquid pada *tray*.

b. *Entrainment*

Mengacu pada *liquid* yang terbawa uap atau gas menuju tray di atasnya dan disebabkan laju alir uap yang tinggi menyebabkan efisiensi *tray* berkurang.

Bahan yang sukar menguap terbawa menuju plate yang menahan liquid

dengan bahan yang mudah menguap. Dapat mengganggu kemurnian distilat, *entrainment* berlebihan dapat menyebabkan *flooding*.

c. *Weeping / Dumping*

Fenomena ini disebabkan aliran uap yang rendah. Tekanan yang dihasilkan uap tidak cukup untuk menahan *liquid* pada *tray*. Karena itu *liquid* mulai merembes melalui perforasi.

d. *Flooding*

Flooding terjadi karena aliran uap berlebih yang menyebabkan *liquid* terjebak pada uap di atas kolom. Peningkatan tekanan dari uap berlebih menyebabkan kenaikan *liquid* yang tertahan pada *plate* di atasnya. *Flooding* ditandai dengan adanya penurunan tekanan diferensial dalam kolom dan penurunan yang signifikan pada efisiensi pemisahan.

Jumlah *tray* aktual yang diperlukan untuk pemisahan khusus ditentukan oleh efisiensi *plate* dan *packing*. Semua faktor yang menyebabkan penurunan efisiensi *tray* juga akan mengubah kinerja kolom. Efisiensi *tray* dipengaruhi oleh *fooling*, korosi, dan laju, dimana ini terjadi bergantung pada sifat *liquid* yang diproses. Material yang sesuai harus dipakai dalam pembuatan *tray*.

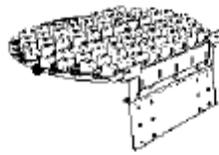
2.6 Tipe Kolom Distilasi

1. *Tray* dan *plate*

Istilah *tray* dan *plate* adalah sama. Ada beberapa jenis tipe desain *tray*, tetapi yang paling umum digunakan adalah:

a. *Bubble cap tray*

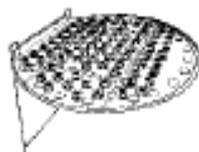
Bubble-cap biasanya didesain diatas *plate* pada sudut equilateral triangular, dengan baris yang disesuaikan secara normal dengan arah aliran menyilang *plate*. *Bubble cap tray* mempunyai tingkat-tingkat atau cerobong yang terpasang diatas *hole* (lubang), dan sebuah cap yang menutupi cerobong. *Bubble cap tray* digunakan pada kondisi aliran rendah, dimana *tray* harus tetap basah kecuali kondisi bentuk polymer, *coking*, atau *fouling* yang tinggi.



Gambar 2.4 *Bubble cap Tray*

b. *Valve tray*

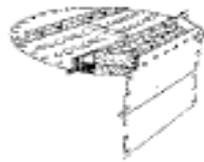
Pada *valve tray* perforasi (lubang-lubang kecil) ditutupi dengan *valve* yang mudah dilepas. Uap naik melalui perforasi pada *tray*, *bubble* pada liquid berbentuk sama. *Valve* yang terangkat menunjukkan uap mengalir horisontal kedalam liquid.



Gambar 2.5 *Valve Tray*

c. *Sieve tray*

Sieve tray adalah *plate* metal sederhana dengan dengan lubang diantaranya. Uap lewat keatas melalui liquid pada plate. Jumlah dan ukuran lubang menjadi parameter desain.



Gambar 2.6 *Sieve Tray*

2. *Packing*

Ada kecenderungan untuk meningkatkan pemisahan dengan penambahan penggunaan *tray* dengan *packing*. *Packing* adalah peralatan pasif yang didesain untuk meningkatkan kontak *area interfacial* uap-liquid.

2.7 *Sieve Tray Distillation*

Sieve tray dirancang untuk membuat uap hasil yang mengalir naik megalami kontak dengn cairan yang mengalir kebawah. Cairan yang mengalir melintasi *tray* dan melewati *weir* ke *downcomer* menuju ke *tray* dibawahnya. Oleh karena itu pola aliran pada setiap *tray* adalah silang (*crossflow*). *Sieve tray* adalah plate logam dengan lubang – lubang didalamnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Kemurnian *monoethanolamine*, *diethanolamine*, *triethanolamine* yang dihasilkan yakni 99% untuk masing-masing produk.
2. Hasil perancangan distilasi menghasilkan diameter bawah 0,719 m dan diameter atas 0,771 m.
3. Jumlah *plate* berdasarkan hasil perancangan yakni 31 *plate*.

5.2 Saran

1. Perlu variasi perhitungan berbagai *plate* untuk mengetahui hasil rancangan menara distilasi.
2. Perlu dilakukan variasi pemisahan *ethanolamine* untuk mengetahui tingkat kemurnian produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Alqaragully, Mohammed B, Hazim Y Al-Gubury, Aseel M Aljeboree, Fiaq F Karam, and Ayad F Alkaim 2015. *Monoethanolamine: Production Plant*. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.
- Badan Pusat Statistik. 2017. <https://www.bps.go.id> diakses pada tanggal 12 Maret 2019.
- Diguillo, Ralph M, Rong-Jwyn Lee, Steven T. Schaeffer, Laura L, Brasher, dan Aryn S. Teja. 1992. *Densities and Viscosities of the Ethanolamines*. Atlanta: School of Chemical Engineering.
- Fassler, Peter dan Aureo Celeguin. 2008. *Cost-Efficient Production of Ethanolamines*. Ulzer Technical Review 3.
- Gad, SC. 2014. *Ethanolamine*. Elsevier Inc.
- Hartanto Yansen, Herry Santoso, Sandy Wijaya, Sandy Wijaya, Andrew Mardone. 2017. *Distilasi Ekstraktif pada Pemisahan Aseton dan Metanol*. Jurnal Integrasi Proses Vol. 6, No. 4, 168 – 175.
- Kementerian Perindustrian. 2019. 64% dari industri Nasional Bergantung pada Bahan Baku Impor <http://www.kemenprin.go.id/artikel/9306/64-dari-Industri-Nasional-Bergantung-pada-Bahan-Baku-Impor>. Diakses pada tanggal 11 Maret 2019.
- Komariah, L. N. Ramdja, A. F. Nicky, Leonard. 2009. *Tinjauan Teoritis Perancangan Kolom Distilasi untuk Pra-Rencana Pabrik Skala Industri*. Jurnal Teknik Kimia, Vol. 16, No.4.
- Lenninger, Margit, Noemi Aguilo-Aguayo, Thomas Bechtold. 2018. *Quantification of Triethanolamine Through Measurement of Catalytic Current in Alkaline Iron-D-Gluconate Solution*. Journal of Electroanalytical Chemistry 830-831(2018)50-55.
- Marvin, Katelyn, Barry Jay Billig. 2016. US Patent 9,227,912 B2 *Process for Making Ethanolamines*. Scientific Design Company.
- Marvin, Katelyn, dan Billig Barry Jay. 2014. EP 3089960 B1 *Process for Making Ethanolamines*. Scientific Design Company, Inc.
- Panchal, Sneha R, dan Ramej J. Verma. 2013. *Spermtotoxic Effect of Diethanolamine: An in Vitro Study*. Asian Pacific Journal of Reproduction 2013; 2(3): 196-200.

- Pubchem Monoethanolamine. 2019. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses tanggal 29 Maret 2019.
- Pubchem Diethanolmaine. 2019. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses tanggal 29 Maret 2019.
- Pubchem Triethanolamine. 2019. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Diakses tanggal 29 Maret 2019
- Ruehl, Chris, Connie Hou, Paul Lee, dan Lincoln Armstrong. 1997. *Design of a System of Ethanolamine Reactors*. Course Project CENG 403, Rice University, Houston, Texas.
- Sinnot, R.K. 2005. *Coulson and Richardson's: Chemical Engineering Design, Vol 6 4th ed.* Elsevier Ltd. Oxford.
- Smith dan Jobson. 2000. *Distillation*. Department of Process Integration. Manchester, UK.
- Ullman's. 2012. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Germany: VCH Verlagsgesell Scahf, Wanheim.
- Wahyudi, N.T. Faris, F. I. Irwan Kurniawan. Ari, S. S. 2017. *Rancangan Alat Distilasi untuk Menghasilkan Kondensat dengan Metode Distilasi Satu Tingkat*. Jurnal Chemurgy, Vol. 01, No. 2.
- Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*, p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York.