



**DESAIN MENARA *ABSORBER* UNTUK MENYERAP  
*AMMONIA* HASIL *RECYCLE* PADA PABRIK  
*ETHANOLAMINE***

**Skripsi**

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

**Oleh**

**Dian Widiyaningsih**

**(5213415003)**

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

**PERSETUJUAN PEMBIMBING**

**Nama** : Dian Widiyaningsih  
**NIM** : 5213415003  
**Program Studi** : S-1 Teknik Kimia  
**Judul SKRIPSI** : Desain Menara *Absorber* untuk Menyerap *Ammonia* Hasil  
*Recycle* pada Pabrik *Ethanolamine*

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 “Desain Menara *Absorber* untuk Menyerap *Ammonia* Hasil *Recycle* pada Pabrik *Ethanolamine*” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 30 bulan Juli tahun 2019.

Oleh:

Nama : Dian Widiyaningsih

NIM : 5213415003

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



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

NIP. 197309082006042001

Penguji 2



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

NIP. 197405191999032001

Pembimbing



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

NIP. 19731017200003001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang



Dr. 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,

Dian Widiyaningsih



NIM 5213415003

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance, you must keep moving”. Albert Einstein

### **PERSEMBAHAN**

1. Allah SWT.
2. Kedua Orang Tua.
3. Dosen-dosenku.
4. Kawan-kawanku
5. Almamaterku.

## ABSTRAK

**Widiyaningsih, Dian.** 2019. “Desain menara *Absorber* untuk Menyerap *Ammonia* Hasil *Recycle* pada Pabrik *Ethanolamine*”. Skripsi. Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

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

Kemajuan teknologi dalam perkembangan dunia industri saat ini sangatlah pesat. Industri kimia merupakan salah satu industri vital dan strategis, untuk itu hampir setiap negara di dunia, tak terkecuali Indonesia banyak memberikan perhatian pada pengembangan industri kimia, mengingat industri ini banyak mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainnya. Saat ini Indonesia sudah mulai melakukan pembangunan industri. Namun, sekitar 64% dari total industri di Indonesia masih mengandalkan bahan baku, bahan penolong, serta barang modal impor untuk mendukung proses produksinya. Ketergantungan bahan baku impor yang tinggi menyebabkan industri nasional rentan terhadap gejolak kurs. Salah satu bahan baku kimia yang diimpor adalah *ethanolamine*. *Ethanolamine* didapatkan dari reaksi antara etilen oksida dan *ammonia* yang membentuk produk terdiri dari *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine* (Marvin dan Billig, 2016). Pada proses pembuatan *ethanolamine* dengan menggunakan *ammonia aqueous* membutuhkan beberapa alat utama, salah satu alat utama yang digunakan untuk recycle *ammonia* sisa reaksi adalah menara absorber. Menara absorber pada pabrik *ethanolamine* menggunakan *packing*. Hasil perancangan menara distilasi yang menggunakan bahan *stainless steel SA-240 type 304* dengan *packing* jenis Raschig ring kerakik, tinggi menara 10,0037 m, diameter menara 1,2924 m, tebal *head* 00,00635 in dan tebal *shell* sebesar 0,0079 in dengan *ammonia* yang dapat dijerap sebesar 99%.

**Kata kunci:** *Absorber, Ammonia, Ethanolamine.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya. Karena dengan rahmat dan hidayah-Nya serta partisipasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu baik moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “**Desain Menara Absorber untuk Menyerap Ammonia Hasil Recycle pada Pabrik Ethanolamine**”. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus, MT., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ijin penelitian dalam memperlancar penyelesaian tugas akhir ini.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Dr. Widi Astuti, S.T., M.T., sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan, motivasi dan petunjuk dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T., dan Haniif Prasetiawan, S.T., M.Eng ., sebagai Dewan Penguji 1 dan Dewan Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir.
5. Kedua orang tua yang senantiasa memberikan motivasi, dukungan serta doa.
6. Keluarga besar mahasiswa Teknik Kimia angkatan 2015 yang selalu memberikan semangat dan motivasi hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis juga menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati pemulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan tugas akhir ini.

Semarang, 17 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.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Rumusan Masalah .....	3
1.6 Tujuan Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>Ethanolamine</i> .....	4
2.2 <i>Absorber</i> .....	6
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Waktu dan Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.3 Prosedur kerja .....	16
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	18
BAB IV PEMBAHASAN .....	19
4.1 Memilih dan Menentukan Tipe Absorber .....	20
4.2 Menghitung Dimensi Absorber .....	20
BAB V PENUTUP.....	43



5.1 Kesimpulan .....	43
5.2 Saran .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan <i>Ethanolamine</i> .....	3
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Absorber</i> (T-101).....	4
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Z Gas Umpan <i>Absorber</i> .....	7
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Z Gas Keluar <i>Absorber</i> .....	7
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Densitas Larutan Produk .....	8
Tabel 4.5 Viskositas <i>Liquid</i> Produk Keluaran <i>Absorber</i> .....	11

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Packed Bed Absorber</i> .....	6
Gambar 2.2 <i>Raschig Ring Ceramic</i> .....	9
Gambar 2.3 <i>Ceramic Intallox Saddles</i> .....	12
Gambar 2.4 <i>Plastic Intallox Saddles</i> .....	31
Gambar 2.5 <i>Flexisaddle</i> .....	35
Gambar 2.6 <i>Pall Rings</i> .....	81
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan <i>Absorber</i> .....	84
Gambar 4.1 Skema Kerja <i>Absorber</i> .....	89
Gambar 4.2 Desain <i>Head Vessel</i> .....	111

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi dalam perkembangan dunia industri saat ini sangatlah pesat. Industri kimia merupakan salah satu industri vital dan strategis, untuk itu hampir setiap negara di dunia, tak terkecuali Indonesia banyak memberikan perhatian pada pengembangan industri kimia, mengingat industri ini banyak mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainnya. Saat ini Indonesia sudah mulai melakukan pembangunan industri. Namun, sekitar 64% dari total industri di Indonesia masih mengandalkan bahan baku, bahan penolong, serta barang modal impor untuk mendukung proses produksinya. Ketergantungan bahan baku impor yang tinggi menyebabkan industri nasional rentan terhadap gejolak kurs (Kementerian Perindustrian, 2018). Salah satu bahan baku kimia yang diimpor adalah *ethanolamine*. *Ethanolamine* didapatkan dari reaksi antara etilen oksida dan *ammonia* yang membentuk produk terdiri dari *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine* (Marvin dan Billig, 2016).

*Ethanolamine* adalah bahan utama dalam sejumlah formulasi produk penting seperti kosmetik, produk pertanian, sabun, deterjen, dan zat pengemulsi pada cat (Fassler dan Celeghin, 2008). Disamping itu *ethanolamine* juga digunakan dalam pemurnian gas dan juga sebagai bahan campuran dalam pembuatan semen (Frauenkron, 2012).

Pada pembuatan *ethanolamine* dapat dilakukan dengan dua proses, yaitu dengan mereaksikan antara etilen oksida dengan *ammonia anhydrous* atau etilen oksida dengan *ammonia aqueous* (Garg *et al.*, 2004). Dengan mereaksikan etilen oksida dengan *ammonia aqueous* lebih dipilih karena membutuhkan suhu dan tekanan yang lebih rendah untuk mempertahankan agar reaktan tetap dalam fase cair jika dibandingkan dengan menggunakan *ammonia anhydrous* (Ruehl, 1997). Pada reaksi etilen oksida dengan *ammonia aqueous* menggunakan perbandingan 1:10 pada saat masuk reaktor. Sehingga setelah terbentuk produk dan keluar dari reaktor masih banyak sekali sisa *ammonia* yang tidak ikut bereaksi sehingga diperlukan alat untuk menjerap *ammonia* agar *ammonia* yang tidak bereaksi dapat digunakan kembali. Dengan begitu maka dapat meminimalkan pengeluaran pabrik. Alat yang dapat digunakan adalah *stripper* dan *absorber*.

*Absorber* yang dipilih yaitu *absorber* dengan jenis *packing*, karena lebih murah, efisien dengan diameter kolom yang kecil kurang dari 2 meter, dan lebih sederhana. *Packing* yang digunakan adalah jenis *Raschig Ring* keramik dengan diameter 2 in, karena harganya yang murah dan tahan terhadap korosi (Purwono *et al.*, 2005).

## 1.2 Identifikasi Masalah

1. Pendirian pabrik *ethanolamine* di Indonesia untuk mengurangi impor *ethanolamine* dan melakukan ekspor *ethanolamine* di beberapa negara Asia.

2. Dibutuhkan perancangan alat *absorber* untuk menyerap *ammonia* yang tidak ikut bereaksi di reaktor agar pabrik dapat bekerja lebih efisien

### 1.3 Batasan masalah

1. Pabrik *ethanolamine* berpotensi didirikan di Indonesia karena kebutuhan impor Indonesia yang cukup tinggi dan cenderung meningkat tiap tahunnya
2. Dibutuhkan alat penunjang pabrik untuk menyerap *ammonia* sisa hasil reaksi didalam reaktor

### 1.4 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menyerap kembali *ammonia* sisa keluaran reaktor?
2. Bagaimana cara merancang alat *absorber* untuk menyerap *ammonia* sisa keluaran reaktor?

### 1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui cara menyerap kembali *ammonia* sisa keluaran reaktor
2. Mengetahui cara merancang alat *absorber* untuk menyerap *ammonia* sisa keluaran reaktor

### 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi:

1. Bagi lingkungan dan masyarakat

Memberi kontribusi dan wawasan dibidang perancangan alat absorber untuk menyerap komponen penting dalam gas pada industri kimia.

## 2. Bagi IPTEK

Memberikan informasi bahwa absorber dengan packing memiliki harga yang lebih murah serta efisiensinya tinggi.

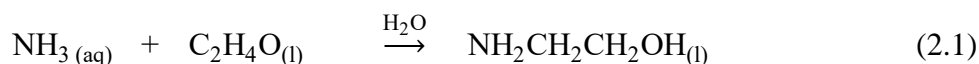
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

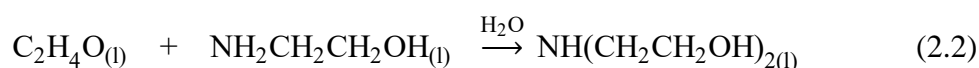
#### 2.1 *Ethanolamine*

*Ethanolamine* merupakan senyawa kimia yang memiliki rumus molekul  $C_2H_7NO$ , yang termasuk kedalam bahan kimia organik. *Ethanolamine* adalah bahan utama dalam sejumlah formulasi produk penting seperti kosmetik, produk pertanian, sabun, deterjen, dan zat pengemulsi pada cat (Fassler dan Celeghin, 2008). Disamping itu *ethanolamine* juga digunakan dalam pemurnian gas dan juga sebagai bahan campuran dalam pembuatan semen (Frauenkron *et al.*, 2012).

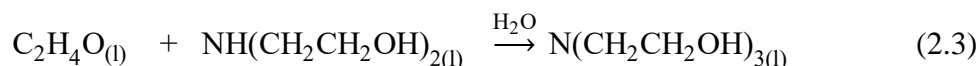
*Ethanolamine* dibuat dengan cara mereaksikan antara etilen oksida dan *ammonia*. Reaksi antara etilen oksida dan *ammonia* merupakan seri paralel dan dapat dituliskan sebagai berikut:



*Ammonia*    Etilen Oksida                      *Monoethanolamine*



Etilen Oksida    *Monoethanolamine*                      *Diethanolamine*



Etilen Oksida    *Diethanolamine*                      *Triethanolamine*

(Zahedi *et al.*, 2009)

Reaksi diatas merupakan reaksi pembentukan *ethanolamine*, dalam reaksi etilen oksida dan *ammonia* merupakan reaksi yang bersifat eksotermis (Frauenkron



*et al.*, 2012). Dalam pembuatan *ethanolamine* ada dua jenis proses, yaitu dengan mereaksikan antara etilen oksida dengan *ammonia anhydrous* atau etilen oksida dengan *ammonia aqueous* (Garg *et al.*, 2004).

a) Proses *ammonia aqueous*

*Ethanolamine* dengan menggunakan *ammonia aqueous* dibuat dengan mereaksikan antara larutan *ammonia aqueous* dengan etilen oksida cair. Dalam reaksi ini produk utama yang dihasilkan adalah *monoethanolamine*, *diethanolamine* dan *triethanolamine* dengan jumlah yang dihasilkan bervariasi tergantung dari rasio  $\text{NH}_3$  dan  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  yang digunakan (Frauenkron *et al.*, 2012). Reaksi pembuatan *ethanolamine* dilakukan dengan suhu 40-75 °C dengan tekanan 10 - 20 atm. Konversi etilen oksida mendekati sempurna (~99,9 %) (Marvin dan Billig, 2016).

b) Proses *ammonia anhydrous*

Pembuatan *ethanolamine* dapat menggunakan beberapa katalis yaitu silika-alumina, zeolit, *acid clays*, atau logam oksida asam yang lain (Johnson, 1984). Sedangkan bahan baku yang digunakan adalah *ammonia anhydrous* (99-99,5%) dan etilen oksida pada fase cair. Reaksi harus menggunakan katalis dan dijalankan pada tekanan tinggi, sama dengan tekanan uap *ammonia* pada suhu tertinggi sehingga reaktan akan tetap pada fase cair selama reaksi berlangsung. Reaksi pembuatan *ethanolamine* menggunakan tekanan yang berkisar antara pada 68-170 atm dengan suhu 150-225 °C. Perbandingan antara  $\text{NH}_3$  dan  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  yang digunakan paling sedikit adalah 3:1 (MacKenzie, 1958).

Perbedaan penggunaan proses *ammonia aqueous* dan *ammonia anhydrous* dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel. 2.1 Perbandingan Proses Pembuatan *Ethanolamine*

No	Pembanding	<i>Ammonia Anhydrous</i> <sup>a</sup>	<i>Ammonia Aqueous</i> <sup>b</sup>
1	Bahan baku	<i>Ammonia anhydrous</i>	<i>Ammonia aqueous</i>
2	Tekanan (atm)	68-170	10-20
3	Proses pemurnian	2 distilasi	3 distilasi
4	Suhu operasi	150-225 °C	40-75 °C
5	Konversi	70-80%	Mendekati sempurna (~ 99,9%)

(<sup>a</sup>MacKenzie, 1958, <sup>b</sup> Marvin dan Billig, 2016)

Pemilihan proses dengan menggunakan reaksi *ammonia aqueous* dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Konversi proses dengan *ammonia aqueous* lebih tinggi.
2. Keadaan *aqueous* menurunkan biaya proses, sebab *ammonia* dapat dipertahankan dalam fase cair pada tekanan operasi lebih rendah dibandingkan dengan keadaan *anhydrous* sehingga tidak diperlukan biaya kompresi yang tinggi.
3. Data ini didukung oleh paten terbaru US 9 227 912 B2.

## 2.2 Absorber

Absorpsi adalah proses transfer massa antara gas dengan cairan, dimana komponen ditransfer dari fase gas ke cairan dan laju penyerapan ditentukan oleh laju difusi molekular yang sebagian besar mengontrol perpindahan massa antarfasa. Komponen yang diserap disebut zat terlarut dan yang diserap disebut pelarut. Umumnya, zat terlarut memasuki kolom dalam fase gas yang dimasukkan dari bagian bawah kolom, sementara pelarut diumpankan dari atas dalam fase cair. Selanjutnya komponen gas yang terserap oleh pelarut akan keluar dari bawah kolom

*absorber* sedangkan komponen gas yang tidak terserap oleh pelarut akan meninggalkan kolom *absorber* dalam fase gas menuju ke atas kolom *absorber* (Purwono *et al.*, 2005). Proses penyerapan pada *absorber* dibagi menjadi dua kelompok:

a. Penyerapan fisik

Proses penyerapan fisik dimana prosesnya semata-mata antara kontak fisik dan tidak terjadi reaksi serta hanya terbatas pada pembentukan larutan gas dalam cairan. Misalnya: penyerapan *ammonia* oleh air dari campuran udara-*ammonia*, penyerapan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dengan *methanol* cair.

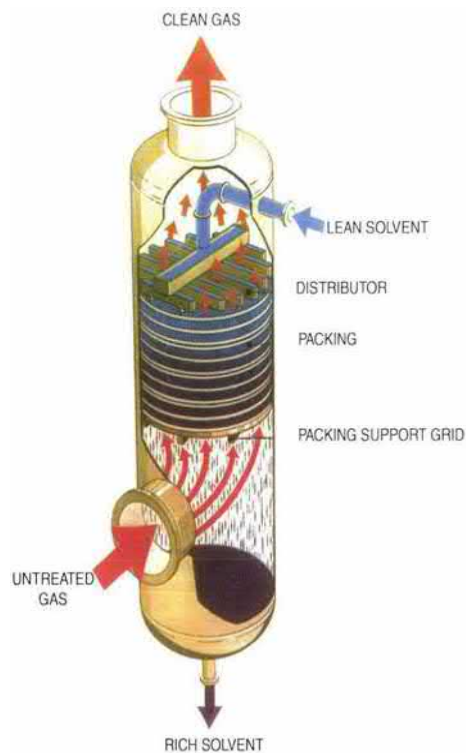
b. Penyerapan kimia

Penyerapan kimia dimana penyerapan mengikuti reaksi kimia baru. Misalnya: penyerapan CO<sub>2</sub> dalam alkali panas dan penyerapan NO<sub>x</sub> dalam air.

Absorber dapat berupa kolom yang berisi packing (*Packed bed absorber*) atau kolom dengan menggunakan *tray*.

1. *Packed bed absorber* adalah kolom vertikal yang diisi dengan *packing* yang disusun secara acak atau *packing* terstruktur untuk mengekspos area permukaan yang luas untuk kontak antara gas dengan cairan (Gambar 2.1). *Packed bed absorber* seringkali dipilih karena absorben dan kondisi operasi yang bersifat sederhana dan hanya membutuhkan beberapa *stage* teoritis. Selain itu biaya pembuatan kolom bahan isian lebih murah daripada kolom dengan *tray*. Kolom bahan isian juga memiliki *pressure drop* yang relatif lebih rendah per *stage* teoritis. Pada proses distilasi, *pressure drop* tidak begitu penting, namun pada kolom absorpsi, karena konsentrasi komponen yang hendak diserap rendah

dibutuhkan volume gas yang besar untuk melakukan absorpsi, akibatnya apabila *pressure drop* tinggi, biaya yang tinggi juga harus dikeluarkan untuk pembelian kompresor gas. Tentu saja, biaya operasi juga akan meningkat dengan adanya kompresor. Namun, jika digunakan gas dengan volume yang sangat besar dan jumlah *stage* teoritis yang dibutuhkan cukup banyak sehingga diperlukan kolom yang tinggi. Kolom dengan *tray* akan dipilih untuk menggantikan kolom bahan isian karena efisiensi kolom bahan isian menjadi rendah saat diameter kolom melebihi 1-2 m, dimana efisiensi *plate* justru akan meningkat dengan bertambahnya diameter jika *tray* dirancang dengan baik (Purwono *et al.*, 2005).



Gambar 2.1 *Packed Bed Absorber*

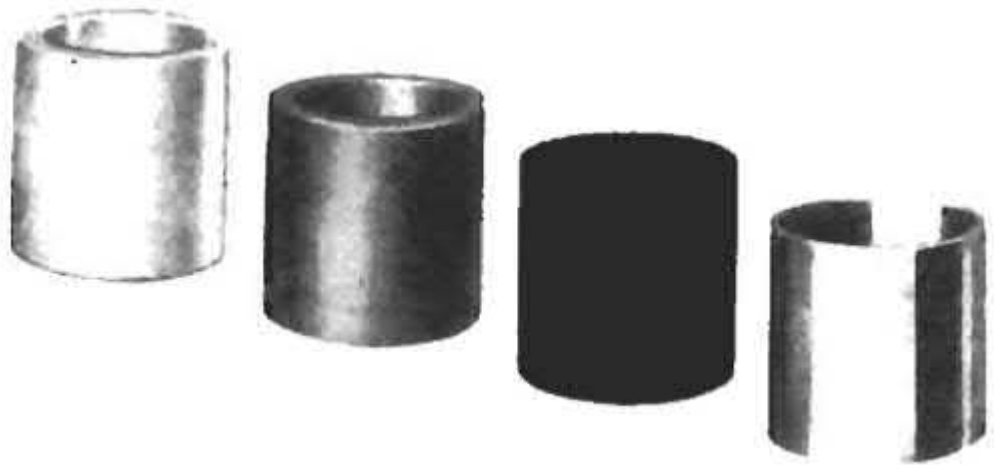
Fungsi dari bahan isian adalah untuk meningkatkan turbulensi dan permukaan tempat kontak fase uap dan cair, dan juga menyediakan suatu jalur yang rumit sehingga tidak terjadi *by-pass*. Bahan isian yang digunakan harus tahan terhadap

korosi dan memiliki struktur kuat yang menahan beban tumpukan. Bahan isian tersebut harus memiliki fraksi ruang kosong yang besar (untuk menjaga agar *pressure drop* tetap rendah) dan memiliki densitas rendah serta biaya yang murah. Ada 2 jenis bahan isian, yaitu *random packing* dan bahan isian terstruktur. *Random packing* yaitu bahan isian yang dituangkan ke dalam kolom. Alternatif lain dari *random packing* adalah bahan isian berstruktur yang berbentuk keranjang telur atau gelombang. Bahan isian berstruktur secara bertahap mulai menggantikan *random packing*, karena memberikan *pressure drop* yang lebih rendah dan batasan *flooding* yang lebih tinggi. *flooding* terjadi saat gas tidak dapat bergerak ke atas kolom dan kondisi semacam ini merupakan permasalahan serius yang ditemui pada peralatan pengontakan *counter-current*. Kelemahan dari bahan isian terstruktur yaitu harganya yang mahal, terutama biaya tenaga kerja saat pemasangan, dan rasio luas permukaan terhadap volum yang rendah (Purwono *et al.*, 2005).

Macam-macam *random packing* yang biasa digunakan dalam industry:

#### 1. *Raschig Ring*

*Raschig ring* berbentuk silinder berlubang dengan Panjang yang sama dengan diameter luarnya. Diameternya berkisar antara 6 hingga 100 mm. *Raschig ring* terbuat dari keramik, logam, plastik, dan karbon. *Raschig ring* yang berbahan keramik berguna untuk kontak dengan berbagai macam cairan kecuali alkali dan asam hidrofliorik (Ludwig, 2001).



Gambar 2.2 *Raschig Ring Packing*

## 2. *Saddles*

*Packing* berjenis *saddles* ini dikembangkan pada akhir tahun 1930-an. Bentuknya yang sangat bagus menghasilkan peningkatan luas permukaan yang signifikan per satuan volume jika dibandingkan dengan *packing* jenis *raschig ring*. *Saddles* yang diproduksi oleh perusahaan-perusahaan yang berbeda diberikan nama dagang tertentu, misalnya *intalox* yang merupakan merk dagang dari *Norton Chemical Process Products Corporation* dan *Flexisaddle* yang diproduksi oleh *Likewise Koch Engineering Co* yang berbahan plastik dan keramik.

### a. Ceramic Intalox Saddles

Bahan konstruksi : *Ceramic Intalox Saddles* tersedia dalam bahan porselen kimia, periuk kimia, dan keramik aceral (formulasi alumina dengan ketahanan asam yang baik). Dari ketiga bahan tersebut, porselen kimia dapat digunakan untuk sebagian besar aplikasi karena kuat secara mekanis, benar-benar tidak berpori, dan

lebih tahan terhadap bahan kimia jika dibandingkan dengan bahan periuik. Penggunaan yang direkomendasikan adalah: penghilangan gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S oleh larutan kalium karbonat panas, pendinginan dan pengeringan klorin, penyerapan ClO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S (Ludwig, 2001).



Gambar 2.3 *Ceramic Intalox Saddles*

*b. Plastic Intalox Saddles*

*Plastic Intalox Saddles* dapat meningkatkan distribusi gas dan cairan masuk, memungkinkan kapasitas yang lebih tinggi dan efisiensi transfer massa maksimum. Salah satu keunggulan dari *packing* berjenis *saddles* adalah tepi yang bergigi. Tepi yang bergigi menyediakan lebih banyak titik transfer pengantara per volume pengepakan. Titik transfer ini terus memperbarui permukaan cairan secara signifikan meningkatkan laju perpindahan massa. Tepi yang bergigi juga memobilisasi pengemasan di dalam *bed*, membantu menahan efek pengendapan, mempertahankan ruang bebas pengepakan dan menurunkan tekanan kolom. Aplikasi yang biasa digunakan: penyerapan CO<sub>2</sub>, penyerapan HCl, SO<sub>2</sub> dan HF,

penyerapan  $\text{Cl}_2$  dalam air atau kaustik, penyerapan  $\text{ClO}_2$ , pengeringan  $\text{Cl}_2$ , dan penghapusan  $\text{H}_2\text{S}$  (Ludwig, 2001).



Gambar 2.4 *Plastic Intalox Saddles*

c. *Flexisaddle*

Merupakan jenis *packing saddle* yang diproduksi oleh *Koch Engineering Co, Inc* dengan bahan plastik dan keramik. *Flexisaddle* berbahan plastik tersedia dalam tiga ukuran: 25 mm, 50 mm, dan 76 mm. Sedangkan *flexisaddle* yang berbahan keramik tersedia dalam lima ukuran: 13 mm, 25 mm, 38 mm, 50 mm, dan 76 mm (Ludwig, 2001).

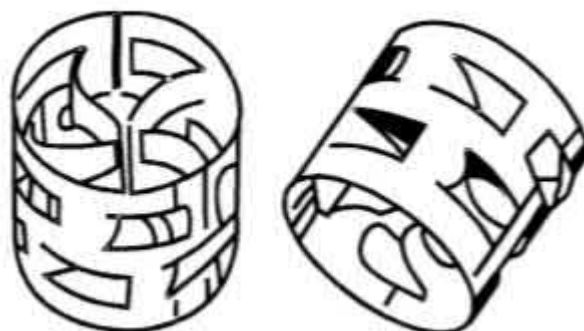




Gambar 2. 5 *Flexisaddle*

### 3. *Pall Rings*

*Pall ring* merupakan *packing* berbentuk silinder dengan Panjang yang sama dengan diameter, dengan sepuluh jari menekan dari dinding silinder memanjang ke interior elemen kemasan. Karena dinding yang terbuka, *pall ring* membuat interior yang lebih mudah diakses oleh aliran gas dan cairan dengan efektif. *Pall ring* tersedia dalam bahan logam, plastik, dan keramik (Ludwig, 2001).



Gambar 2. 6 *Pall Rings*

#### 4. *Intalox Performance Snowflake Packing*

*Packing* jenis ini merupakan produk terbaru dari Norton. Kemasan plastik ini menawarkan penyerapan dan efisiensi pengupasan yang unggul dan sama pentingnya menurunkan tekanan hingga tidak tertandingi oleh kemasan *packing* plastik standar. Selain meningkatkan efisiensi, *Intalox Performance Snowflake Packing* dapat mengurangi konsumsi energi listrik (Ludwig, 2001).

Disisi lain, kolom bahan isian juga memiliki sejumlah kekurangan, yaitu:

1. Sulit untuk dibersihkan
2. Umumnya lebih berat daripada kolom *tray*
3. Tidak dapat dipanaskan atau didinginkan secara internal
4. Dapat mengakibatkan *flooding*.

(Chattopadhyay, 2007)

#### Sifat-sifat Absorben

Secara prinsip, absorben atau pelarut yang baik harus memiliki daya larutan yang tinggi terhadap komponen yang hendak ditransfer (*solute*). Kelarutan yang tinggi dapat melibatkan reaksi kimia. Namun, jika digunakan reaksi kimia, reaksi tersebut harus *reversible* pada suhu tinggi sehingga *solute* dapat diambil kembali dari absorben. Suatu absorben dapat terdiri atas suatu komponen pembawa dan suatu komponen reaktif, namun biasanya hanya satu komponen yang digunakan. Absorben semestinya bersifat non-*volatil* untuk mengurangi hilangnya absorben Bersama gas. Absorben juga harus murah karena hilangnya sejumlah absorben tidak terhindarkan (absorben akan terakumulasi berbagai bahan sehingga secara

kontinu absorben harus dibuang dan diganti dengan yang baru). Absorben harus bersifat non-korosif, *inert* (kecuali terhadap solute), memiliki viskositas yang rendah pada kondisi operasi, tidak mudah terbakar dan memiliki titik beku rendah. Absorben yang biasa dipakai dalam industri adalah kerosin, straw-oil, *monoethanolamine* (MEA), *diethanolamine* (DEA), dan air.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Ammonia yang dapat dijerap oleh absorber yaitu sebesar 99 %
2. Hasil perancangan absorber menghasilkan diameter 1,2924 m
3. Tinggi absorber 10,00037 m

#### **5.2 Saran**

Perlu variasi perhitungan berbagai jenis packing untuk mengetahui hasil rancangan absorber yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, Lloyd E., dan Young, Edwin H. 1959. *Process Equipment Design: Process Vessel Design*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Chattopadhyay, P. 2007. *Absorption & Stripping*. Asian Books Pvt, New Delhi.
- 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.
- Fassler, Peter dan Aureo Celeghin. 2008. *Cost-efficient production of ethanolamines*. Sulzer Technical Review 3.
- Frauenkron, Matthias., J. Melder., G. Ruider., R. Rosbacher., H. Hoke. 2012. *Ethanolamines and Propanolamines*. Germany :VCH Verlagsgesell Scahf, Wanheim. Vol. 13.
- Garg, Diwakar., S. N. Shah., M.J. Okasinski., dan A. S. Drayton-Elder. 2004. *US 2004/0068143 A1 Process for Producing Alkanolamines*. Hamilton Boulevard Allentown.
- Johnson, Fred L. 1984. *Selective Production of Monoalkanolamines from Alkylene Oxides and Ammonia Over Acidic Inorganic Catalysts*. Texaco, Inc: United States Patent.
- MacKenzie, Gordon F. 1958. *Process for The Conversion of Ethanolamine*. The Dow Chemical Company: United States Patent Office.
- Marvin, Katelyn., dan B. J. Billig. 2016. *US Patent 9,227,912 B2 Process for Making Ethanolamines*. Scientific Design Company.
- Ludwig, Ernest E. 2001. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants, Vol 2 3<sup>th</sup> ed*. Gulf Publishing Company. Houston.
- Purwono, S., A. Budiman., E. Rahayuningsih., R. R. Hudgins., P. Douglas., I. Chatzis., P.L. Silverston. 2005. *Pengantar Operasi stage Seimbang*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- 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.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., dan Abbott, M.M. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamic, 5<sup>th</sup> edition*. Mc. Graw Hill Book Student International Edition. Tokyo.
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*, p. 1-29, 185-211, 288-313, McGraw Hill Company, Inc., New York

Zahedi, Gholamreza., S. Amraei., dan M. Biglari. 2009. *Simulation and Optimization of Ethanol Amine Production Plant*. Korean J. Chem. Eng., 26(6), 1504-1511(2009).