



**PRARANCANGAN PABRIK KIMIA BENZENA  
DENGAN PROSES HIDRODEALKILASI TERMAL  
DARI TOLUENA DAN HIDROGEN  
KAPASITAS 230.000 TON/TAHUN DITINJAU DARI  
MENARA DISTILASI**

**Skripsi**

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

**Oleh**

**Mira Melina**

**NIM. 5213415033**

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

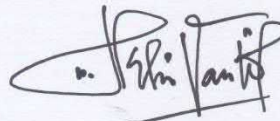
## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Mira Melina  
NIM : 5213415033  
Program Studi : Teknik Kimia  
Judul : Prarancangan Pabrik Kimia Benzena dengan Proses  
Hidrodealkilasi Termal dari Toluena dan Hidrogen Kapasitas  
230.000 Ton/Tahun Ditinjau dari Menara Distilasi

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 11 Desember 2019

Pembimbing



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

NIP. 197103161999032002

**PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul “Prarancangan Pabrik Kimia Benzena dengan Proses Hidrodealkilasi Termal dari Toluena dan Hidrogen Kapasitas 230.000 Ton/Tahun Ditinjau dari Menara Distilasi” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 19 bulan Desember tahun 2019.

Oleh

Nama : Mira Melina  
NIM : 5213415033  
Program studi : Teknik Kimia

Panitia:

Ketua

Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.  
NIP.197103161999032002

Sekretaris

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

Penguji 1

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

Penguji 2

Bayu Triwibowo, S.T., M.T.  
NIP. 198811222014041001

Pembimbing

Dr. Dewi Selvia F., S.T., M.T.  
NIP.197103161999032002

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik



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, 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 sebenarnya 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, 19 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,



Mira Melina

NIM. 5213415033

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

“Hiduplah seakan kamu akan mati besok. Belajarlah seakan kamu akan hidup selamanya (Mahatma Gandhi)”

### **PERSEMBAHAN**

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Ibu dan Bapak
3. Adik
4. Saudara-Saudariku
5. Dosen-dosenku
6. Teman-temanku
7. Almamaterku

## ABSTRAK

**Melina, Mira. 2019. Prarancangan Pabrik Kimia Benzena dengan Proses Hidrodealkilasi Termal dari Toluena dan Hidrogen Kapasitas 230.000 Ton/Tahun Ditinjau dari Menara Distilasi. Skripsi: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Dosen Pembimbing: Dr. Dewi Selvia Fardhyanti S.T., M.T.**

Produksi benzena melalui proses hidrodealkilasi termal dengan reaksi antara toluena dan hidrogen dalam *plug flow tubular reactor* pada suhu 1000-1800<sup>o</sup>F dan tekanan 100-1000 psig. Reaksi berjalan secara eksotermis dan endotermis. Selain benzena, proses hidrodealkilasi termal menghasilkan produk samping berupa difenil. Pabrik benzena ini direncanakan akan berdiri di Cilegon, Banten dengan luas area 51.000 m<sup>2</sup> dengan 260 orang tenaga kerja.

Menara distilasi adalah alat yang digunakan untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan titik didih. Salah satu jenis menara distilasi yang paling sering digunakan dalam industri yaitu *sieve tray tower*. Tiga menara distilasi pada pabrik benzena ini antara lain *Stabilizer Tower*, *Product Tower*, dan *Recycle Tower* dengan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-53*. *Product tower* memiliki *tray* terbanyak dan diameter terbesar masing masing 47 *tray* dengan diameter 5,5 ft.

Kata Kunci: Pabrik benzena, Menara Distilasi, *Sieve Tray Tower*.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Prarancangan Pabrik Kimia Benzena dengan Proses Hidrodealkilasi Termal dari Toluena dan Hidrogen Kapasitas 230.000 Ton/Tahun Ditinjau dari Menara Distilasi”**. 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., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia dan Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya serta penuh kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, dan pengarahan dalam penyusunan skripsi.
3. Dr. Widi Astuti S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Bayu Triwibowo S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Orangtua dan keluarga yang telah memberikan perhatian dan dukungannya.
6. Teman-teman angkatan 2015 dan semua pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan baik bagi mahasiswa dan industri khususnya, serta masyarakat umumnya.

Semarang, Desember 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Benzena .....	5
2.2 Hidrodealkilasi .....	5
2.3 Distilasi.....	7
2.4 Menara Distilasi ( <i>Distillation Tower</i> ) .....	8
2.5 <i>Packing</i> dan <i>Tray Tower</i> .....	9
2.6 Aliran pada <i>Tray Tower</i> .....	10
2.7 <i>Sieve Tray</i> .....	11
2.8 Parameter Desain <i>Tray Tower</i> .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	14
3.2 Sarana Penelitian .....	14



3.3 Metode Penelitian.....	14
BAB IV HASIL PENELITIAN .....	16
4.1 Neraca Massa Menara Distilasi .....	16
4.2 Kondisi Operasi Menara Distilasi .....	17
4.3 Dimensi Menara Distilasi.....	18
BAB V PENUTUP.....	21
5.1 Kesimpulan.....	21
5.2 Saran.....	21
DAFTAR PUSTAKA .....	22
LAMPIRAN .....	27

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan antara <i>bubble cap</i> , <i>valve</i> , dan <i>sieve tray</i> .....	11
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Stabilizer Tower</i> .....	16
Tabel 4.2 Neraca Massa <i>Product Tower</i> .....	17
Tabel 4.3 Neraca Massa <i>Recycle Tower</i> .....	17
Tabel 4.4 Kondisi Operasi Menara Distilasi .....	17
Tabel 4.5 Dimensi <i>Stabilizer Tower</i> .....	18
Tabel 4.6 Dimensi <i>Product Tower</i> .....	19
Tabel 4.7 Dimensi <i>Recycle Tower</i> .....	20

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menara Distilasi .....	8
Gambar 2.2 <i>Crossflow- Tray</i> .....	10
Gambar 2.3 <i>Counterflow- Tray</i> .....	10
Gambar 2.4 <i>Sieve Tray</i> .....	11
Gambar 2.5 Prinsip Kerja <i>Sieve Tray</i> .....	12

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Making Indonesia 4.0 merupakan salah satu kebijakan Indonesia untuk mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan berdaya saing internasional. Dengan adanya kebijakan tersebut diharapkan Indonesia mampu menjadi salah satu dari 10 negara dengan tingkat perekonomian terkuat di dunia pada tahun 2030. Salah satu sektor dalam perwujudan kebijakan Making Indonesia 4.0 yaitu sektor pengembangan industri. Seiring bertumbuhnya industri terutama industri kimia menyebabkan semakin tingginya kebutuhan akan bahan kimia setiap tahun. Namun, Indonesia tidak menambah kapasitas pabrik sehingga menjadi negara importir bahan kimia (Kementrian Perindustrian, 2019).

Benzena merupakan salah satu bahan kimia impor bagi Indonesia. Benzena dihasilkan dari proses hidrodealkilasi antara toluena dan hidrogen dengan difenil sebagai produk samping (Ouattara, et al., 2013). Benzena dari toluena dan hidrogen dapat diproduksi dari 2 proses hidrodealkilasi yaitu hidrodealkilasi termal dan hidrodealkilasi katalitik (Iranshahi, et al., 2016). Proses Hidrodealkilasi Termal dipilih untuk menghindari penggunaan katalis yang merupakan bahan impor bersifat *toxic*. Pabrik benzena didirikan dengan kapasitas 230.000 ton/tahun memiliki tujuan antara lain: mengurangi jumlah impor, memenuhi kebutuhan benzena dan turunannya dalam negeri, serta memberikan peluang pekerjaan bagi masyarakat Indonesia.

Distilasi adalah proses pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih (Worsfold, et al., 2018). Jenis-jenis distilasi yang beroperasi secara kontinu antara lain: distilasi uap, distilasi vakum, distilasi ekstraktif, distilasi reaktif, dan distilasi *pressure swing* (Choudhary, et al., 2009). Menara distilasi merupakan alat yang digunakan pada operasi pemisahan distilasi (Özkul, 2018). Menara distilasi yang digunakan berjenis *Tray Distillation Tower*.

Desain menara distilasi bertujuan untuk mengetahui bahan konstruksi dan dimensi menara distilasi. Berdasarkan penggunaannya, menara distilasi dibagi menjadi 2 jenis yaitu *Tray Distillation Tower* dan *Packed Distillation Tower* (Hoon, et al., 2013). Pada pabrik benzena ini, terdapat 3 buah menara distilasi. Menara distilasi pertama bertujuan untuk memisahkan metana sebagai *fuel* pada *furnace*. Menara distilasi kedua digunakan untuk mendapatkan produk benzena. Sedangkan menara distilasi ketiga berfungsi sebagai pemisah antara *recycle* toluena dengan produk samping difenil.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang didapatkan permasalahan yang mempengaruhi prarancangan pabrik kimia benzena dengan proses hidrolealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun yang ditinjau dari menara distilasi antara lain:

1. Benzena merupakan salah satu bahan kimia impor di Indonesia.
2. Menara distilasi adalah alat yang digunakan pada operasi pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada prarancangan pabrik kimia benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun yang ditinjau dari menara distilasi antara lain:

1. Jenis menara distilasi yang digunakan pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun yaitu *Tray Distillation Tower*.
2. Output yang dihasilkan pada menara distilasi 1, 2 dan 3 masing-masing antara lain metana sebagai *fuel furnace*, benzena, dan difenil.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah tersebut, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penentuan bahan konstruksi menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun?
2. Bagaimana proses perancangan menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun?
3. Bagaimana dimensi menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun?

## **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari prarancangan pabrik kimia benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun yang ditinjau dari menara distilasi antara lain:

1. Untuk mengetahui bahan konstruksi menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun.
2. Untuk mengetahui proses perancangan menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun.
3. Untuk mengetahui dimensi menara distilasi pada pabrik benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun.

## **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat seperti:

1. Memberikan wawasan agar mengurangi impor benzena.
2. Mendorong industri lain dalam pemanfaatan produk benzena.
3. Sebagai acuan penelitian selanjutnya mengenai perancangan menara distilasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Benzena**

Benzena adalah senyawa aromatis hidrokarbon dengan rumus kimia  $C_6H_6$  berwujud cair yang tidak berwarna, mudah menguap dan terbakar (Speight, 2002). Benzena dengan berat molekul 78,11 memiliki titik didih sebesar  $80^\circ C$  (Pubchem, 2019). Benzena digunakan sebagai bahan kimia intermediet untuk memproduksi senyawa seperti alkilbenzena, anilin, fenol, klorobenzena, sikloheksana, dan stirena (Purcell, 2000).

Benzena diproduksi dengan cara mereaksikan toluena dan hidrogen serta menghasilkan produk samping berupa difenil (Ouattara, et al., 2013). Difenil merupakan padatan kristal putih dengan rumus kimia  $C_{12}H_{10}$  (E. Thompson, 2005) dengan berat molekul sebesar 154,21 (Pubchem, 2019). Difenil mendidih pada suhu yang cukup tinggi sebesar  $258^\circ C$  (Chemspider, 2019). Kegunaan difenil antara lain sebagai media untuk transfer panas, pengawet makanan, zat pewarna dan sintesis organik (EPA, 2000).

#### **2.2 Hidrodealkilasi**

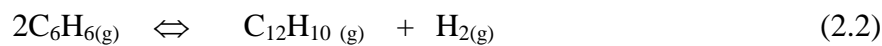
Hidrodealkilasi merupakan proses produksi benzena di industri yang menggunakan toluena dan hidrogen sebagai reaktan (Andalib, et al., 2015).



Reaksi dalam fase gas yang terjadi pada hidrodealkilasi antara lain:



Toluena            Hidrogen            Benzena            Metana



Benzena            Difenil            Hidrogen

(Sumber: Luyben, 1998)

Reaksi 1 bersifat eksotermis (Meidanshahi, et.al, 2011) dan *irreversible* (Lewin, 2004). Sedangkan reaksi 2 bersifat endotermis (Moldoveanu, 2019) dan *reversible* (Lewin, 2004). Terdapat 2 jenis proses hidrodealkilasi pada pembentukan benzena yaitu hidrodealkilasi katalitik dan hidrodealkilasi termal (Iranshahi, et.al., 2016).

a. Hidrodealkilasi Katalitik

Pada proses hidrodealkilasi katalitik reaksi beroperasi pada suhu 600-1000°F dan tekanan 50-500 psig (Howley & Shih, 1991). Dihasilkan konversi 75% pada proses ini dengan perbandingan toluena dan hidrogen sebesar 5:1 (Turton, et al., 2012). Reaktor yang digunakan berjenis *Packed Bed Reactor* (Gudhekar, 2002) dengan isian katalis berupa  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , Rh-Ni dan Rh-Zn (Glotov, et al., 2019). Akan tetapi, katalis-katalis tersebut hanya dapat diimpor dan bersifat *toxic* sehingga dipilih proses hidrodealkilasi termal.

b. Hidrodealkilasi Termal

Prose hidrodealkilasi termal berjalan pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan proses hidrodealkilasi katalitik yaitu sebesar

1000-1800°F dan 100-1000 psig (Carr, et al., 1968) pada *plug flow tubular reactor* yang bekerja secara adiabatik (Bouton & Luyben, 2008). Pada proses ini dibutuhkan toluena dengan kemurnian 92-99% dengan hidrogen sebagai *excess reactant* untuk menghasilkan konversi sebesar 85% dan *yield* sebesar 95% (EPA, 1994). Produk keluaran reaktor dimurnikan dengan 3 buah menara distilasi (Ye & Cao, 2018).

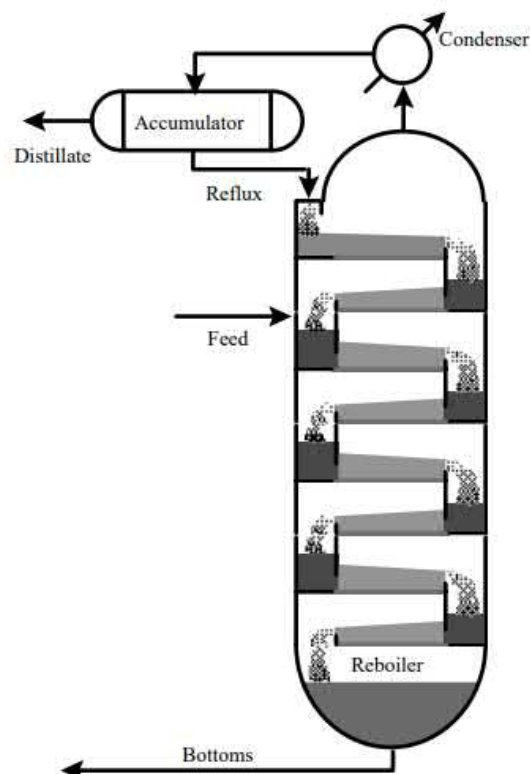
### 2.3 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih (Worsfold, et al., 2018). Titik didih adalah suhu zat saat tekanan uap jenuhnya sama dengan tekanan di atas permukaan cairan (Firmansyah, 2018). Proses distilasi dilakukan pada tekanan rendah apabila selisih titik didih antar zat besar sehingga mampu menurunkan titik didih zat (Fahmi, et al., 2014).

Distilasi secara kontinu dapat dibagi menjadi 5 antara lain: distilasi uap, distilasi vakum, distilasi ekstraktif, distilasi reaktif, dan distilasi *pressure swing* (Choudhary, et al., 2009). Distilasi uap adalah proses distilasi menggunakan uap panas dengan tekanan di atas 1 atm melalui pipa (Indriani, et al., 2013). Proses distilasi dengan tekanan di bawah 1 atm disebut dengan distilasi vakum (Widyaningrum, et al., 2017). Distilasi ekstraktif terjadi dengan adanya pelarut dalam melakukan ekstraksi (Delly, et al., 2016). Distilasi reaktif adalah proses konversi reaktan menjadi produk dilanjutkan dengan distilasi yang beroperasi pada 1 kolom (Widayat & Satriadi, 2008). Campuran azeotrop yang sensitif terhadap tekanan dipisahkan dengan distilasi *pressure swing* (Liang & Li, 2016).

## 2.4 Menara Distilasi (*Distillation Tower*)

Menara distilasi merupakan alat yang digunakan pada operasi pemisahan distilasi (Özkul & Kayabasi, 2018). Cairan pada menara distilasi dipanaskan sehingga berkurang dan menguap. Kemudian cairan dari suatu *stage* mengalir menuruni *downcomer* menuju *stage* lain, sedangkan uap naik. Pada bagian bawah menara distilasi terdapat pemanas cairan disebut *reboiler*. Pada bagian atas menara terdapat *condenser* yang berfungsi untuk mendinginkan uap menjadi cairan. Sebagian cairan yang keluar dari *condenser* dikembalikan menuju menara dan sebagiannya lagi dikumpulkan dalam akumulator sebagai distilat (Brooks, 1993).



Gambar 2.1 Menara Distilasi.

Pada menara distilasi dipasang kolom internal agar perpindahan massa dan panas antara fase cair dan uap berlangsung lebih baik. Kolom yang dipilih berpengaruh pada tinggi dan diameter menara dikarenakan adanya perbedaan kapasitas dan efisiensi (IACPE, 2017). Umumnya, terdapat 2 jenis internal yaitu *packing* dan *tray* (Pilling & Holden, 2009).

## **2.5 Packing dan Tray Tower**

### **a. Packing Tower**

Secara umum, kolom internal *packing* terbagi menjadi 3 jenis yaitu *random packing*, *grid* dan *structured packing* (Klemas & Bonilla, 2000). *Packing* digunakan pada distilasi agar cairan mengalir secara efektif (Sánchez, et al., 2016) pada tekanan 6,7 kPa – 2.200 kPa (Rukovena & Koshy, 1993). Akan tetapi, jenis *packing* memiliki kapasitas yang terbatas dan hanya dapat digunakan pada operasi dengan luas permukaan yang kecil (Nieuwoudt, et al., 2018). Oleh karena itu, pada pabrik benzena ini digunakan menara distilasi berjenis *tray tower*.

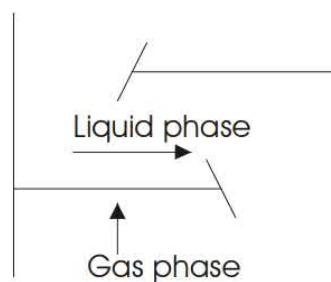
### **b. Tray Tower**

*Tray Tower* merupakan jenis menara distilasi yang menggunakan *tray* untuk mengontakkan cairan dan uap secara bertahap (NPTEL, 2019). Penggunaan *tray* pada menara distilasi lebih efektif dibandingkan *packing* (Outili, et al., 2013). Kelebihan *tray* antara lain: ekonomis, investasi rendah, instalasi mudah, kehandalan tinggi, dan resistensi yang baik terhadap korosi (Li, et al., 2014). Selain itu, *tray* juga mampu

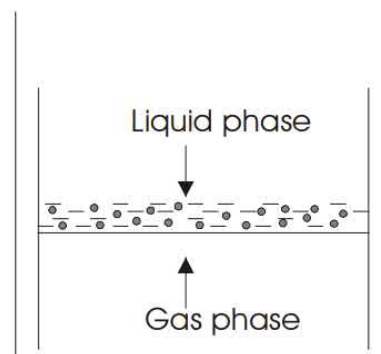
beroperasi pada menara yang berukuran lebih besar dengan kontak cairan dan uap secara optimum, serta mudah dalam pembersihan (Pham, et al., 1997).

## 2.6 Aliran pada *Tray Tower*

Aliran pada *tray tower* dibagi menjadi 2 yaitu *crossflow* dan *counterflow* (Gamse,) yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. dan Gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.2 *Crossflow- Tray*



Gambar 2.3 *Counterflow- Tray*

*Crossflow* memiliki luas area yang lebih besar dan efisiensi pemisahan yang lebih tinggi jika dibandingkan *Counterflow* (Gamse, 2019). Terdapat 3 jenis *tray*

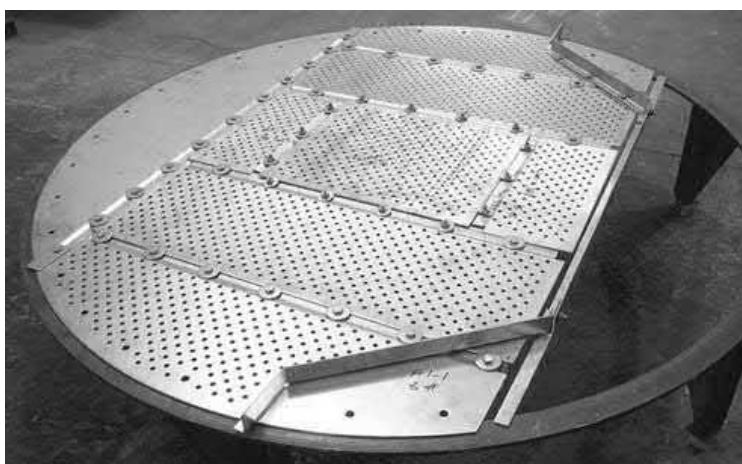
*tower* pada aliran *crossflow* antara lain: *bubble cap*, *valve* dan *sieve tray* (NPTEL, 2014). Dipilih *sieve tray* pada pabrik benzena ini dengan pertimbangan yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan antara *bubble cap*, *valve*, dan *sieve tray*.

Jenis Tray	Efisiensi	Harga	Kapasitas	Pressure Drop
<i>Bubble Cap</i>	Medium	100-200% lebih tinggi dari <i>sieve tray</i>	Medium	Tinggi
<i>Valve</i>	Tinggi	20-50% lebih tinggi dari <i>sieve tray</i>	Tinggi	Tinggi
<i>Sieve</i>	Tinggi	Paling Ekonomis	Tinggi	Rendah

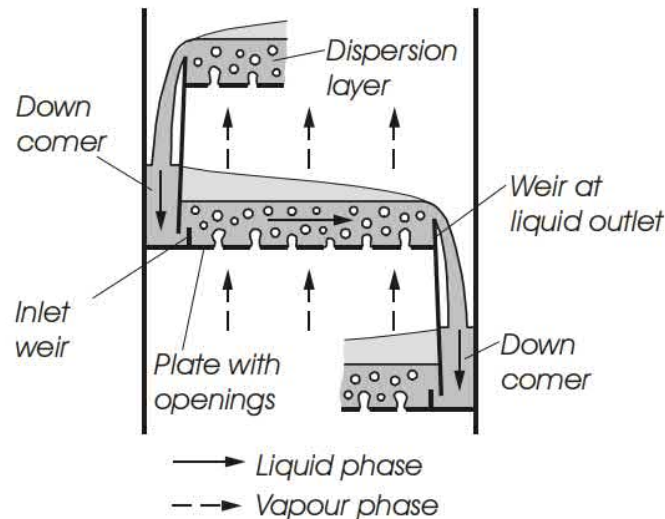
## 2.7 Sieve Tray

*Sieve tray* memiliki desain paling sederhana dengan *pressure drop* yang rendah dibandingkan *tray* lainnya sehingga biayanya murah (Patil, 2016). *Sieve tray* berbentuk lembaran logam datar yang dibor membentuk bulatan lubang kecil yang simetris yang ditunjukkan pada Gambar 2.4 (Priestman, 1979).



Gambar 2.4 *Sieve Tray* (wermac.org)

Pada *sieve tray tower* memungkinkan adanya *tray* dengan jumlah lebih dari 100 yang disusun secara horizontal. Cairan turun ke bawah melintasi *tray* dengan adanya gravitasi (Priestman, 1979).



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Sieve Tray

Fase cair memiliki tingkat volatilitas yang lebih tinggi. Ketinggiannya ditentukan oleh ketinggian *weir* pada *tray outlet*. Di sisi lain, gas dengan tingkat volatilitas lebih rendah naik menuju *tray* di atasnya melewati lubang sehingga terjadi perpindahan massa (Gamse, 2019).

## 2.8 Parameter Desain Tray Tower

Parameter Desain pada Tray Tower antara lain:

### a. Active Area

Area *tray* yang dapat dilubangi agar uap dan cair dapat dikontakkan.

b. *Downcomer Area*

*Area* untuk transportasi cairan menuju *tray* di bawahnya. *Downcomer Area* yang terlalu kecil dapat menyebabkan peristiwa *flooding*.

c. *Downcomer Clearance*

Ukuran *clearance* harus seimbang agar *minimum head loss* pada distribusi cairan berjalan dengan baik dan *back-up downcomer* tidak berlebihan.

d. *Flow Path Length*

Jarak antara inlet *downcomer* dan outlet *weir* berpengaruh pada efisiensi *tray*.

e. *Hole Area*

Lubang *tray* dengan kecepatan uap yang tinggi mampu mendorong cairan sehingga berpengaruh pada *pressure drop*.

f. *Number of Flow Paths*

*Flow Path* mampu mengurangi beban *weir* sehingga *pressure drop* rendah.

g. *Outlet Weir Height*

*Outlet Weir Height* berfungsi agar cairan berada tepat di atas *tray* dan uap di bawah *downcomer*

h. *Tray Spacing*

Jarak antara dua *tray* berpengaruh pada tinggi menara.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Pada prarancangan pabrik kimia benzena dengan proses hidrodealkilasi termal dari toluena dan hidrogen kapasitas 230.000 ton/tahun ditinjau dari menara distilasi terdapat 3 menara distilasi yaitu, *Stabilizer Tower*, *Product Tower*, dan *Recycle Tower*.
2. Menara distilasi yang digunakan berjenis *sieve tray tower* dengan bahan konstruksi *Carbon Steel SA-53*.
3. Jumlah *tray* terbanyak dengan diameter terbesar pada *product tower* dengan jumlah 47 *tray* dengan diameter 5,5 ft.

#### **5.2 Saran**

1. Penggunaan *sieve tray tower* hanya untuk kapasitas besar, pada menara distilasi dengan kapasitas kecil sebaiknya menggunakan *bubble cap tower*.
2. Untuk menghindari *flooding* berlebihan, laju alir *vapor* harus lebih tinggi dari laju alir *liquid*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andalib, E., Zeynali, R., & Ghasemzadeh, K. (2015). Performance Evaluation of Palladium Membrane Reactor for Hydrodealkylation of Toluene Using CFD Method.
- Bouton, G. R., & Luyben, W. L. (2008). Optimum Economic Design and Control of a Gas Permeation Membrane Coupled with the Hydrodealkylation (HDA) Process. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 47(4), 1221–1237.
- Brooks, B. A. (1993). Modeling of a Distillation Column Using Bond Graphs, 213.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*.
- Carr, N. L., Park, A., & E. Peterson, R. (1968). Thermal Hydrodealkylation Process. *United States Patent Office*, 28(2), 131–134.
- Chemspider Difenil. 2019. [www.chemspider.com](http://www.chemspider.com). Diakses pada tanggal 16 Mei 2019.
- Choudhary, P., Patil, K., & Bhatia, T. (2009). Distillation Operations : Methods , Operational and Design Issues. *Distillation Operations*, 10.
- Delly, J., Hasbi, M., & Zenius, A. (2016). Analisa Bioetanol Dari Nira Aren Menggunakan Destilasi Fraksinasi Ganda Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 2(2), 1–7.
- E. Thompson, Q. (2005). Biphenyl and Terphenyls. *Van Nostrand's Encyclopedia of Chemistry*, 5, 45–49.
- EPA. (1994). Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Toluene. *Air Quality*.
- EPA. (2000). Biphenyl, (3).
- Fahmi, D., Susilo, B., & Agung Nugroho, W. (2014). Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dengan Menggunakan Distilasi Vakum. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 2(2), 131–137.
- Firmansyah, J. (2018). Eksplanasi Ilmiah Air Mendidih Dalam Suhu Ruang. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 1(2), 75–79.

- Gamse, T. (2019). Hydrodynamic Layout of Columns. *Chemical Engineering and Environmental Technology*, 1–71.
- Geankoplis, C. J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*.
- Glotov, A., Stytsenko, V., Artemova, M., Kotelev, M., Ivanov, E., Gushchin, P., & Vinokurov, V. (2019). Hydroconversion of Aromatic Hydrocarbons over Bimetallic Catalysts. *Catalysts*, 9(4), 1–12.
- Gudhekar, K. G. (2002). Modeling, Control, and Optimization of Fixed Bed Reactors, 4(57), 11–25.
- Hoon, C. Y., Ling, A. L., Jaya, A., & Firdaus, M. A. (2013). Distillation Column Selection and Sizing. *KLM Technology*, 34.
- Howley, P. A., & Shih, S. S. (1991). Catalytic Hydrodealkylation of Aromatics. *United States Patent*, 15.
- Hussain, Y. (2015). Equilibrium Separation Column. *Jordan University Of Science and Technology*, 108–125. Retrieved from <http://www.just.edu.jo/~yahussain/files/Equilibrium Separation Columns.pdf>
- IACPE. (2017). Distillation. *International Association of Certified Practicing Engineers*, 1–56.
- Indriani, S., Sari, S. A., Anggorowati, D. A., & Mujiono. (2013). Penerapan Alat Destilasi Minyak Atsiri di Kelurahan Tunjungarjo Kecamatan Sukun Malang. *Industri Inovatif*, 3(1), 19–23.
- Industri Kimia Indonesia. 2019. [www.kemenperin.go.id](http://www.kemenperin.go.id). Diakses pada tanggal 14 April 2019.
- Iranshahi, D., Saeedi, R., Azizi, K., & Nategh, M. (2016). A novel Integrated Thermally Coupled Moving Bed Reactors for Naphtha Reforming Process with Hydrodealkylation of Toluene. *Applied Thermal Engineering*, 112, 1040–1056.
- Kern, D. Q. (1965). *Process Heat Transfer*.
- Klemas, L., & Bonilla, J. A. (2000). Packed Columns: Design and Performance. *Encyclopedia of Separation Science*, 1081–1098.
- Lewin, D. R. (2004). Simulation of The Toluene Hydrodealkylation Process, 1–18.

- Li, Q., Zhang, M., Lei, Z., Tang, X., Li, L., & Wang, B. (2014). A Distillation Tray with High Efficiency and Excellent Operating Flexibility for Viscous Mixture Separation. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 20(2), 223–231.
- Liang, S., & Li, X. (2016). Insight into Pressure-Swing Distillation from Azeotropic Phenomenon to Dynamic Control. *Chemical Engineering Research and Design*, 117, 318–335.
- Luyben, W. L., Tyreus, B. D., & Luyben, M. L. (1998). *Plantwide Process Control*.
- Meidanshahi, V., Bahmanpour, A. M., Iranshahi, D., & Rahimpour, M. R. (2011). Theoretical Investigation of Aromatics Production Enhancement in Thermal Coupling of Naphtha Reforming and Hydrodealkylation of Toluene. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 50(9), 893–903.
- Moldoveanu, S. C. (2019). *Pyrolysis of Hydrocarbons. Pyrolysis of Organic Molecules*.
- Nieuwoudt, I., Quotson, P., Juarez, J., & Yeh, N. (2018). Improving the Performance of Towers with Random Packing. *Chemical Engineering Transactions*, 69, 511–516.
- NPTEL. (2019). Chemical Engineering Design. *Chemical Engineering*, 2–9.
- NPTEL. (2014). Design of Distillation and Absorption Column. *Process Design of Mass Transfer Column*, 30.
- Ouattara, A., Pibouleau, L., Azzaro-Pantel, C., & Domenech, S. (2013). Economic and Environmental Impacts of The Energy Source for The Utility Production System in The HDA Process. *Energy Conversion and Management*, 74, 129–139.
- Outili, N., Chegga, N., Elbahi, K., & Meniai, A. H. (2013). Effect of Downcomers Sizes on Tray Column Performance. *Chemical Engineering Transactions*, 32, 1981–1986.
- Özkul, F. B., & Kayabasi, E. (2018). A General Overview on Distillation Columns and Column Circuits.
- Patil, N. P., & Patil, V. S. (2016). Operational and Economic Assessment of Distillation Column from the Performance of Tray. *Technology and Management*, (January), 500–505.

- Pérez Sánchez, A., Pérez Sánchez, E. J., & Segura Silva, R. (2016). Design of a Packed-Bed Absorption Column Considering Four Packing Types and Applying Matlab. *Nexo Revista Científica*, 29(2), 83–104.
- Pham, L. V, Binkley, M., Zygula, T. M., Jang, J. Y., & Garner, R. M. (1997). High-Performance Anti-Fouling Tray Technology and Its Application in The Chemical Industry.
- Pilling, M., & Holden, B. S. (2009). Choosing Trays and Packings for Distillation. *Chemical Engineering Progress*, 105(9), 44–50.
- Priestman, G. H. (1979). Pressure Pulsations in Sieve Tray Columns, 350.
- Pubchem Benzene. 2019. [www.pubchem.com](http://www.pubchem.com). Diakses pada tanggal 10 Mei 2019.
- Purcell, W. P. (2000). Benzene. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 3, 596–624.
- Rukovena, F., & Koshy, T. D. (1993). Packed Distillation Tower Hydraulic Design Method and Mechanical Considerations. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 32(10), 2400–2407.
- Sieve Tray. 2019. [www.wermac.org](http://www.wermac.org). Diakses pada tanggal 28 Mei 2019.
- Silla, H. (2003). *Chemical Process Engineering: Design And Economics*.
- Speight, J. G. (2002). *Chemical and Process Design Handbook* (Vol. 39).
- Tray Tower Design. 2019. [www.hatltd.com](http://www.hatltd.com). Diakses pada tanggal 12 Juni 2019.
- Turton, R., Bailie, R. C., Whiting, W. B., Shaeiwitz, J. A., & Bhattacharyya, D. (2012). *Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes* (Vol. 40).
- Van Winkle, M. (1967). Distillation.
- Wankat, P. C. (1988). Equilibrium Staged Separations. *Prentice-Hall*, (3), 1–9.
- Widayat, & Satriadi, H. (2008). Optimasi Pembuatan Dietil Eter Dengan Proses Reaktif Distilasi. *Reaktor*, 12(1), 7.
- Widyaningrum, K. S., Setiawan, D. K., & Kaloko, B. S. (2017). Pengaruh Variasi Suhu Destilasi Terhadap Karakteristik Minyak Jarak Sebagai Alternatif Isolasi Cair pada Transformator Daya. *Berkala Sainstek*, 5(1), 41.

Worsfold, P., Townshend, A., & Poole, C. (2018). Distillation. *Encyclopedia of Analytical Science*, 281–285.

Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook*.

Ye, L., & Cao, Y. (2018). Control Reconfiguration to Improve HDA Process Optimality. *IFAC*, 51(18), 434–439.