

DESAIN BENZENE DISTILLER PADA PRARANCANGAN PABRIK BENZENE, TOLUENE, DAN XYLENE MENGGUNAKAN PROSES CYCLAR BP/UOP

Elisa Pebrianti

Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail : elisa.pebrianti2685@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Benzene, toluene, and xylene (BTX) are petrochemical materials that are produced through a catalytic reforming process from naphtha. Benzene and toluene are among the products that are widely used for chemical raw materials, one of which is toluene which is used as a solvent and intermediate in the manufacturing process of high octane chemicals and gasoline components, while the demand for xylene has increased along with the increasing demand for polyester fibers and films. This factory is designed with a production capacity of 602.606 tons/year. One of the main equipment in this factory is a benzene distiller. This apparatus is designed to separate benzene from toluene, xylene, pentane, pentylene, hexane, hexylene, octylene, octane and heptylene. This benzene distiller is a sieve tray type distillation tower. This benzene distiller is operated at a temperature of 64,77°C and a pressure of 1,01 bar. The distillate flow rate of 12036356,37 lb/hr consists of pentylene, pentane, hexylene, hexane, and benzene and the bottom flow rate is 843889,17 lb/hr consisting of octylene, octane, hexylene, hexane, heptylene, xylene, and toluene as well as the flow rate of the benzene product was 48669,52 lb/hr. The height of the tower is 28,88 m and a diameter of 5,94 m with a torispherical type head and skirt as supports.

Keywords: BTX, benzene distiller, catalytic reforming, sieve tray

1. PENDAHULUAN

Dalam perancangan suatu pabrik, keberadaan kolom distilasi adalah sebagai salah satu alat vital pada tahap pemisahan multikomponen menjadi bagian yang hampir selalu ada dalam rancangan proses lengkap. Pemahaman secara khusus mengenai alat ini dinilai sangat penting khususnya bagi mahasiswa agar penguasaan perancangan dan akurasi hasil perhitungan disain dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

Menara distilasi merupakan unit operasi yang sering dijumpai pada industri

kimia. Proses distilasi merupakan proses yang sangat penting dalam industri petrokimia. Tujuan proses distilasi adalah untuk memisahkan komponen-komponen dari satu campuran seperti gas alam, menjadi komponen penyusunnya, seperti metana, etana, propana, butana, pentana, dan sebagainya. Komponen tersebut dipisahkan berdasarkan perbedaan volatilitas yaitu tingkat kemudahan suatu zat untuk menguap.

Benzene distiller merupakan salah satu unit penunjang pada proses perancangan pabrik BTX dengan proses

cyclar BP/UOP (British Petroleum /Universal Oil Production). Hal ini dikarenakan alat ini dapat memisahkan benzene dari komponen lainnya. Produk distilat berupa C₅, C₆, dan sedikit campuran benzene yang akan di *recycle* kembali. Produk benzene murni dikeluarkan pada tray kedua dan produk bawahnya berupa C₆-C₈ serta toluene dan xylene. Hal yang mendasari pentingnya unit ini yaitu dengan adanya unit benzene distiller maka akan semakin meningkatkan optimasi proses karena dapat digunakannya kembali (*recycle*) sisa proses menjadi *feed* yang tentu saja akan mengurangi biaya pembelian bahan utama dalam proses pabrik BTX dengan proses cyclar BP/UOP.

2. DESKRIPSI PROSES

Proses cyclar dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu bagian reaktor, bagian regenerator *Continuous Catalytic Reforming* (CCR), dan bagian pemulihan produk.

1. Reaktor
Bagian ini melibatkan *radial flow reactor stack*, *combine feed exchanger*, dan *heaters*.
2. Regenerator CCR
Bagian ini meliputi *regenerator stack* dan sistem transfer katalis.
3. *Recovery* produk
Bagian ini meliputi separator produk, kompressor, stripper, dan peralatan *recovery* gas.

Berikut merupakan uraian proses terpilih dari pabrik *benzene*, *toluene* dan *xylene* yang terdiri dari tiga tahap diantaranya :

1. Tahap *Pretreatment*
Bahan baku disimpan dalam tangki penyimpanan dengan jenis *Spherical Tank*.

Tangki ini dipilih karena fasa umpan berupa fasa gas. Umpan terdiri atas LPG dan oktana dengan fasa gas yang mempunyai suhu 35°C dengan tekanan 1 atm. Umpan dikirim ke *Combine Feed Exchanger*, pada unit tersebut terjadi pertukaran panas antara umpan dan produk sebelum diumpan ke reaktor. Setelah itu umpan dipanaskan dengan *superheated steam* agar mencapai suhu reaksi pada reaktor.

2. Tahap Reaksi

Empat reaktor aliran radial adiabatik disusun dalam satu atau lebih tumpukan vertikal. Umpan dengan suhu 450°C masuk ke reaktor. Didalam reaktor terjadi reaksi dehidrogenasi pada reaktor pertama, setelah itu dipanaskan ke unit *heater* dan masuk ke reaktor ke dua di reaktor ke dua terjadi reaksi oligomerisasi kemudian dipanas dan masuk ke reaktor ke tiga. Dalam reaktor tiga terjadi proses siklisasi, setelah itu dipanaskan ke unit *heater* dalam reaktor ke empat terjadi proses dehidrogenasi untuk merubah naphta menjadi senyawa aromatik. Setelah itu produk di kirim ke *combine feed exchanger* untuk menurunkan suhu produk yang keluar dari reaktor.

3. Tahap Pendinginan Produk

Produk yang keluar dari reaktor berupa fasa gas dengan suhu dan tinggi oleh karena itu harus tekanan dan suhu harus diturunkan sebelum melalui tahap pemisahan dan pemurnian produk. Produk yang keluar dari reaktor diumpan kedalam *combine feed exchanger* dengan tujuan untuk menurunkan suhu produk, setelah itu produk diumpan ke heater didalam heater terjadi pertukaran panas, selanjut nya diumpan ke rebolier pada kolom distilasi dengan tujuan untuk menurunkan panas dan sebagai pemanas *steam*, selanjutnya produk diumpan ke dalam *flash tank* tujuan nya adalah menurunkan tekanan dan suhu pada produk sebelum menuju unit separator.

4. Tahap Pemisahan

Produk dari *flash tank* kemudian diumpun menuju unit separator. *Efluen* dari reaktor terakhir dipecah menjadi uap dan produk cair dalam separator. Cairan dikirim ke menara distilasi di mana saturasi cahaya dihilangkan dari produk aromatik C_6^+ . Uap dari separator dikompresi dan dikirim ke bagian pemulihan untuk dipisah menjadi aliran produk hidrogen, aliran bahan bakar, gas dari saturasi cahaya, dan aliran daur ulang LPG yang belum dikonversi.

3. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam mendesain menara distilasi benzene distiller sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan serta data-data untuk desain menara distilasi benzene distiller. (BPS, 2018), (Coulson and Richardson, 1983), (Jackson, 1964), (Timkend *et al*, 1997), (Vasant and Ketty, 2008), (Wallas, 1990), (Wiinsch, 2000), (Yaws, 1999).
2. Perhitungan neraca massa dan energi untuk menara distilasi benzene distiller (Reklaitis, 1983).
3. Analisa dan desain menara distilasi benzene distiller serta alat mekanis (Brownel and Young, 1959), (Coulson and Richardson, 1983), (Fessenden and Fessenden, 1997), (Kern, 1995), (Kirk and Othmer, 1996 dan 1997), (Megyesy, 1983), (Perry, 2008), (Peters and Timmerhaus, 2003), (Sinnot, 2005).

4. DESAIN ALAT UTAMA BENZENE DISTILLER

Benzene distiller merupakan alat pemisahan produk benzene dengan toluene, xylene, pentana, pentilen, heksana, heksilen, oktilen, oktana, dan heptilen. Umpan yang masuk berfasa gas. Top produk berupa pentilen, pentana, heksilen, dan heksana. Top produk kedua berupa benzene murni. Bottom produk berupa oktilen, oktana, heptilen, xylene, dan toluene. Prarancangan menara distilasi benzene distiller terdiri atas beberapa tahapan yaitu :

1. Menentukan sifat fisika dan kimia komponen yang akan dipisahkan.
2. Menentukan tipe kolom distilasi dan bahan konstruksi.
3. Menentukan kondisi operasi yang diperlukan.
4. Menentukan spesifikasi alat.
5. Merancang bagian internal menara distilasi dan alat mekanis (*skirt*, *flange*, *nozzle*, dan lain-lain).

Hasil perancangan benzene distiller terlihat pada Gambar 1 dan spesifikasinya ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Benzene Distiller

SPESIFIKASI BENZENE DISTILLER		
Menara Benzene Distiller	Kode	T-103
	Fungsi	Merupakan alat pemisahan dan pemurnian yang bertujuan untuk memisahkan produk benzene dari toluene, xylene, pentana, pentilen, heksana, heksilen, oktilen, oktana, dan heptilen.
Temperatur Operasi	64,77°C	

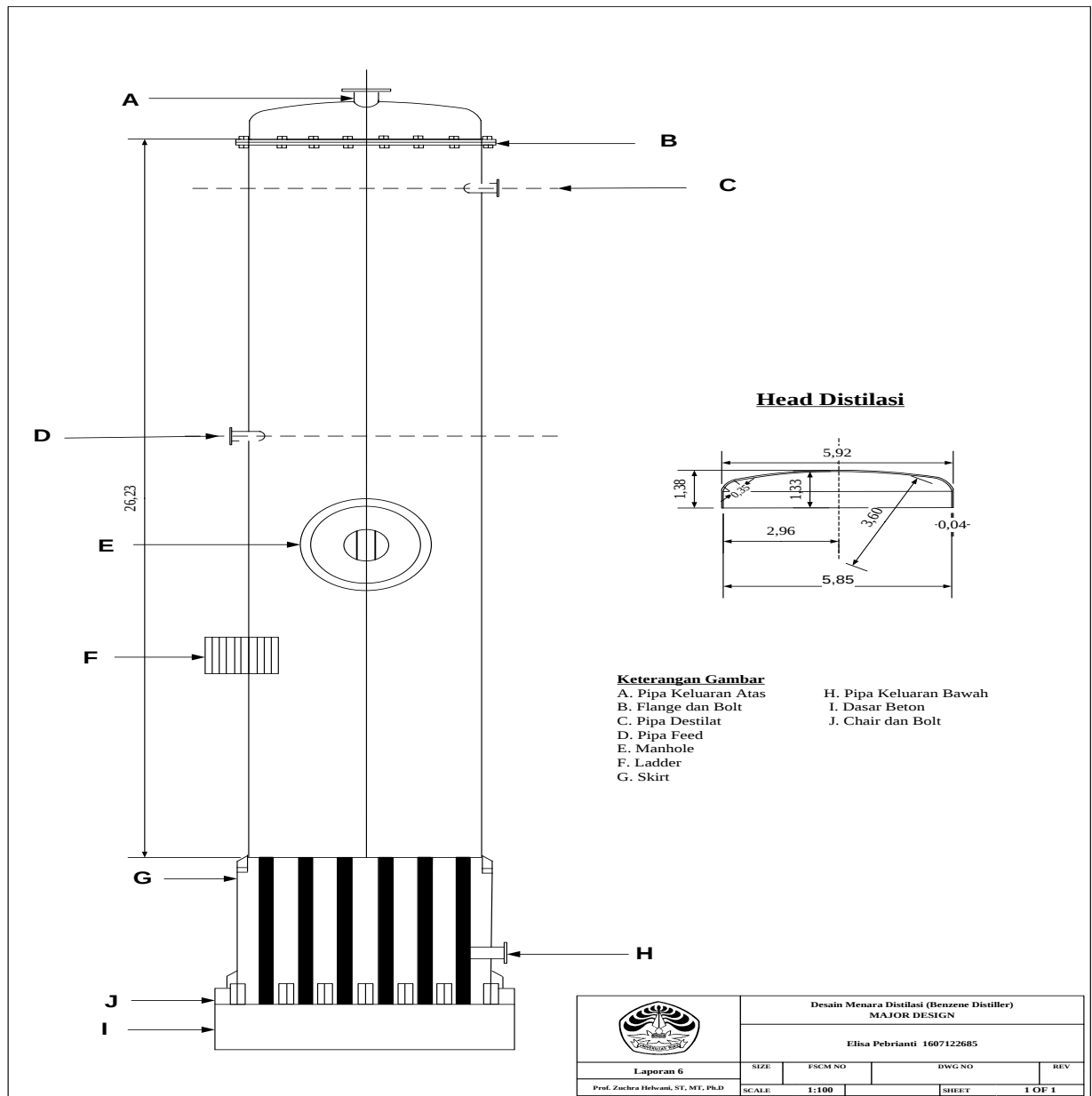
Tekanan Operasi	1,01 bar
Laju Alir Distilat	12036356,37 lb/hr
Laju Alir Bottom	843889,1654 lb/hr
Jenis <i>Shell</i>	<i>Cylindrical Shell</i>
Material	<i>Stainless Steel SA 167</i>
Diamter Dalam (ID)	19,4646 ft
Diameter Luar (OD)	19,6304 ft
Tinggi Shell	77,0128 ft
Tebal <i>Shell</i> (ts)	1,0084 ft
Tekanan <i>Design</i>	1,01 bar
Jenis <i>Head</i>	<i>Torispherical Head</i>
Tebal <i>Head</i> (th)	0,0417 ft
Sf	0,3749 ft
Icr	1,1454 ft
Tinggi <i>head</i> (OA)	4,5454 ft
Tinggi Weir	0,1313 ft
Tebal Plate	0,0164 ft
Jumlah hole	16732,45 lubang

Selanjutnya spesifikasi alat mekanis benzene distiller ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Alat Mekanis

SPESIFIKASI FLANGE	
Material <i>Flange</i>	<i>Stainless Steel SA 167</i>
Diameter Luar <i>Flange</i> (A)	20,3819 ft
Diameter Dalam <i>Flange</i> (B)	19,6304 ft
Tebal <i>Flange</i>	1,0383 ft
Material Gasket	<i>Asbestos Composition</i>
Lebar Gasket	0,1045 ft

Diameter Rata-rata Gasket	19,5692 ft
Material Baut	<i>Stainless Steel SA 167</i>
Tegangan yang diizinkan	943,93 bar
Luas Baut	1,0169 ft ²
Jumlah Baut	8 buah
SPESIFIKASI NOZZLE	
Pipa <i>Feed</i> , IPS	0,4998 ft
Pipa Keluaran Atas, IPS	0,4998 ft
Pipa Top Produk (Benzene)	0,3332 ft
Pipa keluaran bawah, IPS	0,1666 ft
MANHOLE	
Diameter Manhole	1,9992 ft
Ketebalan Cover Plate	0,0142 ft
Bolting-flange after finishing	0,0313 ft
Ketebalan Manhole	0,1248 ft
Ukuran Fillet Weld A	0,0988 ft
Ukuran Fillet Weld B	0,1248 ft
Approx Radius, R	0,0833 ft
Width of Renforcing Plate	4,8314 ft
Diameter <i>Bolt Circle</i> (DB)	2,51983 ft
Diameter of Cover Plate	2,7281 ft
SPESIFIKASI SKIRT	
Jenis Penyangga	<i>Skirt</i>
Diameter Luar Skirt (OD)	21,9201ft
Tebal Skirt	0,8524 ft
Ukuran Baut	0,1042 ft
Lebar Base Ring	0,5415 ft
Ketebalan Base Ring	0,1733 ft



Gambar 1. Desain Benzene Distiller

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari prarancangan pabrik BTX menggunakan proses cyclical BP/UOP dengan disain alat utama benzene distiller ini adalah sebagai berikut :

1. Benzene distiller adalah menara distilasi dengan tinggi 26,25 m dengan diameter 19,63 m untuk

kapasitas pabrik sebesar 602.606 ton/tahun.

2. Benzene distiller ini didesain dengan tutup dan alas *torispherical head*, penyangga berupa *skirt support*, *flange*, *nozzle*, dan *manhole*.

5.2 Saran

Dalam perancangan benzene distiller ini sebaiknya dilakukan dengan aplikasi simulasi seperti aspen hysys, matlab, dan

lainnya untuk memprediksi ukuran menara distilasi pada berbagai kapasitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistika. (2018). Buletin Statistik Perdagangan Luar Negeri. Catalog 8202006.
- Brownell, L.E., and Young, E.H. (1959). *Process Equipment Design*. New York. John Willey & Sons.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F. (1983). *Chemical Engineering*. Vol. 6. Pergamon Press. Oxford.
- Fessenden, R. J., and Fessenden, J. S. (1997). *Dasar-dasar Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga.
- Jackson, E. (1964). Preparation of Steam Cracked Naphtha For Benzene Recovery. 3,400,169.
- Kern, D.Q. (1995). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company Inc. New York.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F. (1996). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 17, 4th Edition. John Wiley & Sons Inc. New York.
- _____, dan _____. (1997). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 23. 4th Edition. John Wiley & Sons Inc. New York.
- Megyesy, E. F. (1983). *Pressure Vessel Handbook*. 12th ed. Oklahoma: University of Tulsa.
- Perry, G. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 8th Edition. McGraw- Hill Companies Inc. United State.
- Peter, M. S., Timmerhause, K. D., dan West, R. E. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York : McGraw Hill Book Co.
- Sinnott, R. K. (2005). *Chemical Engineering Design*. Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series. Vol. 6. 4th Edition. Elsevier.
- Timkent, H. K. C., Gerrard. St., and Philip, JA. (1997). Production of Benzene, Toluene, and Xylene (BTX) from FCC Naphtha. Woodbury. 5,685,972.
- Vasant, L. B., and Kety, T. X. (2008) Steam Craking with Naphtha Dearomatization. 0194900 A1.
- Wallas, M. S. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design*. London. Betterworth-Heinemann.
- Wiensch, J.R. (2000). Polystyrene-Synthesis, production and Applications. United Kingdom: Rapra Technology LTD.
- Yaws, C. L. (1999). *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environt-mental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals*. New York. McGraw-Hill.