

**DISAIN ALAT UTAMA MENARA DISTILASI DE-ETHANIZER PADA
PRARANCANGAN PABRIK BENZENE, TOLUENE, DAN XYLENE (BTX)
MENGUNAKAN PROSES CYCLAR BP/UOP**

Muh.Fadlan Alfuadi⁽¹⁾, Zuchra Helwani⁽²⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²⁾ Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Oleokimia
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 : muh.fadlan2645@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Benzene, toluene and xylene (BTX) are petrochemical products made from naphtha through a catalytic formation process. Benzene and toluene are some of the products that are widely used in chemical raw materials. One of them is toluene, Toluene is used as a solvent and intermediate in the manufacture of chemicals, high octane components and gasoline, while the need for p-xylene is increasing. With the increasing demand for polyester fibers and films. The designed factory production capacity is 602,606 tons per year. One of the main separation tools in this plant is the De-ethanizer. This distillation is designed to separate hydrogen gas, methane, and ethane from the naphtha mixture. De-Ethanizer has operating conditions with a feed temperature of 289 Kelvin, a distillate temperature of 216 Kelvin and a bottom temperature of 306 Kelvin and a pressure of 7,01 bar. The de-ethanizer feed flow rate is 147229,0473 lb/hour with the gas phase in the form of a mixture of hydrogen, methane, ethane, and naphtha. The distillate flow rate is 10763,0445 lb/hour with the gas phase in the form of a mixture of hydrogen, methane, and ethane and the bottom flow rate is 136491,2049 lb/hour with the liquid phase in the form of naphtha. The shell material used is SA-285 grade C stainless steel. De-Ethanizer distillation is designed with a height of 9,64 meters, a shell thickness of 1 in and has 20 plates with a sieve tray type.

Keyword: BTX, De-Ethanizer, catalytic reforming, sieve tray

1. PENDAHULUAN

Pembangunan industri kimia di Indonesia semakin pesat perkembangannya. Hal ini dibuktikan dengan didirikannya beberapa industri kimia di Indonesia. Salah satu industri kimia yang didirikan di Indonesia adalah benzene, toluene, dan

xylene (BTX). Benzene, toluene dan xylene (BTX) adalah produk petrokimia yang terbuat melalui proses pembentukan *catalytic reforming*. Benzene, toluene, dan xylene (BTX) merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang banyak digunakan pada industri petrokimia. BTX

dimanfaatkan sebagai bahan baku pada pembuatan bahan kimia, komersial, dan polimer seperti fenol, trinitrotoluene (TNT), nilon, dan plastik (Matar and Hatch, 1994).

Bahan baku dari pembuatan benzene, toluene dan xylene ini adalah LPG dan Oktana dengan proses Cyclar BP/UOP. Proses Cyclar merupakan inovasi dari proses pembuatan BTX dengan memanfaatkan LPG sebagai bahan baku. Hal ini dikarenakan kebutuhan naphta yang tinggi untuk produksi petrochemical dan gasoline serta kebutuhan naphta yang terus meningkat. Proses cyclar menawarkan kemampuan yang unik untuk memproduksi petrochemical benzene, toluene dan xylene dengan menggunakan bahan baku yang bernilai rendah.

Proses kimia yang terjadi pada *catalytic reforming* dideskripsikan sebagai proses dehidrosiklomerisasi dan secara termodinamika proses ini berlangsung pada suhu 400 °C – 600 °C. Dehidrogenasi light paraffin menjadi olefin adalah reaksi pertama, lalu terbentuk reaksi oligomerisasi olefin yang tinggi menjadi bentuk intermediate yang besar, dimana dengan cepat *cyclize* ke bentuk naphta. Reaksi keseluruhan yang terjadi adalah dehidrogenasi, oligomerisasi dan cyclisasi, reaksi tersebut menggunakan katalis asam.

Dalam suatu proses produksi kimia, pemisahan dan pemurnian sangat diperlukan. Pemisahan bertujuan untuk memisahkan suatu senyawa atau sekelompok senyawa yang mempunyai susunan kimia yang berkaitan dari suatu bahan lain. Distilasi merupakan metode pemisahan komponen dari suatu campuran berdasarkan distribusi zat antara fasa gas

dan fasa cair, yang diterapkan pada kasus dimana semua komponen yang dipisahkan ada dalam kedua fasa. Distilasi merupakan pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih untuk tiap komponen.

Menara distilasi De-Ethanizer (T-101) merupakan salah satu unit yang penting pada Distilasi aromatik. Alat ini berfungsi memisahkan Fraksi Ringan seperti Etana, hydrogen, dan metana yang merupakan top product dari Fraksi berat naphta yang merupakan bottom product. Pemisahan ini penting dilakukan untuk mendapatkan gas ringan seperti metana dan hydrogen yang akan digunakan sebagai bahan bakar maupun untuk kebutuhan utilitas lainnya.

2. DESKRIPSI PROSES

Ada beberapa tahapan utama dalam proses produksi benzene, toluene dan xylene dengan menggunakan proses Cyclar BP/UOP. Yaitu

1. Tahap Pretreatment

Bahan baku disimpan dalam tangki penyimpanan dengan tipe spherical tangki. Tangki ini dipilih karena *feed stage* berbentuk fasa gas. Bahan awal terdiri dari LPG dan Oktana dengan suhu fasa gas 35 °C dan tekanan 1 atm. Umpan dikirim ke *Heat Exchanger* untuk bertukar panas dengan umpan dan produk sebelum dikirim ke reaktor. Umpan tersebut kemudian dipanaskan agar mencapai suhu yang sesuai untuk digunakan pada operasi didalam reaktor.

2. Tahap Reaksi

Pada tahap reaksi melewati empat reaktor dengan tipe fluidized bed. Pada reaktor pertama terjadi reaksi dehidrogenasi parafin menjadi olefin dengan suhu reaksi

450 °C, Pada reaktor kedua terjadi reaksi siklomerisasi dengan suhu reaksi 500 °C, pada reaktor ketiga terjadi reaksi oligomerisasi dengan suhu reaksi 550 °C, dan reaktor ke empat terjadi reaksi aromatisasi dengan suhu 600 °C. reaksi terjadi dengan bantuan katalis HZSM 5 yang diregenerasi dengan *Catalytic continoous regeneration*.

3. Tahap Pendinginan

Setelah proses reaksi didalam reactor, produk didinginkan melalui beberapa *Heat Exchanger* lalu menuju flash tank untuk menurunkan tekanan dan memisahkan fraksi ringan naphta dengan benzene, toluene, dan xylene.

4. Tahap Pemisahan

Ada 5 alat utama pemisahan pada pabrik ini, yaitu Flash Tank, De-Ethanizer, Stabilizer, Benzene Distiller, dan Striper. Masing-masing distilasi memiliki fungsi untuk memisahkan produk samping berupa naphta dan hydrogen dengan benzene, toluene, dan xylene.

3. METODOLOGI

Ada beberapa langkah dalam mendisain menara distilasi De-Ethanizer yaitu :

1. Menentukan sifat fisika dan kimia dari bahan yang akan dipisahkan. (MSDS, Praxair)
2. Berdasarkan sifat fisika dan kimia maka dapat ditentukan tipe *tray* distilasi yang akan digunakan dan jenis material yang digunakan.
3. Menghitung dan menentukan kondisi operasi distilasi de-ethanizer. (yaws, 1999)
4. Menghitung dan menentukan spesifikasi alat De-Ethanizer beserta alat pendukung distilasi. (Brownel and Young, 1959), (Coulson and Richardson, 1999), (Geancoplis, 1993), (Kern, 1983), (Megyesy, 1983), (Peters and Timmerhaus, 1991), (Ulrich, 1984), (Wallas, 1997)

4. DISAIN ALAT UTAMA DE-ETHANIZER

De-Ethanizer merupakan unit pemisahan yang memisahkan hydrogen, metana, dan etana dengan naphta. Untuk mendisain menara distilasi perlu diketahui sifat fisika dari setiap bahan untuk menentukan suhu operasi dan jenis *tray* yang akan digunakan. Sifat fisika dari setiap bahan dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Sifat Fisika Umpan De-Ethanizer

senyawa	Phisical state	Molecular mass (g/mol)	Melting point (°C)	Boiling Point (°C)	Critical Temprat ure (°C)
metana	Gas	16,04	-182	-161,5	-82,5
etilene	Gas	28	-169	-102,4	9,6
etana	Gas	30	-183	-88	32,4
propilene	Gas	44	-	-42,1	96,8
propana	Gas	42	-	-47,7	91,8

Butilene	Gas	56	-185	-6,47	146,4
Butana	Gas	58	-138	-0,5	152,4
Pentilene	Liquid	70,13	-165,2	29,9	191,65
pentana	Liquid	72,15	-129,67	36,06	196,55
heksilene	Liquid	84,16	-140	63	230,85
heksana	Liquid	86,18	-95	68	234,25
heptilene	Liquid	98,18	-119	94	-
oktilene	Liquid	112,24	-101,7	121,29	-
oktana	Liquid	114,23	-57	126	-
hidrogen	Gas	2	-259,2	-252,9	-239,9

(Sumber: Material Safety Data Sheet, Paraxiar)

Dari MSDS pada table 1 dapat dilihat bahwa umpan De-Ethanizer memiliki volatilitas yang tinggi dan *pressure drop* yang rendah sehingga digunakan *sieve tray* untuk tray distilasi tersebut. Selain itu penggunaan *sieve tray* sebagai tray kolom distilasi berdasarkan beberapa pertimbangan yaitu *pressure drop* yang rendah, material lebih ringan, mudah pembuatannya, biaya perawatan murah, dan mudah dibersihkan.

Bahan konstruksi yang digunakan pada distilasi yaitu *stainless steel* SA-285. Pemilihan bahan konstruksi ini berdasarkan beberapa pertimbangan yaitu mempunyai *allowable working stress* yang besar, tahan terhadap korosi, tebal shell yang melebihi 1 in, dan harga pembuatan yang murah.

Hasil prarancangan De-Ethanizer dapat ditampilkan pada gambar 1 dan spesifikasi dapat ditampilkan pada table 2 dan table 3 sebagai berikut.

Tabel 2 Spesifikasi De-Ethanizer

SPESIFIKASI BENZENE DISTILLER		
Menara De-Ethanizer	Kode	T-101
	Fungsi	Memisahkan gas hydrogen, metana, etana dengan naphta
Temperatur Umpan	289,4237 °K	
Temperature Top	216,0935 °K	
Temperature Bottom	306,6823 °K	
Tekanan Operasi	7,01 bar	
Laju Alir Distilat	10763,0445 lb/jam	
Laju Alir Bottom	136491,2049 lb/jam	
Jenis Shell	<i>Cylindrical Shell</i>	
Material	<i>Stainless Steel</i> SA 285	
Diamter Dalam	60,3171 in	
Diameter Luar	61,3171 in	

Tinggi Shell	31,6466 ft
Tebal <i>Shell</i> (ts)	1 in
Tekanan <i>Design</i>	7,01 bar
Jenis <i>Head</i>	<i>Torispherical Head</i>
Tebal <i>Head</i> (th)	0,4375 in
Sf	1,5 in
Icr	4 in
Tinggi <i>head</i> (OA)	0,9416 ft
Tinggi Weir	0,3280 ft
Tebal Plate	0,1968 in
Jumlah Plate	20 <i>plate</i>
Jumlah hole	2.202 Lubang
Jenis aliran	<i>Double pass</i>

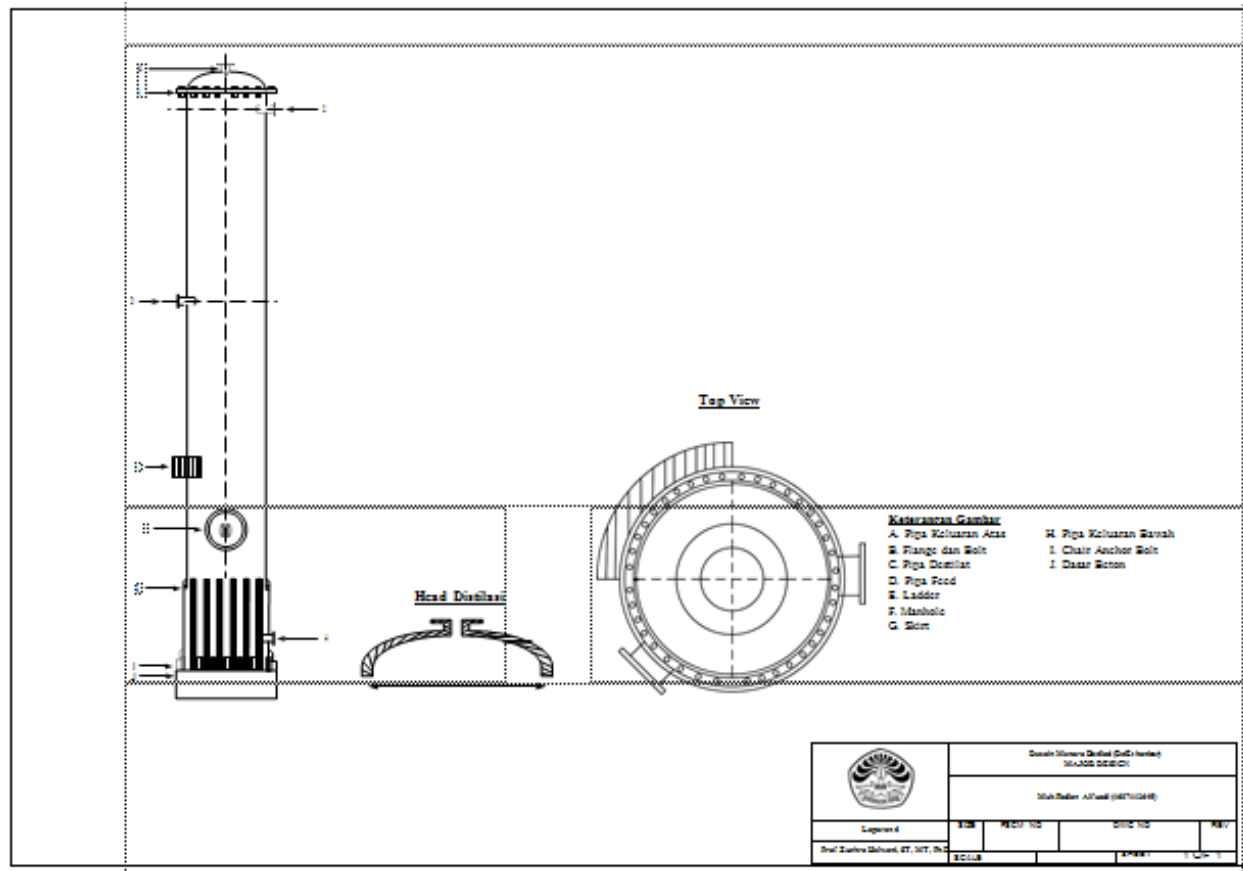
Selanjut nya spesifikasi alat pendukung De-Ethanizer ditampilkan pada table 3

Tabel 3 Spesifikasi Alat pendukung

SPESIFIKASI FLANGE	
Material <i>Flange</i>	<i>Stainless Steel SA 283</i>
Diameter Luar <i>Flange</i> (A)	136,63 in
Diameter Dalam <i>Flange</i> (B)	131,88 in
Tebal <i>Flange</i>	70,2123 in
Material Gasket	<i>Asbestos Composition</i>
Lebar Gasket	0,625 in
Diameter Rata-rata Gasket	61,4934 in
Material Baut	<i>Stainless Steel SA 167</i>
Tegangan yang diizinkan	1378,9515 bar

Ukuran baut	1,875 in
Jumlah Baut	8 buah
SPESIFIKASI NOZZLE	
Pipa <i>Feed</i> , IPS	10 in
Pipa Keluaran Atas, IPS	2 in
Pipa keluaran bawah, IPS	6 in
MANHOLE	
Diameter Manhole	20 in
Ketebalan Cover Plate	0,375 in
Bolting-flange after finishing	0,25 in
Ketebalan Manhole	0,375 in
Ukuran Fillet Weld A	0,1875 in
Ukuran Fillet Weld B	0,625 in
Approx Radius, R	45,25 in
Width of Reinforcing Plate	24,5 in
Diameter <i>Bolt Circle</i> (DB)	26,25 in
Diameter of Cover Plate	28,75 in
SPESIFIKASI SKIRT	
Jenis Penyangga	<i>Skirt</i>
Diameter Luar Skirt (OD)	66,33689 in
Tebal Skirt	0,0502 in
Ukuran Baut	1 in
Lebar Base Ring	0,5539 in
Ketebalan Base Ring	1,36 in

Dari spesifikasi alat yang ditampilkan pada tabel 2 dan tabel 3 maka hasil rancangan dapat ditampilkan pada gambar 1 sebagai berikut



Gambar 1 Disain Alat Utama Menara Distilasi De-Ethanizer

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil prarancangan yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan hasil rancangan alat utama menara distilasi De-Ethanizer sebagai berikut:

1. Dari sifat fisika umpan maka dapat ditentukan disain alat utama menara distilasi De-Ethanizer menggunakan material konstruksi *Stainless Steel – 285* dengan jenis *sieve tray*
2. Alat utama menara distilasi De-Ethanizer didisain mempunyai 20 plate dengan jumlah lubang pada plate adalah 2202 lubang
3. Alat utama menara distilasi De-Ethanizer didisain dengan tinggi 31,6466 ft dan lebar 9,8425 ft.

5.2 Saran

Dalam merancang alat utama menara distilasi De-Ethanizer sebaiknya dilakukan menggunakan aplikasi simulasi untuk memprediksi ukuran menara distilasi yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, L.E. and Young, E.H., 1959, *Process Equipment Design*, New York, John Willey & Sons.
- Coulson.J.M. and Richardson.J.F., 1999, *Chemical Enginering Design*, New York, Pergamon PressInc.
- Geankoplis, C. J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd

- Edition*, London, Prentice Hall International.
- Inorganic Chemicals*. New York, McGraw-Hill.
- Kern, D. Q. 1983. *Process Heat Transfer*. New York, McGraw-Hill.
- Matar, S. L. F., dan Hatch. 1994. *Chemistry of Petrochemical Processes*. Gullp Publishing Company. Texas.
- Megyesy, E.F. 1983. *Pressure Vessel Handbook*, 12th ed. Oklahoma: University of Tulsa
- Praxair. *Material Safety Data Sheet. Code of Federal Regulation, Hazard Communication*.
- Peter, M. S. and Timmerhaus.K.D., 1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 5th ed. New York, University of Colorado.
- Towler, G., and Sinnott, R. 2008. *Chemical Engineering Design, Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series, Six Edition*. Butterworth-Heinemann.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*, Canada, John Wiley and Sons Inc,
- Wallas, M. S., 1997, *Chemical Process Equipment Selection and Design*, London, Betterworth-Heinemann
- Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamic, Environt-mental, Transport, Safety, and Health Related Properties for Organic and*