

PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETIL BENZENA DENGAN PROSES DEHIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Meda Nur Anisa ^{*1}, Rizanti Aulia Melinda¹

¹Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jln. A. Yani KM 35, Kampus ULM Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: medanuranisa@gmail.com

ABSTRAK

Prarancangan pabrik stirena dari etil benzena dengan proses dehidrogenasi katalitik kapasitas 100.000 ton/tahun bertujuan untuk memenuhi kebutuhan stirena di Indonesia pada 2026 mendatang. Stirena digunakan dalam sintesis berbagai macam polimer seperti ABS, SAN, dan SBR. Proses pembuatan stirena menggunakan proses dehidrogenasi katalitik dengan bantuan katalis shell 105. Proses terjadi didalam reaktor fixed bed multitube dimana reaksi berlangsung pada fase gas dengan suhu operasi 625 °C dan tekanan 1,2 atm. Kemudian keluaran reaktor dialirkan menuju flash drum untuk memisahkan komponen produk berwujud cair dan gas. Kemudian produk stirena masuk ke menara distilasi 1 untuk dimurnikan hingga mencapai kemurnian 99,7%, produk atas menara distilasi 1 yang masih mengandung etil benzena yang belum bereaksi dimurnikan lagi dengan menara distilasi 2 yang selanjutnya akan di alirkan ke mixing point untuk diumpukan kedalam reaktor. Produk atas menara distilasi 2 berupa toluena dengan kemurnian 70% selanjutnya disimpan dalam tangki penyimpanan. Pabrik berlokasi di kawasan industri Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Pabrik ini direncanakan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi line and staff dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 149 orang. Hasil analisa ekonomi terhadap prarancangan pabrik stirena diperoleh data Percent Return On Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 30,82%. Pay Out Time (POT) sesudah pajak adalah 2,58 tahun. Nilai Break Even Point (BEP) sebesar 43% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 33% kapasitas. Berdasarkan data-data analisa di atas dapat disimpulkan bahwa pabrik stirena dengan kapasitas 100.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: etil benzena, dehidrogenasi katalitik, stirena, industri plastik.

1. Pendahuluan

Seiring dengan kemajuan teknologi dan perkembangan berbagai bidang pembangunan, peranan industri kimia semakin dominan. Industri kimia berperan sebagai guna memenuhi kebutuhan dalam negeri, memperluas kesempatan kerja dan sebagai sumber devisa bagi negara. Salah satu produk dari industri kimia adalah stirena. Stirena merupakan salah satu senyawa yang memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan karena senyawa ini merupakan bahan baku dari produk-produk yang banyak digunakan manusia. Stirena dengan rumus kimia $C_6H_5C_2H_3$ merupakan produk yang digunakan sebagai senyawa penyusun utama polimer-polimer penting seperti: *Styrene Acrylonitrile Copolymer* (SAN), *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Polymer* (ABS), dan *Styrene-*

Butadiene Rubber (SBR) (Dimian dkk., 2019). Ditinjau dari faktor lingkungan, pabrik stirena merupakan pabrik yang ramah lingkungan, karena limbah yang dihasilkan oleh pabrik stirena tidak mengandung logam berat dalam jumlah besar walaupun dalam prosesnya menggunakan katalis logam. Produk stirena termasuk kedalam senyawa aromatik bersifat non-bioakumulatif, *biodegradable* pada lingkungan tanah dan air serta cepat terdestruksi pada udara.

Penentuan besar kecilnya kapasitas suatu pabrik stirena yang akan dirancang, harus mengetahui dengan jelas jumlah kapasitas pabrik yang sudah beroperasi di Indonesia, kapasitas ekspor dan impor, dan besarnya nilai konsumsi stirena di Indonesia. Tujuannya adalah agar dapat mengetahui kebutuhan pasar, sehingga dapat diperkirakan



jumlah kapasitas optimal yang akan dirancang dalam beberapa tahun kedepan. Berdasarkan data yang dirilis Badan Pusat Statistik ekspor dan impor stirena sejak tahun 2015 sampai 2019 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Ekspor dan Impor Stirena (bps.go.id)

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor (%)	Ekspor (ton)	Pertumbuhan Ekspor (%)
2015	10.598	22,13	63.937	-25,60
2016	9.207	-13,12	94.191	47,31
2017	14.854	61,34	193.596	105,53
2018	11.499	-22,58	120.174	-37,92
2019	6.256	-45,59	163.701	36,21
Total	52.414	2,18	643.599	125,53
Rata-rata		0,43		25,10

Berdasarkan data tersebut maka didapat perkiraan jumlah kebutuhan stirena pada tahun 2026 yang didapatkan dengan perhitungan *discounted method*, diperoleh peluang kapasitas produksi stirena di Indonesia pada tahun 2026 adalah sebesar 100.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

2.1 Jenis-Jenis Proses

Terdapat dua proses yang dapat digunakan dalam memproduksi stirena, dan untuk perbedaan masing-masing proses dapat dilihat pada Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Pemilihan Proses

Kondisi Operasi	Dehidrogenasi Katalitik	Oksidasi
Suhu Operasi	537-665 °C	250-280 °C
Tekanan	0,27-1,4 atm	8,16-15 atm
Selektivitas	93-97%	70%
Hasil konversi	97%	25-30%
Katalis yang digunakan	Fe ₂ O ₃	Asetat, besi, kromium, dan tembaga
Kebutuhan bahan pembantu	Katalis	Propilena, oksigen, hidrogen, dan berbagai katalis

Dari tinjauan proses pembuatan stirena di atas maka dapat diambil kesimpulan bahwa proses dehidrogenasi katalitik yang dipilih dalam

proses pembuatan stirena dari etil benzena dengan pertimbangan beberapa faktor berikut:

1. Proses dehidrogenasi adalah proses yang paling sederhana.
2. Tekanan rendah, konversi lebih tinggi, selektivitas tinggi, serta kebutuhan bahan pembantu sedikit
3. Hasil samping berupa toluena dan benzena bisa dijual sehingga dapat menambah keuntungan.

2.1 Proses Dehidrogenasi Katalitik Pembuatan Stirena

Proses dehidrogenasi katalitik dalam pembuatan stirena dibagi menjadi beberapa tahapan proses sebagai berikut.

1. Persiapan Bahan Baku

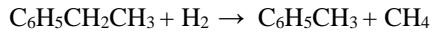
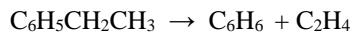
Etil benzena cair disimpan dalam tangki penyimpanan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Etil benzena dari tangki penyimpanan (F-110) dialirkan menggunakan pompa (L-111) ke *mixing point* yang kemudian dialirkan ke *heat exchanger* untuk menyerap panas yang keluar dari *heat exchanger-02* (E-112) sehingga diperoleh suhu bahan baku 130°C. Selanjutnya dialirkan lagi ke *heat exchanger-01* (E-113) untuk menyerap panas keluaran reaktor sehingga diperoleh suhu bahan baku 450°C. Kemudian bahan baku dimasukkan ke dalam *furnace* (Q-114) untuk memperoleh bahan baku yang siap untuk direaksikan di reaktor dengan suhu keluar *furnace* mencapai 625°C.

2. Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku etil benzena yang tekanan dan suhunya sudah disesuaikan dengan kondisi operasinya diumpangkan ke reaktor. Reaksi terjadi di dalam reaktor (R-210) pada suhu 625°C dan tekanan 1,2 atm dan direaksikan di dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube* dengan reaksi yang bersifat endotermis. Pada reaktor ditambahkan pemanas berupa *steam* yang berfungsi untuk menjaga suhu reaktor berada pada suhu 625°C. Produk keluar dari reaktor berada pada suhu 625°C dan tekanan 1,2 atm. Reaksi pembentukan stirena yang terjadi adalah sebagai berikut.



Serta terjadi reaksi samping berupa pembentukan benzena dan toluena dengan reaksi sebagai berikut.



3. Tahap Pemurnian Produk

Tahap ini bertujuan untuk memisahkan stirena dari campuran gas produk. Campuran gas produk keluar reaktor diturunkan suhunya melalui *heat exchanger-01* (E-113) dan *heat exchanger-02* (E-112) sehingga suhu menjadi 257°C yang kemudian didinginkan kembali melalui kondensor-01 (E-211) sehingga suhu campuran produk menjadi 44,96°C. Ketika suhu campuran diturunkan maka akan terjadi perbedaan komponen antara produk berwujud gas dan cairan yang selanjutnya dipisahkan melalui *flash drum* (H-220). Komponen produk berwujud gas adalah gas hidrogen, metana dan etilen serta stirena, benzena dan toluena. Komponen gas yang keluar melalui *flash drum* akan digunakan sebagai bahan bakar pada *furnace*. Produk bawah *flash drum* dialirkan menuju menara distilasi-01 (D-310). Produk bawah menara distilasi-01 yaitu produk stirena pada suhu 145,5 °C didinginkan pada *cooler-01* (E-313) hingga suhu 30 °C dan tekanan 1 atm, yang kemudian dimasukkan ke tanki penyimpanan stirena (F-320). Produk atas menara distilasi-01 pada suhu 141,9 °C yaitu campuran benzena, toluena, etil benzena dan sedikit stirena dialirkan menuju menara distilasi-02 (D-330). Hasil bawah menara distilasi-02 pada suhu 143,5 °C yaitu campuran toluena, etil benzena dan stirena dialirkan dengan pompa ke *mixing point* sebagai umpan *recycle* untuk reaktor. Hasil atas menara distilasi-02 pada suhu 105,5 °C yaitu campuran benzena, toluena dan etil benzena didinginkan dengan cooler hingga suhu 30°C dan tekanan 1 atm selanjutnya dan dialirkan menuju tangki penyimpanan toluena (F-340).

3. Utilitas

Sumber air yang digunakan pada pabrik stirena diperoleh dari Sungai Nyerakat. Air yang digunakan adalah sebesar 33.175,4627 kg/jam. Kebutuhan Listrik pabrik disuplai oleh pembangkit listrik tenaga gas

(PLTMG) Bontang dengan generator sebagai cadangan energi. Keperluan keseluruhan utilitas yang diperlukan untuk beroperasinya pabrik stirena dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kebutuhan Utilitas Pabrik Stirena

Kebutuhan	Jumlah
Steam	2.208,7460 kg/jam
Air Pendingin	137.653,7061 kg/jam
Listrik	601,3320 kW
Bahan Bakar	255,2797 L/jam

4. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi perlu dilakukan agar mengetahui berapa besar keuntungan yang didapatkan oleh pabrik ini sehingga bisa dikategorikan layak atau tidak layak untuk didirikan. Adapun hasil analisis ekonomi pabrik stirena dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisa Ekonomi

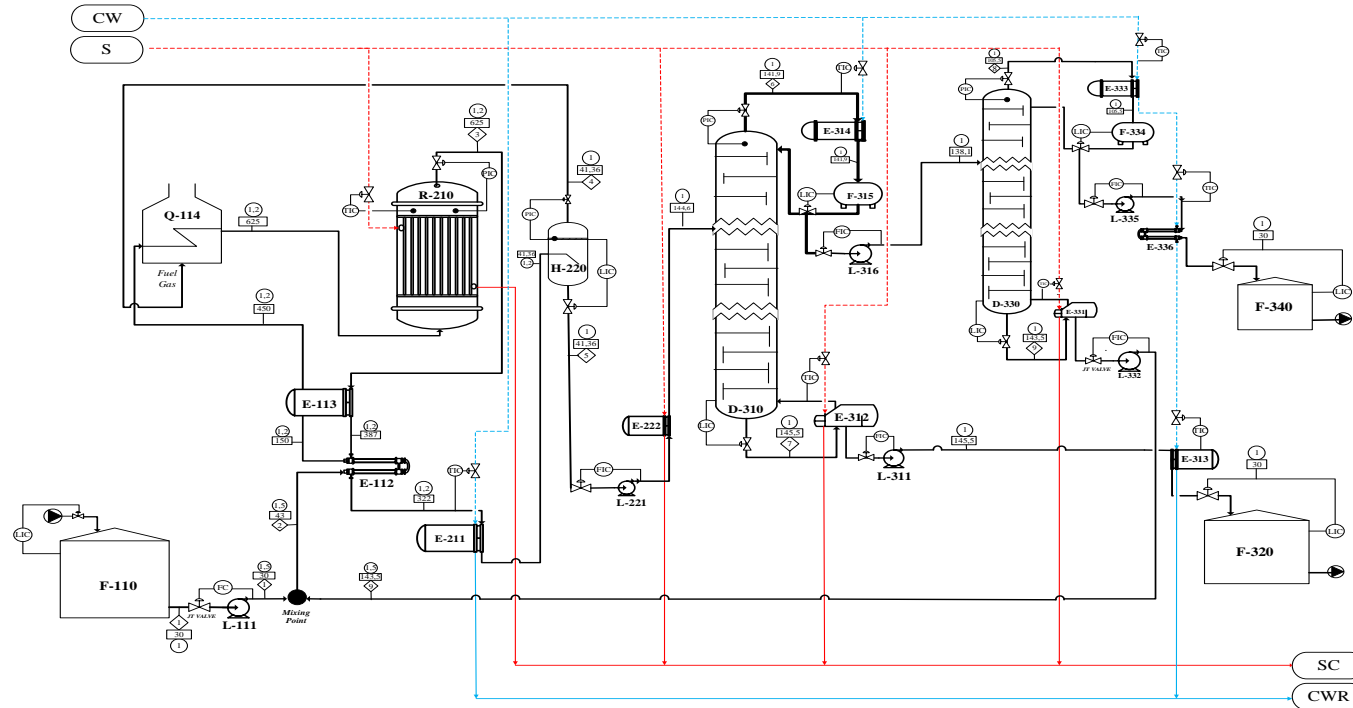
Analisa	Nilai	Batasan	Keterangan
ROI	30,82%	Min. 11%	Layak
POT	2,58 tahun	Max. 5 tahun	Layak
BEP	43%	40-60%	Layak
SDP	33%	20-40%	Layak

(Aries dan Newton, 1955)

Return on Investment (ROI) merupakan tingkat laba yang diperoleh dari investasi yang dikeluarkan dibagi dengan pendapatan. *Pay Out Time* (POT) yaitu *payback periode* atau waktu pengembalian modal (uang investasi) yang dihasilkan berdasarkan profit yang dicapai. Sedangkan *Break Even Point* (BEP) merupakan titik yang menunjukkan tingkat biaya dan penghasilan sama. Titik atau saat penentuan suatu aktivitas produksi dihentikan disebut *Shut Down Point* (SDP). Penyebab terjadinya SDP umumnya *variable cost* yang terlalu tinggi dan keputusan manajemen akibat tidak ekonomis suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan laba). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik stirena dapat dilihat pada gambar 2.



**PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETIL BENZENA DENGAN PROSES DEHIDROGENASI
KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**



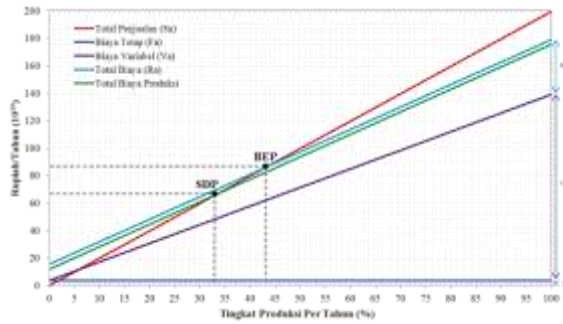
KOMPONEN	NERACA MASSA (KG/JAM)								
	ARUS 1	ARUS 2	ARUS 3	ARUS 4	ARUS 5	ARUS 6	ARUS 7	ARUS 8	ARUS 9
C ₆ H ₁₀	13.233,8333	13.640,0570	409,2017		409,2017	374,4196	34,7821	2,6209	406,2237
C ₆ H ₆		0,5270	230,1946	161,1362	69,0584	69,0584		68,5750	0,5270
C ₆ H ₄	19,8806	19,8806	117,2397	93,7918	23,4479	23,4479		23,4479	
C ₆ H ₂		1,169,4012	13,761,1813		13,761,1813	1,169,7004	12,591,4809		1,169,4012
H ₂			237,1568	237,1568					
C ₆ H ₆			34,9494	34,9494					
CH ₄			39,9422	39,9422					
TOTAL	13.253,7139	14.829,8658	14.829,8658	566,9765	14.262,8893	1.636,6263	12.636,2630	94,6439	1.541,9824

KETERANGAN			
Aliran Proses		Aliran Proses	
(S)	Steam	◇	Nomor Aliran
(CW)	Cooling Water	□	Temperature (°C)
(SC)	Steam Condensat	○	Tekanan (atm)
(CWR)	Cooling Water Return	⊗	Bahan Baku
		⊙	Produk
(FIC)	Flow Indicator Control	(FC)	Flow Control
(TIC)	Temperature Indicator Control	(LIC)	Level Indicator Control
(LI)	Level Indicator	(PIC)	Pressure Indicator Control

26	F-340	Tangki Penyimpanan Toluena	1
25	E-336	Cooler-02	1
24	L-335	Pompa Akumulator MD-02	1
23	F-334	Akumulator MD-02	1
22	E-333	Kondensor MD-02	1
21	L-332	Pompa Reboiler MD-02	1
20	E-331	Reboiler MD-02	1
19	D-330	Menara Distilasi-02	1
18	L-316	Pompa Akumulator MD-01	1
17	F-315	Akumulator MD-01	1
16	E-314	Kondensor MD-01	1
15	F-320	Tangki Penyimpanan Styrena	1
14	E-313	Cooler-01	1
13	L-312	Pompa Reboiler MD-01	1
12	E-311	Reboiler MD-01	1
11	D-310	Menara Distilasi-01	1
10	E-222	Heater	1
9	L-221	Pompa Flash Drum	1
8	H-220	Flash Drum	1
7	E-211	Kondensor-01	1
6	R-210	Reaktor	1
5	Q-114	Furnace	1
4	E-113	Heat Exchanger-01	1
3	E-112	Heat Exchanger-02	1
2	L-111	Pompa Etil Benzena	1
1	F-110	Tangki Penyimpanan Etil Benzena	1
No	Kode	Nama Alat	Jumlah

Dikerjakan Oleh :		(1710814220007)
MEDA NUR ANISA		(1710814220013)
RIZANTI AULIA MELINDA		
Dosen Pembimbing :		(19750404 200003 1 002)
Prof. Ir. CHAIRUL IRAWAN, S.T., M.T., Ph.D		
PRARANCANGAN PABRIK STIRENA DARI ETIL BENZENA DENGAN PROSES DEHIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN		
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUUNG MANGKURAT BANJARBARU 2021		

Gambar 1 Process Flow Diagram



Gambar 2. Grafik BEP dan SDP

Ulrich, G.D. (1984): *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons Inc. New York

Yaws. 1999. *Thermodynamics and Physical Property Data*. Mc Graw Hill Book Co, Inc : New York.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa teknis dan ekonomis pada Prarancangan Pabrik Stirena dari Etil Benzena dengan Proses Dehidrogenasi Katalitik Kapasitas 100.000 ton/tahun, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pabrik akan didirikan di Kawasan industri Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur pada tahun 2026 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang berbentuk PT atau Perseroan Terbatas sedangkan bentuk organisasi berupa garis (*lines*) dan *staff*. Adapun total tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 149 orang. Dari evaluasi ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 30,82% dan POT sebesar 2,58 tahun. Kemudian diperoleh BEP sebesar 43% dan SDP sebesar 33% sehingga berdasarkan hasil analisa yang didapat bahwa pabrik stirena ini layak untuk didirikan di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Aries, R. S. dan Newton, R. D. (1955): *Chemical engineering cost estimation*.
- Biro Pusat Statistik. (2020): *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor*. Badan Pusat Statistik.
- Biro Pusat Statistik. (2020): *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Impor*. Badan Pusat Statistik.
- Dimian, A. C., Bildea, C. S. dan Kiss, A. A. (2019): *Styrene Manufacturing*. 443-481
- Perry dan Green. 1997. *Perry's Chemical Engineer Handbook, 7th ed*. Mc. Graw Hill Book Co. Inc : Tokyo.
- Peter dan Timmerhaus. 1999. *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*. Mc. Graw Hill Book Co. Inc: Tokyo.

