



BAB II

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam-macam Proses

Terdapat beberapa macam proses dalam pembuatan styrene, yaitu sebagai berikut:

1. Pembuatan Styrene dengan Proses Dehidrogenasi Etilbenzene

Proses dehidrogenasi etilbenzena merupakan proses sederhana dalam produksi stirena dan hampir 90% produsen dunia menggunakan proses ini. Proses ini merupakan proses dengan teknologi single-product yang mampu menghasilkan produk dalam jumlah besar. Reaksi utama dalam proses ini bersifat endotermik dan direpresentasikan sebagai berikut:



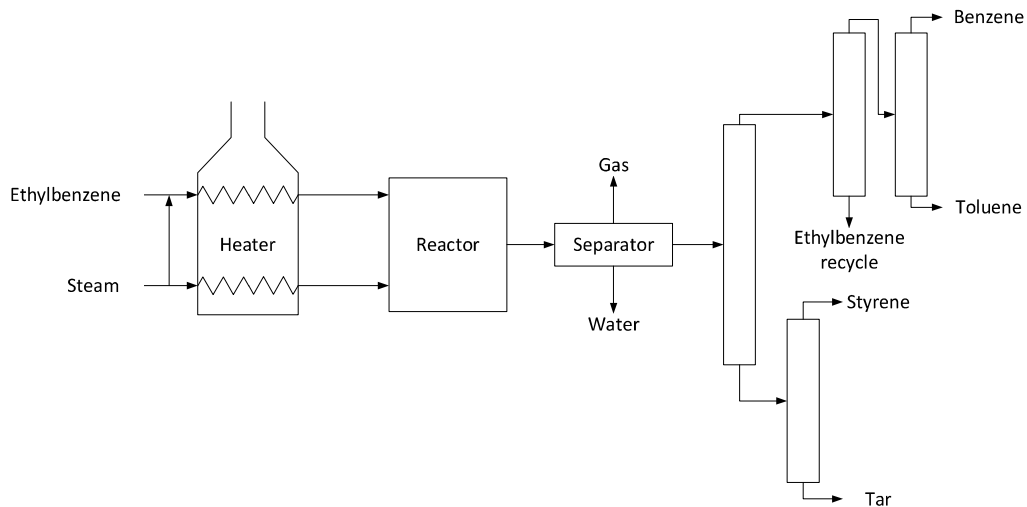
Reaksi ini berlangsung pada reaktor fixed bed tubular dengan suhu tinggi yang berkisar 550–650 °C dan tekanan rendah sekitar 0,4-1,4 atm, hal ini mendorong pergeseran kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan stirena, sesuai prinsip Le Chatelier (McKetta, 1993). Dalam kondisi optimal, konversi etilbenzena sebesar 60–70% dapat menghasilkan selektivitas stirena hingga 97%. Proses ini menggunakan bantuan katalis berbasis oksida logam seperti besi oksida (Fe_2O_3) yang didoping dengan kalium oksida dan kromium oksida. Katalis ini tidak hanya meningkatkan selektivitas terhadap stirena tetapi juga menghambat pembentukan produk samping melalui reaksi rekombinasi hidrogen.

Salah satu teknologi industri yang menonjol dalam dehidrogenasi etilbenzena adalah Proses Fina–Badger. Konfigurasi reaktor multitubular dengan katalis yang padat dan sistem pemulihan panas yang efektif digunakan dalam proses ini. Keunggulan dari proses ini terletak pada efisiensi termal yang tinggi dan stabilitas katalis selama waktu operasi yang panjang (James & Castor, 2011).



PRA RENCANA PABRIK

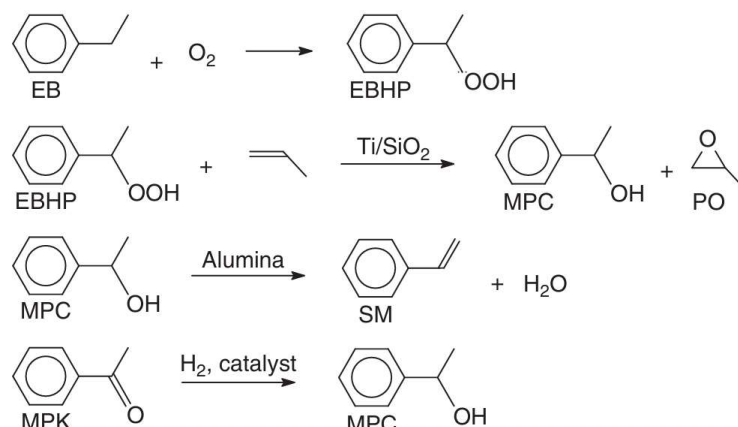
“Pabrik Styrene Dari Ethylbenzene Dengan Proses Dehidrogenasi
Kapasitas 160.000 Ton/Tahun”



Gambar II. 1 Diagram Blok Proses Dehidrogenasi Katalitik Ethylbenzene
(Sumber: McKetta, 1993)

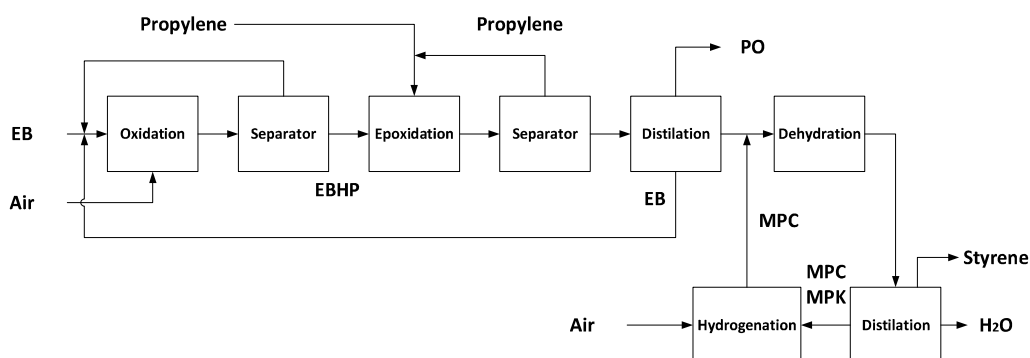
2. Pembuatan Styrene dengan Proses Koproduksi PO-SM

Proses koproduksi propilen oxide dan styrene monomer merupakan salah satu teknologi alternatif dari proses umum pembuatan styrene. Dalam proses ini terdapat 3 tahap, tahap pertama yaitu proses oksidasi ethylbenzene (EB) menjadi ethylbenzene Hydroperoxide (EBHP). Tahap kedua adalah epoksidasi dari EBHP dengan propylene untuk membentuk α -phenylethanol dan propylene oxide. Tahap ketiga yaitu proses dehidrasi senyawa methyl phenyl carbinol (MPC) menjadi styrene monomer (SM) dan methyl phenyl ketone (MPK), proses ini dilakukan dengan mengalirkan gelembung udara pada campuran reaktan yang berfase cair pada suhu 100-130°C (Kirk & Othmer, 1981). Proses epoksidasi EBHP menjadi MPC dan PO merupakan hal utama pada proses koproduksi PO-SM, adapun mekanisme reaksi yang terjadi pada proses pembentukan styrene sebagai berikut:



Gambar II. 2 Mekanisme Reaksi Dengan Proses Koproduksi PO-SM (Sumber :
Buijink dkk., 2008)

Sebagai katalis yang bersifat heterogen, proses epoksidasi dibantu oleh katalis *molybdenum naphthenate* yang terlarut di dalamnya atau katalis Ti yang disupport dengan silika. Dibandingkan dengan proses dehidrogenasi etilbenzena, proses dehidrasi MPC menjadi stirena terjadi pada katalis asam pada suhu 225°C. Proses pemulihan dan penjernihan lebih kompleks, hal ini dikarenakan reaksi samping teroksidasi yang terjadi di dalam reaktor terutama untuk senyawa seperti aldehyde. Aldehyde adalah senyawa yang menghalangi stirena untuk berpolimerisasi dan menyebabkan warna yang tidak stabil (Buijink dkk., 2008).



Gambar II. 3 Diagram Blok Proses *PO-SM Coproduction* (Sumber: Buijink dkk.,
2008)



II.2 Uraian proses

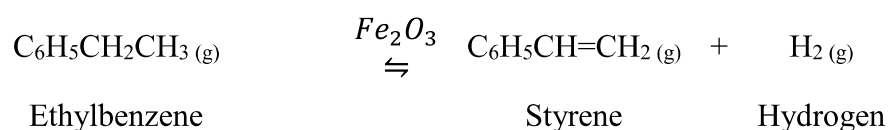
1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku produksi styrene yaitu ethylbenzene mempunyai nilai kemurnian Etilbenzena 99,70% dengan fase cair dari produsen PT. Chandra Asri Petrochemical disimpan di dalam tangki penyimpanan pada kondisi 30°C dan 1 atm. Selanjutnya bahan baku dari tangki penyimpanan (F-110) akan diproses yang dialirkan menggunakan pompa (L-111) dan dilakukan pencampuran pada *mixing point* (MP-112) dengan aliran hasil *recycle* untuk proses berikutnya dengan suhu output 62,96°C. Selanjutnya campuran bahan baku di alirkan menuju heater 1 (E-113) dan heat exchanger (E-114), hal ini bertujuan sebagai tahap pemanasan awal agar beban termal furnace tidak besar sekaligus memanfaatkan panas hasil reaktor dengan suhu output bahan baku 500°C. Proses berikutnya bahan baku dicampurkan dengan steam pada *mixing point* 2 (MP-115), tujuannya yaitu untuk menurunkan tekanan parsial ethylbenzene dan mendorong kesetimbangan ke arah produk styrene dalam reaktor (R-210). Selanjutnya campuran bahan baku dialirkan menuju furnace (Q-120) untuk meningkatkan suhu hingga 625°C dengan tujuan menunjang efisiensi reaksi pada reaktor. Setelah suhu dan tekanan telah sesuai dengan kondisi operasi pada reaktor (R-210), campuran bahan baku dialirkan ke reaktor (R-210) dan siap untuk dilakukan proses pembentukan produk.

2. Tahap Pembentukan Produk

Ethylbenzene dan steam pada suhu 625°C dan tekanan 1,4 atm dialirkan dari furnace menuju reaktor fixed bed multitube (R-210). Reaksi yang terjadi pada reaktor merupakan reaksi endotermis yang dimana pada proses reaksi berlangsung dibantu dengan katalis Fe_2O_3 . Pada reaktor juga digunakan steam yang berfungsi untuk menjaga suhu reaktor tetap berada di suhu 625°C. Setelah produk terbentuk dari proses reaksi, produk siap dialirkan menuju tahap pemurnian dimana suhu keluaran sebesar 625°C dan tekanan 0,4 atm.

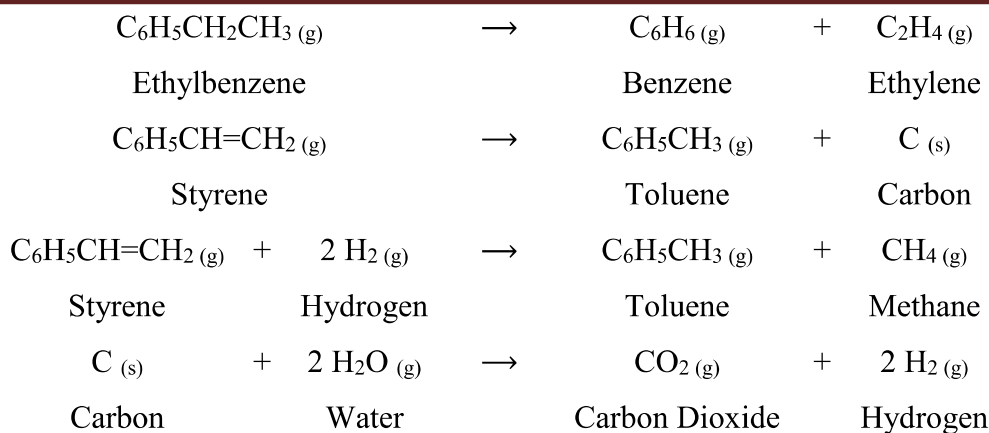
Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.





PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Styrene Dari Ethylbenzene Dengan Proses Dehidrogenasi
Kapasitas 160.000 Ton/Tahun”



3. Tahap Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk bertujuan untuk memisahkan produk styrene dari aliran produk *crude* styrene. Produk yang keluar dari reaktor (R-210) dialirkan menggunakan kompresor (G-211) menuju *heat exchanger* 1 (E-114) dan *heat exchanger* 2 (E-322) untuk melepaskan panasnya sehingga suhu produk menurun hingga 542°C. Setelah itu, produk didinginkan kembali menggunakan *cooler* 1 (E-212) dan *cooler* 2 (E-213) sehingga suhunya menjadi 40°C. Selanjutnya dialirkan menuju flash drum (D-310) untuk proses pemisahan, dikarenakan terjadi penurunan suhu dan tekanan maka sebagian produk akan berubah fase menjadi cair sehingga produk harus dipisahkan bagian cair dan gasnya. Komponen yang berwujud gas sebagian besar terdiri atas hidrogen dan metana, sedangkan lainnya dengan sedikit benzene, toluene, styrene dan ethylbenzene. Produk bawah flashdrum (D-310) yang terdiri atas air, benzene, toluene, styrene, dan ethylbenzene. Selanjutnya campuran produk dialirkan pada dekanter (H-320) untuk memisahkan campuran produk dari air.

Hasil pemisahan produk dalam dekanter terdiri atas benzene, toluene, styrene dan ethylbenzene yang selanjutnya dialirkan dengan pompa (L-321) menuju *heat exchanger* 2 (E-322) dengan suhu output 125°C sebagai tahap pemanasan dan dilanjut untuk proses distilasi pada menara distilasi 1 (D-330). Proses pemurnian ini bertujuan untuk memisahkan produk samping benzene dan toluene dari styrene dan ethylbenzene. Hasil keluaran atas menara distilasi 1 (D-330) kemudian akan diembunkan menggunakan kondensor 1 (E-331) lalu ditampung di dalam akumulator 1 (AC-332), kemudian sebagian embun akan dikembalikan sebagai



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Styrene Dari Ethylbenzene Dengan Proses Dehidrogenasi
Kapasitas 160.000 Ton/Tahun”

refluks ke menara distilasi 1 (D-330) dan sisanya akan dialirkan menggunakan pompa 3 (L-333) menuju menara distilasi 2 (E-340). Hasil keluaran bawah menara distilasi 1 (D-330) sebagian di uapkan kembali dengan reboiler 1 (E-334) menuju menara distilasi 1 (D-330) dan sisanya dialirkan dengan pompa 4 (L-335) menuju menara distilasi 3 (D-350).

Umpan menara distilasi 2 (E-340) berisi benzene, toluene dan sedikit ethylbenzene. Pada alat ini hasil produk samping akan dipisahkan, hasil keluaran bagian atas adalah 99,9% benzene dengan sedikit toluene. Hasil keluaran bagian bawah adalah 99,7% toluene dengan sedikit benzene dan ethylbenzene. Umpan menara distilasi 3 (D-350) berisi styrene, ethylbenzene dan sedikit toluene. Pada alat ini campuran akan dipisahkan, hasil keluaran bagian atas adalah 99,7% ethylbenzene dengan sedikit toluene yang akan direcycle. Hasil keluaran bagian bawah adalah 99,9% styrene dengan sedikit ethylbenzene.

4. Tahap Penyimpanan

Produk utama stirena setelah keluar dari menara distilasi 3 (D-350) dialirkan menggunakan pompa 8 (L-355) dan didinginkan menggunakan *cooler* 5 (E-356), kemudian disimpan di tangki penyimpanan stirena (F-380) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Produk samping benzena setelah dari akumulator 2 (AC-342) dialirkan menggunakan pompa 5 (L-343) dan didinginkan menggunakan *cooler* 3 (E-344) terlebih dahulu, kemudian disimpan di tangki penyimpanan benzena (F-360) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Produk samping toluena setelah dari menara distilasi (D-340) dialirkan menggunakan pompa 6 (L-346) dan didinginkan menggunakan *cooler* 4 (E-347) terlebih dahulu, kemudian disimpan di tangki penyimpanan toluena (F-370) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm.



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Styrene Dari Ethylbenzene Dengan Proses Dehidrogenasi
Kapasitas 160.000 Ton/Tahun”

II.3 Pemilihan Proses

Berdasarkan pada jenis proses yang dilakukan dalam memproduksi styrene terdapat perbandingan antara kedua proses yang tertera pada tabel berikut:

Tabel II. 1 Perbandingan Proses dan Kondisi Operasi Produksi Styrene

Parameter	Proses Dehidrogenasi Katalitik Ethylbenzene	Proses Koproduksi Propylene Oxide dan Styrene
Bahan Baku	Ethylbenzene	Ethylbenzene dan oksigen
Suhu Reaksi (°C)	530-720	100-225
Tekanan Operasi (atm)	0,3-1,5	1,3-6,8
Jenis Reaktor	Multitube fixbed reactor	Multiple bubble reactor
Konversi	50-90%	100%
Selektivitas	64-97%	5%
Katalis	Fe ₂ O ₃ , dengan komposisi 40-90% Fe ₂ O ₃ , 5-30% K ₂ O, dan zat promotor.	Katalis asidi, molybdenum naphthenate, TiO ₂ dan Al ₂ O ₃ .
Bahan Penunjang	Katalis Fe ₂ O ₃ , steam, inhibitor 4-tert- butylacetol (TBC), SFR, dan STYREX.	Propilena, oksigen, hidrogen, katalis, inhibitor
Keuntungan	Proses dilakukan pada kondisi tekanan relative rendah, menghasilkan konversi dengan selektivitas yang tinggi, dan tambahan bahan baku sedikit.	Suhu reaksi relatif rendah
Kekurangan	Suhu reaksi tinggi	Selektivitas lebih rendah dan proses reaksi bertahap sehingga lebih kompleks



PRA RENCANA PABRIK

“Pabrik Styrene Dari Ethylbenzene Dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 160.000 Ton/Tahun”

Berdasarkan perbandingan antara kedua proses yang telah dijelaskan, ditetapkan proses dehidrogenasi katalitik ethylbenzene sebagai jenis proses yang digunakan untuk memproduksi styrene. Adapun beberapa alasan pemilihan proses tersebut sebagai berikut:

1. Kondisi operasi tekanan tidak terlalu tinggi, sehingga mempermudah dalam pengendalian proses.
2. Dalam proses dehidrogenasi, proses reaksi berlangsung secara sederhana sehingga konfigurasi alat yang digunakan lebih mudah. Selain itu, konversi dan selektivitas yang dihasilkan lebih tinggi.
3. Katalis yang digunakan dalam proses ini harganya lebih ekonomis dan mudah untuk didapatkan.