

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan di segala bidang. Peningkatan yang pesat baik secara kualitatif maupun kuantitatif juga terjadi dalam industri kimia. Sebagai negara yang masih berkembang, Indonesia belum sepenuhnya dapat memproduksi seluruh kebutuhan bahan kimia dalam negeri. Untuk memenuhi permintaan domestik, banyak di antaranya yang masih harus dipenuhi melalui impor dari negara lain, terutama untuk bahan-bahan yang termasuk dalam kategori produk *intermediate*.

Salah satu produk yang dibutuhkan di industri kimia yaitu etilbenzena. Etilbenzene merupakan senyawa organik yang memiliki struktur alkil aromatis bercincin tunggal. Senyawa hidrokarbon aromatik ini memiliki peran penting di industri petrokimia sebagai intermediate dalam pembuatan styrene (Fauziah H & Purwanti, 2022). Kebutuhan styrene di Indonesia cenderung meningkat setiap tahun sesuai dengan permintaan pasar, akan tetapi permintaan yang tinggi tersebut tidak dapat dicukupi oleh produksi dalam negeri sehingga Indonesia harus mengimpor styrene. Berikut adalah data styrene di Indonesia menurut kementerian perindustrian.

Tabel 1. 1 Data Impor 0Styrene Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2024)

No	Kode HS	Komoditi	2020	2021	2022	2023	2024
1	[29025000]	Styrene	13,587,	6,778,9	4,377,669.	13,366,42	21,780,17
		Styrene	643.00	96.00	00	2.00	3.00

Dalam beberapa tahun mendatang, permintaan styrene di pasar domestik diperkirakan akan terus meningkat. Oleh karena itu, pendirian industri etilbenzena di Indonesia dianggap sebagai pilihan yang baik karena senyawa ini sangat penting dalam produksi monomer styrene dan memiliki prospek yang cukup baik untuk dikembangkan. Selain dapat memenuhi kebutuhan dalam

negeri, industri ini juga berpotensi untuk diekspor. Pabrik ini diharapkan mampu memberikan keuntungan sebagai berikut:

1. Memberikan pasokan bahan baku untuk pabrik kimia yang membutuhkan.
2. Ketergantungan Impor dapat berkurang.
3. Menciptakan lapangan kerja baru dan meningkatkan kemandirian bangsa dalam memperkuat struktur ekonomi nasional.

1.2 Kapasitas Rancangan

Dalam merencanakan pembangunan pabrik, kapasitas produksi akan menjadi faktor kunci dalam perhitungan teknis dan ekonomis. Meskipun secara umum, semakin besar kapasitas produksi maka semakin besar kemungkinan untuk mendapatkan keuntungan.

Kapasitas pabrik Etilbenzene ditentukan berdasarkan beberapa pertimbangan berikut ini:

1. Prediksi kebutuhan etilbenzene di Indonesia
2. Ketersediaan bahan baku
3. Kapasitas komersial (minimal) pabrik etilbenzene

1.2.1 Prediksi kebutuhan Etilbenzene di Indonesia

Sebagian besar (sekitar 99%) dari produksi ethylbenzene digunakan sebagai bahan baku dalam industri stirena monomer. Selain itu, ethylbenzene juga digunakan sebagai bahan baku dalam industri lain. Saat ini, impor masih dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan ethylbenzene di Indonesia karena hanya satu perusahaan, yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical, yang memproduksi ethylbenzene dan menggunakan sebagian besar produksinya untuk memproduksi stirena.

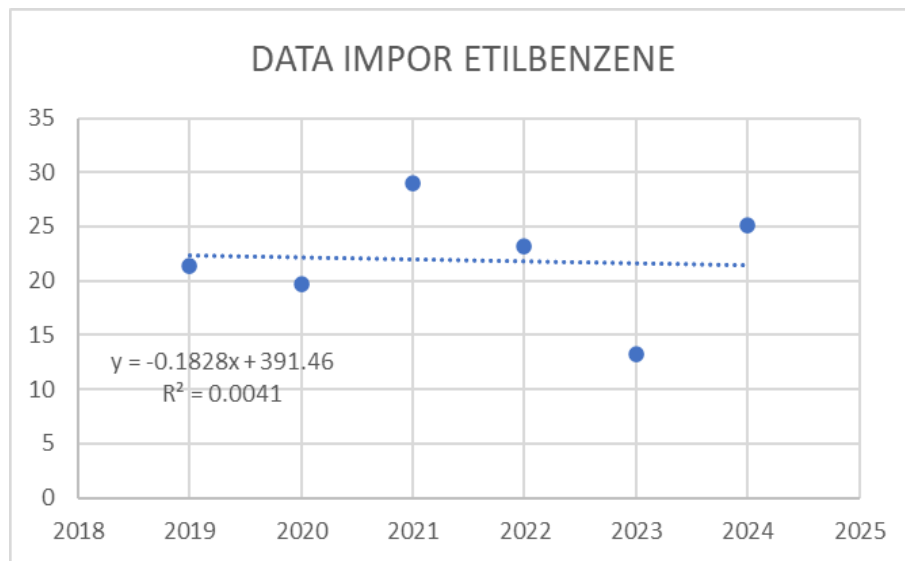
Dalam mengetahui kebutuhan suatu produk di Indonesia, ada pertimbangan beberapa hal, meliputi:

- Data Impor produk ke Indonesia
- Data Ekspor dari Indonesia
- Kapasitas Pabrik Etilbenzene yang beroperasi

Dari data tersebut kita akan mengetahui prediksi kebutuhan Etilbenzene pada tahun-tahun berikutnya untuk proyeksi perkiraan kebutuhan etilbenzene setelah pabrik berdiri. Hal tersebut dilakukan, untuk terdapat keseimbangan antara kapasitas produksi pabrik dengan peningkatan kebutuhan produk.

Tabel 1. 2 Data Impor Etilbenzene

Tahun	Impor (Ton/Tahun)
2019	21.358
2020	19.686
2021	29.007
2022	23.143
2023	13.233
2024	25.123



Gambar 1. 1 Jumlah Impor Ethylbenzena Di Indonesia tahun 2019-2024

Berdasarkan data Tabel 1.2, dapat dicari kebutuhan Etilbenzene untuk tahun 2025-2029. Data di atas dapat dijadikan acuan dalam memprediksi kebutuhan Etilbenzene dengan menggunakan persamaan regresi sebagai berikut: $M = P(1+i)^n$

Dimana:

M = Jumlah kebutuhan tahun 2029 (ton/tahun)

P = Jumlah kebutuhan tahun 2024 (ton/tahun)

i = Presentase kenaikan rata-rata pertahun

N = Selisih waktu perkiraan

Menghitung nilai impor sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M_{2029} &= P(1+i)^n \\&= 25.123 \times (1 + 13,26\%)^5 \\&= 46.83673771 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Menghitung nilai ekspor sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M_{2029} &= P(1+i)^n \\&= 43.35 \times (1 + (-43.3\%))^5 \\&= 44.01236838 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Menghitung nilai konsumsi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M_{2029} &= P(1+i)^n \\&= 43.35 \times (1 + (-43.3\%))^5 \\&= 44.01236838 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Menghitung peluang kapasitas berdasarkan selisih permintaan dan persediaan pada tahun 2029 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}M_3 &= (M_4 + M_5) - (M_1 + M_5) \\M_3 &= (44.01236838 + 46.83673771) - (0 + 44.01236838) \\M_3 &= 46.83673771 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Berdasarkan data prediksi untuk peluang kapasitas pabrik Etilbenzene di Indonesia pada tahun 2029 sebesar 46.83673771 ton/tahun. Dari data permintaan Etilbenzene, terdapat data ekspor dengan proyeksi pada tahun 2029 sebesar 44.01236838 ton/tahun dan data konsumsi sebesar 44.01236838 ton/tahun. Didapatkan nilai peluang kapasitas sebesar 46.83673771 ton/tahun. Dikarenakan pabrik Etilbenzene sebelumnya telah beroperasi di Indonesia yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical dengan kapasitas 420.000 ton/tahun. Sehingga dari hasil perhitungan, perancangan pabrik Etilbenzene ini akan dibangun dengan kapasitas sebesar 26.000 ton/tahun. Dengan demikian, diharapkan bahwa pembangunan

pabrik baru ini akan membantu meningkatkan produksi Etilbenzene di Indonesia dan memenuhi kegiatan impor serta ekspor seiring meningkatnya produksi guna meningkatkan pendapatan dan devisa di Negara Indonesia.

1.2.2 Ketersediaan bahan baku

Untuk pembuatan Ethylbenzene, bahan baku yang digunakan adalah Etilen dan Benzena. Etilen dapat diproduksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical Center Cilegon dengan kapasitas produksi sebesar 420.000 Ton/Tahun. Sementara itu, Benzena sebagai bahan baku juga tersedia dari PT. Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap dengan kapasitas produksi 110.000 Ton/Tahun yang saat ini mencapai jumlah tertentu dan masih akan ditambah kapasitas produksinya di masa depan.

1.2.3 Kapasitas Minimum Pabrik

Kapasitas minimal adalah kapasitas yang secara ekonomi masih menguntungkan apabila dibangun. Dalam penetapannya perlu diperhatikan kapasitas produksi pabrik yang sudah beroperasi saat ini. Hal ini digunakan sebagai tolak ukur perkiraan besarnya kapasitas minimal pabrik baru yang akan dibangun agar dapat beroperasi dan masih menguntungkan. Di Indonesia, hanya ada satu pabrik etilbenzena yang beroperasi yaitu PT. Chandra Asri Petrochemical Center Cilegon dengan kapasitas produksi 420.000 ton per tahun dengan proses produksi menggunakan proses Mobil Badger. Berikut

Tabel 1. 3 Tabel produsen Etilbenzene yang sudah beroperasi

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas
Amoco Chemical Corporation	Texas City, Tex	364.000
Chevron Philips Chemical Company	St. James, La	682.000
ARCO	Channelview, Tex	511.000

Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas
Cos-Mar Company	Carville, La.	864.000
Dow Chemical Company	Freeport, Tex	636.000
Huntsman Company	Bayport, Tex	568.000
Rexene	Odessa., La.	145.000
Sterling Chemical Incorporation	Texas City, Texas	727.000
Westlake Styrene Corporation	Sulphur, Texas	159.000
PT. Chandra Asri Petrochemical Center	Cilegon, Indonesia	420.000

Sumber: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4 ed.,

Atas pertimbangan prediksi kebutuhan pada tahun 2029 dan ketersediaan bahan baku serta kapasitas pabrik Etilbenzene yang sudah beroperasi, ditetapkan kapasitas prarancangan pabrik Etilbenzene sebesar 26.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan sebagian diekspor.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang sangat menentukan keberhasilan dan keberjalanan suatu pabrik dalam jangka panjang. Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya dalam menentukan lokasi pabrik perlu ditinjau apakah proses berlangsung bersifat *wight gain* atau *weight loss*. Pada proses yang bersifat *weight gain* produk yang dihasilkan lebih berat daripada reaktan yang mana misalnya reaksi yang memakai air atau udara, maka akan lebih menguntungkan bila lokasi berdirinya pabrik dekat dengan pasar

karena ongkos angkut menjadi lebih murah. Dan jika proses yang bersifat *weight loss* produk lebih ringan seperti reaksi dengan produk samping air, gas yang bisa dibuang ke udara akan lebih menguntungkan bila dekat ke sumber bahan baku. Berdasarkan karakteristik bahan baku yang digunakan dalam membuat Etilbenzene yaitu Etilen dan Benzene, dari bahan baku benzene yang mudah menguap dan sangat reaktif dan Etilen yang memiliki ikatan rangkap sehingga sangat reaktif yang dapat mengalami oksidasi (Othmer, 1978). Maka dipilihlah lokasi pabrik Etilbenzene di Cilegon, Jawa Barat yang dekat dengan sumber bahan baku yang bertujuan untuk meminimalisir terjadinya penyusutan/oksidasi bahan baku saat dikirim ke pabrik serta dalam pemilihan lokasi ini juga berfungsi untuk menghemat waktu tempuh untuk pengiriman bahan baku serta menghemat biaya akomodasi selama distribusi bahan baku.

Pemilihan lokasi pabrik didasarkan atas pertimbangan yang secara praktis lebih menguntungkan, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain :

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan operasional suatu pabrik, sehingga ketersediaan bahan baku merupakan suatu hal yang penting. Lokasi yang dipilih adalah lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga menghemat biaya transport dan menghemat waktu tempuh. Etilen dapat diproduksi oleh PT. Chandra Asri Petrochemical Center Cilegon dengan kapasitas produksi sebesar 420.000 Ton/Tahun. Sementara itu, Benzene sebagai bahan baku juga tersedia dari PT. Pertamina Unit Pengolahan IV Cilacap dengan kapasitas produksi 110.000 Ton/Tahun.

2. Utilitas

Dalam pendirian suatu pabrik, sumber listrik dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang paling penting. Sumber listrik diperoleh dari PT. PLN dan energi listrik dapat di supply dari diesel generator sendiri untuk keperluan daya yang lebih besar. Selain itu lokasi pabrik juga harus

memperhatikan ketersediaan air, dalam hal ini air sudah tersedia di kawasan industri Cilegon yang di supply dari Sungai Cidanau serta lokasi pabrik laut sehingga air dapat dengan mudah di supply.

3. Sumber Daya Manusia (Tenaga Kerja)

Tenaga kerja merupakan pelaku dari proses produksi. Ketersediaan tenaga kerja yang terampil dan terdidik akan menunjang jalannya proses produksi yang efektif dan efisien.

4. Transportasi

Pembelian bahan baku dan penjualan produk dapat dilakukan melalui jalan udara, darat, dan air untuk memudahkan distribusi bahan baku yang digunakan. Di Cilegon sebagai kawasan industri yang terhubung baik di semua arah transportasi yang menjadikan kawasan ini strategis untuk didirikan Pabrik Etilbenzene.

5. Pemasaran

Tidak hanya memikirkan bahan baku, pemasaran untuk produk yang dihasilkan juga membutuhkan biaya pengiriman dan transportasi yang digunakan. Etilbenzene direncanakan dapat memenuhi akan pasar domestik dan luar negeri, sehingga diusahakan pendirian pabrik dilakukan di dekat pelabuhan dan prasarana transportasi lainnya yang memudahkan distribusi. Selain itu akses menuju dan keluar pabrik juga harus mudah dilewati alat transportasi sehingga dapat menekan biaya distribusi ke lokasi pengiriman dan mempercepat waktu pengiriman produk sampai ke konsumen.

6. Keadaan Sosial dan Geografis

Lokasi pabrik sebaiknya terletak di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam (banjir, gempa bumi, dan lain-lain). Kebijakan pemerintah setempat juga turut mempengaruhi lokasi pabrik yang akan dipilih. Kondisi sosial masyarakat diharapkan memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga dipilih lokasi yang memiliki masyarakat yang dapat menerima keberadaan pabrik.

7. Kebijakan Pemerintah

Peraturan yang mengatur tentang kawasan industri di Kota Cilegon

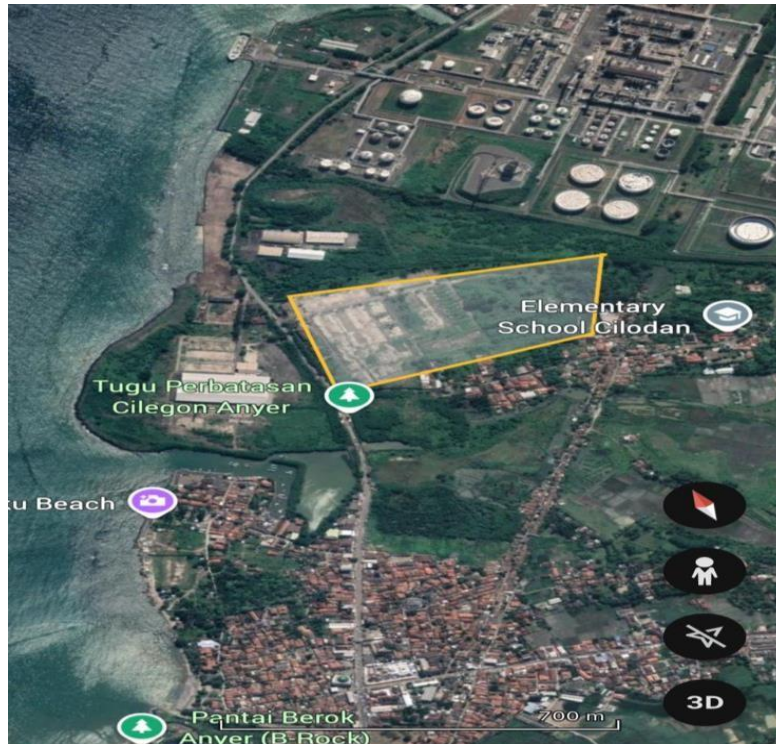
adalah Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 2009 tentang Kawasan Industri bahwasannya Kawasan industri adalah tempat pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi dengan sarana dan prasarana penunjang. Serta Sarana penunjang, antara lain instalasi penyediaan air bersih, saluran buangan air hujan, air kotor, instalasi penyediaan dan jaringan distribusi tenaga listrik, penerangan jalan, jaringan telekomunikasi, dan unit pemadam kebakaran

8. Pembuangan Limbah

Pembuangan Limbah yang dihasilkan akan diolah di unit pengolahan hingga mencapai ambang batas yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan.

Berdasarkan pertimbangan- pertimbangan diatas, maka Pabrik Etilbenzena ini direncanakan untuk didirikan di Cilegon, Jawa Barat. Faktor- faktor yang mendukung antara lain :

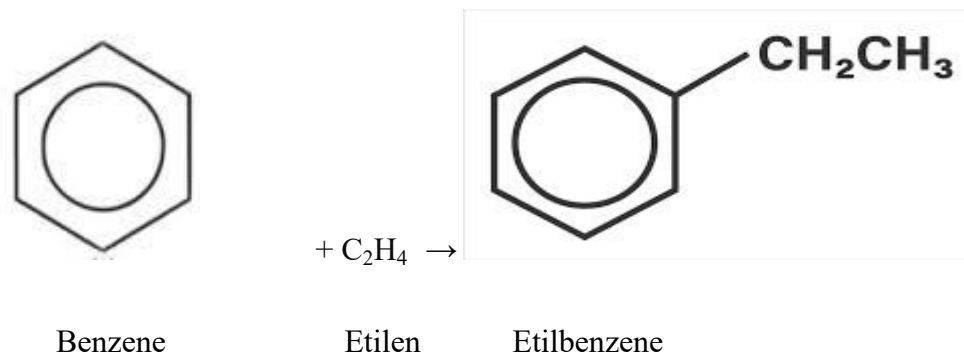
- 1) Lokasi pabrik berdekatan dengan sumber bahan baku, yaitu PT. Chandra Asri di Cilegon dan PT. Pertamina di Cilacap.
- 2) Berdekatan dengan pelabuhan Merak sehingga akan memudahkan sarana transportasi, terutama untuk keperluan ekspor keluar negri maupun untuk memenuhi kebutuhan industri dalam negri.
- 3) Ketersediaan sumber air, yaitu dari Teluk Anyer.
- 4) Infrastruktur yang terdapat di kota Cilegon terbilang cukup memadai untuk menyokong kegiatan industri *ethylbenzene* yang akan dibangun.
- 5) Tenaga kerja terdidik dan terlatih yang mumpuni mudah di peroleh di Kawasan Industri Cilegon.
- 6) Daerah Cilegon mempunyai kemampuan untuk kemungkinan perluasan pabrik karena masih mempunyai areal yang cukup luas. Hal ini perlu diperhatikan karena dengan meningkatnya permintaan produk akan menuntut adanya peningkatan kapasitas pabrik.



Gambar 1. 2 Rencana Lokasi Prarancangan Pabrik

1.4 Tinjauan Proses

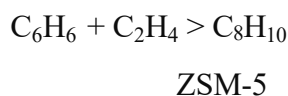
Etilbenzene dengan rumus kimia C_8H_{10} merupakan cairan yang jernih dan tidak berwarna serta memiliki bau yang khas. Etilbenzene merupakan senyawa intermediate yang dibuat dari etilen dan benzena pada proses pembuatan styrene monomer. Nama lain dari etilbenzene adalah *phenylethane*. Proses dasar pembuatan etilbenzene adalah alkilasi benzena dengan etilena dengan menggunakan katalis. Saat ini dikenal dua macam proses produksi etylbenzena, yaitu dengan fase cair dan fase gas. Cara lain produksi etilbenzena adalah dengan superfraksinasi *mixed xylene* yang terdiri dari *ortho-xylene*, *meta-xylene*, dan *para-xylene* serta etilbenzena. Reaksi alkilasi antara benzene dengan etilena adalah sebagai berikut:



Macam-macam proses Etilbenzene dari benzena dan etilena dapat dilakukan menggunakan berbagai macam proses antara lain:

1.4.1 Proses Mobil Badger

Proses Mobil Badger ini teknologi yang dikembangkan pada tahun 1970 oleh Mobil Oil Corporation dengan katalis zeolit sintesis (ZSM-5), proses ini terjadi di fasa uap yang bertekanan tinggi. Berikut mekanisme reaksi proses Mobil Badger:



Pada mekanisme reaksi katalis zeolit ini ion carbonium akan mengaktivasi etilen menjadi senyawa elektrofilik yang dapat berikatan dengan benzena, senyawa ini akan lebih mudah untuk menjalani oligomerisasi dibanding katalis etilen kompleks pada proses *Friedel Crafts*. Temperatur dan tekanan operasi yang digunakan pada proses alkilasi dan transalkilasi yaitu 750-850 F dan 200-400 psig. Perbandingan umpan benzena dengan etilen adalah 5-20 mol/mol.

Keunggulan proses Mobil Badger dibandingkan proses lainnya yaitu aliran proses yang tidak menyebabkan polusi/emisi gas buang yang rendah, proses yang terjadi sederhana karena tidak membutuhkan unit recovery katalis, panas reaksi yang dihasilkan bersifat eksotermis dan dapat di *recovery* menjadi *medium/low pressure steam*. Pada proses Mobil Badger menggunakan katalis zeolit yang tidak korosif dan tidak sensitif terhadap komponen lainnya sehingga dapat digunakan untuk memproses etilen yang berupa umpan murni dan etilen dengan kadar yang rendah, proses ini juga

tidak memerlukan proses pemurnian yang rumit seperti pada proses alkilasi *Friedel Crafts*. Arus *Recycle* tetap harus di *treatment* terlebih dahulu untuk menghilangkan C_3 dan olefin rantai panjang yang dapat mengalkilasi etil benzene lebih lanjut sehingga yield yang diperoleh lebih kecil.

Pembuatan Etilbenzene dengan proses Mobil Badger terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian reaksi dan bagian pemurnian. Pada bagian reaksi, benzena dari tangki penyimpanan, recycle benzena, dan etilena diumpankan ke dalam reaktor alkilasi pada fasa uap. Reaktor alkilasi ini dipasang secara paralel dengan tujuan untuk meregenerasi katalis tanpa mengganggu reaksi, katalis akan mengalami deaktivasi akibat pembentukan coke sehingga diperlukan regenerasi setiap 2-4 minggu secara langsung. Reaktor ini beroperasi pada temperatur 350-450°C dan tekanan 1-3 MPa serta didesain dengan *interbed quench* untuk mengontrol kenaikan temperatur akibat prosesnya yang adiabatik sehingga katalis tidak rusak dan operasi berjalan optimum.

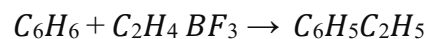
Setelah keluar dari reaktor alkilasi akan lanjut ke tahap berikutnya yaitu bagian pemurnian dalam fasa uap yang terdiri dari tiga kolom distilasi. Kolom distilasi pertama berfungsi untuk memurnikan hasil reaksi, unit benzena akan melakukan *recovery* benzena. Distilat benzena yang didapatkan diumpankan kembali ke dalam reaktor alkilasi sebagai recycle benzena. Kolom distilasi kedua berfungsi untuk fraksinasi lebih lanjut untuk memisahkan etilbenzene dan polietilbenzena yang akan di *recycle*. Selanjutnya hasil bawah dari polietilbenzena akan masuk ke kolom distilasi ketiga untuk dipisahkan antara *higher alkylbenzena* dan polialkilbenzena serta residu. Residu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Recycle *higher alkylbenzena* dan polialkilbenzena dari kolom distilasi ketiga akan diumpankan menuju transkilator pada fasa uap yang kemudian akan dikonversi dengan benzena yang berlebih menggunakan katalis zeolit. Transkilator beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dan temperatur lebih tinggi dibanding dengan reaksi alkilasi yang terjadi sebelumnya, hal ini akan menyebabkan *higher alkylbenzena* terdealkilasi

dan dietilbenzena ditransalkilasi menjadi etil benzena.

1.4.2 Proses Alkar

Di tahun 1958 proses Alkar dikembangkan oleh *Universal Oil Products*. Proses ini beroperasi pada tekanan tinggi menggunakan *solid fixed bed catalyst* BF_3 yang bersifat sensitif. Keunggulan dari proses ini adalah menggunakan etilena konsentrasi rendah (8-10% berat etilena), *recovery* katalis lebih sederhana, minimnya korosi, serta menghasilkan yield dengan konversi etilena 100%. Proses ini dibutuhkan fasilitas *ekstensif waste treatment* karena katalis yang digunakan adalah bahan beracun. Reaksi alkilasi dan transalkilasi akan berlangsung pada reaktor yang berbeda. Reaksi alkilasi beroperasi pada tekanan tinggi yaitu 500 psig dan temperatur antara 200°F - 300°F serta rasio molar benzena dengan etilen masuk reaktor biasanya 5-10 mol/mol. Berikut mekanisme reaksi proses Alkar:

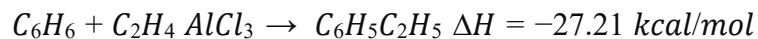


Sedangkan reaksi transalkilasi beroperasi pada temperatur yang lebih tinggi yaitu temperatur 350°F - 450°F dengan tekanan 400 psig. Umpan benzena harus dalam keadaan yang kering untuk mencegah reaksi antara katalis BF_3 dengan air. Katalis BF_3 sangat sensitif terhadap sejumlah air, sulfur, dan CO sehingga diperlukan pemurnian aliran agar tidak meracuni katalis. Lalu umpan benzena yang kering akan dicampur dengan etilen segar yang diumpankan bersama katalis BF_3 . Campuran tersebut akan masuk ke reaktor alkilasi dan produk keluar reaktor masuk ke *flash drum* pertama untuk dipisahkan fase gas dan fase cairnya. Untuk fase gasnya akan diturunkan suhunya dan masuk ke *flash drum* kedua lalu masuk ke *scrubber* untuk dihilangkan semua senyawa aromatis dan produk cair berupa benzena di recycle dan masuk ke reaktor alkilasi. Fase cair hasil *flash drum* pertama bersama benzena hasil transalkilasi dikirim ke proses *recovery* benzena. Direcovery, benzena akan diambil sebagai hasil atas dan masuk ke kolom adsorpsi yang mengandung CaF_2 untuk menghilangkan BF_3 sisa sebelum masuk ke reaktor alkilasi. Hasil bawah yang di dapat mengandung etilbenzena dan polietilbenzena, kemudian diumpankan ke dalam kolom

recovery etilbenzena yang akan diambil sebagai produk atas. Produk bawah yang mengandung polietilbenzena diumpankan ke kolom ketiga untuk diambil polietilbenzena sebagai hasil atas bersamaan dengan benzena sisa dari reaktor alkilasi masuk ke reaktor transkilasi untuk menghasilkan benzena kembali. Kemudian benzena yang dihasilkan akan dikeringkan dan diumpankan kembali ke reaktor alkilasi, untuk hasil bawahnya yang berupa *tars* akan digunakan sebagai bahan bakar.

1.4.3 Proses $AlCl_3$

Sebagian besar produksi etilbenzena di dunia dilakukan dengan proses reaksi pada tekanan rendah dan fase cair, menggunakan katalis Friedel-Crafts $AlCl_3$. Beberapa teknologi yang menggunakan katalis $AlCl_3$ antara lain milik Dow Chemical, Musanto/Lumus, dan Union Carbide Co/Badger. Union Carbide beroperasi pada tekanan lebih dari 125 psig dan suhu antara $80^\circ C$ hingga $130^\circ C$ (Othmer, 1978). Namun, proses Monsanto adalah yang paling komersial dan paling mutakhir. Reaksi yang terjadi adalah



Katalis yang digunakan adalah $AlCl_3$, ethylchloride, atau HCl. Kemudian ditambahkan sedikit air untuk memicu reaksi alkilasi. Katalis promoter yang berupa ethylchloride atau HCl dapat mengurangi konsumsi $AlCl_3$ (Othmer, 1978).

Umumnya pabrik etilbenzena pada tahun 1970-an menggunakan proses ini. Pada proses Mosanto yang telah dikembangkan menggunakan dua reaktor. Reaktor pertama adalah reaktor alkilasi dan reaktor kedua adalah reaktor transalkilasi. Penggunaan dua reaktor dikarenakan reaksi alkilasi terjadi sangat cepat dibanding reaksi transalkilasi sehingga dibutuhkan optimasi kondisi operasi pada masing- masing reaktor.

Tahap persiapan bahan baku mencakup pemurnian crude benzena dan persiapan katalis. Setelah itu, umpan yang terdiri dari benzena, etilen, $AlCl_3$, dan HCl dimasukkan ke dalam reaktor pertama. Di dalam reaktor pertama, terjadi reaksi alkilasi antara benzena dan etilen pada tekanan yang

lebih rendah dibandingkan dengan proses fase gas, yaitu antara 70 - 150 psig dan suhu 300°F - 350°F. Perbandingan mol benzena dan etilen di reaktor adalah 3:2 hingga 5:2, sedangkan perbandingan AlCl_3 dan C_2H_4 adalah 0,001 - 0,0025 mol/mol (Othmer, 1978). Cairan yang keluar dari reaktor alkilasi kemudian dialirkan ke unit pemisahan untuk memisahkan katalis dan campuran organik. Katalis AlCl_3 dipisahkan dari campuran organik menggunakan air pencuci, kemudian dilakukan netralisasi asam di unit Neutralizer. Setelah itu, katalis dikembalikan ke reaktor alkilasi setelah penambahan katalis baru, atau dibuang ke unit pengolahan limbah. Sementara itu, campuran organik diteruskan ke kolom distilasi untuk memisahkan benzena, etilbenzena, dan polietilbenzena. Selanjutnya, benzena dikembalikan ke reaktor alkilasi setelah penambahan benzena umpan segar, dan polietilbenzena diproses kembali dengan benzena segar dan katalis di reaktor kedua.

Pada reaktor kedua, terjadi reaksi transalkilasi yang berlangsung pada tekanan 70-150 psig dan suhu 300°F-350°F. Produk yang keluar dari reaktor transalkilasi kemudian di-flash untuk memisahkan inert dan etilen. Fraksi berat yang dihasilkan dicampur dengan produk dari reaktor alkilasi dan diteruskan ke unit pemisahan katalis dan campuran organik. Setelah produk bebas dari impurities, produk dipisahkan dalam tiga menara distilasi. Kolom pertama menghasilkan benzena yang kemudian di-recycle dan dikembalikan ke reaktor alkilasi. Kolom kedua menghasilkan etilbenzena, sementara produk atas dari kolom ketiga adalah polietilbenzena. Tars yang dihasilkan dari bagian bawah kolom ketiga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Garam-garam yang dihasilkan dari unit netralisasi dapat langsung dibuang dan dikirim ke sistem pengolahan limbah. Proses alkilasi Friedel Crafts ini mencapai konversi sebesar 98-99% (Othmer, 1978).

Campuran organik dipisahkan dari katalis menggunakan dekanter. Pemisahan ini mudah dilakukan karena perbedaan densitas antara katalis dan campuran organik yang sangat besar. Katalis yang tersisa kemudian dicuci dengan air dan melalui proses scrubbing. Limbah yang keluar dari scrubber harus diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan asam

dan AlCl_3 .

Kelemahan dari proses ini adalah penggunaan katalis aluminium klorid (AlCl_3) yang berbahaya bagi lingkungan (Mc Ketta, 1984). Selain itu, suhu harus dikontrol dengan sangat hati-hati agar kinerja katalis tetap stabil, sementara panas yang dihasilkan dalam reaksi cukup besar. Selain itu, karena komposisi yang mengandung asam, proses ini dapat menyebabkan terjadinya korosi.

Waktu reaksi yang lama menyebabkan ukuran reaktor menjadi besar dan menghasilkan lebih banyak polietilbenzena sebagai produk sampingan. Hal ini membuat harga reaktor menjadi mahal dan biaya pemisahan semakin tinggi (Mc Ketta, 1984). Selain itu, pemisahan katalis juga lebih kompleks dibandingkan dengan proses fase gas yang menggunakan katalis padat, sehingga menambah biaya peralatan dan operasional. Perbedaan dan karakteristik proses pembuatan etilbenzene adalah :

Tabel 1. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Etilbenzena

No.	Karakteristik	AlCl_3	Alkar	Mobil/Badger
1.	Suhu	300-350°F	Alkilasi : 200-300 °F Transkilasi : 350-450°F	750-850°F
2.	Tekanan	75-150 psig	Alkilasi : 500 psig Transkilasi : 400 psig	200-400 psig
3.	Sifat Katalis	Berbahaya, korosif	Toxic	Non-Toxic
4.	Konversi	98%-99%	>99%	>99%
5.	Jumlah Reaktor	2	2	2
6.	Perbandingan mol B/E	1,5-2,5	5-10	5-20
7.	Umpan Etilen	Murni	Murni & Kadar rendah <10%	Murni & Kadar rendah <10%

No.	Karakteristik	$AlCl_3$	Alkar	Mobil/Badger
8.	Unit Tambahan	1. Mixer $AlCl_3$ 2. HCl scrubber 3. Benzene scrubber 4. Recovery Katalis	1. Kolom dehidrasi benzene 2. Gas Scrubber 3. Kolom adsorpsi BF_3	1. Kolom destilasi
9.	Panas Recovery	-	-	>90%
10.	Jenis Katalis	$AlCl_3$	BF_3	Zeolit sintesis (ZMS-5)

Berdasarkan penjelasan mengenai berbagai proses di atas, proses yang dipilih untuk prarancangan pabrik etilbenzena dari bahan baku etilen dan benzena adalah proses Mobil/Badger. Selain karena efisiensinya, di mana residu yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan proses lainnya, proses Mobil/Badger juga lebih ramah lingkungan berkat penerapan proses daur ulang.

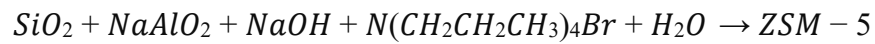
1.4.4 Katalis ZMS-5 (Zeolite Socony Mobil-5)

ZMS-5 adalah jenis zeolit silica-alumina yang termasuk dalam keluarga pentasil dari zeolit. Katalis ZMS-5 terdiri dari beberapa unit pentasil yang terhubung oleh jembatan oksigen membentuk rantai pentasil. Setiap unit pentasil terdiri dari delapan cincin lima anggota (*five-membered rings*). Pada cincin-cincin ini, terdapat simpul-simpul yang terdiri dari unsur Al, Si, dan O.



Gambar 1. 3 Struktur Pentasil

ZMS-5 memiliki rasio silikon terhadap aluminium yang tinggi. Setiap kation Al^{3+} menggantikan kation Si^{4+} , sehingga dibutuhkan ion positif untuk menjaga muatan tetap netral. Proton H^+ bertindak sebagai kation, membuat bahan ini sangat asam. Oleh karena itu, tingkat keasaman ZMS-5 sebanding dengan kandungan Al-nya. Struktur 3D yang teratur dan keasaman ZMS-5 memungkinkan penggunaannya dalam reaksi yang memerlukan katalis asam, seperti isomerisasi dan alkilasi hidrokarbon. ZMS-5 adalah zeolit sintetis, dan ada beberapa metode untuk mensintesisnya, dengan metode berikut ini menjadi yang paling umum digunakan.



analcime + alpha-quartz.

ZMS-5 merupakan katalis yang umumnya disintesis pada suhu dan tekanan yang tinggi pada sebuah *autoclave* yang dilapisi bahan teflon, dan dapat disintesis dalam berbagai variasi rasio SiO_2 dan Al.