

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri di Indonesia saat ini mengalami kemajuan pesat di berbagai sektor, terutama dalam industri yang berorientasi pada penggunaan modal besar dan teknologi. Indonesia diharapkan dapat bersaing dengan negara-negara maju di dunia. Selain itu, industri kimia juga menunjukkan perkembangan yang signifikan, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Salah satu bahan kimia yang sangat dibutuhkan di industri kimia adalah Etilbenzena. Etilbenzena dengan rumus kimia C_8H_{10} merupakan cairan yang jernih dan tidak berwarna serta memiliki bau yang khas. Etilbenzena merupakan senyawa intermediate pada proses pembuatan styrene monomer. Sekitar 85% konsumsi etilbenzena dunia adalah untuk pembuatan styrene monomer. *Styrene* Monomer sendiri merupakan bahan baku *Polystyrene*, *Styrene Butadiene Rubber*, *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) dan *Styrene Acrylonitril Polymer* (SAP) yang banyak digunakan untuk industri plastik dan industri otomotif (TURI, 2013).

Etilbenzena banyak digunakan dalam industri petrokimia sebagai senyawa *intermediet* untuk produksi stirena yang banyak digunakan di industri plastik. Lebih dari 99% etilbenzena digunakan dalam pembuatan stirena, sedangkan kurang dari 1% nya digunakan sebagai pelarut. Menurut Sidang dari *Chemical Economics Handbook – SRI Consulting*, kebutuhan global etilbenzena tumbuh sekitar 2,9% per tahun. Pada tahun 2013, permintaan diperkirakan mencapai 31,7 juta ton, dan diproyeksikan meningkat menjadi 35,54 juta ton pada tahun 2017.

Kebutuhan Etilbenzena dalam negeri dan luar negeri terus meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan etilbenzena dunia meningkat 2,9% per tahun. Hingga saat ini, di Indonesia baru terdapat satu buah pabrik yang membutuhkan *ethylbenzene* sebagai bahan baku *styrene* monomer yaitu PT Styrene Monomer Indonesia (SMI). Oleh karena itu pabrik etilbenzena ini perlu didirikan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun diekspor untuk meningkatkan devisa negara,

membuka lapangan kerja baru untuk penduduk di sekitar wilayah yang didirikan, serta mendorong berdirinya industri-industri bahan baku etilbenzena

1.2 Rumusan Masalah

Etilbenzena merupakan senyawa yang penting dalam produksi stirena. Selama ini kebutuhan akan etilbenzena masih dipenuhi melalui kegiatan impor. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendirian pabrik etilbenzena untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, sehingga dapat memaparkan bagaimana prancangan pabrik etilbenzena dengan proses mobil-badgar.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan prarancangan pabrik Etilbenzena dari bahan baku Etilena dan Benzena adalah untuk menerapkan disiplin ilmu teknik kimia khususnya di bidang prarancangan, proses dan operasi teknik kimia sehingga akan memberikan kelayakan pabrik pembuatan Etilbenzena.

1.4 Manfaat Prarancangan Pabrik

Manfaat prarancangan pabrik Etilbenzena dari Benzena dan Etilena dengan Proses Mobil-Badger adalah sebagai berikut.

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan Etilbenzena di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat meningkatkan devisa negara bila hasil produk Etilbenzena diekspor dan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik etilbenzena ini, penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (Steadystate)* pabrik etilbenzena, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, Aspen Hysys, Autodesk Plant 3D dan tugas khusus.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik. Pabrik ini direncanakan untuk dibangun pada tahun 2029 dengan kapasitas produksi sebesar 100.000 ton/tahun. Kapasitas ini ditetapkan berdasarkan analisis terhadap kebutuhan etilbenzena, baik di dalam negeri maupun di pasar global. Dengan mempertimbangkan permintaan yang terus meningkat, pabrik ini diharapkan mampu berkontribusi dalam memenuhi kebutuhan domestik sekaligus memperluas jangkauan ke pasar internasional, sehingga mendukung pertumbuhan industri secara berkelanjutan. Kapasitas pabrik yang sudah didirikan dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Daftar Pabrik Etilbenzena yang Telah Berdiri.

No.	Nama Pabrik	Kapasitas (Ton)
1.	Chevron Phillips Chemical Company, Louisiana	1.041.500
2.	Chevron Phillips Chemical Company, Mississippi	144.500
3.	Cos-Mar Company, Louisiana	1.411.000
4.	The Dow Chemical Company, Texas	948.000
5.	INEOS America, Texas	562.000
6.	Lyondell Chemical Company, Texas	1.622.500
7.	NOVA Chemical Corporation, Texas	970.000
8.	Sterling Chemical Incorporation, Texas	960.000
9.	Westlake Styrene Corporation, Texas	225.000

Sumber: Mc. Ketta, 1977

1.6.1 Kebutuhan Etilbenzena di Indonesia

Data kebutuhan Etilbenzena di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

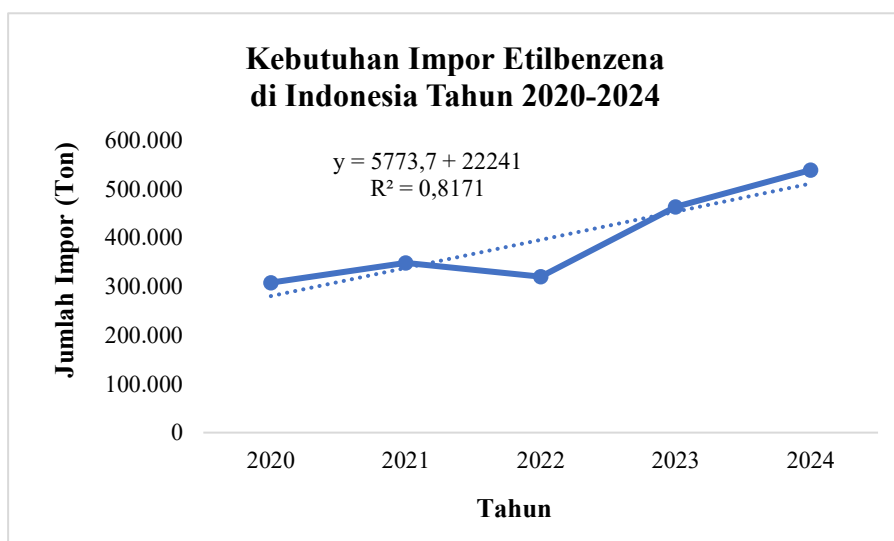
Tabel 1.2 Data Kebutuhan Impor Etilbenzena di Indonesia.

Tahun	Jumlah (Ton)
2020	30.781
2021	34.809
2022	31.996
2023	46.343

Tahun	Jumlah (Ton)
2024	53.883

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Berdasarkan Tabel 1.2 maka dapat dibuat suatu persamaan linier agar dapat memperkirakan kebutuhan etilbenzena pada tahun 2029 seperti Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Impor Etilbenzen di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 5.773,7 + 22.241x$ dengan $R^2 = 0,8171$. Kebutuhan impor Etilbenzen di Indonesia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 5.773,7 + 22.241x$ dimana y adalah kebutuhan impor Etilbenzen pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan.

Data perhitungan ekstrapolasi untuk memprediksi perkembangan kebutuhan etilbenzen dari tahun 2025-2029 diperlihatkan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Ekstrapolasi Kebutuhan Impor Etilbenzen di Indonesia.

Tahun	Jumlah (Ton)
2025	56.884,3
2026	64.594,3
2027	73.461,2
2028	78.517,2
2029	85.671,8

Hasil prediksi dari Tabel 1.3 Pada tahun 2029, kebutuhan etilbenzena di Indonesia diperkirakan mencapai 85.671,8 ton/tahun, maka dilakukan perhitungan peluang untuk mengetahui kebutuhan Etilbenzen yang akan di ekspor ke Indonesia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

$$\text{Peluang Ekspor} = \text{Kebutuhan Impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang Ekspor} = 85.671,8 - 53.883$$

$$\text{Peluang Ekspor} = 31.788,8 \text{ Ton.}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor Etilbenzen pada tahun 2029 mencapai 31.788,8 ton. Untuk menentukan kapasitas pabrik secara lebih akurat, diperlukan juga data permintaan global agar perencanaan produksi selaras dengan pasar yang lebih luas.

1.6.2 Data Impor Pabrik Etilbenzena di Dunia

Data-data impor pabrik etilbenzena yang telah beroperasi di beberapa negara yang menghasilkan etilbenzena di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Data Impor Etilbenzena Terbesar di Dunia.

Negara	Kapasitas (Ton/tahun)
Belanda	264.600
Polandia	123.700

Sumber: UN Data, 2025

Etilbenzen adalah senyawa aromatik yang banyak digunakan dalam industri, terutama sebagai bahan baku produksi stirena untuk pembuatan polistirena dan plastik lainnya. Selain itu, senyawa ini juga berfungsi sebagai pelarut dalam industri karet sintetis, resin, cat, dan tinta cetak, serta sebagai salah satu komponen dalam bensin untuk meningkatkan angka oktan. Adapun data kebutuhan Etilbenzen di dunia yaitu Belanda, Polandia.

1. Data Kebutuhan Impor Etilbenzen di Belanda

Kebutuhan impor Etilbenzen pada negara Belanda dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etilbenzen yang akan meningkatkan nilai ekspor Etilbenzen di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas

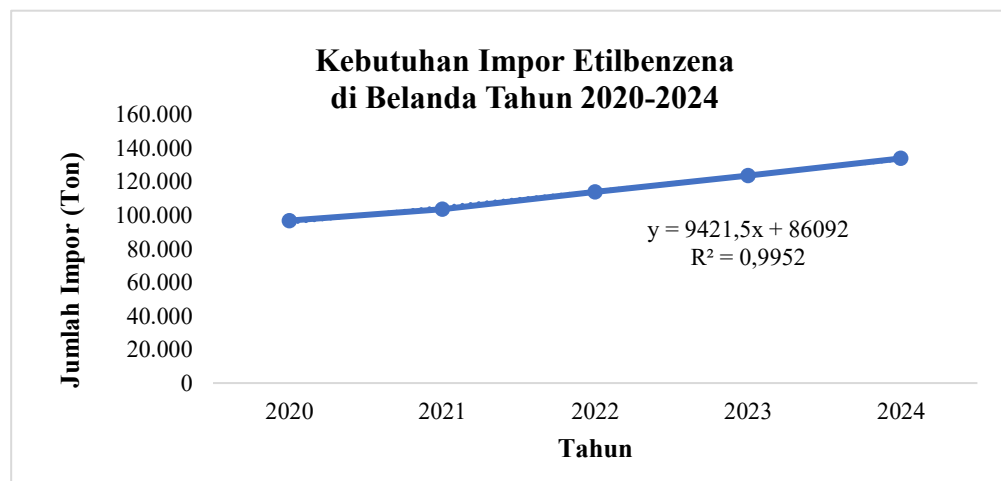
yang akan di tetapkan. Adapun kebutuhan Etilbenzen pada negara Belanda didapat pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Data Impor Etilbenzena Terbesar di Belanda.

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	96.812
2021	103.547
2022	113.892
2023	123.678
2024	133.854

Sumber: (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.5 data kebutuhan impor Etilbenzena di negara belanda dari tahun 2020-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etilbenzena di Belanda masih bergantung pada Etilbenzena impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etilbenzena impor negara Belanda pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Grafik Kebutuhan Impor di Belanda

Berdasarkan Gambar 1.2 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 9421,5x + 86092$ dengan $R^2 = 0,9952$. Kebutuhan impor Etilbenzen di Belanda tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 9421,5x + 86092$ dimana y adalah kebutuhan impor Etilbenzen pada tahun tertentu

dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etilbenzen di Belgia dapat dilihat pada Tabel 1.6.

Tabel 1.6 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Etilbenzen di Belanda

Tahun	Jumlah (Ton)
2025	142.621
2026	152.951
2027	162.517
2028	172.157
2029	181.771

Dapat dilihat pada Tabel 1.6 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etilbenzen di Belanda setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Belanda pada tahun 2029 mencapai 181.771 ton, untuk mengetahui peluang untuk mengekspor Etilbenzen ke negara Belanda, maka dilakukan perhitungan peluang untuk mengetahui kebutuhan Etilbenzen yang akan di ekspor ke negara Belanda dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

$$\text{Peluang Ekspor} = \text{Kebutuhan Impor tahun 2029} - \text{Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)}$$

$$\text{Peluang Ekspor} = 181.771 - 133.854$$

$$\text{Peluang Ekspor} = 47.917 \text{ Ton.}$$

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor Etilbenzen pada tahun 2029 mencapai 47.917 Ton ke negara Belanda.

2. Data Kebutuhan Impor Etilbenzen di Polandia

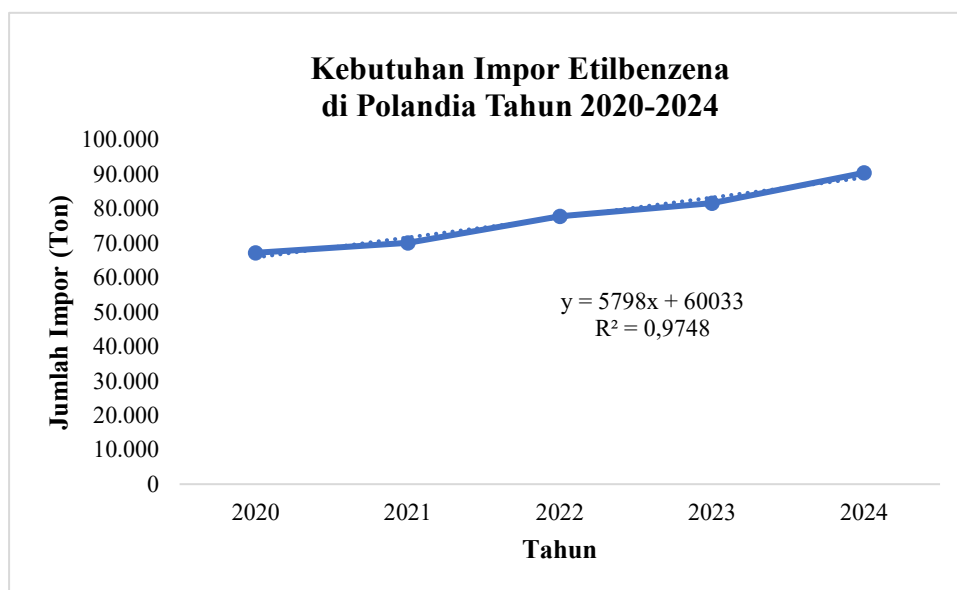
Kebutuhan impor Etilbenzen pada negara Polandia dilakukan pengambilan data untuk mengetahui peluang berapa besar Etilbenzen yang akan meningkatkan nilai ekspor Etilbenzen di Indonesia pada Pra-rancangan pabrik dengan kapasitas yang akan ditetapkan. Adapun kebutuhan Etilbenzen pada negara Polandia didapat pada tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 1.7.

Tabel 1.7 Data Impor Etilbenzena Terbesar di Polandia.

Tahun	Jumlah Impor (Ton)
2020	67.185
2021	70.100
2022	77.800
2023	81.650
2024	90.400

Sumber: (Statista, 2025)

Dapat dilihat pada Tabel 1.7 data kebutuhan impor Etilbenzena di negara Polandia dari tahun 2020-2024 terus mengalami peningkatan tiap tahun nya, dengan itu dapat disimpulkan bahwa kebutuhan impor Etilbenzena di Polandia masih bergantung pada Etilbenzena impor. Untuk mengetahui kenaikan kebutuhan Etilbenzena impor negara Polandia pada tahun 2029, maka dilakukan ekstrapolasi dari data kebutuhan impor pada tahun 2020-2024, kenaikan data impor dapat dilihat pada persamaan grafik Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Grafik Kebutuhan Impor di Polandia

Berdasarkan Gambar 1.3 dapat dilihat bahwa persamaan yang diperoleh adalah $y = 9421,5x + 86092$ dengan $R^2 = 0,9952$. Kebutuhan impor Etilbenzen di Polandia tiap tahunnya mengalami kenaikan sesuai dengan persamaan garis lurus: $y = 9421,5x + 86092$ dimana y adalah kebutuhan impor Etilbenzen pada tahun

tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun ke yang akan diperkirakan. Hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etilbenzen di Polandia dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Tabel 1.8 Data Hasil Ekstrapolasi Kebutuhan Etilbenzen di Polandia

Tahun	Jumlah (Ton)
2025	94.821
2026	101.566
2027	107.458
2028	114.014
2029	119.612

Dapat dilihat pada Tabel 1.8 bahwa dari data hasil ekstrapolasi kebutuhan impor Etilbenzen di Polandia setiap tahunnya terus meningkat. Diperkirakan kebutuhan impor di Polandia pada tahun 2029 mencapai 119.612 ton, untuk mengetahui peluang untuk mengekspor Etilbenzen ke negara Polandia, maka dilakukan perhitungan peluang untuk mengetahui kebutuhan Etilbenzen yang akan di ekspor ke negara Polandia dengan asumsi selisih impor pada tahun 2029 dengan data impor tahun terakhir.

Peluang Ekspor = Kebutuhan Impor tahun 2029 – Kebutuhan Impor pada data terakhir (2024)

Peluang Ekspor = 119.612 – 90.400

Peluang Ekspor = 29.212 Ton.

Maka dapat diketahui bahwa pra-rancangan pabrik ini memiliki peluang untuk mengekspor Etilbenzen pada tahun 2029 mencapai 29.212 Ton ke negara Polandia. Pada Tabel 1.9 menunjukkan kebutuhan produksi Etilbenzena, yaitu:

Tabel 1.9 Kebutuhan Produksi Etilbenzen

Nama Negara	Jumlah (Ton/Tahun)
Belanda	47.917
Polandia	29.212
Indonesia	31.788,8

Berdasarkan data Kebutuhan dan peluang ekspor dari beberapa negara Belanda dan Polandia, maka pabrik Etilbenzena direncanakan akan beroperasi dengan kapasitas 100.000 ton/tahun. Dimana produk Etilbenzena ini sebanyak 60%

akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri sedangkan 40% lagi akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Kapasitas perancangan pabrik Etilbenzena ini ditetapkan sebesar itu dengan harapan.

1. Memenuhi kebutuhan Etilbenzena dalam negeri yang terus meningkat setiap tahun, serta mengurangi ketergantungan pada negara lain.
2. Memberikan kesempatan bagi berdirinya industri-industri lain yang menggunakan Etilbenzena sebagai bahan baku. Dampak positif dari berkembangnya industri-industri baru tersebut dapat menyerap banyak tenaga kerja dan mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
3. Apabila terpenuhi kebutuhan dalam negeri, sisa produk dapat diekspor keluar negeri sehingga bisa menambah devisa negara.

1.7 Pemilihan Proses

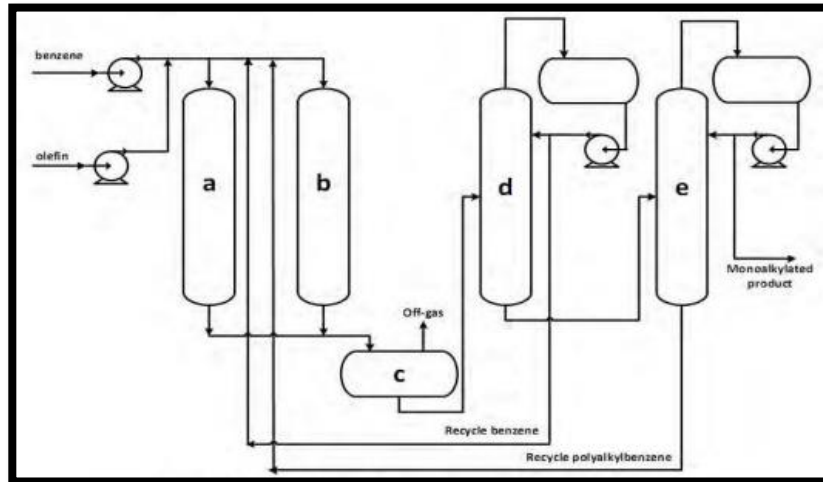
Proses pembuatan etilbenzen dapat dilakukan dengan berbagai cara.

1.7.1 Proses Alkar

Proses Alkar dikembangkan oleh *Universal Oil Products (UOP)* pada tahun 1958. Proses ini berlangsung pada tekanan tinggi menggunakan katalis BF_3 yang bersifat sensitif. Beberapa keunggulan dari proses ini ialah dapat menggunakan etilena dengan konsentrasi rendah (8 – 10 % berat etilena), berkurangnya korosi, dan menghasilkan produk etilbenzena dengan kemurnian tinggi (>99%), serta menghasilkan yield sebesar 99+% dengan konversi etilena 100%. Selain itu, pada proses Alkar tidak dibutuhkan sistem recovery katalis sehingga rangkaian proses lebih sederhana (Gerzeliev dkk., 2011).

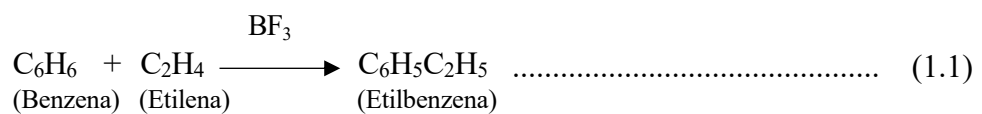
Reaksi alkilasi dan transalkilasi berlangsung pada reaktor yang berbeda. Reaktor alkilasi dioperasikan pada tekanan tinggi (2,5 – 3,5 MPa) dan temperatur rendah (100 – 150°C), sedangkan reaktor transalkilasi dioperasikan pada temperatur yang lebih tinggi (180 – 230°C). Benzena kering, etilena dan katalis BF_3 diumpankan ke dalam reaktor alkilasi. Umpan dalam kondisi kering ketika masuk ke dalam reaktor untuk menghindari reaksi antara air dengan katalis. Katalis BF_3 sangat sensitif terhadap sejumlah air, sulfur, dan CO sehingga diperlukan pemurnian aliran agar tidak meracuni katalis. Hasil dari reaktor alkilasi masuk ke

dalam sistem *recovery* untuk memisahkan antara cairan dan gas dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 *Flowsheet* Dasar Proses Alkar

Produk liquid dari reaktor alkilasi masuk ke dalam kolom pemisahan benzena. Benzena hasil pemisahan masuk ke dalam kolom penyerapan BF_3 sebelum dikembalikan ke dalam kolom dehidrasi benzena. Pemisahan dalam kolom distilasi kedua dan terakhir menghasilkan etilbenzena dan polietilbenzena. Umpanyang masuk ke dalam reaktor transalkilasi terdiri dari benzena, polietilbenzena, dan campuran benzena-polietilbenzena dari gas scrubber. Reaksi yang terjadi pada proses Alkar dapat dilihat Persamaan (1.1).



Sumber: Mc. Ketta, 1984

Adapun analisa ekonomi awal pada proses Alkar dengan Katalis BF_3 dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1.10 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Alkar Dengan Katalis BF₃

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Katalis	Produk Utama
	C ₆ H ₆	C ₂ H ₄	BF ₃	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅
Berat Molekul	78,11	28,05	67,80	106,167
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 12.420	Rp. 13.005	Rp. 14.438	Rp. 32.119
Kebutuhan	1 mol x 78,11 g/mol = 78,11 g = 0,07811 kg	1 mol x 28,05g/mol = 28,05g = 0,02805 kg	1 mol x 67,80 g/mol = 67,80 g = 0,0678 kg	1 mol x 106,167g/mol = 106,167g = 0,10616 kg
Harga Total	0,07811 kg x Rp. 12.420 = Rp. 970,12	0,02805 kg x Rp. 13.005 = Rp.364,79	0,0678 kg x Rp. 14.438 = Rp. 978,89	0,10616 kg x Rp. 32.119 = Rp. 3.409,75
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung + Katalis) = (Rp. 3409,75) – (Rp. 970,12+ Rp. 364,79 + Rp.978,89) = Rp. 1.095,94			

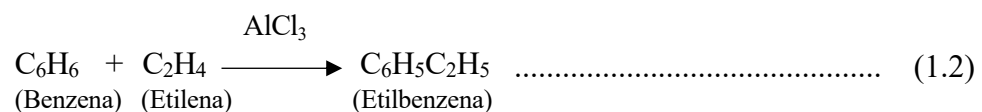
Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.10 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 1.095,94}}{\text{Rp. 2.313,81}} \times 100 \% \\ &= 47,37 \%\end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi Etilbenzena yang didapat dari proses Alkar dengan katalis BF₃ yaitu sebesar 47,37 %.

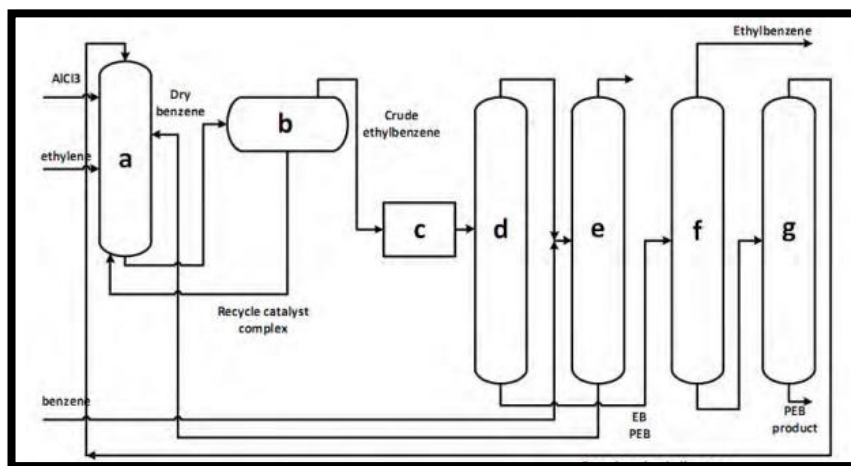
1.7.2 Proses *Friedel-Craft*

Etilbenzena pertama kali diproduksi secara komersial dari benzena dan etilena dengan reaksi *Friedel-Craft* menggunakan katalis kompleks AlCl₃. Proses ini terjadi dalam fasa cair. Pada pembuatan etilbenzena dengan proses AlCl₃ secara konvensional, benzena cair, gas etilena, dan katalis kompleks AlCl₃ direaksikan dalam reaktor. Reaksi yang terjadi dapat dilihat Persamaan (1.2).



Sumber: Mc. Ketta, 1984

Benzena yang digunakan dalam reaksi adalah benzena kering untuk menghindari reaksi antara air dengan katalis yang menyebabkan penurunan aktivitas katalis. Campuran katalis kompleks, benzena kering, dan polialkilbenzena *recycle* diumpankan ke dalam reaktor secara terus menerus, sedangkan etilena diumpankan melalui *sparger*. Dalam hal ini, etilena yang terkonversi sebesar 100%. Pada proses AlCl_3 konvensional ini reaksi alkilasi benzena dan transalkilasi polialkilbenzena terjadi pada satu reaktor yang sama dilihat pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Proses *Friedel-Craft*

Kondisi operasi reaksi terjadi pada temperatur rendah, yaitu 130°C , karena pada temperatur yang tinggi katalis akan terdeaktivasi. Tekanan reaksi dijaga untuk mengondisikan reaktan dalam fasa cair. Karena reaksi campuran ini sangat korosif maka diperlukan material konstruksi yang tahan terhadap korosi dan juga sistem pengendalian korosi. Selain korosif, pada proses ini juga diperlukan unit pengolahan katalis. Pemurnian etilbenzena dilakukan dalam tiga kolom distilasi. Kolom distilasi pertama digunakan untuk *me-recovery* benzena yang tidak terkonversi. Kolom kedua digunakan untuk memisahkan etilbenzena, sedangkan kolom terakhir digunakan untuk memisahkan polialkilbenzena untuk dikembalikan ke dalam reaktor dan residu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Adapun analisa ekonomi awal pada proses *Friedel-Craft* dengan Katalis AlCl_3 dapat dilihat pada Tabel 1.11.

Tabel 1.11 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses *Friedel-Craft* Katalis AlCl_3

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Katalis	Produk Utama
	C_6H_6	C_2H_4	AlCl_3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$
Berat Molekul	78,11	28,05	133,34	106,167
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 12.420	Rp. 13.005	Rp. 10.292	Rp. 32.119
Kebutuhan	1 mol x 78,11 g/mol = 78,11 g = 0,07811 kg	1 mol x 28,05g/mol = 28,05g = 0,02805 kg	1 mol x 133,34 g/mol = 133,34 g = 0,1334 kg	1 mol x 106,167g/mol = 106,167g = 0,10616 kg
Harga Total	0,07811 kg x Rp. 12.420 = Rp. 970,12	0,02805 kg x Rp. 13.005 = Rp.364,79	0,1334 kg x Rp. 10.292 = Rp.1.373,00	0,10616 kg x Rp. 32.119 = Rp. 3.409,75
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung + Katalis) = (Rp. 3409,75) – (Rp. 970,12+ Rp. 364,79 + Rp. 1.373,00) = Rp. 701,83			

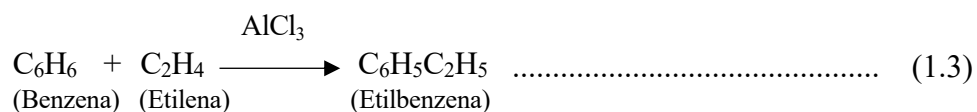
Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.11 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 701,83}}{\text{Rp. 2.702,92}} \times 100 \% \\ &= 25,92 \%\end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi Etilbenzena yang didapat dari proses *Friedel-Craft* dengan katalis AlCl_3 yaitu sebesar 25,92 %.

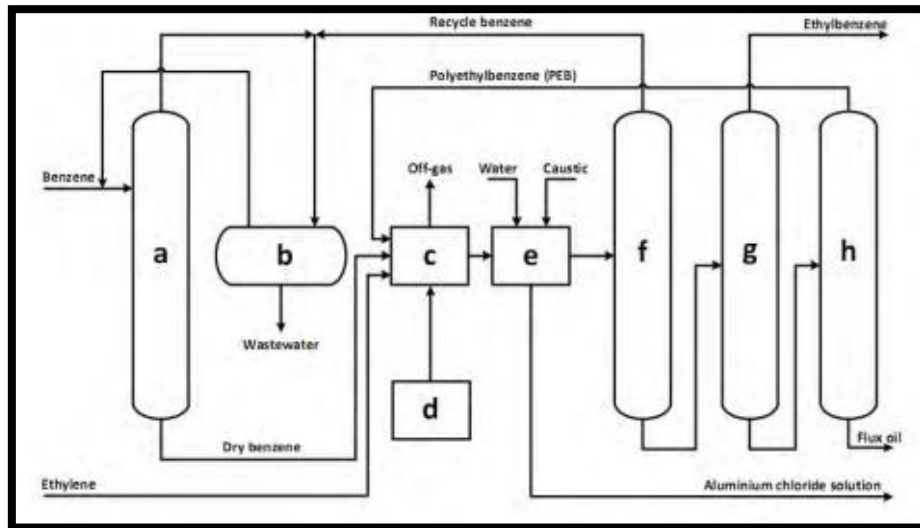
1.7.3 Proses Monsanto

Salah satu pengembangan dari proses AlCl_3 konvensional ialah proses Monsanto. Proses ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan proses sebelumnya terutama pada reduksi jumlah AlCl_3 yang digunakan. Hal ini secara tidak langsung mengurangi masalah dan biaya untuk limbah katalis. Reaksi yang terjadi dapat dilihat Persamaan (1.3).



Sumber: Mc. Ketta, 1984

Monsanto menemukan bahwa dengan menaikkan temperatur dan mengontrol penambahan etilena, kebutuhan katalis AlCl_3 dapat dikurangi dapat dilihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Proses Monsanto

Proses Monsanto dapat digunakan untuk umpan etilena dengan konsentrasi rendah (encer). Reaksi alkilasi dan transalkilasi terjadi dalam reaktor yang berbeda. Hal ini dikarenakan laju reaksi alkilasi lebih cepat daripada transalkilasi sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimum, diperlukan kondisi operasi yang berbeda di antara keduanya. Temperatur reaksi alkilasi berkisar antara 160 – 180°C. Pada proses ini, panas reaksi dapat di-*recovery* sebagai *low pressure steam*. Reaksi transalkilasi berlangsung di bawah temperatur reaksi alkilasi.

Dalam reaktor alkilasi, benzena kering, etilena dan katalis diumpankan secara terus menerus, sedangkan polietilbenzena *recycle* diumpankan ke dalam reaktor transalkilasi bersama dengan produk reaktor alkilasi. Produk hasil reaksi menuju ke unit pengolahan katalis seperti pada proses AlCl_3 konvensional. Selanjutnya, pada unit pemurnian terjadi pemisahan yang menghasilkan etilbenzena, benzena *recycle*, polietilbenzena, dan residu. Residu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Pada proses Monsanto dibutuhkan material konstruksi reaktor yang tahan terhadap korosi. Konversi etilena sebesar 100% dan yield yang diperoleh sebesar 98 – 99%.

Adapun analisa ekonomi awal pada proses Monsanto dengan Katalis AlCl_3 dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel 1.12 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Monsanto Katalis AlCl_3

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Katalis	Produk Utama
	C_6H_6	C_2H_4	AlCl_3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$
Berat Molekul	78,11	28,05	133,34	106,167
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 12.420	Rp. 13.005	Rp. 10.292	Rp. 32.119
Kebutuhan	1 mol x 78,11 g/mol = 78,11 g = 0,07811 kg	1 mol x 28,05g/mol = 28,05g = 0,02805 kg	1 mol x 133,34 g/mol = 133,34 g = 0,1334 kg	1 mol x 106,167g/mol = 106,167g = 0,10616 kg
Harga Total	0,07811 kg x Rp. 12.420 = Rp. 970,12	0,02805 kg x Rp. 13.005 = Rp.364,79	0,1334 kg x Rp. 10.292 = Rp.1.373,00	0,10616 kg x Rp. 32.119 = Rp. 3.409,75
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung + Katalis) = (Rp. 3409,75) – (Rp. 970,12+ Rp. 364,79 + Rp. 1.373,00) = Rp. 701,83			

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.12 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

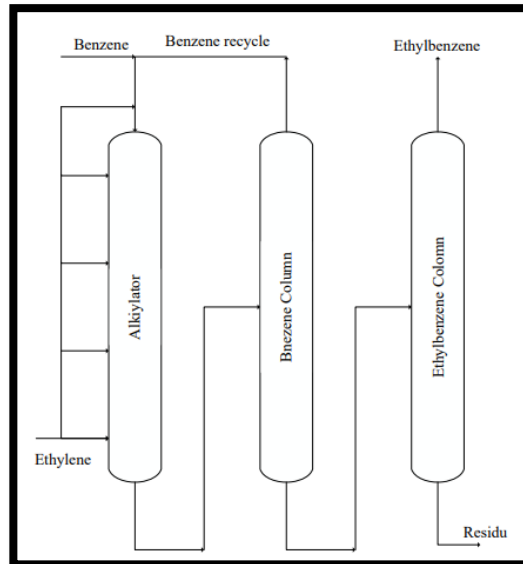
$$\begin{aligned}\% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 701,83}}{\text{Rp. 2.702,92}} \times 100 \% \\ &= 25,92 \%\end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi Etilbenzena yang didapat dari proses Monsanto dengan katalis AlCl_3 yaitu sebesar 25,92 %.

1.7.4 Proses Mobil/Badger

Proses Mobil/Badger merupakan teknologi yang dikembangkan pada tahun 1970 oleh *Mobil Oil Corporation*. Proses ini terjadi dalam fasa uap dengan tekanan tinggi menggunakan katalis zeolit sintetik, ZSM-5. Katalis yang dipakai bersifat non korosif dan inert terhadap lingkungan. Proses alkilasi berlangsung pada satu reaktor dengan kondisi operasi suhu $400^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$ dan tekanan 200-400 lb/in² gauge (15 – 20 atm), bisa mengumpan etilene dengan kemurnian rendah sampai

15% volume dengan Yield yang dihasilkan sekitar 99% proses nya dapat dilihat pada Gambar 1.7

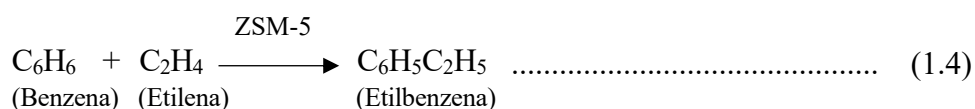


Gambar 1.7 Proses Mobil/Badger

Pembuatan etilbenzena 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 dalam fasa uap. Reaktor ini dioperasikan pada temperatur 350 – 450°C dan tekanan 1 – 3 MPa dengan benzena berlebih relatif terhadap etilena. Reaksi bersifat eksotermis sehingga panas reaksi dapat di-*recovery* sebagai steam. Katalis yang digunakan dalam reaksi ini dapat terdeaktivasi akibat pembentukan *coke* sehingga perlu diregenerasi secara berkala. Keluaran reaktor alkilasi melewati bagian pemurnian dalam fasa uap. Bagian pemurnian ini terdiri dari dua kolom distilasi. Kolom distilasi pertama berfungsi untuk me-*recovery* benzena yang terdapat dalam aliran keluaran reaktor. Distilat benzena yang didapatkan diumpankan kembali ke dalam reaktor alkilasi sebagai *recycle* benzena. Pada kolom distilasi kedua, etilbenzena terdapat dalam *overhead product*, sedangkan *bottom product* residu.

Keunggulan proses Mobil/Badger dibandingkan proses sebelumnya adalah aliran proses yang tidak menyebabkan polusi dan prosesnya sederhana karena tidak membutuhkan unit *recovery* katalis serta hanya menggunakan satu reaktor untuk melangsungkan reaksi alkilasi. Selain itu, panas reaksi dapat di-*recovery* menjadi

medium/low pressure steam. Katalis yang digunakan tidak korosif dan tidak sensitif terhadap berbagai komponen sehingga dalam proses ini dapat digunakan etilena murni maupun etilena dengan konsentrasi rendah. Reaksi yang terjadi dapat dilihat persamaan (1.4).



Sumber: Mc. Ketta, 1984

Adapun analisa ekonomi awal pada proses Mobil/Badger dengan Katalis ZSM-5 dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel 1.13 Analisa Ekonomi Awal Pada Proses Mobil/Badger Katalis ZSM-5

Parameter	Bahan Baku Utama	Bahan Baku Pendukung	Katalis	Produk Utama
	C ₆ H ₆	C ₂ H ₄	ZSM-5	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅
Berat Molekul	78,11	28,05	179,06	106,167
Harga per kg (Rupiah)	Rp. 12.420	Rp. 13.005	Rp. 3.300	Rp. 32.119
Kebutuhan	1 mol x 78,11 g/mol = 78,11 g = 0,07811 kg	1 mol x 28,05g/mol = 28,05g = 0,02805 kg	1 mol x 179,06g/mol = 179,06g = 0, 17906 kg	1 mol x 106,167g/mol = 106,167g = 0,10616 kg
Harga Total	0,07811 kg x Rp. 12.420 = Rp. 970,12	0,02805 kg x Rp. 13.005 = Rp.364,79	0, 17906 kg x Rp. 3.300 = Rp. 590,89	0,10616 kg x Rp. 32.119 = Rp. 3.409,75
Analisa Ekonomi Awal	(Harga Produk) – (Harga Total Bahan Baku Utama + Bahan Baku Pendukung + Katalis) = (Rp. 3409,75) – (Rp. 970,12+ Rp. 364,79 + Rp. 590,89) = Rp. 1483,93			

Berdasarkan hasil Analisa ekonomi awal pada Tabel 1.12 maka persentase keuntungan diperoleh berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ Keuntungan} &= \frac{\text{Rp. 1.483,93}}{\text{Rp. 1.925,81}} \times 100 \% \\ &= 77,06 \% \end{aligned}$$

Maka persentase keuntungan produksi Etilbenzena yang didapat dari proses Mobil/Badger dengan katalis ZSM-5 yaitu sebesar 77,06 %.

1.7.5 Perbandingan Proses

Dari uraian proses pembuatan etilbenzen diatas dapat dilihat kelebihan dan kekurangan dari masing-masing proses, dapat dilihat pada Tabel 1.14.

Tabel 1.14 Perbandingan Macam-Macam Proses Pembuatan Etilbenzena

Tinjuan	Macam-Macam Proses			
	<i>Friedel-Craft</i>	Alkar	Mobil/Badger	Mosanto
Temperatur Operasi	130 °C	100 – 150°C (alkilasi) 180 –230°C (transalkilasi)	350 – 450°C	160 – 180°C (alkilasi) 180 –230°C (transalkilasi)
Tekanan Operasi	<5 bar	25 – 35 bar	10 – 30 bar	5-10 bar
Katalis	AlCl ₃	BF ₃	Zeolit, ZSM-5	AlCl ₃
Jumlah Reaktor	1	2	1	2
Pengolahan Limbah	Butuh	Butuh	Tidak butuh	Butuh
Korosi	Korosif	Korosif	Tidak korosif	Korosif
Kemurnian	90+%	90+%	99%	99%
Ekonomi	25,92 %	47,37 %	77,06 %	25,92 %

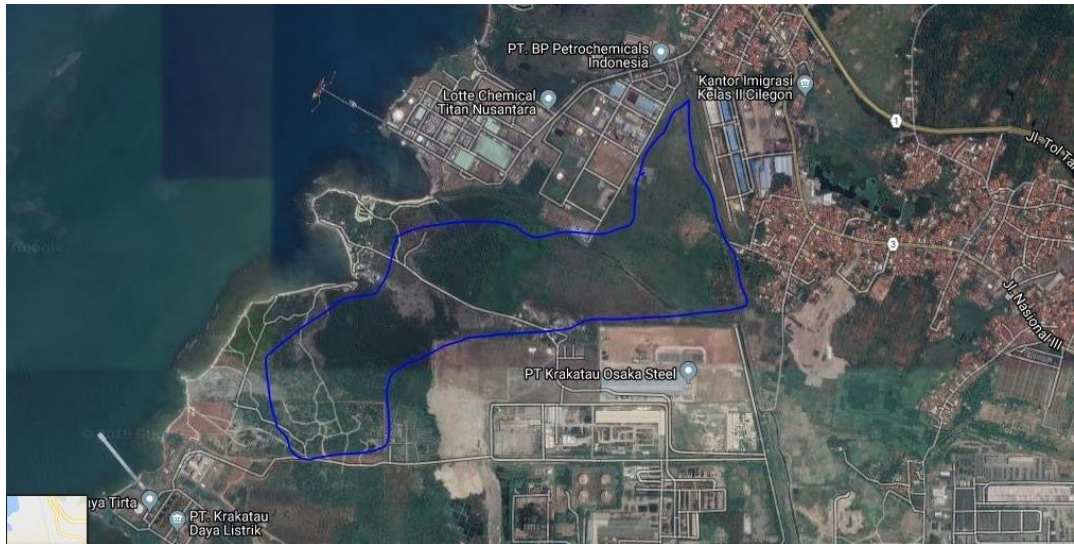
Sumber: Mc. Ketta, 1984.

Pada pendirian pabrik etilbenzen dari etilena dan benzena ini dipilih Proses Mobil/Badger dengan pertimbangan yang ada.

1. Kemurnian yang diperoleh juga cukup tinggi.
2. Rangkaian proses sangat sederhana karena hanya menggunakan satu reaktor dan tidak membutuhkan unit recovery katalis.
3. Biaya investasi rendah karena tidak memerlukan banyak alat dalam rangkaian proses

1.8 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan suatu pabrik dan akan mempengaruhi kelangsungan dan kemajuan pabrik tersebut. Lokasi yang tepat dapat dilihat pada Gambar 1.8.



Gambar 1.8 Peta Lokasi Pabrik Etilbenzena

Pabrik etilbenzena ini direncanakan akan berlokasi di kawasan industri Cilegon dengan pertimbangan sebagai berikut ini:

1. Penyediaan bahan baku

Suatu pabrik sebaiknya didaerah yang dekat dengan sumber bahan baku dan daerah pemasaran, sehingga transportasi dapat berjalan lancar. Bahan Baku Ethylbenzena adalah Etilen diperoleh dari PT Chandra Asri, Cilegon yang memiliki kapasitas 625.000 ton/tahun, sedangkan benzena diperoleh PT. Pertamina (Persero) Refinery Unit IV Cilacap. Dengan letak antara pabrik dengan bahan baku yang dekat, maka diharapkan penyediaan bahan baku dapat tercukupi dengan lancar. Jika bahan baku harus di impor dari luar negeri, pelabuhan yang ada di Cilegon cukup dekat dengan lokasi pabrik.

2. Transportasi

Transportasi bahan baku maupun produk cukup mudah. Kawasan industri Cilegon telah memiliki sarana transportasi yang memadai, baik itu jalur darat maupun jalur laut. Daerah Cilegon yang berdekatan dengan pelabuhan Merak,

membuat kegiatan distribusi produk kedalam maupun luar negeri melalui jalur laut menjadi mudah.

Pemasaran merupakan faktor yang sangat penting dalam suatu industri, karena pemasaran inilah yang menentukan penghasilan. Rencananya produk Etilbenzen ini akan di jual ke PT. Candra Asri Petrochemical, PT. Propan Raya Industrial Coating Chemicals, dan PT. Polychem Indonesia Tbk yang mana ketiga tiga pabrik tersebut berada di dalam Negeri dan sisanya direncanakan akan diekspor.

1. Utilitas

Kebutuhan sarana penunjang seperti listrik dapat dipenuhi dengan adanya transmisi dari PLN unit suralaya sebesar 3000 MW dan dengan cadangan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang dimiliki oleh Grup Krakatau Steel, sedangkan air dapat diperoleh dari *water treatment plant* pihak pengelola KIEC, sebesar 2.000 liter/detik. Selain itu dapat pula diperoleh dari sumber air tanah.

Penyediaan air diperoleh dari Sungai Krenceng yang lokasinya tidak jauh dari pabrik, Untuk kebutuhan daya listrik, disuplai dari PT Krakatau Daya Listrik dan bila kurang memenuhi menggunakan daya tambahan dari PLN. Sedangkan untuk kebutuhan bahan bakar dipenuhi dari PT Pertamina.

2. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun luar lokasi pabrik sesuai dengan kebutuhan dan kriteria perusahaan. Tenaga kerja lulusan universitas terbaik yaitu Universitas Malikussaleh, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Universitas Syiah Kuala, Institut Teknologi Bandung, Universitas Gajah Mada, Universitas Indonesia, Universitas Diponegoro, Universitas Sebelas Maret dan untuk bagian operator diperoleh dari lulusan politeknik negeri atau lulusan SMK maupun SMA. Pendirian pabrik ini diharapkan dapat membuka lapangan kerja baru, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

3. Kebijakan Pemerintah dan Undang-undang Peraturan

Kawasan Industri Krakatau Steel merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia sehingga secara geografis pendirian pabrik

dikawasan tersebut tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah yang berlaku. Undang - undang dan peraturan di lokasi tempat pembangunan pabrik juga perlu diperhatikan agar nanti tidak terjadi hal-hal yang tidak diinginkan. Peraturan perundang-undangan yang telah ditetapkan oleh daerah harus memperhatikan beberapa hal.

- a. Adanya daerah industri (pengelompokkan industri)
 - b. Bangunan dan Jalan
 - c. Buangan Pabrik (Amrine, 1996).
4. Faktor Lingkungan dan sekelilingnya

Daerah KIEC berada dekat dengan kawasan pabrik seperti PT Chandra Asri, PT Lotte Chemical Indonesia, PT Lotte Chemical Titan, PT Wilmar Nabati Cilegon dll, sehingga sangat strategis dibangun dikawasan ini. Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian suatu pabrik di daerahnya, selain itu masyarakat juga akan dapat mengambil keuntungan dengan pendirian pabrik ini, antara lain dengan adanya lapangan kerja yang baru maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik.

Dalam melakukan perancangan pabrik terdapat beberapa hal yang menjadi faktor khusus.

1) Transportasi

Sarana transportasi dan telekomunikasi sangat penting untuk proses penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Transportasi bahan baku menuju Cilegon cukup mudah karena adanya fasilitas jalan tol selain itu juga cukup dekat dengan pelabuhan sehingga arus transportasi juga lancar. Cilegon berada dalam jalur transportasi Merak-Jakarta, yang merupakan pintu gerbang pulau jawa dari sumatera.

Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) ini juga telah memiliki fasilitas jalan kelas satu, dengan demikian transportasi darat dari sumber bahan baku, dan pasar tidak lagi menjadi masalah. Untuk sarana transportasi laut, KIEC memiliki pelabuhan yang dapat disandari kapal berukuran 100.000 DWT. Posisi kawasan industri yang strategis juga akan memudahkan transportasi laut, baik untuk kebutuhan pengiriman antar pulau maupun untuk ekspor.

2) Sumber Air

Bagi Industri terutama industri kimia, air merupakan kebutuhan wajib untuk pabrik tersebut. Air digunakan untuk kebutuhan proses dan operasi, *cooling water*, *steam*, air minum dan air kebutuhan rumah tangga.

3) Iklim dan Alam Sekitar

Iklim dan alam sekitar merupakan salah satu hal lain yang perlu diperhatikan. Iklim dan alam sekitar tempat pembangunan pabrik haruslah tidak menyulitkan konstruksi bangunan pabrik sehingga akan menghemat ongkos konstruksi.

4) Keadaan Masyarakat

Masyarakat di daerah industri akan terbiasa untuk menerima kehadiran suatu pabrik di daerahnya, selain itu masyarakat juga akan dapat mengambil keuntungan dengan pendirian pabrik ini, antara lain dengan adanya lapangan kerja yang baru maupun membuka usaha kecil di sekitar lokasi pabrik.