

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi Indonesia sangat dipengaruhi oleh kinerja sektor industri, khususnya manufaktur, yang berkontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), penciptaan lapangan kerja, serta peningkatan nilai tambah bahan baku. Oleh karena itu, penguatan sektor industri menjadi langkah penting dalam mendukung pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, pengembangan industri kimia dan petrokimia turut menjadi perhatian karena berperan sebagai pemasok bahan baku bagi berbagai industri hilir, termasuk produksi *styrene* (Januarta & Yasin, 2024).

Styrene monomer, atau dikenal sebagai monomer stirena, merupakan senyawa aromatik tak jenuh dengan rumus kimia C_8H_8 . Senyawa ini memiliki beberapa sebutan lain, antara lain *phenylethylene*, *vinylbenzene*, dan *styrene*. Dalam kondisi normal, zat ini berupa cairan bening dengan aroma yang khas. Karakteristik lainnya adalah tidak dapat bercampur dengan air, namun mudah larut dalam pelarut organik seperti metanol, eter, dan etanol (Syafiq et al., 2019).

Styrene monomer pertama kali ditemukan pada tahun 1786, sedangkan proses polimerisasinya baru berhasil dilakukan pada tahun 1839 oleh Eduard Simon. Pada awalnya, monomer stirena kurang diminati karena polimer yang dihasilkan bersifat rapuh dan mudah patah. Perkembangan signifikan terjadi pada tahun 1937 ketika Badische Aniline Soda Fabrik (BASF) memperkenalkan teknologi baru untuk memproduksi stirena melalui proses dehidrogenasi menggunakan bahan baku *ethylbenzene*. Metode ini terbukti mampu menghasilkan stirena dengan tingkat kemurnian tinggi yang dapat diolah menjadi polimer stabil dan tidak berwarna. Setelah Perang Dunia II, kebutuhan akan karet sintetis meningkat pesat sehingga *styrene monomer* menjadi komoditas penting dan mulai diproduksi secara komersial dalam skala besar. Seiring bertambahnya permintaan, teknologi produksi stirena terus mengalami penyempurnaan guna mencapai proses yang lebih efisien dan modern (Prastyo, 2020).

Styrene monomer memiliki peranan penting dalam kehidupan modern karena berfungsi sebagai bahan baku utama dalam produksi berbagai produk plastik yang mencakup industri plastik, karet, kertas pelapis, hingga ban. Selain itu, *styrene monomer* juga dimanfaatkan sebagai zat antara dalam sintesis berbagai senyawa kimia, seperti *polystyrene* (PS) yang digunakan untuk bahan styrofoam, kemasan makanan, furnitur, perangkat elektronik, serta peralatan medis dan laboratorium. *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) banyak diaplikasikan

pada industri perpipaan, interior kendaraan, lemari pendingin, dan komponen komputer. *Styrene Butadiene Latex* (SBL) berperan dalam pembuatan pelapis kertas, coating karpet, serta perekat keramik, sedangkan *Styrene Butadiene Rubber* (SBR) dimanfaatkan sebagai karet sintetis untuk ban, radiator, dan komponen pemanas. Selain itu, *Unsaturated Polyester Resin* (UPR) digunakan pada panel bangunan, produk kelautan atau perkapalan, bagian kendaraan seperti bus dan truk, serta resin gelcoat (Syafiq et al., 2019).

Pasar *styrene* global menunjukkan tren pertumbuhan yang signifikan. Pada tahun 2024, pasar *styrene* global mencapai volume produksi sebesar 42 juta ton dengan nilai pasar USD 63,45 miliar. Pasar ini diproyeksikan akan terus berkembang dengan *compound annual growth rate* (CAGR) sebesar 4,37% selama periode *forecast* hingga tahun 2035 (ChemAnalyst, 2025). Proyeksi lain menunjukkan bahwa pasar *styrene* akan mencapai 47 juta ton pada tahun 2030 dengan CAGR 5,32% dari tahun 2025 hingga 2030 (Mordor Intelligence, 2025). Pertumbuhan ini didorong oleh meningkatnya permintaan dari berbagai sektor industri pengguna akhir, terutama di kawasan Asia-Pasifik yang mengalami industrialisasi dan urbanisasi pesat.

Kawasan Asia-Pasifik merupakan konsumen *styrene* terbesar di dunia. Pada tahun 2024, konsumsi *styrene* di kawasan ini mencapai nilai pasar USD 16,8 miliar, dengan China sebagai konsumen terbesar mencapai 6,5 juta ton, diikuti oleh India sebesar 2,7 juta ton (IndexBox, 2025). Sementara itu, kebutuhan *styrene* di Indonesia pada sisi hilir terus meningkat seiring berkembangnya industri yang menggunakan senyawa ini sebagai bahan baku. Beberapa perusahaan di Indonesia yang memanfaatkan *styrene monomer* antara lain PT Styron Indonesia, PT Aristek Highpolymer, PT Arindo Pacific Chemicals, serta berbagai produsen karet sintetis seperti SBR, ABS, dan SBL.

Namun sayangnya, hingga saat ini industri *styrene monomer* di Indonesia masih sangat terbatas karena hanya terdapat satu produsen, yaitu PT Styrimdo Mono Indonesia (PT SMI) yang kini telah menjadi bagian dari PT Chandra Asri Pacific Tbk. Perusahaan ini memiliki kapasitas produksi *styrene monomer* sekitar 340.000 ton per tahun. Meskipun begitu, kapasitas yang ada belum sepenuhnya menjamin ketersediaan pasokan domestik karena sebagian produksi dialokasikan untuk ekspor serta adanya potensi *downtime* operasional, sementara kebutuhan industri hilir seperti polimer dan karet sintetis terus meningkat.

Berdasarkan kondisi tersebut, perencanaan pendirian pabrik *styrene monomer* baru merupakan langkah strategis untuk memperkuat ketahanan industri petrokimia nasional. Keberadaan pabrik ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap impor, mendukung pertumbuhan industri hilir yang menggunakan *styrene monomer* sebagai bahan

baku, meningkatkan perolehan devisa negara, serta membuka lapangan kerja baru yang pada akhirnya berkontribusi terhadap pembangunan ekonomi Indonesia secara lebih luas.

1.2 Kapasitas Rancangan

Kapasitas perancangan merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi perhitungan teknis maupun ekonomis dalam merancang suatu industri. Kapasitas produksi yang semakin besar akan memungkinkan keuntungan yang diperoleh suatu industri juga semakin besar. Dalam menentukan kapasitas perancangan suatu industri terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangan. Faktor-faktor tersebut meliputi:

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Pasar *Styrene* di Indonesia

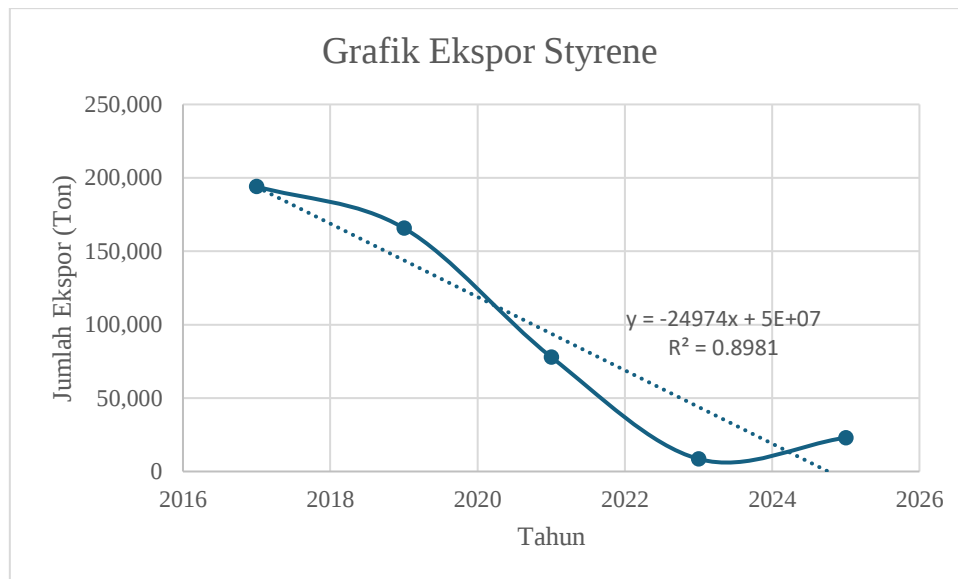
Kebutuhan *styrene monomer* di Indonesia dapat diketahui dari besarnya kebutuhan dalam negeri yang dapat diprediksi melalui nilai impor, ekspor, produksi, dan konsumsi. Data ekspor dan impor *styrene monomer* dapat dilihat pada Tabel 1.1 sebagai berikut.

Tabel 1. 1 Data Ekspor dan Impor *Styrene*

Data Ekspor			Data Impor		
Tahun	Volume (Ton/Tahun)	%Prediksi Ekspor	Tahun	Volume (Ton/Tahun)	%Prediksi Impor
2017	194.152	-	2017	14.854	-
2019	165.781	-14,61277762	2019	6.256	-57,8833984
2021	77.963	-52,97229477	2021	6.778	8,34398977
2023	8.553	-89,02941139	2023	13.366	97,19681322
2025	23.028	169,2388636	2025	26.021	94,68053269
Total (%P)		12,62437978	Total (%P)		142,337937
i		3,156094944	i		35,5844843

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2025

Berdasarkan data di atas dapat diperoleh grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data impor atau ekspor pada sumbu y. Grafik tersebut dapat dilihat dari Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 berikut ini.



Gambar 1. 1 Grafik Data Ekspor Styrene

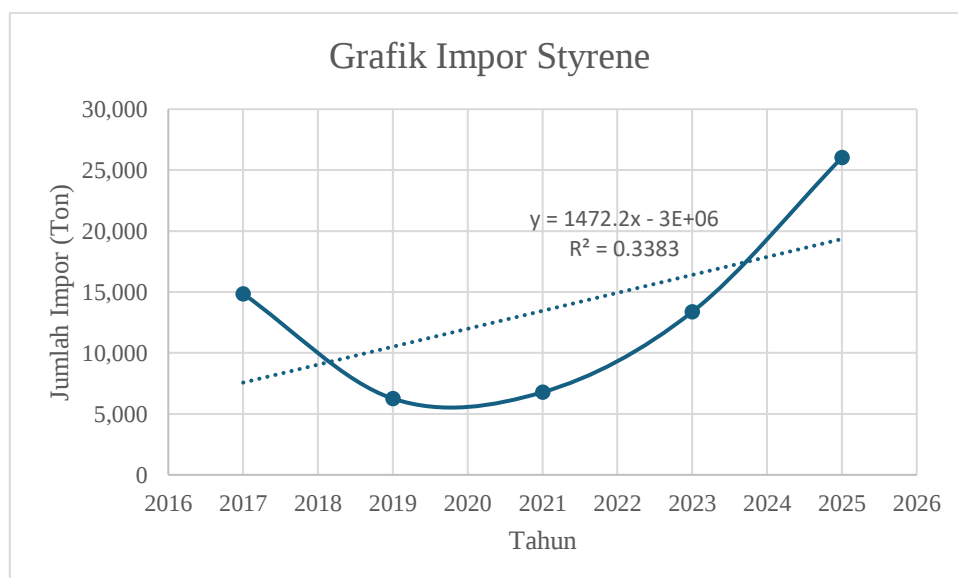
Perkiraan ekspor *styrene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan rumus perkiraan ekspor pada tahun produksi yaitu $Me_{2030} = P (1+i)^n$. Dimana P merupakan massa ekspor *styrene* pada tahun terakhir, nilai i merupakan presentase rata – rata jumlah kenaikan ekspor *styrene* dan n merupakan selisih tahun produksi dengan tahun pembangunan pabrik. Berdasarkan rumus tersebut diperkirakan pada tahun 2030 kebutuhan impor ekspor di Indonesia sebesar:

Perkiraan ekspor 2030

$$Me_{2030} = P (1+i)^{2030-2025}$$

$$Me_{2030} = 23.028 (1+3,15\%)^5$$

$$Me_{2030} = 26.898,66256 \text{ ton/tahun}$$



Gambar 1. 2 Grafik Data Impor Styrene

Perkiraan impor *styrene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan rumus perkiraan impor pada tahun produksi yaitu $Mi_{2030} = P (1+i)^n$. Dimana P merupakan massa impor *styrene* pada tahun terakhir, nilai merupakan presentase rata-rata jumlah kenaikan impor *styrene* dan n merupakan selisih tahun produksi dengan tahun pembangunan pabrik. Berdasarkan rumus tersebut diperkirakan pada tahun 2030 kebutuhan impor *styrene* di Indonesia sebesar:

$$Mi_{2030} = P (1+i)^{2030-2025}$$

$$Mi_{2030} = 26.021 (1+35,58\%)^5$$

$$Mi_{2030} = 119.226,8173 \text{ ton/tahun}$$

Dari hasil perhitungan di atas, proyeksi ekspor dan impor *styrene monomer* pada 5 tahun ke depan cenderung naik yang mencerminkan pandangan positif bahwa kegiatan perdagangan internasional akan terus berkembang dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan. Selain itu, pertumbuhan ekonomi yang stabil, peningkatan permintaan global dan lokal semakin meningkat, diversifikasi pasar ekspor mencerminkan upaya untuk memperluas pasar ekspor diberbagai negara baru ditunjukkan oleh kenaikan hasil proyeksi beberapa tahun kedepan pada ekspor dan impor *styrene monomer* ini.

Di Indonesia satu-satunya pabrik yang memproduksi *styrene monomer* adalah PT Styrimdo Mono Indonesia (SMI) yang sekarang telah menjadi anak perusahaan dari PT Chandra Asri Pacific. Berdasarkan web resmi dari PT Chandra Asri (2025) menunjukkan bahwa produksi *styrene* dari tahun ke tahun tidak mengalami peningkatan. Data produksi *styrene monomer* dapat dilihat pada Tabel 1.2 sebagai berikut.

Tabel 1. 2 Data Produksi *Styrene*

Tahun	Volume (Ton/Tahun)	%Prediksi Ekspor
2017	340.000	0
2019	340.000	0
2021	340.000	0
2023	340.000	0
2025	340.000	0
Total (%P)		0
i		0

Sumber: PT Chandra Asri, 2025

Perkiraan produksi *styrene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan rumus perkiraan produksi pada tahun produksi yaitu $Mp_{2030} = P (1+i)^n$.

Berdasarkan rumus tersebut diperkirakan pada tahun 2030 produksi *styrene* di Indonesia sebesar:

$$Mp_{2030} = P (1+i)^{2030-2025}$$

$$Mp_{2030} = 340.000 (1+0\%)^5$$

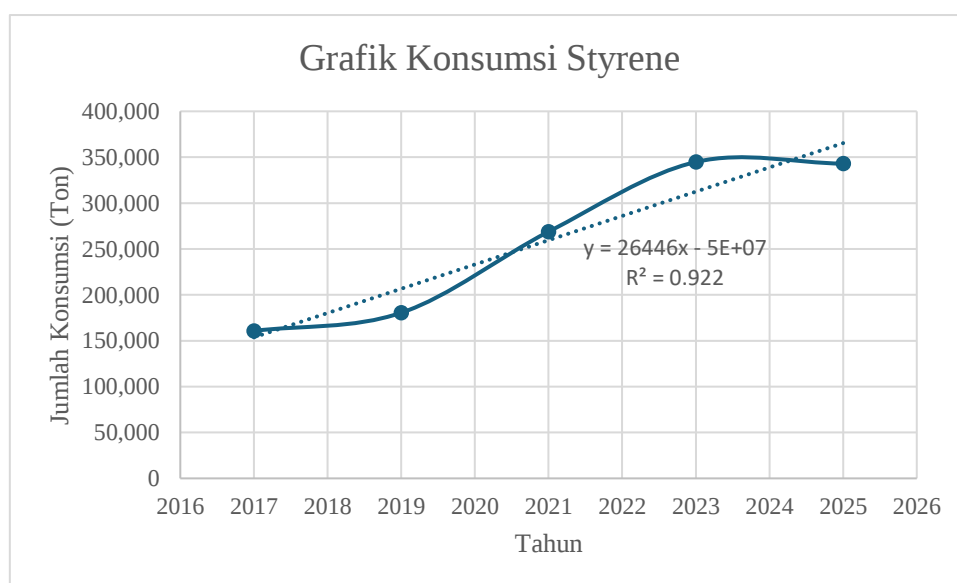
$$Mp_{2030} = 340.000 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan jumlah data yang telah diperoleh pada ekspor, impor, dan produksi *styrene* di Indonesia dapat digunakan untuk menentukan prediksi konsumsi *styrene* dalam negeri dari tahun 2017 hingga 2025. Data konsumsi atau pemakaian produk *styrene* di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3 sebagai berikut.

Tabel 1. 3 Data Prediksi Konsumsi *Styrene*

Tahun	Volume (Ton/Tahun)	%Prediksi Ekspor
2017	160.702	-
2019	180.475	12,304141
2021	268.815	48,948608
2023	344.813	28,271488
2025	342.993	-0,527822
Total (%P)		88,996414
i		22,249103

Berdasarkan data di atas dapat diperoleh grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data konsumsi pada sumbu y. Grafik tersebut dapat dilihat dari Gambar 1.3 berikut ini.



Gambar 1. 3 Grafik Data Konsumsi *Styrene*

Perkiraan konsumsi *styrene* di Indonesia pada tahun yang akan datang dapat dihitung dengan menggunakan rumus perkiraan konsumsi pada tahun produksi yaitu $M_{k2030} = P (1+i)^n$. Berdasarkan rumus tersebut diperkirakan pada tahun 2030 kebutuhan konsumsi *styrene* di Indonesia sebesar:

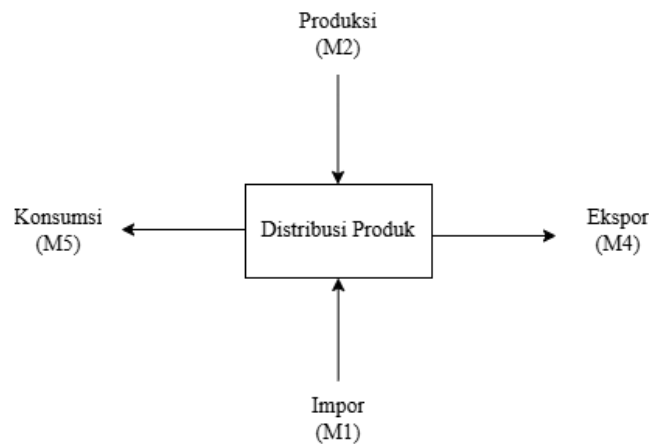
$$M_{k2030} = P (1+i)^{2030-2025}$$

$$M_{k2030} = 342.993 (1+22,24\%)^5$$

$$M_{k2030} = 936.512,7001 \text{ ton/tahun}$$

1.2.2 Kapasitas yang digunakan

Kapasitas produksi suatu pabrik ditetapkan sesudah mengetahui peluang kapasitas yang jumlahnya sangat dipengaruhi oleh nilai impor, ekspor, produksi dan konsumsi setiap tahunnya atau perkembangan industri untuk kurun waktu tertentu. Perhitungan kapasitas dengan persamaan berikut:



Gambar 1. 4 Skema Peredaran Produk Pabrik di Pasaran

Keterangan :

M1 : Perkiraan Impor (ton/tahun)

M2 : Perkiraan Produksi (ton/tahun)

M3 : Peluang Kapasitas (ton/tahun)

M4 : Perkiraan Ekspor (ton/tahun)

M5 : Perkiraan Konsumsi (ton/tahun)

Kapasitas pabrik yang dibutuhkan (M3) = (M4 + M5) - (M1 + M2)

Tabel 1. 4 Data Pabrik penghasil *Styrene Monomer* di Indonesia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton)
--------	--------	-----------------

PT Styrindo Mono Indonesia (SMI)	Cilegon, Banten	340.000
-------------------------------------	-----------------	---------

Sumber: PT Chnadra Asri, 2025

Tabel 1. 5 Kebutuhan Pabrik *Styrene Monomer* di Negara ASEAN

Negara	Jumlah (Ton/Tahun)
Malaysia	30.278
Thailand	47.787
Filipina	36.285
Singapura	4.408
Myanmar	700
Brunei	23

Sumber: World Integrated Trade Solution (WITS), UN Comtrade HS 290250 *Styrene*, data impor tahun 2023.

Berdasarkan data di atas, diperoleh proyeksi impor, ekspor, konsumsi dan produksi pada tahun 2030. Sehingga, peluang pasar untuk *styrene* dapat ditentukan kapasitas Perancangan pabrik sebagai berikut:

$$M3 = (M4 + M5) - (M1+M2)$$

$$M3 = (26.898,66256 + 936.512,7001) \text{ ton/tahun} - (119.226,8173 + 340.000) \text{ ton/tahun}$$

$$M3 = 504.184,55 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas pabrik yang dibutuhkan pada tahun 2028 ialah sebesar 504.184,55 ton/tahun dengan peraturan monopoli perdagangan mengikuti UU NO 5 Tahun 1999 Bab IV tentang kegiatan yang dilarang pada pasal 17 ayat (2c) dengan presentasi monopoli perdagangan maksimal 50%. Pada pabrik yang dibangun ini akan diambil 25%. Sehingga kapasitas pabrik yang akan dibangun ialah $25\% \times 504.184,55 = 126.046,14$ atau dapat dipertimbangkan kapasitas pabrik sebesar 130.000 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Minimum Pabrik Sejenis

Kapasitas pabrik yang didirikan harus diatas kapasitas minimum pabrik atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah atau sedang berjalan. Berikut merupakan daftar pabrik *styrene* yang sudah berjalan di Indonesia dan di dunia:

Tabel 1. 6 Kapasitas Pabrik *Styrene Monomer* di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton)
Chevron	Los Angeles, Amerika Serikat	974.000
Sterling	Texas	770.000
Dow	Texas	644.000
Westlake	Los Angeles, Amerika Serikat	220.000
Lyondell/Bayer	Belanda	640.000
CSPC	China	560.000
Jilin Chemical	China	140.000
Guangzhou Petrochemical	China	80.000
Lanzhou Petrochemical	China	30.000
Panjin Chemical	China	60.000
Fushun Petrochemical	China	40.000
Dalian Petrochemical	China	60.000
Mitsubishi Chemical	Jepang	400.000
Asahi	Jepang	150.000
Styrindo Mono Indonesia/Chandra Asri Pacific	Indonesia	340.000
Idemitsu Stirena	Malaysia	220.000
Ellba Eastern	Singapura	550.000
Seraya Chemical	Singapura	315.000
Thai Petrochemical	Thailand	150.000

Sumber: Chemical Market Associates, Inc. (CMAI), *World Styrene Monomer Capacity by Plant*, 2008.

Dari Tabel 1.6 dapat dilihat kapasitas produksi *styrene* yang sudah beroperasi berkisar antara 30.000 – 974.000 ton per tahun. Dengan mempertimbangkan kebutuhan dalam negeri dan luar negeri yang semakin meningkat maka dalam perancangan dipilih kapasitas 130.000 ton/tahun dengan pertimbangan:

- Dapat ikut serta memenuhi kebutuhan *styrene* dalam negeri dan luar negeri yang diperkirakan pada tahun 2030 mencapai 130.000 ton/tahun dan terus meningkat setiap tahunnya.
- Mengurangi impor sehingga kebutuhan *styrene* tidak bergantung pada negara lain.
- Dapat memberikan keuntungan karena mampu produksi *styrene* dengan kapasitas yang dirancang untuk di ekspor dan telah melampaui kapasitas minimum pabrik yang telah beroperasi. Dapat meningkatkan pendapatan untuk negara Indonesia.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Salah satu faktor penting dalam menunjang kelancaran proses produksi adalah ketersediaan bahan baku. Bahan baku pembuatan *styrene* dengan reaksi dehidrogenasi adalah *ethylbenzene*. Untuk menghasilkan *styrene* sebanyak 130.000 ton/tahun, maka kebutuhan *ethylbenzene* ditentukan melalui perhitungan stoikiometri berdasarkan reaksi dehidrogenasi. Berikut adalah perhitungan kebutuhan *ethylbenzene* menurut stoikiometri reaksi dehidrogenasi:



Perbandingan mol *ethylbenzene* : *styrene*

$$\text{mol styrene} = \frac{130.000}{104,15}$$

$$= 1.248,19 \text{ mol}$$

$$\text{mol ethylbenzene} = 1 \times \text{mol styrene}$$

$$= 1.248,19 \text{ mol}$$

$$\text{Kebutuhan ethylbenzene} = 1.248,19 \text{ mol} \times 106,168$$

$$= 132.515,12 \text{ ton}$$

Kebutuhan *ethylbenzene* tersebut dihitung berdasarkan stoikiometri reaksi utama sebagai perkiraan awal. Kebutuhan aktual mempertimbangkan reaksi samping dan recycle akan dibahas pada neraca massa di Bab III. Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku, *ethylbenzene* didapatkan dari Zhejiang Petroleum & Chemical yang diimpor dari China, katalis Shell 105 didapatkan dari Ocean Chemicals di China. Adapun negara-negara yang memproduksi *ethylbenzene* disajikan dalam Tabel 1.7 berikut:

Tabel 1. 7 Daftar Pabrik Produksi *Ethylbenzene*

<i>Ethylbenzene</i>		
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Chevron Philips Chemical Company	St. James, Louisiana	1.041.500

<i>Ethylbenzene</i>		
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Cos-Mar Company	Carville, Lousiana	144.500
The Dow Chemical Company	Freeport, Texas	948.000
INEOS America	Texas City, Texas	948.000
Lyondell Chemical Company	Channelview, Texas	1.622.500
NOVA Chemical Corporation	Bayport, Texas	970.000
Sterling Chemical Incorporation	Texas City, Texas	960.000
Westlake Styrene Coroporation	Sulphur, Texas	255.000
Styrindo Mono Indonesia/Chandra Asri Pacific	Cilegon, Indonesia	340.000
Zhejiang Petroleum & Chemical	Zhejiang, China	1.300.000
Ningxia Baofeng Energy Group	Ningxia / Yinchuan, China	200.000
Hengli Petrochemical (Dalian) Chemical Co., Ltd. (Hengli)	Changxing Island (Dalian), China	720.000

Bahan baku *ethylbenzene* diperoleh dari Zhejiang Petroleum & Chemical di China dengan kapasitas produksi sebesar 1.300.000 ton/tahun. Kapasitas produksi ini memenuhi kebutuhan *ethylbenzene* pabrik *styrene* yang akan didirikan sebesar 130.000 ton/tahun. Angka ini hanya mencapai 10% dari total produksi *ethylbenzene* Zhejiang Petroleum & Chemical per tahun. Penggunaan bahan baku *ethylbenzene* yang diimpor dikarenakan *ethylbenzene* yang diproduksi di Indonesia dipakai langsung oleh perusahaan yang memproduksi untuk membuat *styrene*.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan keputusan strategis yang krusial, dan salah satu pertimbangan penting. Faktor-faktor seperti ketersediaan bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, lingkungan, dan biaya juga harus dianalisis secara komprehensif untuk menentukan lokasi pabrik yang paling optimal. Pada penentuan lokasi pabrik harus mempertimbangkan beberapa faktor, hal ini agar mendapat lokasi yang tepat dan biaya yang minimum untuk pembangunan pabrik dan transportasi. Pendirian pabrik *styrene monomer* ada 3 tempat yang berpotensi dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik yaitu Cilegon, Tuban, dan Gresik. Lokasi pabrik ditentukan berdasarkan perbandingan aspek-aspek dalam matriks berikut:

Tabel 1. 8 Matriks Pemilihan Lokasi Pabrik *Styrene Monomer*

Kriteria	Cilegon (Banten)	Tuban (Jawa Timur)	Gresik (Jawa Timur)
Harga Tanah	Rp2.500.000/m ² - Rp3.500.000/m ²	Rp1.200.000/m ² - Rp1.800.000/m ²	Rp1.500.000/m ² - Rp2.200.000/m ²
Skor	2	4	3
Bahan Baku	<i>Ethylbenzene</i> diimpor dari Zhejiang Petroleum & Chemical China via Pelabuhan Merak (jarak 15 km dari <i>plant</i>)	<i>Ethylbenzene</i> diimpor dari Zhejiang Petroleum & Chemical China via Pelabuhan Tuban (jarak 8 km dari <i>plant</i>)	<i>Ethylbenzene</i> diimpor dari Zhejiang Petroleum & Chemical China via Pelabuhan Gresik (jarak 12 km dari <i>plant</i>)
Skor	3	4	3
Transportasi	Akses tol Jakarta- Merak, jalur kereta api, dan Pelabuhan Merak untuk distribusi produk	Akses tol Trans Jawa, jalur kereta api Surabaya-Tuban, dan Pelabuhan Tuban untuk distribusi produk	Akses tol Surabaya- Gresik, jalur kereta api, dan Pelabuhan Gresik dengan fasilitas peti kemas
Skor	4	3	4
Listrik	Pasokan dari PLTU Suralaya (3.400 MW), PLTGU	Pasokan dari PLTGU Gresik (450 MW) dan PLTU	Pasokan dari PLTU Tanjung Awar-Awar Tuban (700 MW)

Kriteria	Cilegon (Banten)	Tuban (Jawa Timur)	Gresik (Jawa Timur)
Skor	Cilegon (740 MW), PT Krakatau Chandra Energi (KCE) (320 MW), dan sistem transmisi 500 kV Jawa – Bali	Paiton (9.300 MW) melalui sistem transmisi 500 kV, dengan gardu induk 150 kV di kawasan industri	dan interkoneksi PLTU Paiton, dengan gardu induk 150 kV
Air	Air proses dari Sungai Ciujung (kapasitas 850 L/s) dengan sistem water treatment plant. Air laut tersedia untuk cooling water	Air proses dari Sungai Bengawan Solo dan sumur dalam. Kebutuhan 180 m ³ /jam dapat dipenuhi dengan water treatment	Air proses dari Sungai Brantas dan PDAM Gresik. Air laut tersedia untuk sistem pendingin
Tenaga Kerja	Potensi Sumber Daya Manusia Baik. 450,51 ribu jiwa penduduk usia produktif sebesar 90,32%, dan sisanya 9,68% menganggur.	Potensi Sumber Daya Manusia Baik 1.258.368 jiwa.	Potensi Sumber Daya Manusia Baik 1.304.203 jiwa penduduk usia produktif 60,45%.
Pasar	Dekat dengan industri polystyrene di Cilegon dan Tangerang, serta akses ke pasar ekspor ASEAN via Pelabuhan Merak	Pasar domestik Jawa Timur dan akses ke industri manufaktur Surabaya-Gresik	Dekat kluster petrokimia Gresik (Semen Indonesia Group) dan industri downstream di Surabaya-Sidoarjo

Kriteria	Cilegon (Banten)	Tuban (Jawa Timur)	Gresik (Jawa Timur)
Limbah	Limbah dapat dibuang ke laut setelah water treatment sesuai Baku Mutu Air Laut (KepMen LH 51/2004)	Limbah ke laut via Pelabuhan Tuban setelah treatment memenuhi standar lingkungan	Limbah ke laut via sistem IPAL terpadu kawasan industri Gresik dengan monitoring ketat
Skor	4	3	4
Kebijakan Pemerintah Daerah	Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Tanjung Lesung dengan insentif pajak dan kemudahan perizinan untuk industri petrokimia	Mendukung industrialisasi melalui kawasan industri Tuban dan insentif untuk investor petrokimia	KEK Gresik dengan tax holiday dan kemudahan regulasi untuk industri kimia dan petrokimia
Skor	4	3	4
Regulasi Lingkungan	AMDAL wajib, monitoring emisi VOC, wastewater treatment sesuai PP 22/2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	AMDAL dan UKL- UPL, sistem monitoring online sesuai Perda Jatim No. 4/2010 tentang Pengendalian Pencemaran	AMDAL wajib dengan sistem SPARING (Sistem Pemantauan Kualitas Air Online) terintegrasi Dinas Lingkungan Hidup
Skor	4	3	4
UMK/UMR	Rp5.282.691 (UMK Cilegon 2025)	Rp2.815.200 (UMK Tuban 2025)	Rp5.098.900 (UMK Gresik 2025)
Skor	2	4	3
Total	39	36	38

Berdasarkan evaluasi terhadap berbagai faktor yang relevan, termasuk ketersediaan bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, akses pasar, dan pertimbangan lainnya, Cilegon memperoleh skor tertinggi. Keunggulan Cilegon dalam aspek-aspek tersebut menjadikannya lokasi yang paling strategis untuk pembangunan pabrik *styrene* monomer. Berdasarkan hasil analisa diatas, maka diambil keputusan pemilihan lokasi pabrik terletak di Cilegon, Banten.

1.3.1 UMK

Kota Cilegon, yang dikenal sebagai kota industri di Provinsi Banten, memiliki Upah Minimum Kota (UMK) yang mengalami penyesuaian setiap tahunnya. UMK Cilegon tahun 2025 adalah Rp5.282.691.

1.3.2 Harga Tanah

Harga tanah untuk industri di Cilegon sangat bervariasi dan tergantung pada lokasi, peruntukan lahan, dan fasilitas pendukung lainnya. Area yang strategis, seperti dekat dengan pelabuhan, jalan tol, atau kawasan industri yang sudah berkembang, biasanya memiliki harga tanah yang lebih tinggi. Harga tanah di Cilegon berkisar antara Rp2.500.000/m² - Rp3.500.000/m².

1.3.3 Listrik

Cilegon, sebagai pusat industri utama di Banten, sangat bergantung pada pasokan listrik yang andal untuk menunjang kegiatan manufaktur dan produksi. Beberapa sumber utama penyediaan listrik untuk industri di Cilegon meliputi:

1.3.3.1 PLTU Suralaya

PLTU Suralaya sebagai pembangkit listrik terbesar di Indonesia dengan total kapasitas 3.400 MW, berlokasi sekitar 10 km dari kawasan industri Cilegon. PLTU Suralaya merupakan tulang punggung pasokan listrik untuk seluruh kawasan industri Banten dan sekitarnya. Dengan proximity yang sangat dekat dan kapasitas yang sangat besar, PLTU ini mampu menjamin keandalan pasokan listrik kontinyu untuk industri petrokimia yang membutuhkan stabilitas tinggi.

1.3.3.2 PT Krakatau Chandra Energi (KCE)

PT Krakatau Chandra Energi (KCE) sebagai perusahaan penyedia listrik di kawasan industri Krakatau, Cilegon berkapasitas 120 MW dengan konfigurasi *combined cycle* (2 turbin gas + 1 turbin uap) berbahan bakar gas alam. Sistem kelistrikan KCE diperkuat oleh kontribusi dari PT Krakatau Posco Energy (KPE) yang mengoperasikan PLTU berkapasitas 200 MW, sehingga total kapasitas sistem mencapai 320 MW. KCE merupakan joint venture yang menyediakan listrik bagi berbagai jenis industri, mulai dari industri baja hingga industri kimia, dengan sistem distribusi yang reliable dan dedicated untuk kebutuhan industri berat. KCE

memiliki pembangkit listrik sendiri dan sistem distribusi terintegrasi yang melayani kawasan industri Cilegon.

1.3.3.3 PLTGU Cilegon

PLTGU Cilegon yang dioperasikan oleh PT Indonesia Power dengan kapasitas terpasang 740 MW. PLTGU Cilegon merupakan satu-satunya pembangkit berbahan bakar gas di kawasan Banten, memberikan diversifikasi energi dan keandalan yang lebih tinggi dibandingkan pembangkit batubara.

1.3.3.4 Sistem Transmisi 500 kV Jawa–Bali

Sistem Transmisi 500 kV Jawa–Bali, yang menghubungkan seluruh pembangkit listrik di Pulau Jawa dan Bali dalam satu grid interkoneksi. Sistem tegangan ekstra tinggi 500 kV ini memastikan losses transmisi minimal dan keandalan pasokan yang sangat tinggi. Cilegon terhubung langsung dengan sistem *backbone* ini, memberikan akses ke total kapasitas pembangkit lebih dari 30.000 MW di seluruh Jawa-Bali sebagai backup.

1.3.4 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia, baik pusat maupun daerah, sangat mendukung pengembangan industri di Cilegon melalui berbagai kebijakan dan insentif. Hal ini diwujudkan dalam Rencana Pembangunan Industri Nasional, Pemerintah juga fokus pada peningkatan infrastruktur, kemudahan investasi, pengembangan SDM, dan pembangunan industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Pemerintah daerah menunjang tujuan dalam mewujudkan penyelenggaraan Perindustrian.

1.3.5 Tenaga Kerja

Pada kota Cilegon terdapat 450,51 ribu jiwa penduduk dengan usia produktif sebesar 90,32%, dan sisanya 9,68% menganggur.

1.3.6 Pemasaran

Pasar produk *styrene* di Indonesia sebagian besar terkonsentrasi di wilayah Pulau Jawa, terutama di kawasan Banten dan Jabodetabek. Konsentrasi pasar di wilayah ini sangat menguntungkan karena jarak antara lokasi pabrik dengan konsumen *styrene* relatif dekat, sehingga dapat meminimalkan biaya transportasi dan waktu pengiriman. *Styrene* merupakan cairan dengan sifat mudah menguap dan mudah terbakar yang memerlukan penanganan khusus selama transportasi. Mengingat sifat tersebut, lokasi pabrik yang dekat dengan pasar sangat strategis untuk mengurangi risiko selama distribusi dan menjaga kualitas produk. *Styrene* berfungsi sebagai bahan baku utama dalam industri *polystyrene*, karet sintetis (SBR/SSBR), *unsaturated polyester resin* (UPR), serta berbagai produk turunan lainnya. Mayoritas industri hilir yang menggunakan *styrene* berlokasi di kawasan industri sekitar Cilegon, Serang,

Tangerang, dan Jakarta, sehingga penempatan pabrik di Banten memberikan keunggulan kompetitif dalam hal efisiensi logistik dan responsivitas terhadap kebutuhan pasar.

Tabel 1. 9 Pabrik Berbahan *Styrene*

Nama Industri	Komoditi	Lokasi
PT Styron Indonesia	Polystyrene	Jakarta
PT Arbe Styrimdo	Polystyrene	Serang, Banten
PT Panca Cipta Bersama	Polystyrene	Tangerang, Banten
PT Justus Sakti Raya	Unsaturated Polyester Resin (UPR)	Jakarta
PT Pardic Jaya Chemicals	Resin	Tangerang, banten
PT Gajah Tunggal Tbk	Ban	Tangerang, Banten
PT Bridgestone Tire Indonesia	Ban	Bekasi

Sumber: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia (2026).

1.3.7 Transportasi

Sarana transportasi merupakan penunjang utama untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk. Sistem transportasi di Cilegon memainkan peran krusial dalam mendukung aktivitas industri yang beragam dan berkembang pesat. Sebagai kota industri, Cilegon memiliki aksesibilitas yang baik melalui berbagai moda transportasi. Pelabuhan utama di Cilegon, yaitu Pelabuhan Cigading, menjadi jalur penting untuk kegiatan ekspor dan impor barang industri. Selain itu, jalan tol Jakarta–Merak yang melintasi Cilegon memfasilitasi transportasi darat yang efisien menuju wilayah lain di Pulau Jawa. Jaringan jalan di dalam kota dan kawasan industri juga terus ditingkatkan untuk mendukung mobilitas barang dan orang.

1.3.7.1 Sarana perhubungan darat di Cilegon

- Jalan Negara: 98 km
- Jalan Provinsi: 763 km
- Jalan Kabupaten: 175 km

1.3.7.2 Sarana perhubungan laut di Cilegon

- Pelabuhan terbesar di Indonesia sebagai jalur keluar masuk barang impor maupun ekspor serta masyarakat Pelabuhan Merak yang berlokasi di Jalur Merak–Serdang, Merak, Tamansari, Kec. Pulomerak, Kota Cilegon, Banten.
- Bandara udara Soekarno-Hatta yang berlokasi di Kota Tangerang, Banten.

1.3.8 Utilitas (Air)

Berbagai sumber air dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan industri yang beragam. PT Sauh Bahtera menjadi salah satu penyedia utama air bersih bagi industri di Cilegon, termasuk PT LOTTE Chemical Titan Nusantara dan berbagai perusahaan lain di kawasan industri. Selain itu, beberapa industri juga memanfaatkan air tanah sebagai sumber air, dan terdapat air laut yang tersedia untuk *cooling water*.

1.3.9 Pengolahan Limbah

Limbah dapat dibuang di sungai Cidanau atau ke laut Pelabuhan Merak setelah *water treatment* sesuai Baku Mutu Air Laut (KepMen LH 51/2004).

1.3.10 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam proses produksi *styrene monomer*, *ethylbenzene* sebagai bahan baku diperoleh dari Zhejiang Petroleum & Chemical yang berlokasi di China. Perusahaan ini merupakan kompleks *refinery* dan petrokimia terintegrasi berskala sangat besar yang berlokasi di Zhejiang, China. Sementara itu, katalis Shell 105 yang digunakan didapatkan dari Ocean Chemicals di China. Katalis ini berperan penting dalam mempercepat reaksi dan meningkatkan efisiensi produksi *styrene monomer*.



Gambar 1. 5 Daerah Lokasi Pendirian Pabrik

1.4 Tinjauan Proses

1.4.1 Pemilihan Proses

Adapun macam-macam proses pembuatan *styrene monomer*:

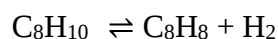
a. Dehidrogenasi Katalitik

Dehidrogenasi katalitik merupakan reaksi langsung yang mengonversi *ethylbenzene* menjadi *styrene monomer* dan hingga saat ini menjadi teknologi yang paling luas dikembangkan untuk produksi skala industri. Salah satu teknologi yang telah dipatenkan dan

banyak diterapkan adalah proses LUMMUS/UOP CLASSIC SM (Zarubina & Valeriya, 2016). Saat ini, tercatat lebih dari 30 pabrik komersial telah beroperasi dengan menggunakan proses tersebut (Technologi, 2020). Reaksi berlangsung pada fase uap, di mana aliran uap air (*steam*) dilewatkan melalui katalis padat.

Katalis yang digunakan adalah Shell 105 yang tersusun atas besi sebagai Fe_2O_3 , kromium sebagai Cr_2O_3 , dan kalium sebagai K_2CO_3 (Dulamita et al., 2005). Reaksi dehidrogenasi ini bersifat endotermis serta merupakan reaksi kesetimbangan, sedangkan reaktor dapat dioperasikan secara adiabatik.

Styrene monomer memiliki kecenderungan sangat tinggi untuk mengalami polimerisasi, sehingga pada kolom distilasi pertama perlu ditambahkan inhibitor. Inhibitor yang umum digunakan adalah *4-tert-butylcatechol*, yang berfungsi mencegah terjadinya polimerisasi *styrene monomer*. Penggunaan inhibitor ini sangat penting karena reaksi polimerisasi bersifat sangat eksotermis dan berpotensi menimbulkan kondisi operasi yang berbahaya. Reaksi utama yang terjadi adalah:



Apabila reaksi dijalankan tanpa katalis, maka yield yang dihasilkan akan relatif rendah. Reaktor umumnya dioperasikan pada temperatur sekitar 550–630°C dan tekanan 1–1,5 atm. Pada kondisi kesetimbangan, konversi etilbenzena berada pada kisaran 50–69% dengan yield *styrene monomer* sebesar 88–95% mol.

b. Oksidasi *Ethylbenzene*

Proses ini digunakan oleh sekitar 10% industri *styrene monomer* dan dikenal melalui paten Halcon International yang menghasilkan *styrene monomer* sekaligus *propylene oxide*. Halcon kemudian membentuk perusahaan patungan bernama Oxirane Corp. bersama Atlantic Richfield, sebelum akhirnya Oxirane sepenuhnya diakuisisi oleh Atlantic Richfield pada tahun 1980. Dalam proses ini, *ethylbenzene* dioksidasi tanpa katalis menjadi *ethylbenzene hydroperoxide* (EBHP). Reaksi berlangsung pada suhu 135–160°C dan tekanan 120–220 psi (8,2–15 atm) untuk menjaga reaktan tetap berada pada fase cair. Selanjutnya, EBHP direaksikan dengan *propylene* menggunakan katalis berbasis logam seperti *molybdenum*, *tungsten*, dan *vanadium* untuk menghasilkan *propylene oxide* (PO) serta *α -phenylethanol*, dengan kondisi operasi 100–130°C pada fase cair. Alkohol yang terbentuk dapat didehidrasi menjadi *styrene* atau direduksi kembali menjadi *ethylbenzene* apabila *styrene* tidak diinginkan.

c. Proses Ethylbenzene Hydroperoxide

Proses *Ethylbenzene Hydroperoxide* (EBHP), yang juga dikenal sebagai proses *Styrene Monomer/Propylene Oxide* (SMPO), merupakan proses ko-produksi *styrene* dan *propylene*

oxide yang dikembangkan secara komersial oleh Lyondell Chemical Company dan Shell Chemical. Proses ini berlangsung melalui tiga tahap: pertama, *ethylbenzene* dioksidasi dengan udara pada suhu 100–150°C tanpa katalis untuk menghasilkan *ethylbenzene hydroperoxide* (EBHP) sebagai intermediat; kedua, EBHP direaksikan dengan propilena menggunakan katalis berbasis *Molybdenum* (Mo) pada suhu 100–130°C dan tekanan 1–5 atm melalui reaksi epoksidasi, menghasilkan *propylene oxide* (PO) dan *1-phenylethanol*; ketiga, *1-phenylethanol* mengalami dehidrasi katalitik untuk menghasilkan *styrene monomer*. Dibandingkan proses dehidrogenasi katalitik, proses ini beroperasi pada suhu yang jauh lebih rendah namun memiliki selektivitas (60–70%) dan yield (35–50%) yang lebih rendah, serta kompleksitas proses yang lebih tinggi karena melibatkan penanganan EBHP sebagai peroksida yang mudah tidak stabil (Meyers, 2005; Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology).

Berdasarkan berbagai metode produksi *styrene monomer* tersebut, pabrik direncanakan menggunakan proses dehidrogenasi katalitik LUMMUS/UOP CLASSIC SM dengan katalis Shell 105 karena beberapa pertimbangan.

1. Proses dehidrogenasi merupakan metode paling sederhana dan paling luas diterapkan secara komersial, dengan pangsa sekitar 90%.
2. *Styrene monomer* yang dihasilkan memiliki kemurnian minimal 99,85%.
3. Proses ini mampu mencapai konversi *ethylbenzene* per pass sebesar 69% dengan selektivitas pembentukan *styrene monomer* lebih dari 95% mol, sehingga biaya operasi dapat ditekan.
4. Produk samping berupa toluena dan benzena memiliki nilai jual yang dapat meningkatkan keuntungan pabrik.

Untuk perbandingan proses dehidrogenasi katalitik dengan oksidasi *ethylbenzene* dapat dilihat pada Tabel 1.10.

Tabel 1. 10 Perbandingan Proses Produksi *Styrene*

Parameter	Proses Dehidrogenasi Katalitik	Proses Oksidasi <i>Ethylbenzene</i>	Proses <i>Ethylbenzene Hydroperoxide</i>
Suhu Reaksi	550-665°C	250-280°C	100–150°C
Tekanan	0,27-1,4 atm	8,6-15 atm	1–5 atm
Selektivitas	95%	70%	60–70%
Katalis	Komponennya terdiri dari Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃ , K ₂ CO ₃	Terdiri dari komponen	Mo, W, V (dengan promoter)

Parameter	Proses Dehidrogenasi Katalitik	Proses Oksidasi <i>Ethylbenzene</i>	Proses Ethylbenzene Hydroperoxide
		<i>Molybdenum, tungsten, vanadium</i>	
Reaktor	Menggunakan reaktor tunggal	Menggunakan reaktor seri	Multi-tahap (oksidasi – epoksidasi - dehidrasi)
Bahan Pembantu	<i>Steam</i> dan katalis	Propilen, oksigen, hidrogen	O ₂ , propilen, air/steam

Sumber: Kolmentz, 2024

1.4.2 Kegunaan Produk

Menurut *Styrene Producers Association* (2007), stirena memiliki berbagai aplikasi sebagai bahan baku dalam pembuatan sejumlah produk, di antaranya:

- Polystyrene* (PS) merupakan konsumen terbesar *styrene* monomer. Sekitar 950 kg *styrene* monomer dibutuhkan untuk menghasilkan 1 ton *polystyrene*. Material ini digunakan untuk memproduksi *general purpose polystyrene* (GPPS), *high impact polystyrene* (HIPS), casing komputer dan perangkat elektronik, serta berbagai produk lainnya.
- Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) memerlukan sekitar 600 kg *styrene* monomer untuk setiap 1 ton ABS yang dihasilkan. Plastik keras ini banyak dimanfaatkan pada komponen otomotif, gagang telepon, bahan pengemasan, koper, mainan, pipa plastik, dan sebagainya.
- Styrene Butadiene Latex* (SBL) mengonsumsi sekitar 550 kg *styrene* monomer per ton produk. SBL umumnya digunakan sebagai pelapis kertas, bahan karpet, busa, serta pelapis karet.
- Impact Polystyrene Rubber* (IPR) terutama diaplikasikan dalam industri otomotif.
- Styrene Butadiene Rubber* (SBR) banyak digunakan dalam pembuatan ban, ikat pinggang, alas kaki, radiator, *heater*, dan produk sejenis.
- Unsaturated Polyester Resin* dimanfaatkan dalam industri *fiber glass*, termasuk untuk pembuatan kapal, mobil, dan berbagai produk lainnya.
- Expanded Polystyrene* lazim digunakan sebagai bahan kemasan makanan serta material konstruksi bangunan.
- Styrene Acrylonitrile* diaplikasikan pada peralatan rumah tangga dan perlengkapan otomotif.