

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia, khususnya industri kimia, terus menunjukkan peningkatan seiring dengan upaya pembangunan ekonomi jangka panjang untuk membentuk struktur ekonomi yang kuat dan seimbang. Kondisi ini didukung oleh ketersediaan sumber daya alam dan sumber daya manusia yang melimpah. Peningkatan aktivitas industri tersebut berdampak pada naiknya kebutuhan bahan kimia sebagai penunjang proses produksi. Industri kimia merupakan sektor bernilai tambah tinggi dan padat teknologi, di mana salah satu produk yang masih banyak dipenuhi melalui impor adalah stirena, dengan jumlah yang cenderung meningkat dari tahun ke tahun.

Stirena merupakan senyawa aromatik monomer tak jenuh turunan benzena dengan rumus molekul  $C_6H_5C_2H_3$ . Pada kondisi suhu ruang, stirena berwujud cair, tidak berwarna, dan memiliki aroma khas. Senyawa ini banyak digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan karet sintetis, *fiberglass*, serta polistirena yang diaplikasikan secara luas pada kemasan makanan, gelas plastik, dan bahan isolasi. Di kawasan ASEAN, stirena merupakan bahan kimia strategis dalam industri polimer, namun sebagian besar kebutuhannya masih dipenuhi melalui impor dari luar kawasan. Pendirian pabrik stirena memiliki potensi yang besar karena tidak hanya dapat memenuhi kebutuhan domestik, tetapi juga meningkatkan peluang ekspor serta mendukung Indonesia sebagai pusat pertumbuhan industri petrokimia.

Stirena ( $C_6H_5C_2H_3$ ) merupakan senyawa aromatik monomer yang kebutuhannya terus meningkat seiring dengan bertambahnya permintaan produk plastik berbasis stirena. Stirena berperan penting sebagai zat antara (intermediet) dalam pembuatan berbagai produk kimia dan sebagai penguat industri hilir, antara lain Polistirena (PS), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Styrene Acrylonitrile* (SAN), *Styrene Butadiene Latex* (SBL), *Styrene Butadiene Rubber* (SBR), dan *Unsaturated Polyester Resins* (UPR).

Ditinjau dari aspek lingkungan, pabrik stirena tergolong relatif ramah lingkungan, karena limbah yang dihasilkan tidak mengandung logam berat dalam jumlah signifikan meskipun proses produksinya menggunakan katalis berbasis logam. Selain itu, stirena termasuk senyawa aromatik yang bersifat non-bioakumulatif, relatif *biodegradable* di lingkungan tanah dan air, serta cepat terdegradasi di udara, sehingga dampak lingkungannya dapat diminimalkan dengan pengelolaan yang tepat.

Peningkatan permintaan stirena di pasar global umumnya diikuti oleh peningkatan kapasitas produksi. Namun demikian, kapasitas pabrik stirena yang ada secara global masih belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan konsumsi dunia. Kondisi utama yakni kebutuhan stirena di Indonesia yang setiap tahunnya meningkat. Saat ini kebutuhan stirena di Indonesia telah dapat dipenuhi sebagian oleh PT Styrimo Mono Indonesia (PT SMI), akan tetapi peluang pengembangan kapasitas tetap terbuka untuk mendukung kebutuhan regional bahkan ekspor.

Prospek ekspor stirena masih tergolong menjanjikan, khususnya negara tujuan seperti Malaysia, Thailand, dan Filipina. Kegiatan ekspor tersebut diharapkan memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan devisa negara.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Pendirian pabrik stirena dapat diproyeksikan untuk memenuhi kebutuhan domestik sekaligus berorientasi ekspor.
- b. Keberadaan pabrik stirena akan mendukung perkembangan industri hilir yang menggunakan stirena sebagai bahan baku maupun bahan penunjang.
- c. Pendirian pabrik stirena berpotensi membuka lapangan kerja baru sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia.

Dengan mempertimbangkan aspek kebutuhan pasar, dukungan industri hilir, serta manfaat ekonomi dan sosial, pendirian pabrik stirena di Indonesia dinilai masih strategis dan layak untuk dikembangkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan stirena di Indonesia terus meningkat seiring dengan berkembangnya industri kimia dan aplikasinya dalam berbagai produk. Namun,

pemenuhan kebutuhan tersebut masih didominasi oleh impor akibat keterbatasan kapasitas produksi dalam negeri. Kondisi ini menunjukkan perlunya perencanaan pembangunan pabrik stirena baru dengan kapasitas yang memadai. Prarancangan pabrik ini bertujuan untuk menentukan kapasitas produksi optimal berdasarkan analisis kebutuhan dan peluang pasar, sehingga diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan daya saing industri kimia nasional, serta memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi dan penyerapan tenaga kerja.

### **1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik**

Tujuan prarancangan Pabrik Pabrik Stirena dengan Proses Dehidrogenasi Etilbenzena ini adalah:

1. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik kimia
2. Memenuhi kebutuhan stirena baik di dalam maupun di luar negeri.
3. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu teknik kimia yang telah dipelajari selama di bangku perkuliahan.

### **1.4 Manfaat Pra Rancangan Pabrik**

Prarancangan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa serta kemampuan dalam mengaplikasikan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan ke dalam bentuk prarancangan pabrik stirena dengan penentuan kapasitas dan target produksi yang optimal. Selain itu, pendirian pabrik stirena juga memberikan berbagai manfaat, antara lain:

1. Dapat memenuhi kebutuhan stirena dalam negeri sehingga ketergantungan terhadap pasokan dari luar negeri dapat dikurangi, sekaligus menekan pengeluaran devisa negara.
2. Dapat membuka peluang lapangan kerja baru bagi masyarakat serta mendukung pemerataan pembangunan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat.
3. Mendorong perkembangan industri hulu yang menggunakan stirena sebagai bahan baku utama.

### 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik stirena ini, pembahasan dibatasi pada penyusunan *flowsheet* proses pada kondisi *steady state* dan *dynamic mode*, perhitungan neraca massa dan neraca energi, penentuan spesifikasi peralatan utama, analisis ekonomi, perancangan unit utilitas, serta pembahasan tugas khusus.

### 1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama stirena adalah etilbenzena yang diperoleh dari PT. Styrimo Mono Indonesia. Pada kawasan industri Pulo Ampel, Cilegon, Banten, Indonesia. Pabrik stirena ini direncanakan didirikan pada tahun 2034 dengan pertimbangan yaitu Studi Kelayakan dan Perencanaan Awal (2025-2026), Perizinan dan Regulasi (2026-2028), Pengadaan Peralatan dan Konstruksi Pabrik (2028-2031), *Commissioning*, *Start-up*, dan Uji Coba Operasi (2031-2033), Optimalisasi dan *Ramp-Up* Kapasitas (2033-2034), Operasional Penuh (2034).

### 1.7 Penentuan Kapasitas Pabrik dan Ekstrapolasi

Kapasitas pabrik merupakan parameter utama dalam pendirian pabrik karena berpengaruh langsung terhadap jumlah produksi dan kelayakan ekonomi. Peningkatan kapasitas produksi berpotensi meningkatkan keuntungan yang diperoleh, namun penentuannya harus mempertimbangkan berbagai faktor pendukung. Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah data kebutuhan stirena, baik dalam negeri maupun luar negeri.

Dalam menentukan kapasitas prarancangan pabrik, beberapa faktor utama harus diperhatikan agar operasionalnya optimal. Pertimbangan tersebut mencakup beberapa pertimbangan diantaranya yaitu:

- a. Produksi stirena di Indonesia dan dunia
- b. Kebutuhan stirena di Indonesia
- c. Perkiraan dan penetapan kapasitas produksi

### 1.7.1 Produksi Stirena di Indonesia dan Dunia

Data jumlah produksi stirena monomer di Indonesia diperoleh dari PT Styrimdo Mono Indonesia (SMI), yang merupakan satu-satunya produsen stirena monomer yang beroperasi di Indonesia. Jumlah produksi stirena di Indonesia pada tahun 2021-2025 dapat dilihat pada Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Produksi Stirena di Indonesia

| <b>Tahun</b> | <b>Jumlah (Ton)</b> |
|--------------|---------------------|
| 2021         | 302.000             |
| 2022         | 311.800             |
| 2023         | 311.800             |
| 2024         | 340.000             |
| 2025         | 340.000             |
| Total        | 1.605.600           |

(Sumber: PT. Styrimdo Mono Indonesia, 2025)

Menurut pernyataan yang diperoleh langsung dari PT. SMI bahwa dari tahun 2024 dan seterusnya, produksi stirena akan konstan berada pada 340.000 ton/tahun. Dibeberapa negara telah berdiri pabrik yang memproduksi stirena yang menghasilkan rentang produksi dengan rincian pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Pabrik dan Kapasitas Produksi Stirena di Dunia

| <b>No</b> | <b>Pabrik dan Lokasi</b>                            | <b>Kapasitas (ton/tahun)</b> |
|-----------|-----------------------------------------------------|------------------------------|
| 1         | Santide Refining Company, Corpus City, Texas        | 27.220                       |
| 2         | El Paso Natural Gas Product Company, Odessa, Texas  | 39.000                       |
| 3         | Chosden Oil and Chemical Company, Big Spring, Texas | 49.900                       |
| 4         | Borg Warner Corporation, Baytown, Texas             | 56.710                       |
| 5         | Foster Grand Company Inc., Bason Rouge, LA          | 90.740                       |
| 6         | Shell Chemical Company, Torrance, California        | 95.280                       |
| 7         | Sinclair Kopper Company, Huston, Texas              | 122.500                      |
| 8         | The Dow Chemical Company                            | 700.000                      |
| 9         | PT. Styrimdo Mono Indonesia                         | 230.000                      |
| 10        | Mosanto Company, Torrance, California               | 340.290                      |
| 11        | Jilin Chemical, China                               | 140.000                      |
| 12        | Guangzhou Petrochemical, China                      | 80.000                       |
| 13        | Lanzhou Petrochemical, China                        | 30.000                       |
| 14        | Panjin Chemical, China                              | 60.000                       |
| 15        | Idemitsu Stirena, Malaysia                          | 220.000                      |
| 16        | Thai Petrochemical, Thailand                        | 150.000                      |
| Total     |                                                     | 2.431.640                    |

(Sumber: Theinnovationgrup, 2025)

### 1.7.2 Kebutuhan Stirena di Indonesia

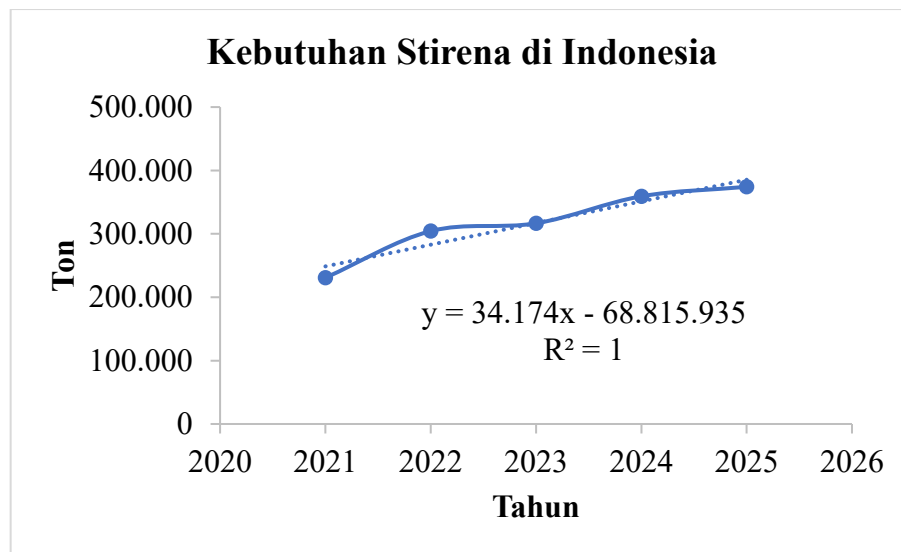
Data kebutuhan stirena di Indonesia dari peninjauan data impor dan ekspor terhadap stirena. Adapun data kebutuhan stirena pada tahun 2021-2025 dapat dilihat pada Tabel 1.3.

**Tabel 1.3** Data Kebutuhan Stirena di Indonesia

| Tahun | Jumlah (ton) |
|-------|--------------|
| 2021  | 230.815      |
| 2022  | 304.350      |
| 2023  | 316.618      |
| 2024  | 359.279      |
| 2025  | 374.218      |

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026).

Grafik data kebutuhan stirena di Indonesia pada tahun 2021-2025 dapat dilihat pada Gambar 1.1



**Gambar 1.1** Grafik Kebutuhan Stirena dari Tahun 2021-2025

Persamaan garis lurus yang didapatkan adalah sebagai  $y = 34.174x - 68.815.935$ , dimana X adalah urutan data poin pada sumbu x di grafik dapat dihitung dari tahun 2026 sampai tahun 2034, sedangkan Y adalah kebutuhan impor stirena pada tahun tertentu satuan ton. Berdasarkan data impor stirena diperkirakan kebutuhan stirena di Indonesia pada tahun 2034 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Y &= 34.174x - 68.815.935 \\
 &= 34.174 (2034) - 68.815.935 \\
 &= 693.981 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

### 1.7.3 Perkiraan dan Penetapan Kapasitas Produksi

Berdasarkan persamaan garis lurus didapat perkiraan kebutuhan dari hasil ekstrapolasi yang dinyatakan dalam Tabel 1.4.

**Tabel 1.4** Proyeksi Kebutuhan Stirena di Indonesia

| Tahun | Jumlah (ton) |
|-------|--------------|
| 2026  | 420.589      |
| 2027  | 454.763      |
| 2028  | 488.937      |
| 2029  | 523.111      |
| 2030  | 557.285      |
| 2031  | 591.459      |
| 2032  | 625.633      |
| 2033  | 659.807      |
| 2034  | 693.981      |

(Sumber: Data Ekstrapolasi, 2026).

Berdasarkan Tabel 1.4 diatas dapat dilihat permintaan stirena meningkat. Kebutuhan pada tahun 2034 dapat diperkirakan melalui cara ekstrapolasi dengan hasil 693.981 ton/tahun. Kapasitas produksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Produksi} &= \text{Data Kebutuhan Produksi} - \text{Kapasitas dalam Negeri} \\ &= 693.981 \text{ ton/tahun} - 340.000 \text{ ton/tahun} \\ &= 353.98 \text{ ton/tahun}\end{aligned}$$

Memperhatikan kebutuhan pasar domestik dan pasar dunia serta ketersediaan bahan baku, maka kapasitas produksi stirena ditetapkan 350.000 ton/tahun memenuhi 71% kebutuhan Indonesia dan 28% kebutuhan dunia.

## 1.8 Seleksi Pemilihan Proses

Proses pembuatan stirena dapat dilakukan oleh beberapa cara, yaitu:

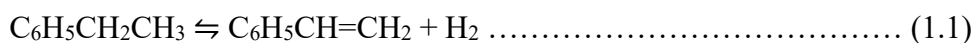
### 1.8.1 Proses Dehidrogenasi Etilbenzena

Proses dehidrogenasi etilbenzena merupakan teknologi yang paling banyak digunakan dalam industri pembuatan stirena, sekitar 90% produsen global memanfaatkan metode ini. Proses ini termasuk ke dalam teknologi *single-product* yang dirancang untuk menghasilkan stirena dalam kapasitas besar. Menurut Kirk Othmer (1952), dehidrogenasi etilbenzena menggunakan reaktor *fixed bed* yang

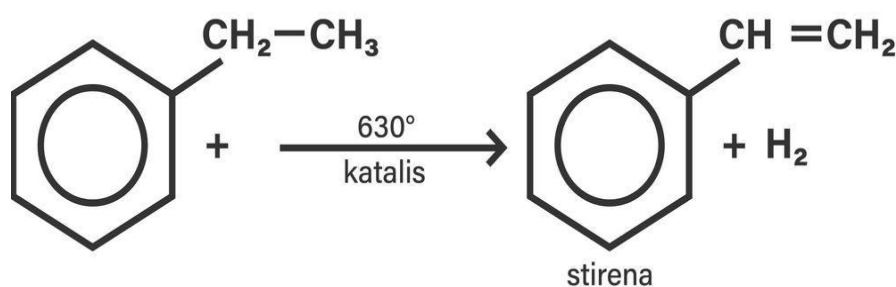
dioperasikan pada suhu tinggi, yaitu sekitar 530-680°C, serta pada tekanan rendah 1-14 atm, tetapi reaksi ini dibatasi oleh kesetimbangan termodinamika.

Reaksi dehidrogenasi etilbenzena bersifat endotermis, sehingga pencapaian konversi yang tinggi sangat dipengaruhi oleh penerapan suhu operasi. Peningkatan suhu berperan dalam mempercepat laju reaksi baik secara kinetika maupun termodinamika, namun pada saat yang sama juga dapat mendorong terbentuknya produk samping. Oleh karena itu, pengendalian kondisi operasi menjadi aspek penting dalam proses ini.

Katalis yang umum digunakan pada proses ini adalah  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  karena memiliki selektivitas yang tinggi mencapai 97%, serta memiliki ketahanan yang baik terhadap suhu tinggi dan sesuai untuk reaksi dengan kebutuhan panas yang besar. Proses dehidrogenasi biasanya dijalankan pada tekanan rendah, sekitar 1,4 atm (20 psia), dengan tujuan menggeser kesetimbangan reaksi ke arah pembentukan produk dan mengubah 1 mol reaktan menjadi 2 mol produk sehingga memiliki konversi 95-99% dan juga kompresor tidak perlu menghilangkan hidrogen dari hasil keluaran reaktor, sehingga kebutuhan energi proses dapat ditekan.



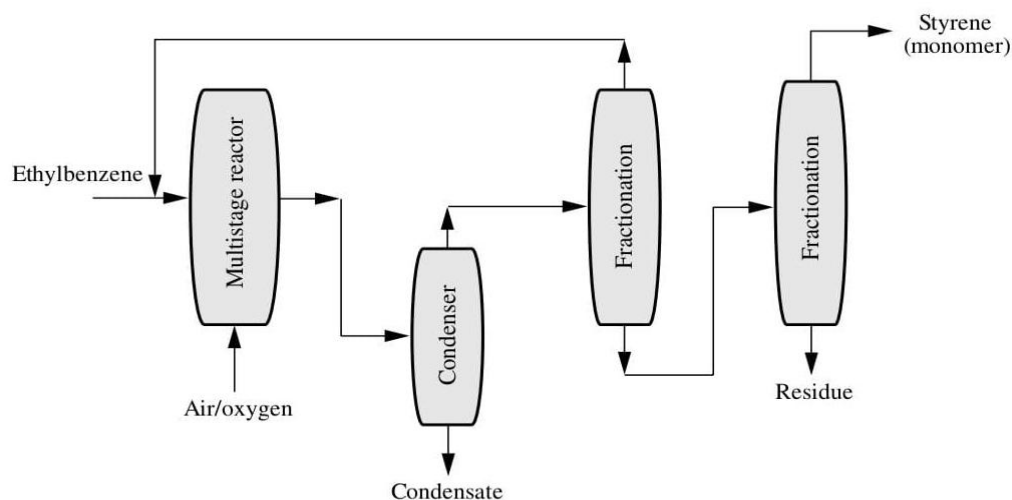
Rumus Struktur Kimia Reaksi Dehidrogenasi Etilbenzena dapat dilihat pada Gambar 1.2.



**Gambar 1.2** Struktur Kimia Reaksi Dehidrogenasi Etilbenzena

Untuk mencegah produk kembali menjadi reaktan karena reaksi bersifat reversibel, digunakan prinsip *Le Chatelier*. Dimana kesetimbangan harus digeser ke kanan (produk), kondisi operasi pada suhu yang tinggi serta tekanan yang rendah, dan produk samping hidrogen diambil atau dihilangkan. *Flowsheet* dasar proses dehidrogenasi etilbenzena dapat dilihat pada Gambar 1.3.





**Gambar 1.3** Flowsheet Dasar Proses Dehidrogenasi Etilbenzena menjadi Stirena  
(Sumber: Kirk Othmer, 1952)

Pada prarancangan ini, reaksi yang dipertimbangkan hanyalah reaksi utama sebagai reaksi inti proses. Dengan menetapkan sejumlah asumsi dan pengendalian kondisi operasi yang tepat, reaksi tersebut diupayakan berlangsung secara irreversibel, sehingga pembentukan reaksi samping kedua dan ketiga dapat dihindari.

Selanjutnya, uji ekonomi awal yang merupakan perhitungan jumlah dari harga bahan baku dan harga produk yang akan dijual sebagai penentu apakah pabrik yang akan dirancang dapat memberikan keuntungan atau memberikan kerugian. Berikut harga bahan baku dan produk dari situs *chemger.en* pada tanggal 02 Februari 2026 berdasarkan nilai kurs US\$ 1 = Rp 16.791 tertera pada Tabel 1.5.

**Tabel 1.5** Analisa Ekonomi Awal Proses Dehidrogenasi

| No. | Bahan baku dan produk                  | Berat molekul (Kg/Kmol) | Harga (Rp/Kg) |
|-----|----------------------------------------|-------------------------|---------------|
| 1.  | Etilbenzena                            | 106,167                 | 17.432,00     |
| 2.  | Katalis Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 159,69                  | 5.037,00      |
| 3.  | Stirena                                | 104,20                  | 31.850,00     |
| 4.  | Hidrogen                               | 2,016                   | 509.775,00    |

(Sumber: Chemger, 2026)

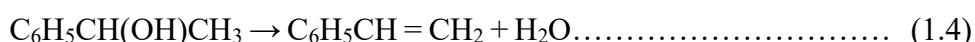
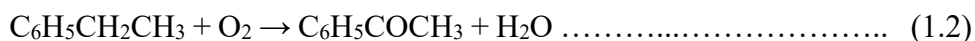
#### Bahan Baku

Etilbenzena (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>) = 1 mol  
 = 1 mol × 106,167 g/mol

|                                     |                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                     | $= 106,167 \text{ g} = 0,106167 \text{ kg}$<br>$= 0,106167 \text{ kg} \times \text{Rp}17.432,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}1.850,70$                                                                      |
| Katalis ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 159,69 \text{ g/mol}$<br>$= 159,69 \text{ g} = 0,15969 \text{ kg}$<br>$= 0,15969 \text{ kg} \times \text{Rp}5.037,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}804,36$      |
| <b>Produk</b>                       |                                                                                                                                                                                                                |
| Stirena ( $\text{C}_8\text{H}_8$ )  | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 104,20 \text{ g/mol}$<br>$= 104,20 \text{ g} = 0,1042 \text{ kg}$<br>$= 0,1042 \text{ kg} \times \text{Rp}31.850,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}3.318,77$     |
| Hydrogen ( $\text{H}_2$ )           | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 2,016 \text{ g/mol}$<br>$= 2,016 \text{ g} = 0,002016 \text{ kg}$<br>$= 0,002016 \text{ kg} \times \text{Rp}509.775,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}1.027,71$  |
| <b>Keuntungan Produk</b>            | $= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$<br>$= (\text{Rp}3.318,77 + \text{Rp}1.027,71) - (\text{Rp}1.850,70 + \text{Rp}804,36)$<br>$= \text{Rp}4.346,48 - \text{Rp}2.655,06$<br>$= \text{Rp}1.691,42$ |
| <b>Net Profit Margin</b>            | $= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$<br>$= \frac{\text{Rp}1.691,42}{\text{Rp}2.655,06} \times 100\%$<br>$= 63,71\%$                                                               |

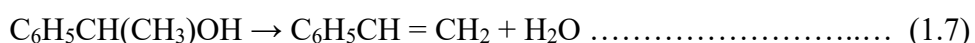
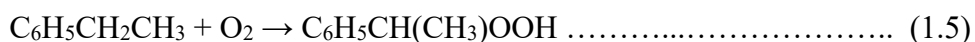
### 1.8.2 Proses Oksidasi Etilbenzena

Menurut Kirk Othmer (1980), produksi stirena melalui proses oksidasi etilbenzena dapat dilakukan dengan dua jenis proses, yaitu *Union Carbide* dan Halogen Internasional. Pada *Union Carbide*, produksi stirena berlangsung melalui beberapa tahapan reaksi sebagai berikut:

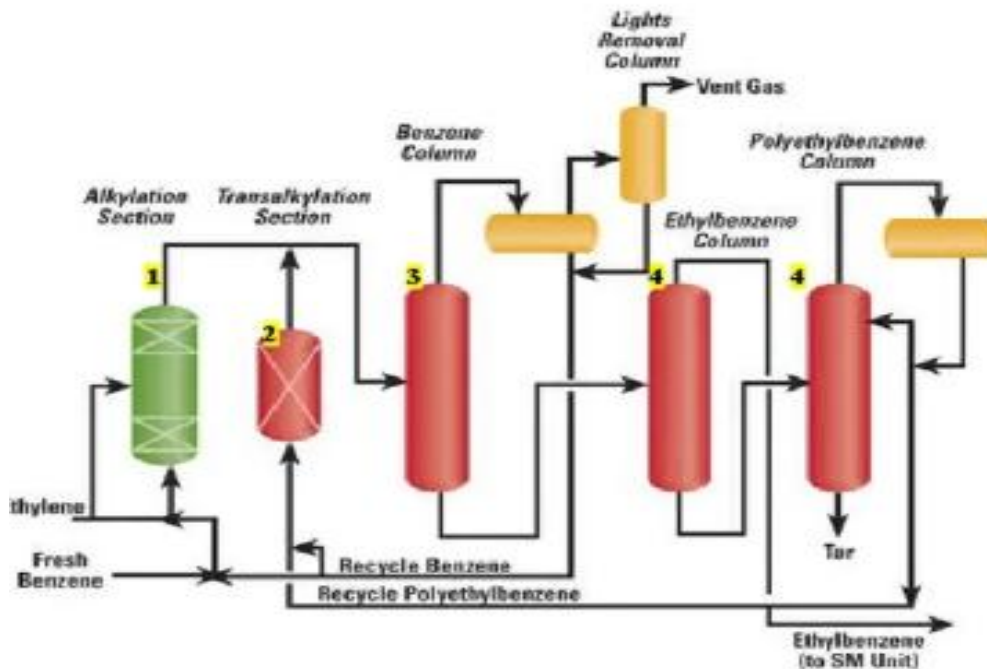


Tahap awal pada proses *Union Carbide* yaitu menggunakan katalis berbasis asetat. Selanjutnya, pada tahap reaksi reduksi diterapkan katalis krom–besi–tembaga. Reaksi tahap akhir berlangsung pada suhu sekitar 110-250 °C dan tekanan 0,7-40 atm dengan menggunakan katalis berbasis titania dengan selektivitas 90%. Melalui rangkaian dari proses tersebut dihasilkan monomer stirena dan senyawa samping berupa *cephenon*. Namun dengan demikian, rendemen stirena yang diperoleh sekitar 10% lebih rendah dibandingkan dengan proses dehidrogenasi etilbenzena. Selain itu, pada tahap reaksi oksidasi awal berpotensi terjadi permasalahan korosi.

Sementara itu, pada proses Halcon International, pembentukan stirena juga berlangsung melalui tiga tahapan reaksi, yaitu sebagai berikut:



Proses oksidasi etilbenzena menjadi *ethylbenzene hydroperoxide* merupakan reaksi endotermis yang ditandai dengan penurunan suhu operasi dari 150 °C menjadi 130 °C. Reaksi ini berlangsung dengan bantuan katalis berbasis asetat. Selanjutnya, tahap epoksidasi dilakukan menggunakan katalis *molybdenum naphthenate* dan bersifat eksotermis, sehingga reaktor dilengkapi dengan sistem pendingin untuk mengendalikan kenaikan suhu. Adapun tahap akhir berupa reaksi dehidrasi yang menghasilkan stirena dengan konversi 70-85% yang berlangsung pada suhu sekitar 225 °C dengan menggunakan katalis asam. *Flowsheet* dasar proses oksidasi etilbenzena dapat dilihat pada Gambar 1.4.



**Gambar 1.4** Flowsheet Dasar Proses Oksidasi Etil Benzena menjadi Stirena  
(Sumber: Shreve, 1956)

Selanjutnya, uji ekonomi awal pada Proses Oksidasi Etilbenzena. Berikut harga bahan baku dan produk dari situs *chemger.en* pada tanggal 02 Februari 2026 berdasarkan nilai kurs US\$ 1 = Rp 16.791 tertera pada Tabel 1.6.

**Tabel 1.6** Analisa Ekonomi Awal Proses Oksidasi

| No. | Bahan baku dan produk | Berat molekul (g/mol) | Harga (Rp/Kg) |
|-----|-----------------------|-----------------------|---------------|
| 1.  | Etilbenzena           | 106,167               | 17.432        |
| 2.  | Oksigen               | 32                    | 0             |
| 3.  | Katalis titania       | 79,87                 | 10.075        |
| 4.  | Stirena               | 104,20                | 18.470        |
| 5.  | Air                   | 18                    | 0             |

(Sumber: *chemger.en*, 2026)

#### Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Etilbenzena (C}_8\text{H}_{10}\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 106,167 \text{ g/mol} \\
 &= 106,167 \text{ g} = 0,106167 \text{ kg} \\
 &= 0,106167 \text{ kg} \times \text{Rp}17.432,00 \quad (\text{Chemger, 2026}) \\
 &= \text{Rp}1.850,70
 \end{aligned}$$

|                                          |                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Oksigen (O <sub>2</sub> )                | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 106,167 \text{ g/mol}$<br>$= 106,167 \text{ g} = 0,106167 \text{ kg}$<br>$= 0,106167 \text{ kg} \times \text{Rp}0$<br>$= \text{Rp}0$                                  |
| Katalis Titania (TiO <sub>2</sub> )      | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 79,87 \text{ g/mol}$<br>$= 79,87 \text{ g} = 0,07987 \text{ kg}$<br>$= 0,07987 \text{ kg} \times \text{Rp}10.075,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}804,66$           |
| <b>Produk</b>                            |                                                                                                                                                                                                                    |
| Stirena (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ) | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 104,20 \text{ g/mol}$<br>$= 104,20 \text{ g} = 0,1042 \text{ kg}$<br>$= 0,1042 \text{ kg} \times \text{Rp}31.850,00$ (Chemger, 2026)<br>$= \text{Rp}3.318,77$         |
| Air (H <sub>2</sub> O)                   | $= 1 \text{ mol}$<br>$= 1 \text{ mol} \times 18 \text{ g/mol}$<br>$= 18 \text{ g} = 0,018 \text{ kg}$<br>$= 0,018 \text{ kg} \times \text{Rp}0$<br>$= \text{Rp}0$                                                  |
| <b>Keuntungan Produk/Kg</b>              | $= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$<br>$= (\text{Rp}3.318,77 + \text{Rp}0) - (\text{Rp}1.850,70 + \text{Rp}0 + \text{Rp}804,66)$<br>$= \text{Rp}3.318,77 - \text{Rp}2.655,36$<br>$= \text{Rp}663,41$ |
| <b>Net Profit Margin</b>                 | $= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$<br>$= \frac{663,41}{3.318,77} \times 100\%$<br>$= 19,99\%$                                                                                       |

### 1.8.3 Tabel Perbandingan Proses dan Analisa Ekonomi Awal

Berdasarkan proses di atas yaitu Proses Dehidrogenasi Etilbenzena, dan Oksidasi Etilbenzena. Kedua proses tersebut memiliki parameter yang berbeda. Berdasarkan perbedaan parameter yang ada sebagaimana dilihat pada Tabel 1.7.

**Tabel 1.7** Perbandingan Proses Produksi Stirena

| Parameter            | Proses Dehidrogenasi Etilbenzena | Proses Oksidasi Etilbenzena |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Bahan baku           | Etilbenzena                      | Etilbenzena                 |
| Produk samping       | Hidrogen ( $H_2$ )               | Air ( $H_2O$ )              |
| Suhu operasi         | 530-680°C                        | 110-250°C                   |
| Tekanan operasi      | 1-14 atm                         | 0,7-40 atm                  |
| Selektivitas         | 97%                              | 90%                         |
| Katalis              | Ferri oksida ( $Fe_2O_3$ )       | Titania ( $TiO_2$ )         |
| Konversi             | 95-99%                           | 70-85%                      |
| Analisa Ekonomi awal | Rp1.691,42                       | Rp663,41                    |

(Sumber: Kirk Othmer, 1952)

Berdasarkan Tabel 1.7 dapat dipilih yaitu proses pembuatan Stirena dengan Proses Dehidrogenasi Etilbenzena dengan pertimbangan sebagai berikut:

#### 1. Produk samping bernilai ekonomi

Proses dehidrogenasi menghasilkan hidrogen ( $H_2$ ) sebagai produk samping yang memiliki nilai ekonomi karena dapat dimanfaatkan untuk dijual. Sebaliknya, pada proses oksidasi produk samping yang dihasilkan berupa air ( $H_2O$ ) yang memiliki nilai ekonomi sangat rendah dan umumnya tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap nilai ekonomi proses.

#### 2. Selektivitas tinggi terhadap stirena

Dengan proses dehidrogenasi etilbenzena menggunakan katalis  $Fe_2O_3$ , reaksi berlangsung melalui jalur yang relatif sederhana dan memiliki selektivitas tinggi mencapai 97% terhadap pembentukan stirena, sehingga pembentukan produk samping dapat diminimalkan. Sementara, pada proses oksidasi etilbenzena dengan katalis titania ( $TiO_2$ ), keterlibatan oksigen menyebabkan reaksi menjadi kurang selektif hanya 90% dan meningkatkan kemungkinan terjadinya oksidasi lanjutan, yang menghasilkan lebih banyak produk samping.

**3. Konversi reaksi lebih tinggi**

Konversi dehidrogenasi etilbenzena lebih besar (95-99%) dibandingkan proses oksidasi etilbenzena (70-85%), sehingga jika menggunakan proses penggunaan bahan baku dehidrogenasi etilbenzena menjadi lebih efisien.

**4. Katalis relatif sederhana dan stabil**

Katalis ferri oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) mudah diperoleh, harga relatif lebih murah, memiliki stabilitas termal yang baik, serta telah terbukti secara industri.

**5. Kelayakan ekonomi lebih menguntungkan**

Meskipun membutuhkan suhu operasi yang tinggi dan investasi awal yang relatif besar, proses dehidrogenasi etilbenzena tetap lebih kompetitif secara ekonomi pada skala industri karena menghasilkan stirena dengan selektivitas tinggi serta produk samping berupa hidrogen. Sebaliknya, proses oksidasi etilbenzena cenderung menghasilkan campuran produk yang lebih kompleks, memerlukan tahap pemurnian yang lebih rumit, dan umumnya tidak dirancang untuk produksi stirena dalam jumlah besar, sehingga penerapannya lebih terbatas dibandingkan proses dehidrogenasi untuk kebutuhan industri massal.

## **1.9 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Pemilihan lokasi pabrik merupakan faktor penting yang memengaruhi keberhasilan dan keberlanjutan kegiatan industri. Penentuan lokasi pabrik stirena ini mempertimbangkan berbagai aspek, antara lain biaya pembangunan, ketersediaan bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, sistem transportasi, kedekatan dengan pasar, kondisi lingkungan, serta potensi pengembangan di masa mendatang. Berdasarkan pertimbangan tersebut, pabrik stirena direncanakan berlokasi di Kawasan Industri Pulo Merak, Cilegon, Banten, karena memiliki keunggulan berupa kedekatan dengan sumber bahan baku dan akses transportasi yang baik, sehingga mendukung efisiensi operasional pabrik. Lokasi pemilihan pabrik yang akan didirikan dapat dilihat pada Gambar 1.5.



**Gambar 1.5** Lokasi Pabrik yang Akan Didirikan

### **1.9.1 Faktor Primer**

#### **a. Bahan Baku**

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam menunjang keberlangsungan operasi industri dan menjadi pertimbangan penting dalam penentuan lokasi pabrik. Kedekatan pabrik dengan sumber bahan baku dapat menurunkan biaya transportasi dan penyimpanan, serta meningkatkan efisiensi waktu pengadaan. Etilbenzena sebagai bahan baku utama dalam produksi stirena dapat diperoleh dari PT. Chandra Asri, Banten, yang berlokasi di Kawasan Industri Pulo Ampel, Cilegon, Banten, sehingga menjamin kontinuitas pasokan bahan baku bagi pabrik stirena yang direncanakan.

#### **b. Transportasi**

Kawasan Industri Pulo Merak memiliki akses transportasi yang baik melalui jalur darat, laut, dan udara. Akses darat dapat ditempuh melalui jalan tol Merak-Jakarta-Cikampek, sedangkan transportasi laut didukung oleh keberadaan Pelabuhan Merak, Pelabuhan Ciwandan, serta beberapa dermaga khusus (Dersus) di wilayah Anyer dan Karangantu, Serang. Ketersediaan fasilitas transportasi tersebut memudahkan distribusi bahan baku dan produk, baik untuk kebutuhan



domestik maupun ekspor, sehingga mendukung efisiensi logistik pabrik stirena yang direncanakan.

### **1.9.2 Faktor Sekunder**

#### **a. Tenaga Kerja dan Tenaga Ahli**

Kawasan Industri Pulo Merak berlokasi relatif dekat dengan wilayah Jabodetabek, yang merupakan pusat pendidikan dan pelatihan tenaga kerja. Kondisi ini memungkinkan ketersediaan tenaga kerja terampil maupun tidak terampil dalam jumlah memadai. Selain itu, keberadaan pabrik stirena di kawasan tersebut diharapkan dapat berkontribusi dalam penyerapan tenaga kerja serta menurunkan tingkat pengangguran, baik di tingkat regional maupun nasional.

#### **b. Kebijakan Pemerintah dan Keadaan Masyarakat**

Kebijakan pemerintah dan dukungan masyarakat merupakan faktor penting dalam menunjang pembangunan dan pengembangan suatu industri. Kawasan Industri Pulo Merak telah ditetapkan sebagai wilayah peruntukan industri, sehingga kebijakan pemerintah daerah serta kondisi sosial masyarakat setempat relatif mendukung keberadaan dan operasional pabrik. Hal ini memberikan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan industri serta memungkinkan pengembangan dan ekspansi pabrik di masa mendatang.

#### **c. Utilitas**

##### **• Penyediaan Energi**

Kawasan Industri Pulo Merak didukung oleh keberadaan PLTU Suralaya dengan kapasitas pasokan listrik mencapai 4.025 MW, sehingga mampu memenuhi kebutuhan energi listrik pabrik stirena. Selain pasokan utama dari jaringan listrik tersebut, pabrik juga direncanakan menggunakan generator sebagai sumber energi cadangan guna menjamin kontinuitas operasi.

##### **• Penyediaan Air**

Kebutuhan air pabrik yang meliputi air pendingin proses, air umpan boiler, air konsumsi umum, sanitasi, serta air pemadam kebakaran direncanakan dipenuhi dari air Sungai Cikohot yang dikelola dan diolah oleh pabrik sesuai dengan standar operasional dan lingkungan yang berlaku. Dengan debit air diasumsikan sebesar  $1,65 \times 10^7$  kg/jam atau setara dengan 16,5 juta kg/jam. Ketersediaan air masih

sangat mencukupi dan mampu mendukung operasi pabrik secara berkelanjutan tanpa menimbulkan kendala pada aspek suplai air.

- Penyediaan Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar pabrik untuk pengoperasian generator direncanakan menggunakan Industrial Diesel Oil (IDO) yang dipasok oleh PT Pertamina, sehingga menjamin ketersediaan bahan bakar secara kontinu dan andal.