

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan dan perkembangan industri menjadi salah satu upaya dalam pembangunan ekonomi jangka panjang yang bertujuan membentuk struktur ekonomi yang kuat dan seimbang, dengan menitikberatkan pada industri maju yang didukung oleh sektor pertanian yang tangguh. Pada tahun 2009, Indonesia telah memasuki era globalisasi dengan adanya perdagangan bebas. Era ini mendorong kita untuk semakin efisien dalam menciptakan inovasi, sehingga produk yang dihasilkan memiliki harga pasar tinggi, berdaya saing, efektif, efisien, serta ramah lingkungan.

Industri kimia memiliki peran yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi. Perkembangan industri ini di Indonesia sudah menunjukkan hasil yang positif. Hal ini terlihat dari semakin banyaknya industri kimia yang berdiri di berbagai wilayah. Pertumbuhan industri kimia memberikan dampak besar pada perekonomian negara. Selain itu, pemerintah juga membuka kesempatan investasi asing di sektor ini. Dengan adanya investasi asing, industri kimia di Indonesia dapat berkembang lebih pesat. Investasi ini membantu memenuhi kebutuhan teknologi dan sumber daya dalam industri. Secara keseluruhan, industri kimia memberikan kontribusi penting bagi kemajuan ekonomi nasional.

Salah satu jenis industri kimia yang sangat besar pengaruhnya terhadap industri kimia lainnya di Indonesia adalah xylene, dimana xylene ini memiliki 3 kemungkinan isomer lainnya yakni dengan sebutan orto-xylene, meta-xylene, dan para-xylene. Yang membedakan mereka adalah dimana atom karbon dari cincin benzene dua gugus metil tersebut dipasang. Isomer orto-xylene memiliki nama IUPAC 1,2-dimetilbenzene, isomer meta-xylene memiliki nama IUPAC 1,3-dimetilbenzene dan isomer para-xylene memiliki nama IUPAC 1,4-dimetilbenzene.

Isomer orto-xylene digunakan dalam industri sebagai bahan baku pembuatan asam ftalat yang berfungsi sebagai *plasticizer* untuk vinil klorida. Isomer m-xylene dimanfaatkan untuk memproduksi asam isoftalat, bahan baku

yang penting dalam pembuatan resin poliester tak jenuh (UPR), resin polietilen tereftalat (PET), dan berbagai jenis resin pelapis lainnya. Sedangkan, isomer p-xylene digunakan dalam pembuatan asam tereftalat dan dikenal sebagai salah satu isomer xylene yang paling signifikan (Wittcoff dkk, 2012).

*Paraxylene* merupakan suatu senyawa yang digolongkan menjadi senyawa hidrokarbon aromatik. *Paraxylene* dapat diolah lebih lanjut menjadi berbagai macam produk akhir, sebagai contoh, pembuatan asam terephtalat (PTA) dan dimetil terephtalat (DMT). Asam Terephtalat (PTA) dan dimetil terephtalat (DMT) bisa diolah sebagai bahan industri plastik maupun tekstil atau bisa disebut perantara polyester, selain itu *paraxylene* juga bisa digunakan untuk bahan film, resin, fiber, plasticizer, bahan campur bensin, zat pengelusi untuk fungisida dan insektisida, bahan penggosok dan lain sebagainya (Weissermel, 2013).

Salah satu jenis industri kimia yang sangat besar pengaruhnya terhadap industri kimia lainnya di Indonesia adalah *Paraxylene*. *Paraxylene* adalah salah satu isomer xylene yang paling penting. Saat ini, hanya terdapat dua produsen *paraxylene* di Indonesia yaitu PT Trans Pacific Petrochemical Indotama (TPPI) dengan kapasitas produksi 780.000 ton per tahun, dan Kilang RU-IV Pertamina dengan kapasitas sekitar 200.000 ton per tahun. Dengan demikian, total kapasitas produksi *paraxylene* di Indonesia mencapai sekitar 980.000 ton per tahun (Badan Pusat Statistik, 2025).

Berdasarkan data kapasitas produksi yang ada, pabrik *paraxylene* yang beroperasi saat ini di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan nasional. Kebutuhan *paraxylene* di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri petrokimia dan penggunaannya dalam berbagai produk. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan pembangunan pabrik *paraxylene* baru. Pabrik baru dengan kapasitas yang lebih besar akan membantu mengatasi kekurangan pasokan ini. Selain itu, keberadaan pabrik tambahan dapat meningkatkan ketahanan industri kimia dalam negeri. Hal ini juga akan mengurangi ketergantungan pada impor *paraxylene*, yang dapat meningkatkan stabilitas ekonomi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kenaikan kebutuhan *paraxylene* di Indonesia sejalan dengan perkembangan sektor petrokimia dan aplikasinya dalam berbagai produk. Oleh karena itu, penting untuk merencanakan pembangunan pabrik *paraxylene* baru dengan kapasitas lebih besar. Pabrik tambahan ini akan membantu mengatasi kekurangan pasokan yang ada dan memperkuat ketahanan industri kimia domestik. Selain itu, hal ini akan mengurangi ketergantungan pada impor *paraxylene*, meningkatkan stabilitas ekonomi, dan menciptakan lapangan kerja. Dengan langkah ini, ketersediaan *paraxylene* untuk kebutuhan industri di Indonesia dapat terjamin.

## 1.3 Tujuan Pra Rancangan Pabrik

Tujuan prarancangan pabrik *paraxylene* dengan proses Metilasi Toluene ini adalah:

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

## 1.4 Manfaat Pra Rancangan Pabrik

Manfaat dari perancangan ini agar mahasiswa lebih memahami dan mampu merealisasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan dalam bentuk prarancangan pabrik *paraxylene* dengan kapasitas dan hasil produksi yang lebih baik. Selain alasan tersebut pendirian pabrik *paraxylene* juga memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan *paraxylene* di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.
3. Merangsang industri-industri hulu yang berbahan baku *paraxylene*.

## 1.5 Batasan Masalah

Didalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik *paraxylene* ini, penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (steadystate)* pabrik *paraxylene*, *dynamic mode*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas dan tugas khusus.

## 1.6 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor penting dalam perancangan pabrik karena sangat mempengaruhi operasional serta kelayakan ekonomi. Pemilihan lokasi pabrik dan kapasitas produksi juga sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku utama dan bahan penolong yang digunakan dalam produksi.

Dalam perancangan pabrik *paraxylene* melalui proses metilasi *toluene*, bahan baku utama yang digunakan Adalah *toluene* ( $C_6H_5CH_3$ ) dan *methanol* ( $CH_3OH$ ). Selain itu, digunakan pula bahan penolong berupa katalis, yaitu *silica-alumina* (ZSM-5), yang berfungsi mempercepat reaksi pembentukan *paraxylene*.

### 1.6.1 Toluene ( $C_6H_5CH_3$ )

*Toluene* merupakan bahan baku utama yang berfungsi sebagai reaksi pembentukan *paraxylene*. Bahan baku *toluene* di peroleh dari perusahaan di Indonesia PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia yang berlokasi di Kabupaten Tuban, Jawa Timur dan PT. Pertamina IV Cilacap. Ketersediaan *toluene* di dalam negeri memberikan keuntungan dari sisi biaya transportasi serta menjamin kontinuitas suplai bahan baku bagi pabrik yang dirancang.

### 1.6.2 Methanol ( $CH_3OH$ )

*Methanol* merupakan bahan baku utama yang berfungsi sebagai reaksi pembentukan *paraxylene*. Bahan baku *methanol* di peroleh dari perusahaan di Indonesia PT. Medco Metanol Bunyu yang berlokasi Pulau Bunyu, Kalimantan Timur. Ketersediaan *methanol* di dalam negeri memberikan keuntungan dari sisi biaya transportasi serta menjamin kontinuitas suplai bahan baku bagi pabrik yang dirancang.

### 1.6.3 Katalis *Silica-Alumina* (ZSM-5)

Katalis yang digunakan dalam proses metilasi *toloene* adalah *silica-alumina* (ZSM-5). Katalis ini berfungsi untuk meningkatkan laju reaksi serta selektivitas terhadap produk *paraxylene*. *silica-alumina* merupakan katalis yang umum digunakan dalam industri kimia karena memiliki luas permukaan yang tinggi dan stabilitas termal yang baik.

## 1.7 Penentuan Kapasitas Pra Rancangan Pabrik

Kapasitas pabrik adalah faktor krusial dalam pendirian pabrik karena akan memengaruhi perhitungan produksi dan efisiensi ekonomi. Semakin besar kapasitas pabrik, potensi keuntungan yang dapat diperoleh juga meningkat. Namun, dalam menentukan kapasitas, perlu mempertimbangkan faktor-faktor lain yang relevan. Salah satu hal yang penting diperhatikan adalah data kebutuhan *paraxylene*, baik di Indonesia maupun di dunia.

Dalam penentuan kapasitas prarancangan pabrik yang akan didirikan ada beberapa pertimbangan diantaranya yaitu:

- Kapasitas Produksi *Paraxylene* di Indonesia
- Kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia
- Perkiraan dan Penentuan Kapasitas Produksi

### 1. Kapasitas Produksi *Paraxylene* di Indonesia

Tahun 2025 kapasitas produksi *paraxylene* dalam negeri masih mencapai 980.000 ton per tahun dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Di Indonesia sendiri telah berdiri beberapa pabrik *paraxylene* yang dapat dilihat dari Tabel 1.1.

**Tabel 1.1** Kapasitas Produksi *Paraxylene* Di Indonesia

| No | Nama Perusahaan | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|----|-----------------|-----------------------|
| 1  | PT Pertamina    | 200.000               |
| 2  | PT TPPI         | 780.000               |

**Sumber:** (Badan Pusat Statistik 2025)

Bahan baku utama *paraxylene* adalah toluene dan methanol, toluen yang di peroleh dari perusahaan PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia dan PT. Pertamina IV Cilacap, sedangkan methanolnya di didapat dari PT. Medco Metanol

Buny. Pabrik *paraxylene* ini direncanakan didirikan pada tahun 2030 dengan pertimbangan yaitu studi kelayakan (2025-2026), perizinan dan Regulasi (2026-2027), Pengadaan Alat & Pembangunan (2027-2028), Uji Coba dan Optimalisasi (2029), Operasional Penuh (2030).

## 2. Kebutuhan *Paraxylene* Di Indonesia

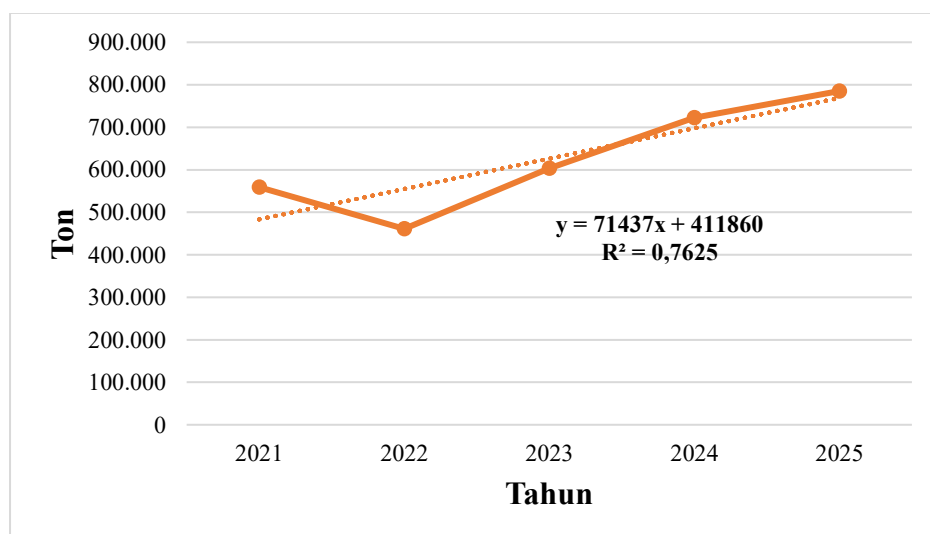
Data kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia dilihat dari peninjauan data impor dan ekspor negara Indonesia terhadap *Paraxylene*. Adapun data kebutuhan *Paraxylene* pada tahun 2021-2025 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

**Tabel 1.2** Data Kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia

| Tahun | Ton/Tahun |
|-------|-----------|
| 2021  | 558.824   |
| 2022  | 461.021   |
| 2023  | 603.223   |
| 2024  | 722.529   |
| 2025  | 785.254   |

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2026)

Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir terdapat kenaikan kebutuhan *paraxylene* dalam negeri. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan *paraxylene* dalam negeri masih tinggi. Adapun grafik hubungan antara tahun dengan kebutuhan impor *Paraxylene* di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1 berikut:



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

Persamaan garis lurus yang didapatkan adalah sebagai berikut:  $y = 71437x + 411860$ , dimana X adalah urutan data point pada sumbu x di grafik yang dihitung dari tahun 2021 sampai tahun yang akan dihitung. Sedangkan Y adalah kebutuhan impor *paraxylene* pada tahun tertentu dalam satuan ton. Berdasarkan grafik data impor *paraxylene* diatas dapat diperkirakan kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia pada tahun 2030 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Y &= 71437x + 411860 \\ &= 71437(10) + 411860 \\ &= 1.126.230 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan garis lurus diatas didapat perkiraan kebutuhan dari ekstrapolasi. Berikut data perkiraan setiap tahun untuk kebutuhan yang akan datang dinyatakan dalam Tabel 1.3 berikut:

**Tabel 1.3** Data Ekstrapolasi Kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia

| Tahun | Ton       |
|-------|-----------|
| 2026  | 840.482   |
| 2027  | 911.919   |
| 2028  | 983.356   |
| 2029  | 1.054.793 |
| 2030  | 1.126.230 |

(Sumber: Data Ekstrapolasi, 2026)

Berdasarkan Tabel 1.3 diatas dapat dilihat pemintraan *paraxylene* meningkat. Kebutuhan tahun 2030 dapat diperkirakan ekstrapolasi dengan hasil 1.126.230 Ton/Tahun. Kapasitas produksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Produksi} &= \text{Data Kebutuhan Produksi} - \text{Kapasitas dalam Negeri} \\ &= 1.126.230 \text{ Ton/Tahun} - 980.000 \text{ Ton/Tahun} \\ &= 146.230 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Memperhatikan kebutuhan pasar domestik dan pasar dunia serta ketersediaan bahan baku, maka kapasitas produksi *paraxylene* ditetapkan 170.000 Ton/Tahun memenuhi 84% kebutuhan Indonesia dan 16% kebutuhan dunia.

Dibeberapa negara telah berdiri pabrik yang memproduksi *paraxylene* yang menghasilkan rentang produksi dengan rincian pada Tabel 1.4

**Tabel 1.4** Kapasitas Produksi *Paraxylene* Di Dunia

| Nama Perusahaan                          | Negara     | Kapasitas (Ton/Tahun) |
|------------------------------------------|------------|-----------------------|
| Pamex                                    | Mexico     | 280.000               |
| Petronas                                 | Malaysia   | 350.000               |
| Mitsubishi Oil                           | Jepan      | 370.000               |
| <i>Formoca Chemical &amp; Fiber Corp</i> | Taiwan     | 450.000               |
| <i>Chevron Philips Chemical</i>          | USA        | 454.000               |
| El Paso                                  | Kanada     | 330.000               |
| Sabic-Shell                              | Arab Saudi | 520.000               |
| Idemitsu Petrochemical                   | Jepang     | 465.000               |
| Samsung General Chemical                 | Korea      | 530.000               |
| Thai Aromatics                           | Thailand   | 520.000               |

**Sumber:** (Guide to the Business of Chemistry, 2026)

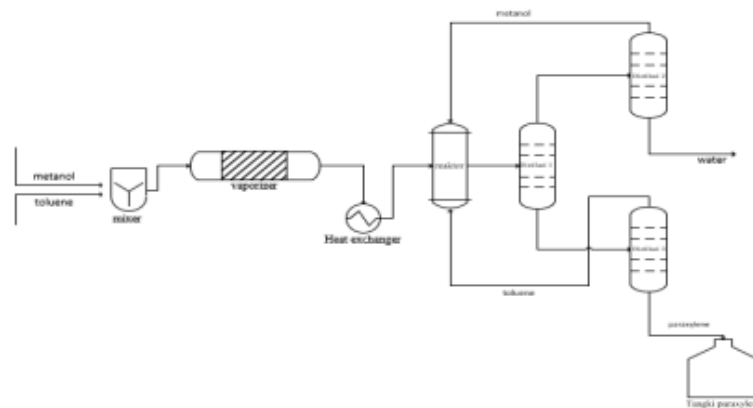
## 1.8 Seleksi Pemilihan Proses

Perbandingan proses dan analisa ekonomi awal pabrik *paraxylene* dapat dilakukan oleh beberapa cara, yaitu:

### 1.8.1 Proses Metilasi Toluene

Pada umumnya proses metilasi merupakan reaksi toluene dengan methanol atau biasa disebut alkilasi toluene, adapun *flowsheet* dasar pembuatan *paraxylene* dengan proses metilasi toluene dapat di lihat pada Gambar 1.2.

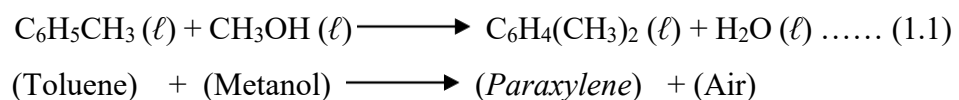




**Gambar 1.2** Proses Metilasi Toluene

### 1. Uraian Proses

Sebelum dilakukan produksi, bahan baku toluene disimpan ditangki penyimpanan dalam fasa cair, bahan baku methanol juga diperlukan pada perancangan pembuatan *paraxylene* ini. Methanol di simpan dalam tangka dalam fasa cair dengan suhu 25°C bertekanan 1 atm. Toluene (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) dalam fasa cair memiliki kemurnian 99% kemudian dipompakan ke mixer dengan tekan 2,4 atm serta methanol dipompa dengan menggunakan pompa dari tangki bahan baku menuju mixer dengan tekanan 2,4 atm kemudian dialirkan menuju vaporizer untuk mengubah fasanya menjadi gas dengan suhu 117,5 °C setelah fasa berubah menjadi gas lalu dialirkan menuju HE melalui aliran shell untuk menaikkan suhu menjadi 440°C sebelum dialirkan kedalam reaktor. Tipe reaktor yang digunakan adalah *multitube fixed bed reaktor*. Dimana *multitube fixed bed reaktor* ini merupakan jenis reator kimia dalam keadaan banyak baik fase cair dan gas yang dialirkan melalui katalis ZSM-5. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah eksotermis. Berikut reaksi yang terjadi di dalam reaktor :



Kemudian umpan keluaran kondensor parsial dialirkan menuju menara distilasi pertama. Adapun hasil atas menara distilasi pertama berupa methanol dan hasil bawah merupakan *paraxylene* dan toluene. Hasil atas menara distilasi pertama dialirkan kemenara distilasi dua untuk memisahkan air (produk samping) dan sisa methanol. Hasil atas menara distilasi dua berupa methanol di recycle menuju rector,

dan hasil bawahnya air. Sedangkan hasil bawah menara distilasi satu dialiri menuju menara distilasi tiga. Hasil atas menara distilasi tiga berupa toluene di recycle menuju reaktor dan hasil bawah berupa *paraxylene* (produk utama) disimpan pada tangka penyimpanan.

Proses alkilasi toluene ini dapat menghasilkan beberapa reksi samping seperti kondensasi dan polimerisasi serta dealkilasi toluene. Beberapa produk samping yang mungkin terbentuk dari proses dealkilasi toluene yakni senyawa hidrokarbon rungan, senyawa oksigenasi dan senyawa aromatic lainnya. Hal ini tentu saja dapat menurunkan selektivitas dan menurnian produk utama yang diinginkan dari proses metilasi toluene *paraxylene*. Terlebih lagi jika reaksi samping tersebut terjadi maka diperlukan penambahan alat untuk pengolahan produksamping yang berdampak pula pada penambahan biaya.

## 2. Analisa Ekonomi Awal

Uji ekonomi awal proses metilasi toluene dapat di lihat pada Tabel 1.5 sebagai berikut:

**Tabel 1.5** Uji Ekonomi Awal Proses Metilasi Toluene

| Bahan Baku                        | Berat Molukel (g/mol) | Harga (Rp/Kg) |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------|
| Toluen ( $C_7H_8$ )               | 92,14                 | 22.680        |
| Metanol ( $CH_3OH$ )              | 32,04                 | 11.500        |
| <b>Produk</b>                     |                       |               |
| <i>Paraxylene</i> ( $C_8H_{10}$ ) | 106,16                | 43.600        |
| Air ( $H_2O$ )                    | 18,02                 | 0             |

(Sumber: Alibaba, 2026)

### Bahan Baku

Toluene ( $C_7H_8$ )                      = 1 mol  
                                                      = 1 mol x 92,14 g/mol  
                                                      = 92,14 g/mol  
                                                      = 0,092 kg  
                                                      = 0,092 kg x Rp. 22.680  
                                                      = Rp. 2.086

Methanol ( $CH_3OH$ )                = 1 mol

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} \\
 &= 32,04 \text{ g/mol} \\
 &= 0,032 \text{ kg} \\
 &= 0,032 \text{ kg} \times \text{Rp. } 11.500 \\
 &= \text{Rp } 368
 \end{aligned}$$

### **Produk Samping**

$$\begin{aligned}
 \text{Air (H}_2\text{O)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 18,02 \text{ g/mol} \\
 &= 18,02 \text{ g/mol} \\
 &= 0,018 \text{ kg} \\
 &= 0,018 \text{ kg} \times \text{Rp. } 0 \\
 &= \text{Rp. } 0
 \end{aligned}$$

### **Konversi Produk**

$$\begin{aligned}
 \text{Paraxylene (C}_8\text{H}_{10}) &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \times \text{Rp. } 43.600 \\
 &= \text{Rp. } 4.621
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Keuntungan Produk/Kg} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= \text{Rp. } 4.621 - (\text{Rp. } 2.086 + \text{Rp. } 368) \\
 &= \text{Rp. } 4.621 - (\text{Rp. } 2.436) \\
 &= \text{Rp. } 2.185
 \end{aligned}$$

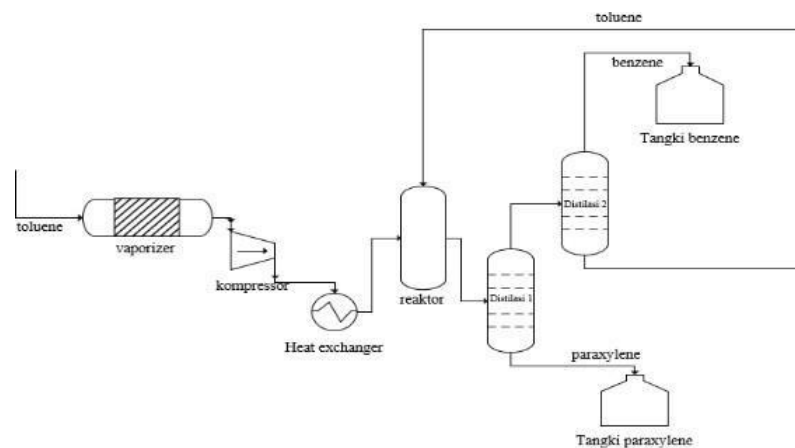
### **Net Profit Margin**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp. } 2.185}{\text{Rp. } 2.436} \times 100\% \\
 &= 89,70\%
 \end{aligned}$$

## 1.8.2 Proses Disproporsi Toluene

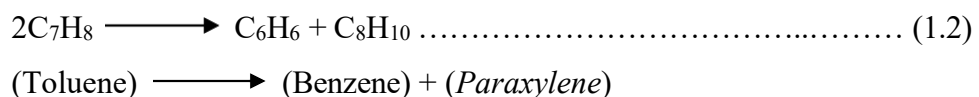
### 1. Uraian Proses

Proses disproporsionasi toluene merupakan proses transkilasi secara katalitik dimana dikonversi menjadi benzene dan xylene. Dua mol toluene menjadi menjadi satu benzene dan satu xylene, reaksi dapat ditulis sebagai berikut:



**Gambar 1.3** Proses Disproporsionasi Toluene

*Toluene* ( $C_7H_8$ ) yang merupakan bahan baku dengan kemurnian 97% dipompa dengan menggunakan pompa dari tangki bahan baku, kemudian menuju vaporizer untuk diuapkan. Kemudian dari vaporizer masuk kedalam compressor hingga tekanannya mencapai 21 atm dan suhunya pun naik menjadi  $266,23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . lalu dari compressor, suhu dinaikkan menggunakan furnace hingga suhunya mencapai  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk menyesuaikan suhu dan tekanan di dalam reaktor. Umpan reaktor yang berupa gas yang bersuhu  $470\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan tekanan 21 atm dimasukkan ke dalam *reaktor fixed bed multitube non-adiabtic non-isothermal* yang menggunakan katalis zeolite tipe HZSM-5. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi eksotermis:



Keluaran reaktor berupa toluene, benzene dan *paraxylene* dialirkan menuju Menara distilasi satu. Hasil bawah Menara distilasi satu berupa *paraxylene* (produk utama) dialirkan menuju tangki penyimpanan *paraxylene* untuk disimpan. Sedangkan hasil atas menara distilasi satu berupa benzene dialirkan menuju tangki

penyimpanan.

Proses disproporsionasi toluene telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan seperti Mobil di Enichem Refinery yang diberi nama MSTDP (Mobil Selective Toluene Disproportionation Process). Sedangkan, proses produksi *paraxylene* di Indonesia dilakukan oleh Pertamina yang menggunakan disproporsionasi toluene dengan proses UOP.

## 2. Analisa Ekonomi Awal

Uji ekonomi awal proses disproporsionasi toluen dapat di lihat pada Tabel 1.6 sebagai berikut:

**Tabel 1.6** Uji Ekomomi Awal Proses Disproporsionasi Toluen

| Bahan Baku                        | Berat Molukel (g/mol) | Harga (Rp/Kg) |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------|
| Toluen ( $C_7H_8$ )               | 92,14                 | 22.680        |
| <b>Produk</b>                     |                       |               |
| <i>Paraxylene</i> ( $C_8H_{10}$ ) | 106,16                | 43.600        |
| Benzene ( $C_6H_6$ )              | 78,11                 | 15.500        |

(Sumber: Alibaba, 2026)

### Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Toluene (C}_7\text{H}_8\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 92,14 \text{ g/mol} \\
 &= 92,14 \text{ g/mol} \\
 &= 0,092 \text{ kg} \\
 &= 0,092 \text{ kg} \times \text{Rp. } 22.680 \\
 &= \text{Rp. } 2.086
 \end{aligned}$$

### Konversi Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Paracylene (C}_8\text{H}_{10}\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \times \text{Rp}43.600 \\
 &= \text{Rp. } 4.621
 \end{aligned}$$

$$\text{Benzene (C}_6\text{H}_6\text{)} = 1 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ mol} \times 78,114 \text{ g/mol} \\
 &= 78,114 \text{ g/mol} \\
 &= 0,078 \text{ kg} \\
 &= 0,078 \text{ kg} \times \text{Rp. } 15.500 \\
 &= \text{Rp. } 1.209
 \end{aligned}$$

**Analisa Ekonomi/ Mol**

$$\begin{aligned}
 &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= (\text{Rp. } 4.621 + \text{Rp. } 1.209) - \text{Rp. } 2.086 \\
 &= \text{Rp. } 6.843 - \text{Rp. } 1.205 \\
 &= \text{Rp. } 5.638
 \end{aligned}$$

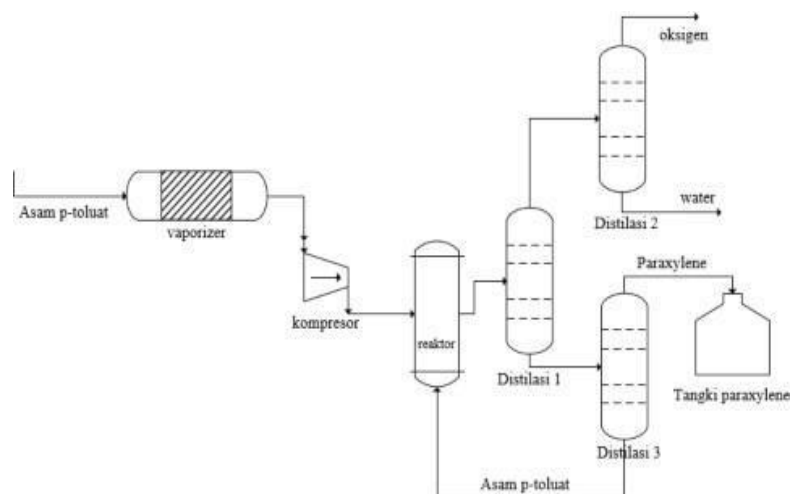
**Net Profit Margin**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Analisa Ekonimi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp. } 5.638}{\text{Rp. } 2.086} \times 100\% \\
 &= 272,63 \%
 \end{aligned}$$

### 1.8.3 Proses Ekstraksi Aromatis (*Extraction Of Aromatic*)

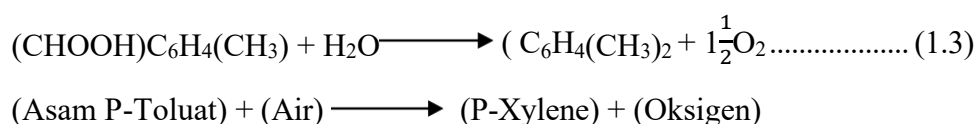
#### 1. Uraian Proses

Ekstrak yang mengandung benzene, toluene, dan etilbenzena kemudian dipisahkan. Benzena dan toluene diperoleh secara terpisah, sedang etilbenzena dan xilena diperoleh sebagai campuran dan untuk memisahkannya dilakukan melalui teknik *superfractination* (Alain Chauvel, 1989).



**Gambar 1.4** Proses Ekstraksi Aromatis (*Extraction of aromatics*)

Asam P-toluat ( $(\text{CHOOH})\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)$ ) yang merupakan bahan baku dengan kemurnian 97% dipompa dengan menggunakan pompa tangki bahan baku, kemudian menuju vaporizer untuk diuapkan. Kemudian dari vaporizer masuk kedalam compressor hingga tekanannya mencapai 10 atm dan suhunya naik menjadi  $330^\circ\text{C}$ . Umpan reaktor berupa gas yang bersuhu  $330^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 atm dimasukkan ke dalam reaktor fixed bed multitube non adiabtis non- isothermal yang menggunakan katalis zeolite ZSM-5. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi eskotermis. Adapun reaksi yang terjadi pada proses ekstraksi aromatis adalah sebagai berikut:



Kemudian umpan keluaran kondensor parsial dialirkan menuju menara distilasi pertama. Adapun tujuan dari menara distilasi pertama untuk memisahkan bahan baku Asam P-toluat dan air serta produk yaitu *paraxylene* dan okisgen. Hasil atasnya adalah berupa asama p-toluat sisa sedangkan untuk hasil bawah berupa paraxylene dengan konversi 85% dan oksigen. Hasil bawah yang berupa paraxylene dan air diumpankan menuju menara distilasi kedua. Tujuan dari menara distilasi kedua adalah untu melakukan pemisahan produk paraxylene dari air, berdasarkan perbedaan titik didih masing masing komponen.

## 2. Analisa Ekonomi Awal

Uji ekonomi awal proses ekstraksi aromatis (*Extraction of aromatics*) dapat dilihat pada Tabel 1.7 sebagai berikut:

**Tabel 1.7** Uji Ekonomi awal Proses Ekstraksi Aromatis (*Extraction of aromatics*)

| Bahan Baku                                                          | Berat Molukel (g/mol) | Harga (Rp/Kg) |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Asam P- Toluat<br>( $\text{COOH})\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)$ | 172,20                | 40.000        |

|                                   |        |        |
|-----------------------------------|--------|--------|
| <b>Produk</b>                     |        |        |
| <i>Paraxylene</i>                 | 106,16 | 43.600 |
| (C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> ) |        |        |
| Oksigen (O <sub>2</sub> )         | 32     | 16.000 |

(Sumber: Alibaba 2026)

### Bahan Baku

$$\begin{aligned}
 \text{Asam P-Toluat (COOH)C}_6\text{H}_4\text{(CH}_3\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 172,20 \text{ g/mol} \\
 &= 172,20 \text{ g/mol} \\
 &= 0,172 \text{ kg} \\
 &= 0,172 \text{ kg} \times \text{Rp. } 40.000 \\
 &= \text{Rp. } 6.880
 \end{aligned}$$

### Konversi Produk

$$\begin{aligned}
 \text{Paraxylene (C}_8\text{H}_{10}\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \times \text{Rp. } 43.600 \\
 &= \text{Rp. } 4.621
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Oksigen (O}_2\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} \\
 &= 0,048 \text{ kg g/mol} \\
 &= 0,048 \text{ kg} \times \text{Rp. } 16.000 \\
 &= \text{Rp. } 768
 \end{aligned}$$

### Analisa Ekonomi/ Mol

$$\begin{aligned}
 &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= (\text{Rp. } 4.621 + \text{Rp. } 768) - \text{Rp. } 6.880 \\
 &= \text{Rp. } 5.389 - \text{Rp. } 6.880 \\
 &= \text{Rp. } -1.491
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp. -1.491}}{\text{Rp. 6.880}} \times 100\% \\
 &= -21,67\%
 \end{aligned}$$

#### 1.8.4 Perbandingan Proses

Berdasarkan ketiga proses di atas yaitu proses Metilasi Toluene, Disproporsionasi Toluene, dan Ekstraksi Aromatis. Ketiga proses tersebut memiliki parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan perbedaan parameter tersebut sistem pembuatan *Paraxylene* yang ada sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.8.

**Tabel 1.8** Perbandingan Proses Pembuatan *Paraxylene*

| Parameter       | Metilasi Toluene         | Disproporsionasi Toluene | Ekstraksi Aromatis       |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Bahan           | Toluene dan Metanol      | Toluene                  | Asam P- Toluat           |
| Reaktor         | <i>Fixed bed reactor</i> | <i>Fixed bed reactor</i> | <i>Fixed bed reactor</i> |
| Reaksi samping  | Ada                      | Ada                      | Ada                      |
| Suhu Operasi    | 400-480°C                | 470°C                    | 330°C                    |
| Tekanan Operasi | 2-3 atm                  | 21 atm                   | 10 atm                   |
| Katalis         | ZSM-5                    | ZSM-5                    | -                        |
| Kemurnian       | 99%                      | 99%                      | 85%                      |

Berdasarkan tabel 1.8 dapat dipilih yaitu proses pembuatan *Paraxylene* dengan proses metilasi toluene dengan pertimbangan sebagai berikut:

Dari ketiga proses tersebut maka dipilih proses metilasi toluene karena mempertimbangkan kemurnian dari produk serta memiliki tekanan yang lebih kecil yaitu 2-3 atm dibandingkan dengan disproporsi toluene yang memerlukan tekanan hingga 21 atm dan proses ekstraksi aromatis yang memerlukan tekanan hingga 10 atm. Sehingga dapat menghemat energi atau biaya serta waktu dalam proses

kemudian berimbas pada life time dari katalis itu sendiri.

### **1.9 Pemilihan Lokasi Pabrik**

Dalam perencanaan suatu pabrik, penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Oleh karena itu, pemilihan dan penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Lokasi geografis dari suatu pabrik akan sangat berpengaruh pada kegiatan pabrik baik penyediaan bahan baku, proses produksi dan distribusi produk yang akan berpengaruh pada kelangsungan hidup dan perkembangan pabrik. Lokasi pabrik ditetapkan atas dasar orientasi bahan baku dan pasar sehingga dapat bersifat ekonomis. Dari pertimbangan-pertimbangan tersebut maka pabrik Paraxylene akan didirikan di Tuban Jawa Timur. Pemilihan lokasi di Tuban didasarkan atas beberapa pertimbangan yang secara praktis menguntungkan dari segi ekonomis dan dari segi teknisnya.

#### **1. Ketersediaan Bahan Baku**

Faktor primer penentuan lokasi pabrik yaitu ketersediaan akan bahan baku yang digunakan dalam produksi. Adaoun beberapa faktor yang harus dipertimbangkan untuk memilih lokasi pabrik ialah sebagai berikut:

#### **2. Sumber Bahan Baku**

Lokasi pabrik dekat dengan penyediaan bahan baku dan pemasaran produk agar dapat meminimalkan biaya transportasi. Bahan baku dari pabrik Paraxylene ini adalah toluene yang rencananya akan didatangkan dari PT. Trans Pasific Chemical Indotama yang berlokasi di Tuban Jawa Timur serta bahan baku utama lainnya yakni metanol yang akan didatangkan dari PT. Metanol Bunyu yang terletak di pulau Bunyu Kalimantan Timur. Sedangkan bahan baku lainnya dapat mengikuti dikarenakan akses transportasi yang mudah.

#### **3. Pemasaran Produk**

Paraxylene adalah bahan kimia penting dalam proses pembuatan plastik botol PET dan serat polyester. Paraxylene secara luas digunakan sebagai bahan baku dalam produksi industri kimia lainnya, purified terephthalic acid (PTA) dan dimethyl terephthalate (DMT). Keduanya digunakan untuk memproduksi polyester

polyethylene terephthalate (PET), salah satu jenis plastik. Seperti diketahui, bahwa saat ini permintaan untuk botol PET sedang meningkat. Hal ini dikarenakan peningkatan permintaan PET untuk botol minuman cepat saji dan botol air mineral, sehingga meningkatkan permintaan Paraxylene di pasaran.

#### 4. Ketersediaan Energi dan Air

Lokasi pabrik seharusnya dekat dengan sumber energi dan air, karena air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam suatu pabrik seperti dalam unit proses, pendingin, pemanas (steam), kebutuhan sanitasi maupun domestic dan kebutuhan-kebutuhan lainnya. Sumber air yang biasa digunakan berasal dari air laut, air sungai, dan air danau. Wilayah Tuban Jawa Timur yang kita tahu memiliki sungai bersumber dari mata air pegunungan yang bersih dapat menjadi nilai plus untuk ketersediaan akan kebutuhan air.

#### 5. Kondisi Geografis dan Sosial

Pemilihan lokasi pabrik sebaiknya didirikan di daerah yang stabil dari gangguan bencana alam seperti banjir, gempa bumi, dan bencana alam lain. Kebijakan dari pemerintah setempat juga menjadi faktor yang penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Kondisi social masyarakat diharapkan dapat memberi dukungan terhadap operasional pabrik sehingga lokasi pabrik yang dipilih adalah lokasi yang masyarakatnya dapat menerima keberadaan pabrik tersebut.

Faktor sekunder yang dapat mempengaruhi penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

- a. Dekat dengan air Sungai.
- b. Sarana dan prasarana yang baik berupa transportasi, jalan dan listrik yang memadai.
- c. Bukan daerah yang subur sehingga limbah dari pabrik tidak mengganggu lahan pertanian.

#### 6. Sarana Transportasi

Transportasi dapat mempengaruhi kelancaran produksi suatu pabrik, karena dalam pengiriman produk maupun penyediaan bahan baku sangat bergantung pada transportasi, transportasi dalam suatu industri dapat mempermudah dan melancarkan dalam proses pengiriman. Oleh sebab itu maka pabrik Paraxylene ini didirikan

dengan beberapa pertimbangan antara lain Transportasi yang tersedia, dekat dengan pelabuhan, bahan baku dan pasar.

#### 7. Lokasi Pabrik

Berdasarkan faktor - faktor penentuan lokasi pabrik diatas, maka Lokasi pabrik berada direncanakan akan didirikan di Tuban Jawa Timur tepatnya di daerah Remen, Jenu, Kabupaten Tuban – Jawa Timur. Alasan pemilihan lokasi ini adalah karena lokasi pabrik dekat dengan bahan baku toluene dari PT. Trans Pacifik Petrochemical Indotama.



**Gambar 1.5** Lokasi Pabrik *Paraxylene*

#### 8. Tenaga Kerja

Tenaga kerja adalah elemen yang penting dalam pengoperasian suatu pabrik untuk memperlancar jalannya suatu proses industri dibutuhkan tenaga kerja yang terdidik dan terampil. Jawa Timur merupakan kawasan industri yang sudah mapan. Sehingga mendapatkan tenaga kerja ahli ataupun tenaga kerja biasa cukup mudah dari daerah sekitar industri.