

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan industri merupakan bagian dari usaha pembangunan ekonomi jangka panjang yang ditujukan untuk menciptakan struktur ekonomi yang kokoh dan seimbang, yaitu struktur dengan titik berat industri maju yang di dukung dengan sektor pertanian yang tangguh. Pada tahun 2009 Indonesia telah memasuki era globalisasi yaitu dengan adanya perdagangan bebas. Dengan adanya era ini kita dipacu untuk lebih efisien dalam melakukan terobosan-terobosan sehingga produk yang dihasilkan mempunyai harga pasar yang tinggi, daya saing, efektif dan efisien dan juga ramah terhadap lingkungan.

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 1,3dimetilbenzene dan isomer para-xylene memiliki nama IUPAC 1,4dimetilbenzene.

Isomer orto-xylene memiliki kegunaan dalam industri sebagai bahan baku pembuatan phthalic acid yaitu sebagai plasticizer dalam vinil klorida. Isomer mxylyene digunakan untuk memproduksi bahan baku isophthalic acid yaitu produksi resin polietilen tereftalat (PET) dan untuk produksi resin poliester tak jenuh (UPR) dan jenis resin pelapis lainnya.. Serta isomer para-xylene digunakan untuk memproduksi bahan baku terephthalic acid dan merupakan salah satu isomer xylene yang paling penting (J. Sheehan, 2011).

Para-xylene adalah sebagian besar diarahkan ke produksi berbagai serat, film, dan resin. Para-xylene adalah perantara utama di sintesis asam tetraphthalic murni (PTA) dan dimetil tereftalat (DMT), keduanya digunakan dalam produksi plastik industri dan poliester. Secara khusus, PTA digunakan dalam produksi resin botol polietilen tereftala (PET). Relatif lebih kecil jumlah para-xylene

digunakan sebagai pelarut (Abdi-khanghah, Alrashed, Hamoule, Behbahani, & Goodarzi, 2019).

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 (kapasitas 550.000 ton/tahun dan PT. Pertamina (kapasitas 270.000 ton/tahun), sehingga diperoleh total kapasitas pabrik *Paraxylene* di Indonesia hanya 820.000 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2023).

Berdasarkan data tersebut, maka pabrik yang beroperasi saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia. Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik *Paraxylene* dengan kapasitas yang cukup besar.

1.2 Rumusan Masalah

Para-xylene adalah hidrokarbon aromatik yang mudah terbakar dan tidak berwarna dan beracun peranannya adalah para-xylene yang sebagian besar diarahkan ke produksi berbagai serat, film, dan resin. karena selama ini Indonesia masih mengimport para-xylene dari negara lain dalam jumlah yang cukup banyak. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendirian pabrik para-xylene untuk memenuhi kebutuhan didalam negeri, sehingga dapat memaparkan bagaimana perancangan pabrik etilen dengan proses alkilasi toluene.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan dari prarancangan pabrik *Paraxylene* ini adalah :

1. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik kimia.
2. Untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu Teknik kimia yang telah dipelajari selama di bangku perkuliahan.

1.4 Manfaat Perancangan

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 meningkatkan devisa negara dari hasil produk *Paraxylene* yang di ekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.
4. Merangsang industri-industri hulu yang berbahan baku *Paraxylene*.

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik etilen 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 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas pabrik yaitu data kebutuhan etilen di Indonesia hingga dunia.

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

1. Produksi *Paraxylene* di Indonesia

Saat ini, kapasitas produksi *Paraxylene* dalam negeri masih mencapai 820.000 ton/tahun sementara pada 2023 diperkirakan kebutuhan *Paraxylene* mencapai 2 juta ton/tahun dan akan terus meningkat setiap tahunnya.

2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku metanol didapat dari PT. Medco Metanol bunyu, sedangkan untuk produsen toluene di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1.1 Produsen Toluene di Indonesia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT. Trans Pacific Petrochemical Indonesia	300.000
PT. Pertamina IV Cilacap	12.000
Total	312.000

Kapasitas produksi toluene dalam negeri sangat sedikit yang berasal dari PT. Trans Pasific Petrochemical dan PT. Pertamina IV Cilacap. Untuk itu, kapasitas produksi pun disesuaikan dengan jumlah toluene yang tersedia di dalam negeri karena kebutuhan toluene diperoleh seluruhnya dari dalam negeri.

Pabrik *Paraxylene* ini direncanakan didirikan pada tahun 2027 Penentuan kapasitas produksi pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor yaitu :

1.6.1 Data Kebutuhan *Paraxylene* di Indonesia

Data kebutuhan Etilen di Indonesia dilihat dari peninjauan data impor dan ekspor negara Indonesia terhadap Etilen. Adapun data impor *Paraxylene* pada tahun 2018-2022 dapat dilihat pada Tabel 1.3. Menurut data komoditi impor dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan etilen di Indonesia menunjukkan yang rendah. Ini dikarenakan kebutuhan etilen untuk Indonesia sudah terpenuhi. Data impor menunjukkan peningkatan, hal ini dikarenakan kebutuhan *Paraxylene* yang meningkat

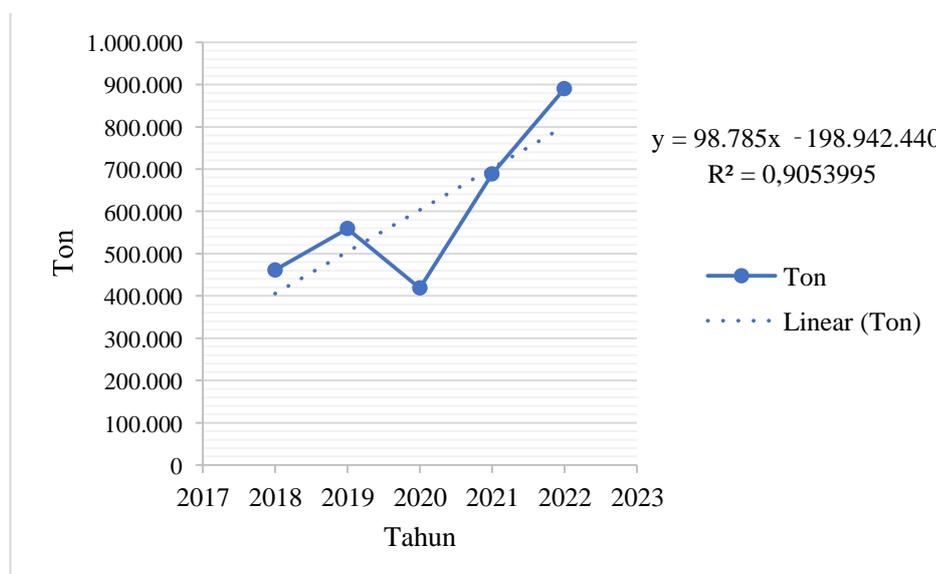
Tabel 1.2 Data Impor *Paraxylene* di Indonesia

Tahun	Ton
2018	461.021,044

2019	558.824,315
2020	418.336,275
2021	688.357,239
2022	890.179,789

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023)

Dalam kurun waktu 5 tahun terakhir terdapat kenaikan import *Paraxylene* dalam negeri. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan *Paraxylene* dalam negeri masih tinggi walaupun tetap ada penurunan drastis di tahun 2020, tetapi pada tahun sesudahnya bertahap naik.



Gambar 1.1 Data Impor *Paraxylene* di Indonesia

Menghitung impor *Paraxylene* tahun berikutnya maka menggunakan persamaan garis lurus: $y = ax + b$

Keterangan : y = kebutuhan impor *Paraxylene*, Ton/tahun

x = tahun b = intercept a = gradien garis

miring

Diperoleh persamaan garis lurus: $y = 98.785 (x) - 198.942.440$ Dari persamaan di atas maka dapat diketahui bahwa kebutuhan etilen di Indonesia pada tahun 2027 adalah : $y = 98.785 (x) - 198.942.440$ $y = 98.785 (2027) - 198.942.440$ $y = 1.294.755$ Ton/ Tahun Persamaan garis lurus yang didapatkan adalah sebagai berikut: $y = 98.785 (x) - 198.942.440$, dimana x adalah jumlah

tahun yang dihitung dari tahun 2018 sampai tahun yang akan dihitung, sedangkan Y adalah kebutuhan *Paraxylene* pada tahun tertentu dalam satuan ton. Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor *Paraxylene* di Indonesia pada tahun 2027 sebanyak 1.294.755 Ton/ Tahun. sehingga hasil ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.3 Data Ekstrapolasi Impor *Paraxylene* di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)
2023	899.615
2024	998.400
2025	1.097.185
2026	1.195.970
2027	1.294.755

(Data Ekstrapolasi, 2023)

Hasil prediksi dari tabel 1.4 menunjukkan bahwa kebutuhan paraxylene di Indonesia pada tahun 2027 mencapai 1.294.755 Ton/Tahun. Dari hasil pemaparan di atas dapat diketahui kebutuhan asam perasetat didalam negeri.

1.6.2 Kapasitas Pabrik *Paraxylene* di Berbagai Negara

Paraxylene merupakan bahan intermediate yang banyak digunakan oleh industri hulu di dunia. Menurut Zagita & Adiwijaya, 2016 kapasitas pabrik paraxylene yang ada di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.4 Kapasitas pabrik *Paraxylene* di berbagai negara

Nama Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
Pamex	Mexico	280.000
Petronas	Malaysia	350.000
Mitsubishi Oil	Jepan	370.000
Formoca Chemical & Fiber Corp	Taiwan	450.000
Chevron Philips	USA	454.000
Chemical		

(Sumber : Zagita & Adiwijaya, 2016)

Berdasarkan dari kapasitas - kapasitas pabrik yang sudah ada di dalam negeri seperti yang ditunjukkan pada table 1.5, diasumsikan bahwa sampai dengan tahun 2027 tidak ada pabrik *Paraxylene* baru yang berdiri di dalam negeri, maka jumlah produksi *Paraxylene* di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 820.000 ton/tahun yaitu PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama (kapasitas 550.000 ton/tahun dan PT. Pertamina (kapasitas 270.000 ton/tahun).

Pada hasil proyeksi import tahun 2027 diperoleh sebesar 1.294.755 ton/tahun dan data proyeksi tersebut ditotalkan dengan jumlah kapasitas produksi yang ada di dalam negeri, diperoleh sekitar 2.114.755 ton/tahun sebagai data pasokan (*supplay*). Asumsi bahwa data pasokan (*supplay*) tersebut hanya untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pada kondisi tersebut peluang kapasitas produksi dari pabrik yang akan didirikan merupakan substitusi import.

Berdasarkan kebutuhan tersebut maka diambil peluang kapasitas pabrik sebesar 7,1% dari nilai import atau sebesar 150.000 ton/tahun.

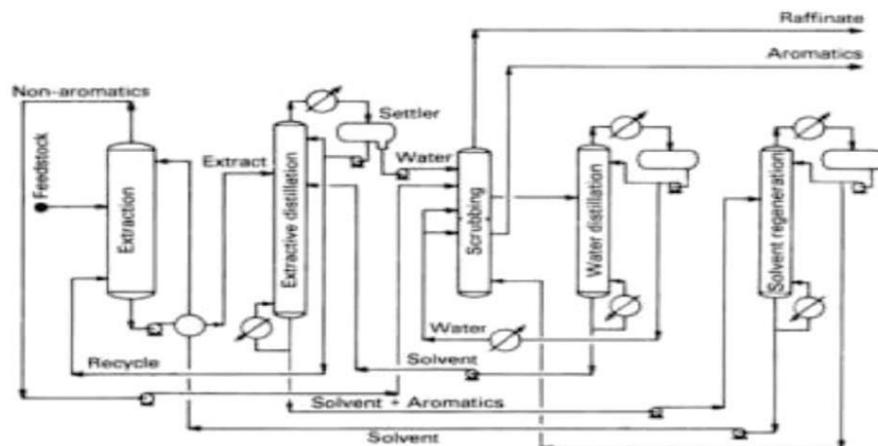
Berdasarkan pernyataan diatas, kapasitas pabrik *Paraxylene* yang akan dirancang dipilih sebesar 150.000 ton/tahun. Di asumsikan dengan kapasitas tersebut sudah mendapatkan keuntungan yang cukup besar.

1.7 Pemilihan Proses

Proses pembuatan *Paraxylene* dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

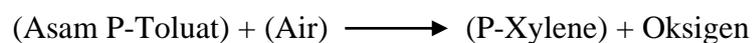
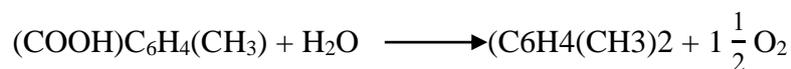
1.7.1 Proses Ekstraksi Aromatis (*Extraction of aromatics*)

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



Gambar 1.2 Proses Ekstraksi Aromatis

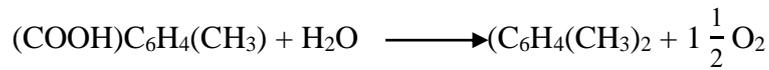
Asam P-toluat $(\text{COOH})\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)$ yang merupakan bahan baku dengan kemurnian 97% dipompa dengan menggunakan pompa dari tangki bahan baku, kemudian menuju vaporizer untuk diuapkan. Kemudian dari vaporizer masuk kedalam compressor hingga tekanannya mencapai 10 atm dan suhunya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



Kemudian umpan keluaran kondensor parsial dialirkan menuju Menara Destilasi pertama. Adapun tujuan dari Menara Destilasi Pertama untuk memisahkan bahan baku Asam P-toluat dan air serta produk yaitu *Paraxylene* dan oksigen. Hasil atas adalah berupa asam p-toluat sisa sedangkan untuk hasil bawah berupa *Paraxylene* dengan konversi 85 % dan oksigen. Hasil bawah yang berupa produk *Paraxylene* dan air diumpankan menuju Menara destilasi kedua. Tujuan dari Menara destilasi kedua adalah untuk melakukan pemisahah produk *Paraxylene* dari air, berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponen.

1.7.1.1 Analisa Ekonomi Awal Proses Ekstraksi Aromatis

Reaksi pembuatan *Paraxylene* :



(Asam P-Toluat) + (Air) \longrightarrow (P-Xylene) + Oksigen

Tabel 1.5 Uji Ekonomi Awal Proses Ekstraksi Aromatis.

Bahan Baku	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/kg)
Bahan Baku		
Asam P- Toluat (COOH)C ₆ H ₄ (CH ₃)	172,20	200.000
Produk		
<i>Paraxylene</i>	106,16	120.000
Oksigen	32	16.392

Bahan baku :

$$\begin{aligned} \text{Asam P-Toluat } (\text{COOH})\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3) &= 1 \text{ mol} \\ &= 1 \text{ mol} \times 171,20 \text{ g/mol} \\ &= 172,20 \text{ g/mol} \\ &= 0,172 \text{ kg} \\ &= 0,184 \text{ kg} \times \text{Rp. } 200.000 \\ &= \text{Rp. } 36.880 \end{aligned}$$

Konversi Produk

$$\begin{aligned} \textit{Paraxylene} (\text{C}_8\text{H}_{10}) &= 1 \text{ mol} \\ &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\ &= 106,16 \text{ g/mol} \\ &= 0,106 \text{ kg} \\ &= 0,106 \times \text{Rp. } 120.000 \\ &= \text{Rp. } 12.720 \end{aligned}$$

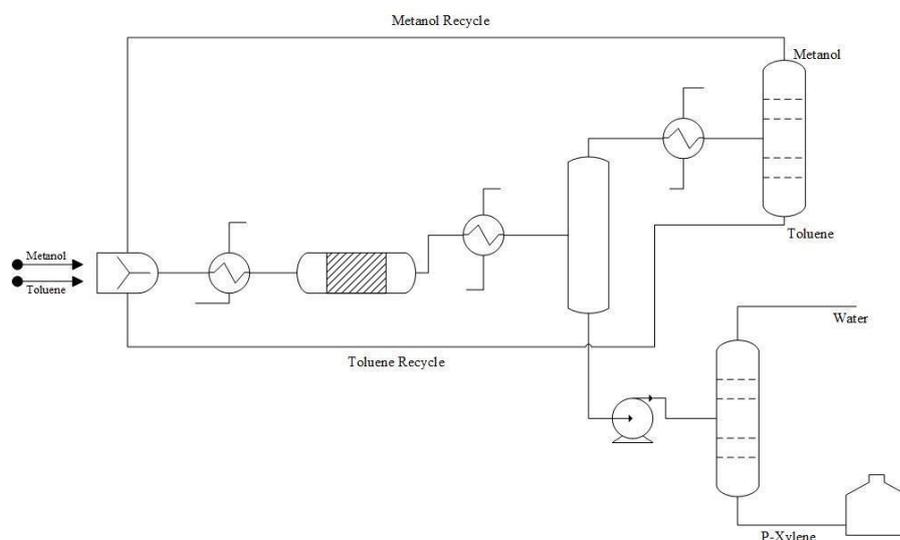
$$\text{oksigen } (\text{O}_2) = 1 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \text{ mol} \times 32 \text{ g/mol} \\
 &= 48 \text{ g/mol} \\
 &= 0,048 \text{ kg} \\
 &= 0,048 \text{ kg} \times \text{Rp.}30.000 \\
 &= \text{Rp.} 1.440
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Analisa Ekonomi /mol} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= (\text{Rp.}12.720 + \text{Rp.} \text{Rp.} 1.440) - \text{Rp.} 36.880 \\
 &= \text{Rp.} 22.640 - \text{Rp.} 36.880 \\
 &= \text{Rp.} -22.640
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan baku}} \times 100\% \\
 &= \frac{-22.640}{36.880} \times 100\% \\
 &= -0,61 \%
 \end{aligned}$$

1.7.2 Alkilasi Toluene

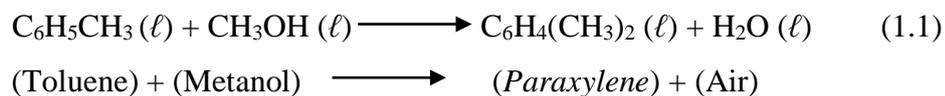


Gambar 1.3 Proses Alkilasi Toluene

Alkilasi merupakan reaksi toluene dengan methanol Umumnya disebut methylasi dari toluene. Sebelum dilakukan produksi, bahan baku toluene

disimpan ditangki penyimpanan dalam fasa cair karena toluene, bahan baku methanol juga diperlukan pada prancangan pembuatan *Paraxylene* ini. Methanol disimpan dalam tangki dalam fasa cair dengan suhu 25 °C bertekanan 1 atm. Toluene (C₇H₈) dalam fasa cair memiliki kemurnian 99% kemudian dipompakan ke mixer dengan tekanan 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 mengubanya 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 diisikan kedalam reaktor. Tipe reaktor yang digunakan adalah multitube fixed bed reactor. Dimana multitube fixed bed reactor ini merupakan jenis reaktor kimia dalam keadaan banyak fase baik cair dan gas yang dialirkan melalui katalis padatan ZSM-5. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah reaksi eksotermis.

Berikut reaksi yang terjadi di dalam reaktor :



Kemudian umpan keluaran kondensor parsial dialirkan menuju Menara Destilasi pertama. Adapun tujuan dari Menara Destilasi Pertama untuk memisahkan bahan baku toluene dan metanol serta produk yaitu *Paraxylene* dan air Hasil atas adalah berupa metanol dan toluene sisa sedangkan untuk hasil bawah berupa *Paraxylene* dengan konversi 95 % dan air. Hasil bawah yang berupa produk *Paraxylene* dan air diumpakan menuju Menara destilasi kedua. Tujuan dari Menara destilasi kedua adalah untuk melakukan pemisahah produk *Paraxylene* dari air, berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing komponen.

1.7.2.1 Analisa Ekonomi Awal Proses Alkilasi Toluene

Reaksi pembuatan *Paraxylene*:



Table 1.6 Uji Ekonomi Awal Proses Alkilasi Toluene.

Bahan Baku	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/kg)
Bahan Baku		
Toluene (C ₇ H ₈)	92,14	70.000
Metanol (CH ₃ OH)	32,04	14.000
Produk		
<i>Paraxylene</i> (C ₈ H ₁₀)	106,16	120.000
Air (H ₂ O)	18	0

Bahan baku :

$$\begin{aligned}
 \text{Toluene (C}_7\text{H}_8\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 92,14 \text{ g/mol} \\
 &= 92,14 \text{ g/mol} \\
 &= 0,092 \text{ kg} \\
 &= 0.092 \text{ kg} \times \text{Rp. } 70.000 \\
 &= \text{Rp. } 6.440
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Metanol} &= 1 \text{ mol} \\
 \text{(CH}_3\text{OH)} & \\
 &= 1 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} \\
 &= 32,04 \text{ g/mol} \\
 &= 0,032 \times \text{Rp. } 14.000 \\
 &= \text{Rp. } 448
 \end{aligned}$$

Produk samping

$$\begin{aligned}
 \text{Air (H}_2\text{O)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 18.02 \text{ g/mol} \\
 &= 18.02 \text{ g/mol} \\
 &= 0.018 \text{ kg} \\
 &= 0.01802 \text{ kg} \times \text{Rp.} 0
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 0$$

Konversi Produk

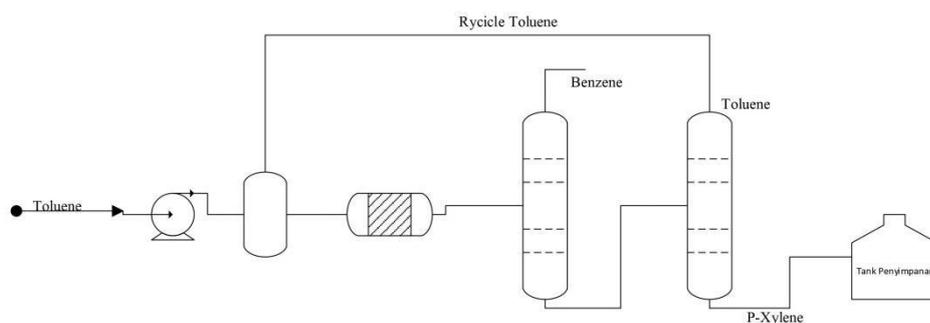
$$\begin{aligned} \text{Paraxylene (C}_8\text{H}_{10}) &= 1 \text{ mol} \\ &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\ &= 106,16 \text{ g/mol} \\ &= 0,106 \text{ kg} \\ &= 0,106 \times \text{Rp. } 120.000 \\ &= \text{Rp. } 12.720 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Analisa Ekonomi /mol} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\ &= \text{Rp. } 12.720 - (\text{Rp. } 6.440 + \text{Rp. } 448) \\ &= \text{Rp. } 12.720 - \text{Rp. } 6.888 \\ &= \text{Rp. } 5.832 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Net Profit Margin} &= \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\% \\ &= \frac{5.832}{6.888} \times 100\% \\ &= 0,84 \text{ \%} \end{aligned}$$

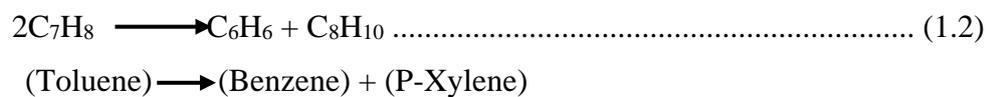
1.7.3 Disproporsi Toluene

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 1.4 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 °C. lalu dari compressor, suhu dinaikkan menggunakan furnace hingga suhunya mencapai 470 °C untuk menyesuaikan suhu dan tekanan di dalam reaktor. Umpan reaktor yang berupa gas yang bersuhu 470 °C dan tekanan 21 atm dimasukkan ke dalam reaktor fixed bed multitube non-adiabatis non-isothermal yang menggunakan katalis zeolite tipe HZSM-5. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi eksotermis :



Umpan reaktor yang berupa gas yang bersuhu 470 0C dan tekanan 21 atm dimasukkan ke dalam reaktor fixed bed multitube non-adiabatis non-isothermal yang menggunakan katalis zeolite tipe HZSM-5. Reaksi yang terjadi didalam reaktor adalah reaksi eksotermis. Dari hasil atas Menara Destilasi satu diumpankan ke Menara Destilasi dua, kemudian hasil atas Menara Destilasi dua diperoleh benzene sebagai destilat. Untuk hasil bawah dari menara satu di masukkan ke Kristalizer untuk mengkristalkan *Paraxylene* dengan konversi 85 %. *Paraxylene* yang telah mengkristal. dipisahkan dari mother liquor dengan menggunakan, lalu Kristal *Paraxylene* dilelehkan di melter sebelum disimpan di tangki penyimpanan produk *Paraxylene* .

1.7.3.1 Proses Disporporsi Toluene

Reaksi pembuatan *Paraxylene* :



Tabel 1.7 Uji Ekonomi Awal Proses Disporporsi Toluene.

Bahan Baku	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/kg)
Bahan Baku Toluene (C_7H_8)	92,14	70.000

Produk		
<i>Paraxylene</i> (C ₈ H ₁₀)	106,16	120.000
Benzene (C ₆ H ₆)	74,114	16.392

Bahan baku :

$$\begin{aligned}
 \text{Toluene (C}_7\text{H}_8\text{)} &= 2 \text{ mol} \\
 &= 2 \text{ mol} \times 92,14 \text{ g/mol} \\
 &= 184,28 \text{ g/mol} \\
 &= 0,184 \text{ kg} \\
 &= 0,184 \text{ kg} \times \text{Rp. } 70.000 \\
 &= \text{Rp. } 12.880
 \end{aligned}$$

Konversi Produk

$$\begin{aligned}
 \textit{Paraxylene} \text{ (C}_8\text{H}_{10}\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 106,16 \text{ g/mol} \\
 &= 0,106 \text{ kg} \\
 &= 0,106 \times \text{Rp. } 120.000 \\
 &= \text{Rp. } 12.720
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Benzene (C}_6\text{H}_6\text{)} &= 1 \text{ mol} \\
 &= 1 \text{ mol} \times 74,114 \text{ g/mol} \\
 &= 74,114 \text{ g/mol} \\
 &= 0,074 \text{ kg} \\
 &= 0,074 \text{ kg} \times \text{Rp. } 16,392 \\
 &= \text{Rp. } 1.213
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Analisa Ekonomi /mol} &= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku} \\
 &= (\text{Rp. } 12.720 + \text{Rp. } 1.213) - \text{Rp. } 12.880 \\
 &= \text{Rp. } 13.933 - \text{Rp. } 12.880 \\
 &= \text{Rp. } 1.053
 \end{aligned}$$

$$\text{Net Profit Margin} = \frac{\text{Analisa Ekonomi}}{\text{Bahan Baku}} \times 100\%$$

$$= \frac{1.053}{12.880} \times 100\%$$

$$= 0,08 \%$$

1.7.4 Perbandingan Proses Pembuatan *Paraxylene*

Berdasarkan ketiga proses diatas yaitu proses Proses Ekstraksi Aromatis, Alkilasi Toluene dan disproporsionasi toluene. Ketiga proses tersebut memiliki parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan perbedaan parameter-parameter tersebut sistem pembuatan *Paraxylene* yang ada sebagaimana dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Perbandingan Proses Pembuatan *Paraxylene*

Parameter	Ekstraksi Aromatis	Alkilasi Toluene	Disproporsionasi Toluene
Bahan	C aromatis	Toluene dan Metanol	Toluene
Reaktor	<i>Fixed bed reactor</i>	<i>Fixed bed reactor</i>	<i>Fixed bed reactor</i>
Reaksi samping	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Suhu Operasi	330 °C	400 - 480 °C	470 °C
Tekanan Operasi	10 atm	2 - 3 atm	21 atm
Katalis	-	ZSM-5	ZSM-5
Konversi	85 %	95 %	85 %
Ekonomi awal	Rp. -14.240	Rp. 14.280	Rp. 7.107

(Sumber: Mc.Ketta, 1984)

Berdasarkan tabel 1.1 dapat dipilih yaitu proses pembuatan *Paraxylene* dengan proses Alkilasi Toluene dengan pertimbangan sebagai berikut :

Berdasarkan penjelasan dari ketiga proses diatas maka dipilih proses alkilasi toluene karena mempertimbangkan kemurnian dari produk serta memiliki tekanan yang lebih kecil yaitu sekitar 2 - 3 atm dibandingkan dengan disproporsi toluene yang memerlukan tekanan hingga 21 atm dan proses Proses ekstraksi aromatis yang memerlukan tekanan hingga 10 atm. sehingga dapat menghemat

biaya serta waktu dalam proses kemudian berimbas pada life time dari katalis itu sendiri.

1.8 Tinjauan Termodinamika

Tinjauan termodinamika berfungsi untuk penentuan sifat reaksi berjalan secara eksotermis atau endotermis. Secara termodinamika reaksi sintesis asam perasetat dapat dilihat dari harga entalpi, energi gibbs dan konstanta kesetimbangannya. Diketahui pada temperatur 298 K (Yaws, 1999) :

Tabel 1.9 Harga $\Delta H^{\circ}f$ dan $\Delta H^{\circ}G$ masing-masing komponen

Komponen	$\Delta H^{\circ}f$ (kJ/mol)	$\Delta H^{\circ}G$ (kJ/mol)
C ₇ H ₈	50,2	122,3
CH ₃ OH	-200,9	-162,2
C ₈ H ₁₀	18	121,5
H ₂ O	-241,8	-228,59

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum \Delta H^{\circ}f \text{ produk} - \sum \Delta H^{\circ}f \text{ reaktan}$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \Delta H^{\circ}f (\text{H}) + \Delta H^{\circ}f (\text{H}_2\text{O}) - \Delta H^{\circ}f (\text{H}) + \Delta H^{\circ}f (\text{HOH})$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = ((18 \text{ kJ/mol}) + (-241,8 \text{ kJ/mol})) - ((50,2 \text{ kJ/mol}) + (-200,9 \text{ kJ/mol}))$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = -223,18 - (-150,7)$$

$$\Delta H^{\circ}_{298} = -73,1 \text{ kJ/mol}$$

Reaksi yang terjadi pada reaksi diatas merupakan reaksi eksotermis karena harga *enthalpy* reaksi bernilai negatif sehingga reaksi melepas panas.

1.9 Uraian Proses

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku toluene (C_7H_8) dari PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama disimpan pada fase cair dengan suhu $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm dalam tangki penyimpanan (T-101). Bahan baku metanol (CH_3OH) disimpan dalam tangki penyimpanan (T-102) pada fase cair dengan suhu dengan suhu $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm. Bahan baku toluene (C_7H_8) diperoleh di pasaran dengan kemurnian 99% berat, sedangkan hidrogen (CH_3OH) diperoleh dengan kemurnian 99 % berat.

Toluene cair dari tangki penyimpanan (T-101) dengan kondisi $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm bersama metanol cair dari tangki penyimpanan (T-102) dengan kondisi $25\text{ }^\circ\text{C}$ dan tekanan 1 atm yang dicampur dengan metanol dari *recycle* keluaran kondenser yang telah disesuaikan tekanan dan temperaturnya dialirkan dengan pompa menuju *heat exchanger* (HE-101) untuk ditingkatkan temperaturnya menjadi $250\text{ }^\circ\text{C}$. Steam yang digunakan untuk menaikkan suhu sampai $250\text{ }^\circ\text{C}$ adalah panas produk keluaran reaktor (R-201) yang akan dialirkan menuju distilasi (D-301). Campuran gas toluene dan metanol kemudian diumpankan ke dalam heater (H-101) untuk mencapai kondisi operasi reaktor pada temperatur $450\text{ }^\circ\text{C}$. campuran gas toluene dan metanol kemudian diumpankan kedalam reaktor (R-201).

2. Tahap Pembentukan Produk

Bahan baku yang telah disiapkan dimasukkan dalam reaktor (R-201) yang beroperasi secara non isothermal dan non adiabatik dimana reaksi dijaga pada suhu operasi pada $450\text{ }^\circ\text{C}$. Toluene dan metanol dialirkan ke dalam reaktor melalui katalis ZSM-5 dengan kecepatan tertentu sehingga katalis akan bergejolak sedemikian rupa sehingga membantu terjadinya reaksi. Di dalam reaktor terjadi reaksi pembentukan *Paraxylene* dan air. Reaksi yang terjadi didalam reaktor :



Reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis, sehingga akan melepaskan panas yang dapat menaikkan suhu dalam reaktor. Panas yang dihasilkan dari reaksi ini diserap oleh media pendingin air sehingga kondisi operasi reaktor tetap stabil.

3. Tahap Pemisahan Produk

Produk reaktor yang berupa gas, metanol berlebih, *Paraxylene* dan air dikondensasikan dalam *heat exchanger* (HE-101) sehingga suhunya berubah menjadi 144 °C. Campuran keluaran *heat exchanger* diumpankan menuju *cooler* (C-201) untuk menurunkan suhu menjadi 115 °C dengan tekanan 2,4 atm. Selanjutnya diumpankan menuju menara distilasi (D-301) Pada distilasi (D-301) terjadi pemisahan antara metanol, *Paraxylene* dan air. Hasil atas adalah metanol yang kembali ke aliran metanol keluaran tangki penyimpanan metanol. Hasil bawah yang merupakan air dan *Paraxylene* diumpankan kembali menuju distilasi (D-302) untuk memisahkan air dan *Paraxylene*. Hasil atas distilasi (D-302) berupa air yang akan dialirkan ke utilitas dan hasil bawah distilasi (D-202) berupa produk *Paraxylene* dengan suhu 138,5 °C dan dialirkan ke *cooler* (C-303) untuk menurunkan suhu *Paraxylene* menjadi 30 °C.

1.10 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 umumnya 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.

1.10.1 Ketersediaan Bahan Baku

Faktor primer penentuan lokasi pabrik yaitu ketersediaan akan bahan baku yang digunakan dalam produksi.

1. Penyediaan 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 Pacific 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

1.10.2 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.

1.10.3 Pemilihan 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 Rencana Lokasi Perancangan Pabrik

1.10.4 Sumber Daya Manusia

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 untuk mendapatkan tenaga kerja ahli ataupun tenaga kerja biasa cukup mudah dari daerah sekitar industri.