# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri kimia mempunyai peranan yang sangat penting dalam pembangunan ekonomi. Perkembangan industri kimia di Indonesia saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat dari tahun ke tahun. Hal ini ditunjukkan dengan semakin banyaknya pendirian pabrik kimia di Indonesia. Kegiatan pengembangan industri kimia di Indonesia diarahkan untuk meningkatkan kemampuan nasional dalam memenuhi kebutuhan bahan kimia dalam negeri dan juga sekaligus ikut memecahkan masalah ketenagakerjaan.

Salah satu jenis industri kimia di Indonesia yang memiliki pengaruh besar terhadap industri kimia lainnya adalah *paraxylene*. *Paraxylene* merupakan senyawa hidrokarbon aromatis yang berwujud cairan tidak berwarna, mudah terbakar, dan mempunyai bau yang baik. *Paraxylene* merupakan bahan kimia yang memiliki rumus $C_8H_{10}$ atau $C_6H_4(CH_3)_2$. Nama lain dari *paraxylene* adalah *p-xylene*, 1,4-*xylene*, *p-dimethylbenzene*, 1,4-*dimethylbenzene*, *p-xylol*, *p-methyltoluene*, atau 1,4-*methyltoluene*.

*Paraxylene* adalah salah satu isomer dari *xylene* yang sangat penting. Dari ketiga isomer *xylene*, *paraxylene* memiliki pasar komersial yang paling besar. Hal ini dikarenakan *paraxylene* merupakan bahan baku pembuatan *purified terephthalic acid* (PTA) dan *dimethyl terephthalate* (DMT), dimana keduanya dapat diolah sebagai bahan industri plastik maupun tekstil, atau bisa disebut sebagai perantara polyester. Selain itu *paraxylene* juga bisa digunakan untuk bahan film, resin, fiber, plasticizer, bahan campur

bensin, zat pengelmusi untuk fungisida dan insektisida, bahan penggosok dan lain sebagainya.

Saat ini, kebutuhan *paraxylene* di Indonesia mencapai 1.367.800,257 ton/tahun (BPS, 2016). Sedangkan di Indonesia hanya terdapat dua produsen *paraxylene* 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. Berdasarkan data tersebut, maka pabrik yang beroperasi saat ini belum mampu memenuhi kebutuhan *paraxylene* di Indonesia. Selama ini Indonesia masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan *paraxylene* di dalam negri. Oleh karena itu, perlu didirikan pabrik *paraxylene* dengan kapasitas yang cukup besar sehingga dapat memenuhi kebutuhan paraxylene di Indonesia.

## 1.2. KAPASITAS RANCANGAN

### 1.2.1. Produksi Paraxylene di Indonesia

Saat ini, kebutuhan paraxylene di Indonesia mencapai 1.367.800,257 ton/tahunnya. Namun hanya terdapat dua produsen paraxylene dengan kapasitas total 820.000 ton/tahun. Produsen paraxylene di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Produsen Paraxylene di Indonesia

| Nama Perusahaan | Kapasitas (ton/tahun) |
|---|---|
| PT. Trans Pacific Petrochemical Indotama | 550.000 |
| PT. Pertamina | 270.000 |
| Total | 820.000 |

(Kementrian Perindustrian RI)

### 1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku hidrogen dapat diperoleh dari beberapa pemasok dalam negeri, antara lain PT. Pertamina Petrochina, PT. Alindo Merak, PT. Samator Gas Industri, PT. Aneka Gas Industri, PT. Air Liquide Indonesia, PT. Usaha Mulia Gas Mandiri, dan PT. Air Products Indonesia. Sedangkan untuk bahan baku toluene diperoleh dari produsen toluene di Indonesia. Produsen toluene di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. 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 |

(Kementrian Perindustrian RI)

### 1.2.3. Proyeksi Kebutuhan Paraxylene di Indonesia

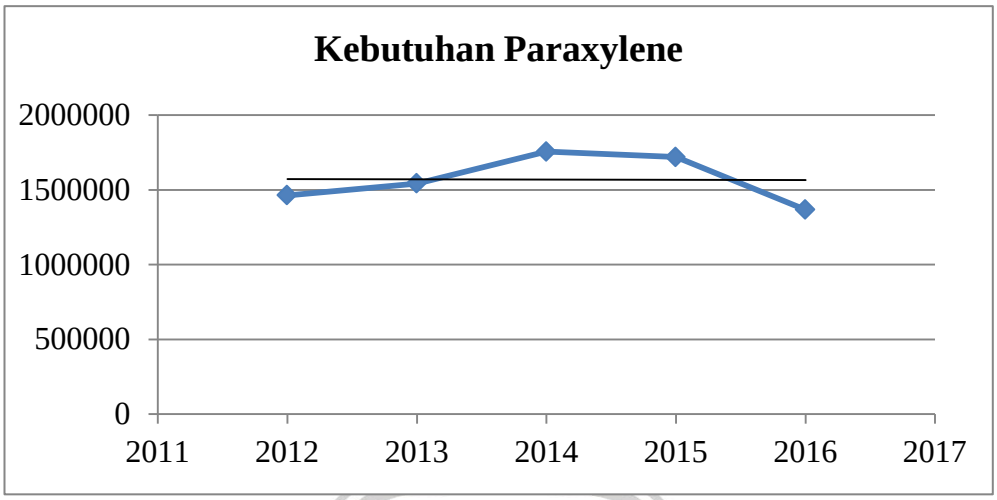
Kebutuhan paraxylene selama lima tahun terakhir berdasarkan data Badan Pusat Statistika dapat dilihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Data Konsumsi Paraxylene di Indonesia

| Tahun | Impor Paraxylene | Kapasitas Produksi di Indonesia | Kebutuhan Paraxylene |
|---|---|---|---|
| 2012 | 643.406,104 | 820.000 | 1.463.406,104 |
| 2013 | 723.503,203 | 820.000 | 1.543.503,203 |
| 2014 | 935.987,042 | 820.000 | 1.755.987,042 |
| 2015 | 899.201,496 | 820.000 | 1.719.201,496 |
| 2016 | 547.800,257 | 820.000 | 1.367.800,257 |

(BPS, 2012-2016)

Dengan mengunakan metode least square y = ax + b, maka dapat diperkirakan kebutuhan paraxylene di Indonesia (ton/tahun) adalah sebagai berikut :




Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Paraxylene

Dari gambar 1.1. diperoleh persamaan : y = -1.551x + 5.000.000. Pabrik direncanakan beroperasi pada tahun 2022, maka diprediksi kebutuhan paraxylene di Indonesia pada tahun tersebut sebesar 1.863.878 ton/tahun. Sedangkan, produsen dalam negeri yang sudah ada hanya dapat memasok 820.000 ton/tahun. Jadi kebutuhan yang belum terpenuhi sebesar 1.043.878 ton/tahun.

Dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang telah beroperasi di dalam maupun di luar negeri, maka ditentukan kapasitas produksi yang akan dibangun untuk beroperasi pada tahun 2022 adalah 320.000 ton/tahun. Dengan kapasitas 320.000 ton/tahun, diharapkan dapat memenuhi 30% kebutuhan paraxylene di Indonesia. Data mengenai kapasitas pabrik produsen paraxylene di dalam dan luar negeri dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Kapasitas Pabrik Produsen Paraxylene

| Nama Perusahaan | Negara | Kapasitas (ton/tahun) |
|---|---|---|
| PT. Pertamina | Indonesia | 270.000 |
| PT TPPI | Indonesia | 550.000 |
| Chevron Philips Chemical | USA | 454.000 |
| El Paso | Kanada | 330.000 |
| Pamex | Meksiko | 280.000 |
| Sabic-Shell | Arab Saudi | 520.000 |
| Idemitsu Petrochemical | Jepang | 465.000 |
| Mitsubishi Oil | Jepang | 370.000 |
| Samsung General Chemical | Korea | 530.000 |
| Petronas | Malaysia | 350.000 |
| Formoca Chemical & Fiber Corp | Taiwan | 450.000 |
| Thai Aromatics | Thailand | 520.000 |

## 1.3. LOKASI

Pemilihan lokasi pabrik yang tepat sangat penting dalam perancangan suatu pabrik, sehingga mampu memberi keuntungan dalam segi teknis maupun ekonomis. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lokasi suatu pabrik dibagi menjadi dua, yaitu faktor utama dan faktor pendukung.

### 1.3.1. Faktor Utama

1. Ketersediaan Bahan Baku

Produksi paraxylene dengan proses disporporsionasi toluene termasuk dalam kategori "*weight loss*", yang mana bobot produk yang dihasilkan lebih ringan dari bobot bahan bakunya. Oleh karena itu, ketersediaan bahan baku merupakan tinjauan utama dalam pemilihan lokasi pabrik agar transportasinya lebih murah dan mudah.

2. Pemasaran Produk

Pemasaran paraxylene ditekankan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Paraxylene memiliki banyak kegunaan dalam industri kimia diantaranya sebagai bahan baku industri PTA, fiber, pelapis cat, *emulsifier*, bahan penggosok, pewarna dan perekat, *plasticizer*, film, resin dan lain-lain.

3. Transportasi

Transportasi dapat mempengaruhi kelancaran produksi dari suatu pabrik karena kelancaran pengadaan bahan baku maupun penyaluran produk tergantung pada jumlah dan kualitas fasilitas transportasi yang tersedia.

4. Utilitas

Dalam industri pabrik kimia tersedianya utilitas berupa air, listrik dan bahan bakar sangat dibutuhkan agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Oleh karena itu, lokasi pabrik seharusnya dekat atau berada dalam kawasan industri sehingga kebutuhan utilitas bisa didapatkan lebih mudah.

5. Tenaga Kerja

Tenaga kerja utama yang dibutuhkan harus berkualitas dan ahli dalam keseluruhan proses produksi. Sedangkan, tenaga kerja pendukung dapat terpenuhi oleh masyarakat sekitar pabrik, sehingga berdirinya pabrik ini turut serta mengurangi pengangguran di sekitar pabrik.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka pemilihan lokasi untuk pendirian pabrik paraxylene ini adalah di Tuban, Jawa Timur, dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Ketersediaan bahan baku : Bahan baku produksi yaitu toluene yang sebagian didapatkan dari PT.TPPI dan sebagian impor, sedangkan hidrogen didapatkan dari PT. Samator Gas Industri.

- Pemasaran produk : Berada di kawasan industri Tuban dan dekat dengan kawasan industri lainnya yang berada di Gresik, Sidoarjo dan Surabaya maka pemasaran untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri mudah.
- Transportasi : Sarana transportasi darat di kawasan Tuban didukung oleh jalan raya jalur Pantura dan terdapat Pelabuhan Semen Gresik dan tidak jauh dari Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.
- Utilitas : Lokasi Tuban berdekatan dengan laut sehingga kebutuhan air dapat dipenuhi dengan desalinasi air laut. Untuk bahan bakar, listrik dan sarana lain dapat dengan mudah diperoleh karena sudah banyak industri besar lain seperti TPPI.
- Tenaga kerja : Kawasan industri Tuban berada di daerah Jawa Timur yang terdapat banyak lembaga pendidikan baik formal maupun non formal dimana banyak dihasilkan tenaga kerja ahli maupun non ahli, sehingga tenaga kerja mudah didapatkan.

### 1.3.2. Faktor Pendukung

1. Kemungkinan Perluasan Area Pabrik

   Perluasan pabrik untuk peningkatan kapasitas produksi tergantung dari bahan baku dan jumlah lahan yang masih cukup luas.

2. Kebijaksanaan Pemerintah

   Bidang investasi di Indonesia khususnya untuk produksi paraxylene masih terbuka lebar bagi para investor untuk menanamkan modal dikarenakan meningkatnya konsumsi paraxylene di Indonesia.

Dengan memperhatikan pertimbangan-pertimbangan diatas maka pendirian pabrik di Tuban sangat tepat.

## 1.4. TINJAUAN PUSTAKA

### 1.4.1. Macam – Macam Proses

1. Ekstraksi Aromatis

Pada proses ini, *feed* yang mengandung campuran senyawa aromatis, paraffin, dan nafta setelah dipanaskan dengan rafinat (sebagian besar terdiri dari paraffin, isoparafin, dan sikloparafin), dikontakkan secara *counter current* dengan larutan tetraetilen glikol encer dalam kolom ekstraksi. Solvent panas yang mengandung senyawa aromatis benzene, toluene, xylene (BTX) didinginkan dan dimasukkan melalui puncak kolom *stripper*. Ekstrak aromatis kemudian dimurnikan dengan cara distilasi-ekstraktif dan dipisahkan dari *solvent* dengan cara *steam stripping*.

Ekstrak yang mengandung benzene, toluene, xylene, dan ethylbenzene kemudian dipisahkan. Benzene dan toluene diperoleh secara terpisah, sedang ethylbenzene dan xylene diperoleh sebagai campuran dan untuk memisahkannya dilakukan dengan teknik *superfractination*.

Untuk proses pemisahan p-xylene dari isomer-isomer xylene lainnya (orthoxylene dan metaxylene) dilakukan dengan proses adsorpsi. Melalui proses ini, *overall yield* p-xylene yang diperoleh dapat mencapai 90%.

2. Metilasi Toluen

Dalam memproduksi paraxylene dengan metode alkilasi toluene atau metilasi toluen dilakukan dengan mereaksikan toluene dan metanol sebagai pemberi gugus alkil. Metilasi toluene lebih terjadi pada katalis asam, khususnya pada zeolite atau katalis *zeolite-type*, seperti zeolite ZSM-5, zeolite Beta dan katalis *silicaalumuniophosphate* (SAPO). Reaksi ini berlangsung pada suhu 440°C (US 7,321,072 B2).

3. Kristalisasi dan Isomerisasi Xylene

Proses kristalisasi dan isomerisasi xylene dapat digunakan untuk memisahkan paraxylene dari C8 aromatis yang mengandung etilbenzen serta xylene.

Pada proses ini, *feed* yang mengandung 22–23% paraxylene didinginkan dengan *precooler* pada suhu –40°C, kemudian dikristalisasi secara seri, di mana masing-masing *crystallizer* mendinginkan *feed* sampai suhu -70°C. Selanjutnya, *slurry* kristal paraxylene dilewatkan *holding tank*, kemudian secara bertahap dilewatkan ke dalam *centrifuge*.

Kristal dari *centrifuge* yang mengandung 80% paraxylene selanjutnya dilelehkan dan dikristalkan kembali hingga kemurnian mencapai 95%. *Mother liquor* yang masih mengandung paraxyene dikembalikan ke *stage* pertama. Sisa *mother liquor* dari *centrifuge* stage pertama kemudian dilewatkan ke reaktor *fixed bed* katalitik silica alumina pada tekanan atmosfer dan menggunakan katalis yang mempunyai selektivitas terhadap paraxylene dan mampu me-*recovery* aromatis hingga 95% (Isomar-Maruzen Patent, 2009).

4. Adsorpsi dan Isomerisasi Xylene

Proses adsorpsi dan isomerisasi xylene merupakan proses kombinasi antara Aromax dan Isolene. C8 aromatis (ethylbenzene dan mixed xylene) dipompakan menuju adsorber untuk menjerap paraxylene dengan adsorbent AD *(Barium Oxide on Silica Alumina Support)* yaitu adsorbent penyaring molekul temuan *UOP*. Padatan adsorbent disusun secara seri untuk mengadsorpsi secara selektif isomer tertentu dari campuran xylene (AROMAX Patent).

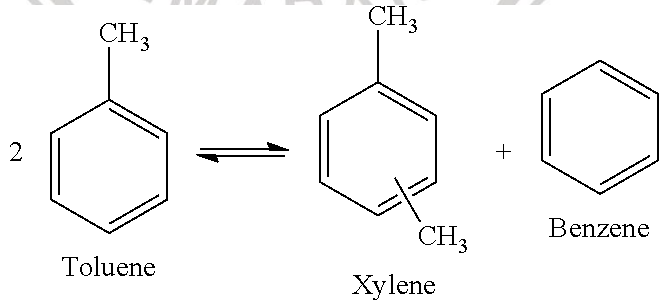
Umpan berupa C8 aromatis dan mix xylene sebelum masuk reaktor dipanaskan di *furnace* agar sesuai dengan kondisi reaktor dimana terjadi reaksi

isomerisasi. Isomerisasi katalitik menggunakan katalis zeolit jenis 1–9. Reaksi terjadi secara eksotermis *reversible*. Reaktor beroprasi secara non isothermal, non adiabatis. Reaksi terjadi pada suhu 450°C dan tekanan 24 atm. Produk keluaran reaktor diturunkan tekanannya menjadi atmosferik menggunakan expander.

Aliran gas dikirim ke separator, didinginkan dalam kompresor sampai kondisinya antara *dew* dan *bubble point* sehingga aliran masuk separator bisa terpisah antara gas dan cairannya. Hasil atas dikirim ke *off gas*, sedangkan aliran hasil bawah C8 aromatis dan sedikit toluene dikirim ke menara destilasi untuk dimurnikan dan diambil toluennya. Proses isolene dikembangkan untuk mengisomerisasi keluaran ini untuk memperbanyak hasil C8 aromatis. Konversi terbentuknya paraxylene yaitu sebesar 90% (UOP Patent, 1985).

5. Disproporsionasi Toluen

Proses disproporsionasi toluene merupakan proses transkilasi secara katalitik, di mana toluene dikonversi menjadi benzene dan xylene. Dua mol toluene menjadi satu mol benzene dan satu mol xylene, seperti pada Gambar 1.2.




Gambar 1.2. Disproporsionasi Toluene

Xylene yang terbentuk dari campuran ini adalah *mixed* xylene dan benzene. *Paraselectivity* adalah jumlah proporsi paraxylene (p-xylene) dalam total campuran xylene. Dari percobaan yang dilakukan oleh Young Butter dan Kaeding (Journal of Catalyst, 1982) di dapatkan bahwa penggunaan katalis

ZSM-5 zeolit pada reaksi disproporsionasi toluene akan menghasilkan paraxylene dengan konsentrasi 70–90% dalam campuran xylene tersebut.

Kenaikan *paraselectivity* pada katalis ZSM-5 ini disebabkan oleh adanya kontrol dispersi secara selektif dari pori-pori katalis. Benzene yang terbentuk dari reaksi disproporsionasi toluen dapat dengan cepat meninggalkan permukaan katalis, kemudian diikuti oleh paraxylene. Sedangkan, orthoxylene dan metaxylene memiliki waktu tinggal di dalam katalis yang lebih lama, hal ini disebabkan oleh difusivitas dari keduanya yang lebih rendah dibanding paraxylene.

Proses disproporsionasi toluen telah dikembangkan oleh beberapa perusahaan seperti Mobil di Enichem Refinery yang diberi nama MSTDP (*Mobil Selective Toluene Disproportionation Process*), lalu perusahaan Fina Oil and Chemical Co. yang diberi nama Fina's T2BX. Selain itu, terdapat proses yang dikembangkan oleh perusahaan ExxonMobil dan diberi nama PxMax. Sedangkan, proses produksi paraxylene di Indonesia dilakukan oleh Pertamina yang menggunakan disproporsionasi toluene dengan proses UOP.

Proses PxMax menghasilkan kemurnian produk paraxylene yang lebih tinggi, total *yield* dari xylene yang lebih baik, dan rasio xylene-benzene yang lebih baik pula, serta kebutuhan hidrogen dapat ditekan sehingga dapat diperoleh keuntungan yang lebih besar.

Berdasarkan penjelasan masing-masing proses produksi paraxylene di atas, maka perbandingan dari semuanya dapat ditampilkan dalam Tabel 1.5

Tabel 1.5. Perbandingan Proses Produksi Paraxylene

| Proses | Kekurangan | Kelebihan |
|---|---|---|
| Ekstraksi Aromatis | - Bahan yang digunakan C8 aromatis<br>- Memerlukan banyak *solvent* generator<br>- Kemurnian paraxylene 88% | - Menggunakan alat proses ekstraktor<br>- Tidak ada reaksi samping<br>- Tekanan operasi 1 atm<br>- Tidak menggunakan katalis |
| Metilasi Toluen | - Bahan yang digunakan toluene dan methanol<br>- Ada 2 reaksi samping<br>- Menggunakan katalis zeolit | - Menggunakan alat fixed bed reactor<br>- Tekanan operasi 2,4 atm<br>- Kemurnian 90% |
| Kristalisasi dan Isomerisasi Xylene | - Bahan yang digunakan C8 aromatis<br>- Menggunakan alat proses adsorber dan fixed bed reactor<br>- Tekanan operasi 24 atm<br>- Menggunakan katalis 1-9 support Ba | - Tidak ada reaksi samping<br>- Kemurnian 90% |
| Adsorpsi dan Isomerisasi Xylene | - Bahan yang digunakan C8 aromatis<br>- Menggunakan alat proses kristalizer dan fixed bed reactor<br>- Hanya untuk kapasitas kecil | - Tidak ada reaksi samping<br>- Tekanan operasi 10 atm<br>- Tidak menggunakan katalis<br>- Kemurnian 95% |
| Disproporsionasi Toluen | - Tekanan operasi 30 atm<br>- Menggunakan katalis ZSM-5 | - Bahan yang digunakan toluene<br>- Menggunakan alat fixed bed reactor<br>- Tidak ada reaksi samping<br>- Kemurnian 99,9%<br>- Umur katalis panjang |

### 1.4.2. Kegunaan Produk

1. Produk Utama: Paraxylene

Paraxylene digunakan sebagai bahan utama pembuatan Purified Terephtalic Acid (PTA) dan Dimethyl Terephtalate (DMT). Dalam refinery petroleum, paraxylene dapat digunakan sebagai komponen bensin karena memliki anti knocking yang tinggi.

Dalam industri kimia paraxylene dapat digunakan sebagai *solvent*. Selain itu *paraxylene* juga bisa digunakan untuk bahan film, resin, fiber, plasticizer, zat pengelmusi untuk fungisida dan insektisida, bahan penggosok dan lain sebagainya.

2. Produk Samping: Benzene

Benzene dapat digunakan sebagai:

- Bahan baku pembuatan etilbenzena, sikloheksana, styrene, cumene dan lain-lain.
- Bahan baku lain dalam jumlah sedikit juga digunakan pada pembuatan karet, pelumas, pewarna, obat, deterjen, bahan peledak, dan pestisida.

### 1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

1. Bahan Baku

a. Bahan Baku Utama : Toluene

- Sifat Fisis
  - Berat Molekul : 92,141 g/mol
  - Titik Didih (P= 1 atm) : 110,6 °C
  - Titik Beku (P= 1 atm) : - 95,2 °C
  - Temperatur Kritis : 318,55 °C
  - Volume Kritis : 0,316 meter$^3$/mol

- Tekanan Kritis : 40,56 atm
- *Flash Point* : 40 °C
- *Fire Point* : 480 °C
- *Density* pada 25 °C : 0,8623 g/cm3
- Panas Pembakaran pada 25°C : 39130,3 kJ/mol
- Panas Penguapan pada 25 °C : 37,99 kJ/mol
- Panas Pembentukan $\Delta Hf_{298}$
  - Gas : 11,95 kcal/mol
  - Cair : 2,867 kcal/mol
- Entropi, S
  - Gas : 319,7 kJ/ K
  - Cair : 219,6 kJ/ K
- $\Delta Gf_{298}$ : 29,205 kcal/mol

(Kirk and Othmer, 1991)

- Sifat Kimia
  - Jika gugus chlor dialirkan dalam toluene yang mendidih dengan banutan sinar UV, maka gugus H di dalam gugus metil akan tergantikan oleh gugus Cl.
  - Jika gas chlor dialirkan pada suhu kamar dengan bantuan katalisator Fe, maka atom hydrogen dalam siklis yang tergantikan.
  - Jivka toluene direaksikan dengan $HNO_3$ dan $H_2SO_4$ pekat, akan terbentuk nitrotoluene dan jika diteruskan akan menjadi tri nitro toluene (TNT).

- Jika toluene dioksida maka akan terbentuk benzaldehid dan bila dilanjutkan akan terbentk benzoate.

(Kirk and Othmer, 1991)

b. Bahan Baku Pembantu : Hidrogen

- Sifat Fisis
  - Berat Molekul : 2,016 g/mol
  - Titik Didih (P= 1 atm) : - 252,8 °C
  - Titik Beku (P= 1 atm) : -259,2 °C
  - Suhu Kritis : -239,95 °C
  - Tekanan Kritis : 12,83 atm
  - Volume Kritis : 0,065 meter$^3$/mol
  - *Density* pada 25 °C : 0,0352 g/cm$^3$
  - Viskositas pada 25 °C : 0,013 Cp
  - *Spesific Heat* : 19,7 g/mol K
  - *Flash Point* : -28 °C
  - *Fire Point* : -5 °C
- Sifat Kimia

  Hydrogen bereaksi dengan sejumlah oksida logam pada suhu tinggi untuk menghasilkan logam dan air.

  $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$

  $Cr_2O_3 + 3\ H_2 \rightarrow 2\ Cr + H_2O$

  Dibawah kondisi tertentu, hydrogen bereaksi dengan nitrit oksida menghasilkan nitrogen.

  $2\ NO + 2\ H_2 \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$

(Kirk and Othmer, 1991)

c. Bahan Baku Pembantu : Katalisator

- Bahan : Zeolit (ZSM-5)
- Diameter : 0,291 inch
- Komposisi : Phospor, Boron Magnesium
- Racun katalis : belerang, asen timbale, tembaga

(Kirk and Othmer, 1991)

2. Produk

a. Produk Utama: Paraxylene

- Sifat Fisis
  - Berat Molekul : 106,168 g/mol
  - Titik Didih : 138,3 °C
  - Titik Beku : 13,2 °C
  - Temperatur Kritis : 343,05 °C
  - Tekanan Kritis : 34,739 atm
  - Volume Kritis : 0,379 meter$^3$/mol
  - Densitas (g/ml)
    - 20°C : 0,861
    - 40°C : 0,8437
  - Panas jenis : 0,397 kal/°C
  - *Flash Point* : 27,2 °C
  - *Fire Point* : 530 °C
  - Viskositas (Cp)
    - 20°C : 0,644
    - 40 °C : 0,508
  - Densitas Kritis : 0,29 g/ml

- *Specific Gravity* : 0,868
- $\Delta Hf_{298}$ : - 5,838 kcal/mol
- $\Delta Gf_{298}$ : 29,014 kcal/mol

(Kirk and Othmer, 1991)

- Sifat Kimia
  - Reaksi sulfonasi

    Jika sulfonasi pada senyawa paraxylene terjadi sangat lambat dan memungkinkan pemecahan paraxylene.
  - Reaksi oksidasi

    Jika paraxylene dioksidasi maka akan membentuk asam phthalate, terephthalate, dan isophthalate.

(Kirk and Othmer, 1991)

b. Produk Samping: Benzene

- Sifat Fisis
  - Berat Molekul : 78,114 g/mol
  - Titik Didih : 80,1 °C
  - Titik Beku : 5,5 °C
  - Temperatur Kritis : 288,95 °C
  - Tekanan Kritis : 48,26 atm
  - Volume Kritis : 0,259 meter$^3$/mol
  - *Flash Point* : -11 °C
  - *Fire Point* : 498 °C
  - Viskositas (absolut) pada 20°C : 0,6468 Cp
  - Densitas Kritis : 300 kg/m$^3$
  - $\Delta Hf_{298}$ : 19,821 kcal/mol

- $\Delta Gf_{298}$ : 30,974 kcal/mol

(Kirk and Othmer, 1991)

- Sifat Kimia
  - Adisi Hidrogen dengan katalisator Ni dan Pt membentuk sikloheksan
  - Reaksi dengan chlor membentuk chlorobenzene dengan katalis serbuk Fe.
  - Jika benzene direaksikan dengan $HNO_3$ pekat dan $H_2SO_4$ akan terbentuk nitrobenzene.
  - Jika benzene direaksikan dengan asam sulfat berasap maka akan terbentuk benzene sulfonat

(Kirk and Othmer, 1991)

### 1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Pembuatan paraxylene dari toluene dengan proses disproporsionasi toluene merupakan reaksi katalitik fasa gas. Reaksi ini merupakan reaksi endotermis. Reaksi berlangsung dalam reactor fixed bed menggunakan katalis ZSM-5 type zeolit pada suhu 400 – 470 °C dan tekanan 30 atm

Hydrogen sebagai bahan pembantu dimasukkan pada awal proses bersama dengan umpan uap toluen. Hydrogen tidak ikut bereaksi dan dipisahkan dari senyawa-senyawa lain di dalam separator. Hydrogen berfungsi untuk meningkatkan konversi sampai 31%.

Gas umpan reaktor yang bersuhu 450°C dan tekanan 30 atm dimasukkan secara kontinyu kedalam reakor fixed bed adiabatis non-isothermal yang menggunakan katalis ZSM-5.

Hasil keluaran reaktor dengan suhu 400°C, panasnya dimanfaatkan untuk memanaskan vaporizer. Raksi non-condensable yang berupa hydrogen, metan, dan

campuran toluene dan xylene yang ikut ke atas dialirkan ke unit utilias dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan sisanya diumpankan ke menara distilasi 1.

Dari menara distilasi 1 diperoleh benzene dan campuran toluene dan xylene. Benzene sebagai distilat kemudian diumpankan ke dalam tangki penyimpanan sebagai produk samping. Campuran toluen dan xylene kemudian dipisahkan menggunakan menara distilasi 2. Toluene yang merupakan hasil atas menara distilasi 2 di recycle kembali dan dicampur dengan bahan baku fresh toluen. Hasil bawah menara distilasi 2 berupa produk paraxylene dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan sebagai produk utama.

UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG