

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri kimia di Indonesia semakin meningkat. Kemajuan ini tampak dengan semakin banyak berdirinya pabrik yang mengolah bahan mentah menjadi bahan jadi, serta meningkatnya perkembangan teknologi yang cukup pesat. Perkembangan sektor industri sendiri sangat diharapkan lebih memacu tingkat perkembangan ekonomi Indonesia dengan cara adanya peningkatan kesempatan dan pemerataan kerja. Sektor industri kimia banyak memegang peranan dalam memajukan perindustrian di Indonesia. Inovasi proses produksi maupun pembangunan pabrik baru yang berorientasi pada pengurangan ketergantungan kita pada produk impor maupun untuk menambah devisa negara sangat diperlukan. Salah satunya yaitu pembangunan pabrik *cyclohexane*. Hal ini karena Indonesia selama ini masih impor produk *cyclohexane* dan belum adanya pabrik *cyclohexane* di Indonesia.

Cyclohexane merupakan senyawa organik yang termasuk dalam senyawa turunan benzena. *Cyclohexane* mempunyai rumus molekul C_6H_{12} berwujud cair pada temperatur kamar dan tekanan atmosfer. Konsumen utama *cyclohexane* adalah industri *adipic acid* untuk *nylon-66* sebesar 52 %, *caprolactam* untuk *nylon-6* sebesar 38 %, lain-lain, meliputi bahan pelarut, bahan insektisida dan *plasticizers* sebesar 10 % (ICIS *Chemical Business American*,2007).

Proyeksi kebutuhan *cyclohexane* global semakin meningkat dari tahun ketahun. Pada benua Asia jumlah data impor terbesar untuk *cyclohexane* meliputi China, Thailand, Indonesia, Jepang, dan India (Undata, 2015).

Berdasarkan pertimbangan di atas, pendirian pabrik ini bertujuan sebagai berikut :

- a. Memenuhi kebutuhan *cyclohexane* di dalam negeri sehingga secara otomatis dapat mengurangi kebutuhan impor *cyclohexane* di Indonesia
- b. Menunjang pertumbuhan dan perkembangan industri di Indonesia
- c. Menunjang program pemerintah yaitu menyediakan lapangan kerja dan mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia
- d. Membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk pabrik tersebut
- e. Meningkatkan jumlah devisa negara.

1.2. Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas rancangan pabrik yang akan didirikan harus berada diatas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas pabrik yang sudah berjalan. Selain itu juga memiliki kapasitas produksi yang optimum yaitu jumlah dan jenis produk yang dihasilkan harus dapat menghasilkan laba yang maksimal dengan biaya minimum.

Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik *cyclohexane* didasarkan oleh beberapa pertimbangan berikut :

1.2.1. Proyeksi Kebutuhan Pasar

- **Kebutuhan *Cyclohexane* di Indonesia**

Prospek industri *cyclohexane* di Indonesia cukup menjanjikan, hal ini dapat dibuktikan dengan melihat kebutuhan *cyclohexane* yang masih harus impor dari negara lain setiap tahun. Untuk saat ini di Indonesia masih mengimpor *cyclohexane* dari beberapa negara seperti Amerika Serikat, Singapura, Belgia dan Korea Selatan.

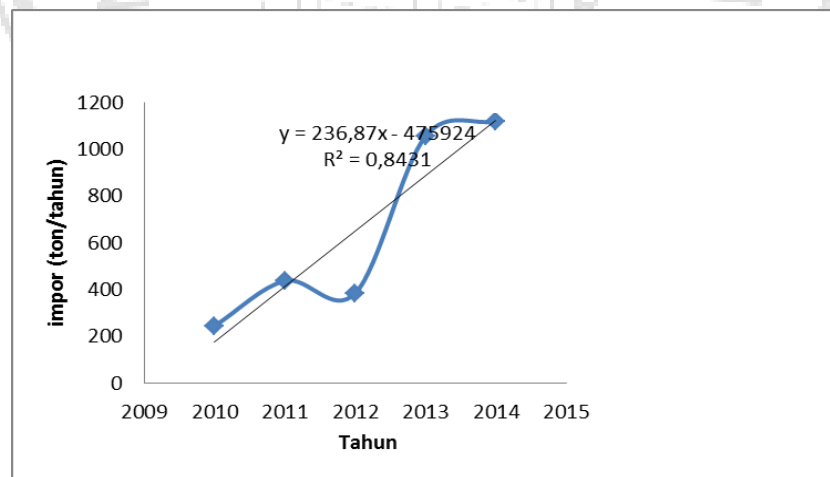
Perkembangan impor untuk *cyclohexane* di Indonesia dari tahun 2009 – 2014 dapat dilihat pada tabel 1.1:

Tabel 1.1. Konsumsi Impor *cyclohexane* di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)
2010	345,969
2011	438,323
2012	386,344
2013	1058,316
2014	1120,300

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2015.

Berdasarkan tabel 1.1. maka kebutuhan *cyclohexane* beberapa tahun mendatang dapat diprediksi. Besar kebutuhan *cyclohexane* mendatang dapat dicari dengan regresi linier untuk mendapatkan tren kenaikan impor *cyclohexane* di Indonesia. Regresi linier ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Data Impor *Cyclohexane*

Dari gambar 1.1. diperoleh perkiraan kebutuhan *cyclohexane* pada tahun 2022 :

$$y = 236,87x - 475.924$$

$$= 3.027,14 \text{ ton}$$

Dari hasil perhitungan dapat diperkirakan kebutuhan *cyclohexane* di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebesar 3.027,14 ton/tahun.

- **Kebutuhan *Cyclohexane* di Luar Negeri**

Selain untuk memenuhi kebutuhan di Indonesia, pabrik *cyclohexane* yang akan didirikan ini juga bertujuan untuk memenuhi kebutuhan luar negeri. Kebutuhan *cyclohexane* di beberapa negara di Asia terlihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. Data Impor *Cyclohexane* di Beberapa Negara di Asia

Negara	Kebutuhan (ton/tahun)				
	2010	2011	2012	2013	2014
China	35.641,023	4914,121	4.537,826	4.362,446	1.394,521
Thailand	10.253,788	10.484,465	14.666,647	14.666,647	21.440,162
India	3.290,619	4.564,128	4.564,128	3.323,889	6.606,809
Jepang	25.324,238	37.868,527	37.868,527	48.720,491	36.106,518

(Sumber : UN Data, 2015)

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku dan Katalis

Adanya industri yang mendukung pabrik *cyclohexane*, terutama dalam hal penyediaan bahan baku merupakan salah satu faktor yang cukup penting. Bahan baku utama yaitu Benzene (C_6H_6) yang dapat diperoleh dari PT. Pertamina Cilacap dengan kapasitas 120.000 ton/tahun, Hidrogen (H_2) dari PT. Air Liquid di Cilegon dengan kapasitas 15.000 Nm³/jam, dan Katalis (Nickel, (Ni)) dari Zibo Yinghe Chemical Co, Ltd 5500 ton/tahun.

1.2.3. Kapasitas Produksi Pabrik *Cyclohexane*

Data kapasitas produksi pabrik *cyclohexane* di dunia yang telah berdiri disajikan pada tabel 1.3.

Tabel 1.3. Industri *Cyclohexane* di Dunia

Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Chevron Philips Chemical	Port Arthur, Texas	412.000
CITGO Petroleum	Corpus Christi, Texas	117.000
Chevron Philips Chemical	Borger, Texas	117.000
Chevron Philips Chemical	Sweeny, Texas	324.000
Exxon Mobil Chemical	Beaumont, Texas	191.000
Flint Hills Resources	Corpus Christi, Texas	73.000
Huntsman	Port Arthur, Texas	280.000
Sunoco	Marcus Hook, Pa	135.000
BASF	Ludwigshafen, Germany	130.000
BP Refining and petrochemical	Gelsenkierchen, Germany	140.000
Exxon Mobil Chemical	Netherland	270.000
Rivneazot	Rivne, Ukraina	30.000
Juyuan Chemical	China	120.000

(Sumber : Icis Chemical Business Americas, 2007)

Secara komersial, kapasitas pabrik *cyclohexane* minimum yang memberikan keuntungan adalah 10 juta galon/tahun atau 30.000 ton/tahun yang diproduksi oleh *Rivneazot, Rivne, Ukraina*. Kapasitas terbesar pabrik *cyclohexane* adalah 140 juta galon/tahun atau 412.000 ton/tahun yang diproduksi oleh *Chevron Phillips Chemical, Port Arthur, Texas*.

Berdasarkan pertimbangan dari kebutuhan *cyclohexane* dan kapasitas pabrik yang telah ada, maka dalam perancangan pabrik ini diambil kapasitas produksi sebesar 45.000 ton/tahun. Kapasitas yang dipilih lebih besar daripada perkiraan kebutuhan impor Indonesia dengan mempertimbangkan :

1. Ketersediaan bahan baku.
2. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang meningkat dari tahun ke tahun
3. Dapat memenuhi kebutuhan ekspor ke beberapa Negara
4. Dapat memberi kesempatan berdirinya industri berbahan baku *cyclohexane*

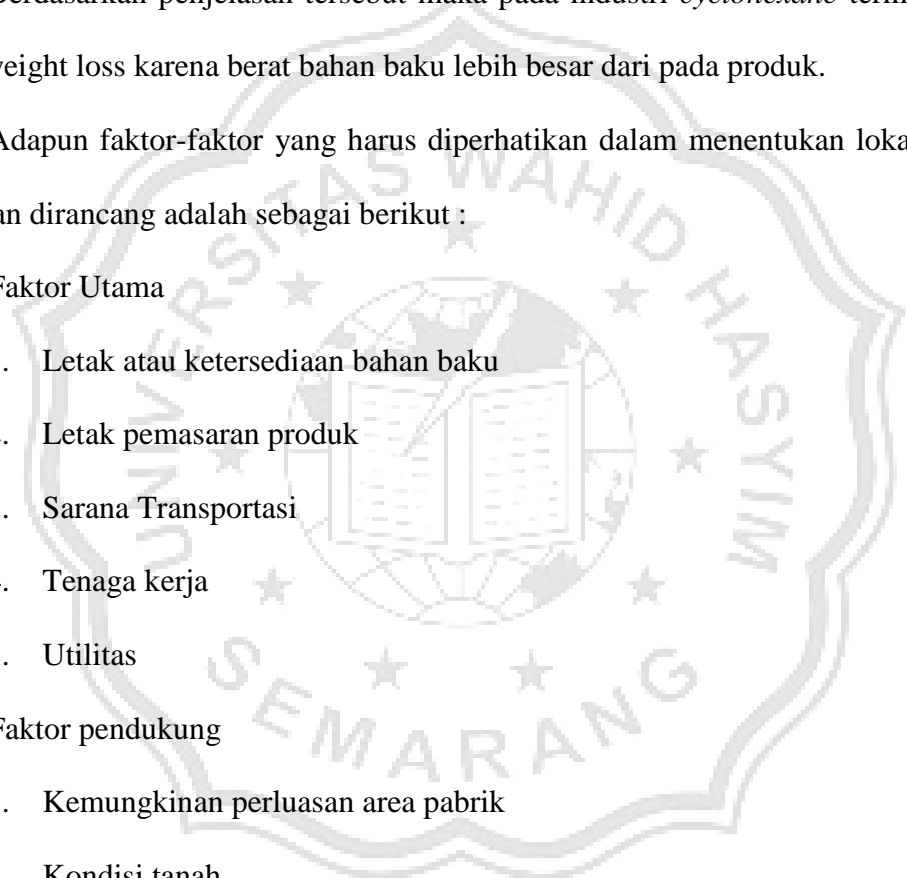
1.3. Lokasi

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu masalah pokok yang menunjang keberhasilan operasi suatu pabrik. Faktor dalam menentukan lokasi pabrik adalah dengan menganalisa tipe prosesnya, tipe *weight gain* atau *weight loss*. *Weight gain* bila produk bertambah berat, artinya bobot produk yang ditransport keluar pabrik lebih tinggi dibanding bobot bahan baku yang masuk pabrik. Proses tipe ini umumnya proses yang salah satu bahan bakunya diperoleh dari dalam atau sekitar pabrik seperti air ataupun udara. Karena produk yang ditransfer keluar bertambah berat, maka diupayakan lokasi pabrik dekat dengan konsumen agar biaya transportasinya bisa ditekan serendah mungkin dan mudah. *Weight loss* bila produk yang ditransport keluar pabrik untuk

dipasarkan lebih ringan dari pada bobot bahan baku yang harus ditransport masuk pabrik. Tipe proses seperti ini umumnya membuang produk samping yang nilai ekonominya rendah atau tidak ada sama sekali sebagai contoh air yang dibuang kesungai dan gas yang dapat dibuang di flare ke udara, karena bobot produknya lebih ringan dari bobot bahan bakunya, maka diupayakan lokasi pabrik mendekati sumber bahan baku agar transportasinya lebih murah dan mudah.

Berdasarkan penjelasan tersebut maka pada industri *cyclohexane* termasuk tipe proses weight loss karena berat bahan baku lebih besar dari pada produk.

Adapun faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan lokasi pabrik yang akan dirancang adalah sebagai berikut :

- 
- A. Faktor Utama
 1. Letak atau ketersediaan bahan baku
 2. Letak pemasaran produk
 3. Sarana Transportasi
 4. Tenaga kerja
 5. Utilitas
 - B. Faktor pendukung
 1. Kemungkinan perluasan area pabrik
 2. Kondisi tanah
 3. Peraturan daerah
 4. Keadaan masyarakat
 5. Ketersediaan air
 6. Terdapatnya fasilitas service
 7. Terdapatnya fasilitas perbelanjaan

8. Biaya dari tanah dan gedung
9. Perumahan yang ada dan fasilitas-fasilitasnya

Dengan memperhatikan hal tersebut di atas, maka perancangan Pabrik *cyclohexane* akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Banten karena dari analisa tipe prosesnya merupakan tipe *weight loss*.



Gambar 1.2 Lokasi Pendirian Pabrik *cyclohexane*

Adapun Pertimbangan lokasi pabrik ini, sebagai berikut:

1. Dekat dengan sumber bahan baku

Bahan baku memegang peranan penting dimana dalam proses produksi pabrik sangat bergantung pada ketersediaan bahan baku ini. Lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku akan lebih menguntungkan. Untuk bahan baku pembuatan *cyclohexane* yaitu Hidrogen dari PT. Air Liquide yang berlokasi di Cilegon, Benzena dari PT. Pertamina Cilacap dan katalis renay nickel dari Zibo Yinghe Chemical Co., dari China.

2. Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran Produk

Cyclohexane merupakan produk *intermediate* yang memiliki penggunaan cukup luas. *Cyclohexane* banyak digunakan untuk bahan baku pembuatan *adipic acid*

yang nantinya diproses menjadi *nylon 6.6*, *caprolactam* yang diproses menjadi *nylon 6*. Selain itu *cyclohexane* dapat digunakan sebagai *solvent*, bahan insektisida, dan *plasticizer*. Produk ditargetkan untuk dipasarkan baik di dalam negeri maupun diekspor ke luar negeri. Untuk kebutuhan di Indonesia akan dipasarkan antara lain ke PT. Elgoro Multi Pratama sebagai produsen *caprolactam*, PT. Graha Jaya Pratama Jakbar dan PT. Asahimas Chemical Cilegon sebagai produsen *plasticizer*, PT. Ria Indo Agri Cibubur dan PT. Avisa Mandiri Tangerang sebagai produsen insektisida. Untuk ekspor ditujukan ke wilayah Asia terutama negara China dan Thailand. Maka daerah Cilegon adalah daerah yang strategis untuk pendirian pabrik ini karena dekat dengan kota Jakarta sebagai pusat pemasarannya.

3. Sarana dan Transportasi

Sarana transportasi untuk penyediaan bahan baku dan pemasaran produk dapat dilakukan lewat jalur darat maupun jalur laut. Untuk jalur laut digunakan Pelabuhan Krakatau Steel Bandar Samudera Cigading, Banten yang jaraknya sekitar ± 10 km dari lokasi pabrik yang direncanakan.

4. Tenaga Kerja

Tenaga kerja dapat dipenuhi dengan mudah dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun dari luar lokasi pabrik, mengingat Pulau Jawa merupakan wilayah yang banyak terdapat lembaga pendidikan yang menghasilkan tenaga ahli. Kepadatan penduduk yang tinggi akan memudahkan pencarian tenaga bukan ahli.

5. Utilitas.

Dalam hal penyediaan air sudah tersedia di dalam kawasan Industri Cilegon, Banten yang diproduksi oleh PT Krakatau Tirta Industri. Sedangkan untuk kebutuhan energi listrik akan dipenuhi oleh PLN dan PLTU Suralaya.

6. Kondisi Tanah dan Daerah

Kondisi tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar dengan kondisi iklim yang relatif stabil sepanjang tahun sangat menguntungkan untuk pendirian pabrik ini.

7. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan faktor kepentingan pemerintah yang terkait di dalamnya. Kebijakan pengembangan industri berhubungan dengan kesempatan kerja serta hasil – hasilnya.

8. Keadaan masyarakat

Masyarakat yang membutuhkan lapangan pekerjaan tentunya akan mendukung pendirian pabrik.

9. Perumahan yang ada dan fasilitas-fasilitasnya

Fasilitas perumahan dan lainnya yang dibutuhkan oleh karyawan pabrik dapat dengan mudah diperoleh di daerah Cilegon

10. Terdapat fasilitas perbelanjaan dan service.

Daerah Cilegon dekat dengan pusat kota, sehingga fasilitas perbelanjaan tersedia. Daerah Cilegon juga dekat dengan service *industries* yang umumnya terletak di kota besar.

1.4. Tinjauan Pustaka

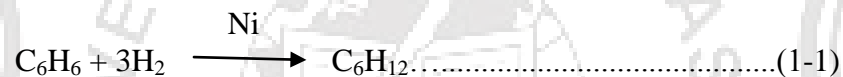
1.4.1. Macam – macam Proses Pembuatan *Cyclohexane*

Ada beberapa macam proses dalam pembuatan *cyclohexane*, yaitu:

1. Proses Hidrogenasi Benzena

Pada proses hidrogenasi bahan baku yang digunakan adalah benzena direaksikan dengan hidrogen untuk menghasilkan *cyclohexane* menggunakan jenis reaktor *fixed bed multitube*. Suhu reaksi antara 150°C - 250°C dengan tekanan antara 25-30 atm. Konversi sebesar 99,9 % terhadap benzena dan kemurnian sebesar 99,9 %. Katalis yang digunakan adalah Ni dengan penyangga (*support*) berupa alumunium (*US Patent 3622645* dan *Mc. Ketta 1982*).

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



2. Proses *Petroleum Fractionation*

Pada proses ini digunakan *crude oil* yang diolah terlebih dahulu dengan proses distilasi fraksinasi, *crude oil* pada proses distilasi fraksinasi dihasilkan parafin, olefin atau etilen, *naphthene*, dan *aromatic*. Dalam *aromatic* terdapat benzena, toluena, dan *naphthalene*, sedangkan yang akan digunakan adalah benzena sebagai bahan pembuatan *cyclohexane*. Produk benzena dipisahkan dari komponen lainnya dengan menggunakan kolom distilasi. Dengan penambahan gas hidrogen akan terbentuk produk *cyclohexane*. Kondisi operasi suhu 180 - 190°C, tekanan 5 atm dengan konversi benzena mencapai 85% (*Mc.Ketta, 1982*).

Untuk memperoleh *cyclohexane* dengan kemurnian 98% diperlukan proses yang lebih kompleks pada temperature 80,8°C dan tekanan 200-300 atm,

yang meliputi konversi *cyclohexane* menjadi benzene dan metylcyclopentane,. Kemudian didestilasi menjadi naphta, namun kandungan *cyclohexane* dikonversi menjadi benzena dan *metylcyclopentane* kemudian pemisahan campuran ini dan produk dari proses hidrogenasi selanjutnya diisomerasi kembali menjadi *cyclohexane*.

Tabel 1.4. Kelebihan dan Kelemahan Proses-proses Pembuatan *Cyclohexane*

Proses	Kelebihan	Kelemahan
1. Proses Hidrogenasi Benzene	<ul style="list-style-type: none"> • Proses lebih sederhana • Konversi reaksi benzena mencapai 99,9% • Efisiensi yang tinggi, adanya recycle H₂ • Kemurnian produk tinggi 	<p>Reaksinya memerlukan katalis sehingga diperlukan waktu regenerasi dan investasi lebih tinggi</p>
2. Proses Petroleum Fractionation	<ul style="list-style-type: none"> • Reaksinya tidak memerlukan katalis sehingga tidak diperlukan waktu regenerasi dan investasi lebih rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Konversi yang dihasilkan hanya 85 % • Proses kompleks, dimana prosesnya digunakan crude oil yang diolah terlebih dahulu dengan proses distilasi fraksinasi

Dari uraian macam-macam proses diatas, maka dipilih proses pembuatan *cyclohexane* dengan proses hidrogenasi benzene. Pertimbangan proses ini adalah US Patent 3622645.

- Konversi reaksi benzene mencapai 99,9 %
- Efisiensi yang tinggi, adanya *recycle* H₂

- Kemurnian produk tinggi
- Cocok untuk produksi dengan kapasitasa besar

1.4.2. Kegunaan Produk

Konsumen utama *cyclohexane* adalah industri asam adipat, selain itu *cyclohexane* juga digunakan untuk :

- Caprolactam*
- Solvent*
- Insektisida
- Plasticizer*

(www.Scholar.google.co.id)

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia

- **Bahan Baku**

1. Benzena (Mc. Ketta, 1982)

- a. Sifat Fisis

Rumus Molekul = C_6H_6

Berat molekul, (g/mol) = 78,114

Titik beku, (pada 1 atm), [°C] = 5,531

Titik didih (pada 1 atm), [°C] = 80,094

Densitas (pada 25°C), [g/cm³] = 0,8736

Tekanan kritis, (atm) = 48,33

Temperatur kritis, (°C) = 288,95

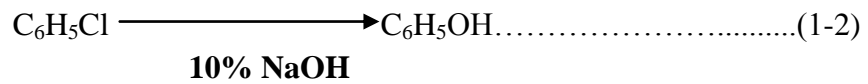
Viskositas (Cp)(20⁰C) = 0,646

- b. Sifat Kimia (Kirk and Othmer, 1998)

Ada tiga (3) tipe reaksi benzena yang terpenting yaitu :

i. Reaksi substitusi

Reaksi substitusi benzena biasanya terjadi pada cincin aromatik benzena. Contoh reaksi substitusi yaitu pada konversi klorobenzena menjadi fenol dengan bantuan NaOH pada 400°C.



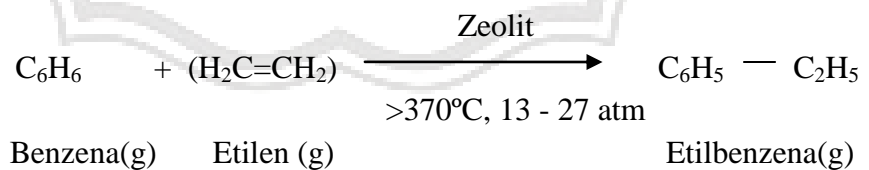
ii. Oksidasi

Reaksi yang paling penting adalah oksidasi katalitik Benzena menjadi *maleic anhidrid*. Sedangkan oksidasi pada fase gas menjadi fenol pada suhu 450-800 °C tanpa adanya katalis.

iii. Alkilasi

Beberapa reaksi alkilasi benzena yang dijumpai dalam industri kimia diantaranya:

- 1) Reaksi alkilasi benzena dengan propilena membentuk *cumene* baik pada fase gas maupun cair dengan menggunakan katalis BF₃ ataupun AlCl₃.
- 2) Reaksi alkilasi benzena dengan etilena membentuk etilbenzena yang berlangsung pada suhu diatas 370°C dengan adanya katalis zeolit.



2. Hidrogen

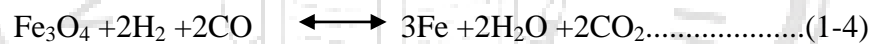
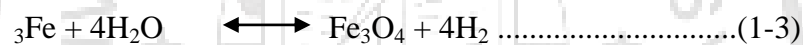
a. Sifat Fisis (Perry, 2008)

Rumus Molekul	= H ₂
Berat molekul, (g/mol)	= 2,01
Titik lebur, (pada 1 atm), [°C]	= -259,1
Titik didih (pada 1 atm), [°C]	= -252,55
<i>Spesific gravity</i> (pada 20°C)	= 0,069

b. Sifat kimia (Kirk and Othmer, 1998)

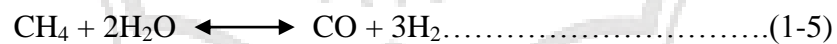
1. Proses *steam-iron*

Reaksi antara *steam* dengan besi pada suhu 1600°F menghasilkan hidrogen dan oksida besi yang kemudian direaksikan dengan gas karbon monoksida untuk mendapatkan besi kembali.

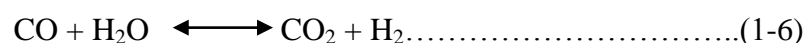


2. *Steam methane reforming*

Gas alam bebas sulfur direaksikan dengan uap air dengan bantuan katalis nikel pada suhu 1400-1700°F dan tekanan 200-600 lb/in².gauge.



3. Gas sintesis yang dihasilkan dalam pembakaran hidrokarbon, direaksikan dengan steam untuk mengkonversi karbon monoksida menjadi karbon dioksida dan hidrogen.



- **Produk**

1. *Cyclohexane*

- a. Sifat fisis (Mc.Ketta, 1982)

Rumus Molekul	= C ₆ H ₁₂
Berat molekul, (g/mol)	= 84,156
Titik beku, (pada 1 atm), [°C]	= 6,55
Titik didih (pada 1 atm), [°C]	= 80,74
Tekanan kritis, (atm)	= 0,12
Temperatur kritis, (°C)	= 281

- b. Sifat kimia (Ullman, 1988)

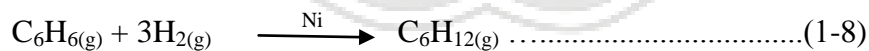
Oxidation

Oksidasi fase cair dengan udara menggunakan katalis *cobalt* atau asam borak menghasilkan *cyclohexanol* dan *cyclohexanone*.



1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Dalam pembentukan *cyclohexane* dengan proses hidrogenasi, terjadi reaksi sebagai berikut:



Benzena bersama-sama dengan hidrogen diumpankan ke dalam Reaktor *fixed bed multitube* dalam fase gas. Proses ini terjadi pada suhu yang tinggi yaitu 204⁰C dengan tekanan 30 atm. Suhu reaktor harus dipertahankan dalam batas yang telah ditetapkan hal ini untuk menghindari *thermal cracking*, reaksi samping yang lain dan tetapan kesetimbangan yang tidak diinginkan yang dapat membatasi konversi benzena.

Pada proses ini digunakan katalis nickel (*support* alumunium) karena reaksi berlangsung pada suhu tinggi. Namun, katalis ini mudah teracuni oleh sulfur sehingga komponen sulfur di dalam umpan benzena dan hidrogen harus dijaga dibawah 1 ppm.

Benzena dan hidrogen dalam fase gas direaksikan dengan perbandingan 1 : 3,5 mol untuk menghasilkan 1 mol *cyclohexane* dengan tekanan 30 atm. Reaksi yang terjadi eksotermis sehingga perlu adanya pendinginan untuk menjaga kondisi operasi.

Pemisahan fasa gas dan cair dari produk reaktor setelah melalui *condensor parcial* (CP) dilakukan dengan separator, terutama untuk pemisahan gas hidrogen yang tidak bereaksi untuk di-*recycle* ke reaktor. Konversi yang diperoleh dari reaktor minimal sebesar 99,9% (*US Patent 3622645*).

