



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Teknologi di bidang industri kimia telah berkembang pesat di negara-negara maju seperti di Amerika, Eropa dan Asia Timur. Indonesia sebagai negara berkembang diharapkan mampu bersaing seiring dengan dimulainya pasar bebas. Tantangan bagi Indonesia yaitu untuk meningkatkan perekonomian bangsa dengan menciptakan suatu industri yang kompetitif. Salah satu jenis industri yang layak dikembangkan di Indonesia adalah industri isobutilena. Selama ini kebutuhan isobutilena dan produk turunannya masih di impor dari luar negeri. Hal tersebut dapat mengurangi devisa negara.

Industri penghasil isobutilena di Indonesia adalah Pertamina dan PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk. Produksi isobutilena dari kedua industri tersebut digunakan sebagai bahan baku pembuatan MTBE, ETBE dan *di-isobutylene* (DIB). Salah satu produk turunan isobutilena yang diimpor oleh Indonesia adalah *isobutylene isoprene rubber* (IIR). Jenis karet sintetik tersebut dibutuhkan dalam pembuatan ban kendaraan dan produk *rubber* lainnya.

Isobutilena digunakan sebagai bahan baku oksigenasi MTBE dan ETBE, kedua senyawa tersebut bermanfaat untuk meningkatkan angka oktan bahan bakar. Kebutuhan akan isobutilena pada tahun 2013-2018 sebagai bahan baku MTBE di United States meningkat 1,6% per tahun, di kawasan Eropa Barat diperkirakan akan meningkat 1-1,5% per tahun, di Jepang diperkirakan terjadi peningkatan kebutuhan isobutilena sebesar 2% per tahun, dan di Cina kebutuhan akan isobutilena dengan kemurnian tinggi meningkat 8-10% untuk bahan baku industri *butyl rubber* (www.ihs.com).

Dengan berkembangnya industri kimia di Indonesia dapat diperkirakan bahwa permintaan isobutilena pada tahun mendatang akan meningkat. Oleh karena itu, pabrik isobutilena perlu didirikan di Indonesia dengan pertimbangan sebagai berikut:



- Dapat mengurangi jumlah impor isobutilena sehingga pemakaian devisa negara dapat dikurangi dan jika memungkinkan isobutilena dapat di ekspor agar devisa bertambah.
- Menciptakan lapangan kerja baru bagi penduduk di sekitar wilayah industri yang berusia produktif.
- Untuk memacu berdirinya industri kimia yang berbahan dasar isobutilena di Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik

Terdapat beberapa pertimbangan dalam menentukan kapasitas pabrik isobutilena yang akan didirikan.

- Kebutuhan isobutilena di dalam negeri

Tabel 1.1 Kebutuhan isobutilena di Indonesia

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2009	22.984
2010	24.500
2011	21.903
2012	29.200
2013	28.553
2014	32.120

(Badan Pusat Statistik, 2014)

- Kapasitas pabrik yang sudah berdiri

Isobutilena merupakan *intermediate product* yang memiliki peranan penting di berbagai industri kimia. Menurut Ulman (1989), karena permintaan isobutilena semakin meningkat maka sejak tahun 1960 pembuatan isobutilena mulai dikomersialkan. Awalnya isobutilena dibuat dengan proses dehidrogenasi dari isobutana yang disebut dengan proses Coastal. Pabrik isobutilena pertama kali didirikan di Cerpus Christi, Texas dengan kapasitas 150.000 ton/tahun (Kirk and Othmer, 1968).

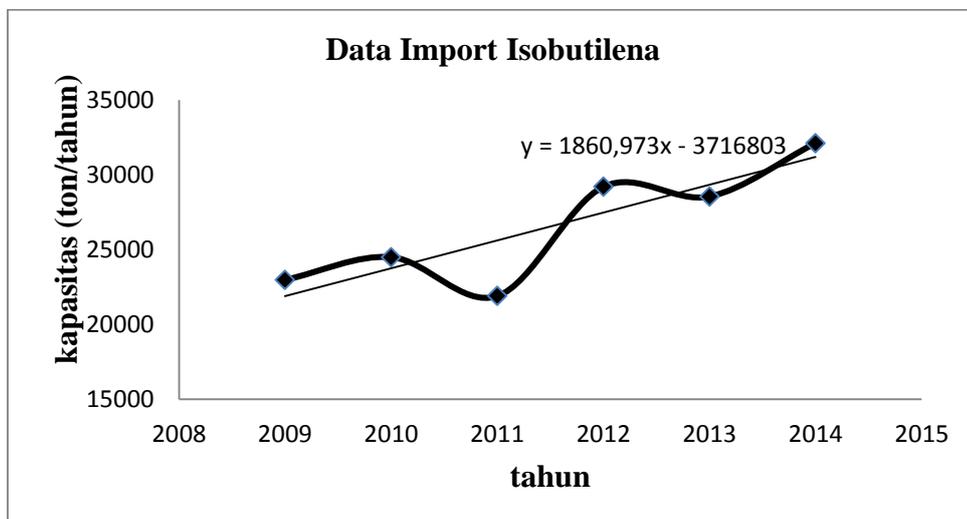
Berikut beberapa industri isobutilena yang tersebar di wilayah Amerika, Eropa, Korea, India dan Cina.



Tabel 1.2 Kapasitas industri isobutilena yang telah berdiri tahun 2014

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
TPC Group, Amerika Utara	292.500
Songwan Industrial Co., Korea Selatan	40.000
Enterprise Product Partners, United States	136.000
Evonik, Jerman	110.000
Texas Olefins Co., Texas	76.200
Vinati Organics, India	12.000
BASF, Cina	60.000
Shandong Chengtai Chemical Industry, Cina	114.000
Zibo Qixiang Tengda Chemical Co., Ltd., Cina	30.000
LyondellBasell	167.000

Kapasitas pabrik isobutilena yang telah beroperasi memiliki kisaran terendah yaitu 12.000 ton/tahun di India dan kisaran tertinggi terletak di Amerika Utara dengan kapasitas 292.500 ton/tahun. Data tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan kapasitas pabrik isobutilena yang akan dirancang.



Gambar 1.1. Kebutuhan isobutilena di Indonesia per tahun

Berdasarkan data impor isobutilena di Indonesia yang terdapat pada tabel 1.1. dapat dibuat grafik linieritas mengenai kapasitas atau kebutuhan isobutilena terhadap tahun. Dari grafik didapatkan regresi linier dengan persamaan $y = 1860,973x - 3716803$. Pabrik isobutilena direncanakan akan dibangun pada tahun 2015 dan beroperasi pada tahun 2019. Perkiraan kebutuhan isobutilena pada



tahun 2019 yaitu sebesar 40.500 ton. Pemilihan kapasitas pabrik isobutilena yang direncanakan beroperasi pada tahun 2019 adalah 15.000 ton/tahun, guna untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan diekspor jika memungkinkan.

1.3 Lokasi Pabrik

Dalam menentukan lokasi suatu pabrik perlu adanya pertimbangan mengenai beberapa hal yang akan mempengaruhi kelangsungan dan kesuksesan pabrik tersebut. Pabrik isobutilena ini direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Tuban yang terletak di Jawa Timur. Adapun pertimbangan pemilihan lokasi pabrik antara lain:

1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama untuk kelangsungan produksi. Oleh karena itu, perlu diperhatikan mengenai pengadaan bahan baku pada suatu pabrik kimia. Pabrik isobutilena menggunakan bahan baku tersier butil alkohol (TBA) dan katalis *styrene-divinylbenzene copolymer* dengan gugus *sulfonic acid*. Belum adanya pabrik penghasil bahan baku tersebut yang berdiri di Indonesia, maka kebutuhan bahan baku dipenuhi secara impor dari Cina. Tersier butil alkohol diperoleh dari Zibo E Yuan Import & Export Co., Ltd., dengan kapasitas 7.200 ton/tahun, sedangkan katalis *styrene-divinylbenzene copolymer* diperoleh dari Jiangyin Jiarong Chemical Co., Ltd.

1.3.2 Pemasaran Produk

Pabrik isobutilena didirikan untuk memenuhi kebutuhan pabrik dalam negeri yang mengolah isobutilena menjadi produk turunannya. Target pemasaran isobutilena antara lain yaitu pabrik yang memproduksi ban kendaraan bermotor dan pabrik petrokimia. Pabrik-pabrik yang menjadi sasaran penjualan banyak terdapat di wilayah Provinsi Jawa Timur khususnya di Surabaya, Gresik dan Sidoarjo. Namun, tidak menutup kemungkinan jika produk dipasarkan ke seluruh wilayah Indonesia bahkan luar negeri.



1.3.3 Sarana Transportasi

Sarana transportasi sangat menunjang dalam hal pemenuhan bahan baku dan penjualan produk. Pemilihan lokasi pabrik di Kawasan Industri Tuban mempunyai letak yang strategis. Tuban terletak di jalur pantura, berada di pertengahan antara Ibukota Provinsi Jawa Timur dengan Jawa Tengah. Untuk sarana transportasi laut, terdapat pelabuhan di kawasan *Java Integrated Industrial and Port Estate (JIPE)* di Gresik yang dibangun untuk mengurangi kepadatan bongkar-muat barang di pelabuhan Tanjung Perak, sedangkan untuk sarana transportasi udara dapat ditempuh melalui bandara Juanda. Dengan tersedianya sarana transportasi yang memadai, diharapkan kegiatan produksi pabrik dapat berjalan lancar.

1.3.4 Utilitas

Utilitas sangat mempengaruhi keberlangsungan suatu industri. Setiap industri membutuhkan air, bahan bakar dan energi listrik. Penentuan lokasi pabrik di wilayah Tuban memadai dari segi utilitas. Untuk kebutuhan air dapat diperoleh dari aliran sungai Bengawan Solo. Kebutuhan listrik dipenuhi oleh PLN dan generator cadangan jika terjadi pemadaman oleh PLN.

1.3.5 Tenaga Kerja

Suatu pabrik membutuhkan tenaga kerja untuk menunjang kegiatan produksi. Tenaga kerja yang dibutuhkan yaitu sumber daya manusia yang produktif dan kompeten di bidangnya masing-masing. Latar belakang pendidikan yang dibutuhkan yaitu lulusan dari strata 1, diploma 3 maupun SMA/SMK sederajat. Di wilayah Tuban, Jawa Timur merupakan provinsi padat penduduk sehingga tidak akan mengalami kendala dalam pemenuhan tenaga kerja.

1.3.6 Karakteristik Lokasi

Pertimbangan untuk pemilihan lokasi didirikannya pabrik berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik di masa depan. Luas lahan yang tersedia di suatu wilayah tersebut sebaiknya masih memungkinkan untuk perluasan area pabrik. Pemilihan lokasi biasanya ditujukan pada kawasan yang telah dipetakan oleh pemerintah untuk digunakan sebagai area industri agar kegiatan industri dapat terpusat di suatu wilayah tertentu.



1.3.7 Kebijakan Pemerintah

Dalam rangka mendirikan suatu pabrik perlu diperhatikan mengenai kebijakan pemerintah di lokasi tersebut. Kebijakan tentang pendirian dan pengembangan industri di suatu wilayah berhubungan dengan kesempatan kerja yang diberikan bagi penduduk lokal daerah tersebut, juga hasil dari pendirian pabrik dapat meningkatkan pendapatan daerah. Oleh karena itu, dipertimbangkan pemilihan lokasi dengan kebijakan yang mendukung untuk pengembangan suatu industri di kawasan tertentu.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam proses pembuatan isobutilena

Terdapat beberapa macam proses yang digunakan untuk menghasilkan isobutilena. Proses-proses tersebut antara lain :

- Proses dehidrogenasi isobutana

Proses pembuatan isobutilena dengan metode ini menggunakan bahan baku isobutana. Isobutana didehidrogenasi pada suhu 400-700°C dan tekanan 2-10 atm. Reaksi dehidrogenasi ini berlangsung secara endotermis dalam fase gas, dimana isobutana dikontakkan dengan *steam* dan katalis Pt-Nd pada *zinc aluminate* sehingga menghasilkan isobutilena, hidrogen, steam dan isobutana yang tidak bereaksi. Bahan baku yang tidak bereaksi dikembalikan ke reaktor sebagai *recycle*. Konversi isobutana menjadi produk sekitar 45-55% dan selektivitas 85% isobutilena. Jika umpan *recycle* masih mengandung isobutilena, maka dapat menyebabkan terjadinya isomerisasi isobutilena menjadi n-butena.

(Khobiar and Kinnelon, 1988)

- Proses dehidrasi tersier butil alkohol (TBA)

Proses ini menggunakan bahan baku tersier butil alkohol yang bereaksi dalam fase cair. Reaksi dehidrasi berlangsung pada suhu sekitar 50-200°C dan tekanan antara 1,34-18 atm. Untuk mereaksikan tersier butil alkohol menjadi isobutilena digunakan jenis katalis *sulfonic acid cation exchange*. Katalis dapat berwujud cair (asam sulfat) atau padatan (*Styrene-Divinylbenzene*). Untuk mengurangi inhibisi reaksi oleh air, maka



digunakan katalis padat. Konversi tersier butil alkohol menjadi isobutilena dan air yaitu 73,63%. Untuk menghasilkan isobutilena dengan kemurnian tinggi sekitar > 99% dilakukan dengan distilasi, sedangkan bahan baku yang tidak bereaksi dikembalikan ke reaktor sebagai *recycle*.

(Gupta and Vijai, 1996)

- Proses *cracking* MTBE

Pembuatan isobutilena pada proses ini berlangsung secara endotermis, menggunakan bahan baku MTBE dengan kemurnian 95-97% dan katalis kation dengan gugus *sulfonic acid*.. Proses ini menggunakan 2 reaktor fixed bed. Proses berlangsung dengan *liquid hourly space velocity* (LHSV) sebesar 7-35, suhu reaksi 90-160°C dan tekanan 0,5-4 atm.

Reaktor pertama berfungsi untuk mereaksikan metanol dan campuran butilena menjadi MTBE, kemudian sebagian MTBE yang masih mengandung impuritas isobutilena, metanol dan hidrokarbon fraksi berat, divaporisasi sebagai umpan untuk reaktor kedua. Pada reaktor kedua berlangsung reaksi disosiasi untuk memisahkan MTBE dengan isobutilena, sehingga MTBE dapat *direcycle* ke reaktor pertama. Untuk memisahkan isobutilena dari impuritas metanol dilakukan menggunakan *wash kolom* dimana campuran tersebut dikontakkan dengan air, sehingga akan dihasilkan isobutilena dengan kemurnian tinggi. Konversi dari MTBE menjadi produk yaitu 60-80% dan selektivitasnya 90% mol isobutilena.

(Keyword and McFarland, 1986)



Dari uraian proses di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tabel 1.3. Seleksi proses pembuatan isobutilena

No	Kriteria	Macam Proses		
		Dehidrogenasi	Dehidrasi	Cracking
		Isobutana	TBA	MTBE
1.	Bahan baku	Mahal	relatif murah	Mahal
2.	Reaksi	Endotermis	Endotermis	Endotermis
3.	Kondisi operasi :			
	Suhu (°C)	400-700	50-200	90-160
	Tekanan (atm)	2-10	1,34-18	0,5-4
4.	Konversi (%)	45-55	73,63	60-80
5.	Proses	Rumit	Sederhana	Rumit

Beberapa proses pembuatan isobutilena telah dibandingkan diatas, yang bertujuan untuk seleksi proses. Pada prarancangan pabrik isobutilena ini dipilih proses dehidrasi tersier butil alkohol dengan alasan bahan baku lebih murah, konversi bahan baku menjadi produk relatif tinggi dan prosesnya tidak rumit.

1.4.2 Kegunaan Produk

Isobutilena berfungsi sebagai *intermediate product* yang digunakan untuk bahan baku produksi bagi industri kimia lainnya. Isobutilena merupakan bahan baku untuk pembuatan MTBE dan ETBE jika direaksikan dengan metanol dan etanol. Dengan reaksi alkilasi antara isobutilena dengan butana akan menghasilkan iso-oktana yang merupakan zat aditif bahan bakar. Polimerisasi isobutilena akan menghasilkan *butyl rubber* sebagai karet sintetis untuk pembuatan ban kendaraan bermotor. Senyawa ini juga dapat digunakan untuk pembuatan antioksidan bersama phenol melalui reaksi alkilasi Friedel-Craft yang menghasilkan *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan *butylated hydroxyanisole* (BHA).



1.4.3 Sifat bahan baku utama

A. Tersier butil alkohol (TBA)

Sifat fisik :

- Rumus molekul : C₄H₁₀O
- Berat molekul : 74,123
- Fase : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik didih (°C) : 82,5
- Titik leleh (°C) : 25,5
- Suhu kritis (°C) : 233,2
- Tekanan kritis (atm) : 39,2
- Densitas cair (kg/m³) : 786,7
- Viskositas (cP) : 1,77 (25°C)
- *Specific gravity* : 0,779
- Titik nyala (°C) : 11,11

(Reid *et al*, 1991)

Sifat kimia :

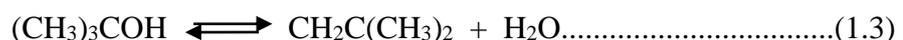
- TBA bereaksi dengan logam alkali akan membentuk garam alkali oksida. Jika TBA bereaksi dengan natrium maka akan terbentuk natrium oksida.



- TBA direaksikan dengan halogen halida akan membentuk senyawa alkil halida.



- TBA dapat mengalami reaksi dehidrasi membentuk isobutilena dan air dengan menggunakan katalis *sulfonic acid cation exchange*.



(Kirk and Othmer, 1968)



1.4.4 Sifat produk

A. Isobutilena

Sifat fisik :

- Rumus molekul : C₄H₈
- Berat molekul : 56,108
- Fase : gas (1 atm)
- Warna : tidak berwarna
- Titik leleh (°C) : -140,36
- Titik didih (°C) : -6,9
- Suhu kritis (°C) : 144,76
- Tekanan kritis (Mpa) : 4
- Viskositas (cp) : 0,00816 (25°C)
- Densitas (mol/L) : 10,49 (25°C)

(Kirk and Othmer, 1968)

Sifat kimia :

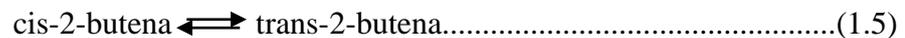
- Reaksi hidrasi isobutilena menjadi tersier butil alkohol dengan katalis asam sulfat 45% pada kondisi tekanan vakum (< 1 atm) dan suhu 49-127°C.



- Reaksi etherifikasi antara isobutilena dengan metanol yang menghasilkan metil tersier butil eter (MTBE).



- Reaksi isomerisasi terjadi pada suhu 450°C dengan katalis asam Lewis, Bronsted, oksida logam dan zeolit.



- Reaksi polimerisasi *high purity isobutylene* menjadi *polyisobutylene* yang terjadi pada suhu -10 dan -100°C.





- Reaksi oligomerisasi isobutilena membentuk dimer atau trimer dengan mengekstraksi isobutilena dari campuran butena menggunakan katalis asam sulfat 65-70% pada suhu 100°C (cold acid process). Oligomer dari isobutilena misalnya 2,2,4-trimethylpentenes.

(Ullman, 1989)

B. Air

Sifat fisik :

- Rumus molekul : H₂O
- Berat molekul : 18,015
- Fase : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik beku (°C) : 0
- Titik didih (°C) : 100
- Suhu kritis (°C) : 374,15
- Tekanan kritis (bar) : 220,5
- Densitas cair (kg/m³) : 998 (25°C)
- Viskositas (cp) : 0,8278 (25°C)

(Coulson and Richarson, 1999)

Sifat kimia :

- Air bereaksi dengan karbon membentuk karbon mono-oksida
$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \dots \dots \dots (1.9)$$
- Air bereaksi dengan asam sulfit membentuk asam sulfat
$$H_2SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + H_2 \dots \dots \dots (1.10)$$
- Reaksi hidrolisis air dengan oksida asetat dapat membentuk asam asetat.
$$CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow CH_3COOH_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \dots \dots \dots (1.11)$$



1.4.5 Sifat Bahan Pendukung

A. Styrene-Divinylbenzene

Sifat Fisik :

- Rumus molekul : $[\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)]_x[\text{CH}_2\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_4(\text{CHCH}_2))]_y$
- Berat molekul : 130,08
- Fase : padatan
- Warna : abu-abu
- Viskositas (cp) : 0,883 (25°C)
- *Surface tension* : 30,55
- Densitas (kg/m³) : 0,8979 (20°C)
- Titik didih (°C) : 180
- Suhu kritis (°C) : 348
- Tekanan kritis (Mpa) : 2,45
- Kelarutan (%) : 0,0065(25°C)

(Kirk and Othmer, 1968)

1.4.6 Tinjauan Proses Secara Umum

Isobutilena diproduksi melalui reaksi dehidrasi dengan bahan baku TBA. Reaksi dehidrasi merupakan pelepasan H₂O dari molekul yang bereaksi yaitu TBA. Pada reaksi ini digunakan katalis padat *styrene-divinylbenzene cation exchange* untuk mempercepat laju reaksi. Volume katalis yang dibutuhkan yaitu 0,1 kali dari volume reaktor. Reaksi ini bersifat endotermis, maka diberikan pemanasan melalui sistem jaket pemanas. Kondisi operasi reaktor dirancang secara isotermis pada suhu 92,781°C dan tekanan 5 atm. Isobutilena yang dihasilkan berwujud gas dan menjadi keluaran atas reaktor yang kemudian diumpankan ke menara distilasi 1 (D-120). Di dalam menara distilasi 1 (D-120), isobutilena dipisahkan dari impuritas yang terdiri dari tersier butil alkohol dan air, sehingga dihasilkan produk dengan kemurnian 99,99%. Bahan baku yang tidak bereaksi menjadi keluaran bawah reaktor, kemudian diumpankan ke menara distilasi 2 (D-130) untuk dipisahkan dari impuritasnya yaitu air agar dapat *direcycle* menjadi umpan reaktor kembali. Campuran air,



sedikit TBA dan isobutilena yang merupakan produk bawah dari menara distilasi 1 (D-120) dan menara distilasi 2 (D-130) dibuang sebagai limbah cair, selanjutnya akan mengalami pengolahan di unit pengolahan limbah.