BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Etil asetat merupakan cairan tidak berwarna yang mempunyai berat molekul 88,10 g/mol. Etil asetat mudah larut dalam air dan pelarut organik, seperti alkohol, aseton, eter dan kloroform (Dutia, 2004).

Kegunaan etil asetat antara lain sebagai pelarut organik dalam industri pembuatan tinta, pembuatan resin dan *adhesive agents* (Chien *et al*., 2005). Selain itu, menurut Dutia (2004), etil asetat dapat digunakan sebagai pelarut dalam ekstraksi produk farmasi dan makanan (Konakom *et al*., 2010).

Kebutuhan etil asetat di Indonesia meningkat sebesar 16,67% per tahun (Badan Pusat Statistik, 2005-2012). Namun, produsen etil asetat di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan etil asetat di dalam negeri sehingga Indonesia masih membutuhkan impor dari luar negeri.

Pemerintah juga membuka kesempatan pendirian industri etil asetat di Indonesia. Hal ini terlihat dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 28 tahun 2008 tentang kebijakan industri nasional yang mendukung pengembangan industri nasional.

Adanya pertimbangan-pertimbangan tersebut mendorong pendirian pabrik etil asetat di Indonesia dengan alasan sebagai berikut:

a. Pendirian pabrik etil asetat dapat memenuhi kekurangan kebutuhan etil asetat dalam negeri
b. Membuka lapangan kerja baru, sehingga menurunkan tingkat pengangguran
c. Mendukung usaha pemerintah dalam pengembangan industri kimia yang menggunakan etil asetat sebagai bahan baku
d. Menghemat devisa negara, karena mengurangi beban impor.

1.2 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Prediksi kapasitas prarancangan suatu pabrik didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu ketersediaan bahan baku, kebutuhan produk masa datang serta kapasitas minimum pabrik yang sudah ada.

1.2.1. Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan proses suatu pabrik. Bahan baku pembuatan etil asetat terdiri dari etanol dan asam asetat dengan katalis asam sulfat. Etanol diperoleh dari PT Molindo Raya Industrial di Malang dengan kapasitas produksi 50.000 kL/tahun, dan PT Eterindo Wahanatama di Gresik dengan kapasitas 66.000 kL/tahun (Setiawan, 2011), asam asetat diperoleh dari PT Indo Acidatama Tbk (Solo) dengan kapasitas produksi 33.000 ton/tahun (PT Indo Acidatama, 2009) dan PT Showa Esterindo (Cilegon), serta asam sulfat dari PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas produksi 550.000 ton/tahun (PT Petrokimia Gresik, 2011).

1.2.2 Kebutuhan produk masa datang

Setiap tahun, kebutuhan etil asetat di Indonesia mengalami naik turun. **Tabel 1.1** menunjukkan jumlah impor etil asetat.

Tabel 1.1. Impor etil asetat di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2005-2012)

Tahun	Etil asetat (ton)
2005	9.677,926
2006	12.402,308
2007	11.988,311
2008	14.278,380
2009	7.936,195
2010	10.054,766
2011	17.171,801
2012	25.502,218

1.2.3 Kapasitas minimum pabrik yang sudah ada

Di Indonesia, etil asetat diproduksi oleh PT Indo Acidatama Tbk dengan kapasitas 7.500 ton per tahun (PT Indo Acidatama, 2009) dan PT Showa Esterindo Indonesia yang memproduksi etil asetat sebesar 60.000 ton per tahun (Dwi, 2009). Untuk kapasitas pabrik etil asetat di dunia yang telah berdiri dapat dilihat pada **Tabel 1.2**.

Tabel 1.2. Kapasitas produksi etil asetat di berbagai negara (Dutia, 2004)

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Aliachem	Pardubice, Czech Republic	12.000
Atanor	Buenos Aires, Argentina	10.000
BP Chemicals	Hull, UK	220.000
Celanese	La Cangrejera, Mexico	92.000
	Pulau Sakra, Singapura	60.000
Chiba Ethyl Acetate	Ichihara, Jepang	50.000
Eastman	Kingsport, Tennessee, US	27.000
	Longview, Texas, US	32.000
Ercros	Tarragona, Spain	60.000
International Ester	Ulsan, Korea Selatan	75.000
Jubilant Organosys	Gajraula *and* Nira, India	32.000
Korea Alcohol Industrial	Ulsan, Korea Selatan	25.000
Kyowa Hakko Kogyo	Yokkaichi, Jepang	40.000
Laxmi Organic Industries	Mahad, India	35.000
Rhodia Brasil	Paulinia, Brazil	100.000
Sasol	Secunda, Afrika Selatan	50.000
Sh*and*ong Jinyimeng Chemical	Shandong, Cina	80.000
Shanghai Jinyimeng Chemical	Wujing, Cina	30.000
Showa Esterindo Indonesia	Merak, Indonesia	60.000

Dengan melihat kapasitas pabrik etil asetat yang sudah berdiri di Indonesia mencapai kurang lebih 67.500 ton per tahun, maka dalam rangka mencukupi kebutuhan dalam negeri dan kebutuhan ekspor, pabrik etil asetat dirancang dengan kapasitas produksi 45.000 ton per tahun.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik. Lokasi pabrik harus dapat memberikan keuntungan jangka panjang dan menjamin kelangsungan pabrik untuk terus beroperasi. Kawasan industri Gresik, Jawa Timur dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik berdasarkan pertimbangan beberapa faktor, yaitu (Peters and Timmerhaus, 1991):

a. Lokasi sumber bahan baku
b. Pemasaran produk
c. Transportasi
d. Utilitas
e. Tenaga kerja
f. Ketersediaan lahan yang memadai
g. Iklim
h. Komunikasi
i. Kebijakan pemerintah
j. Kondisi tanah dan daerah

1.3.1. Lokasi sumber bahan baku

Lokasi sumber bahan baku merupakan hal yang paling utama dalam pengoperasian suatu pabrik. Bahan baku asam asetat diperoleh dari PT Indo Acidatama Tbk (Solo) dan PT Showa Esterindo (Serang), etanol diperoleh dari PT Molindo Raya (Malang) dan PT Eterindo Wahanatama (Gresik), dan asam sulfat diperoleh dari PT Petrokimia (Gresik). Pendirian rancangan pabrik ini dipilih letaknya jauh dari PT Indo Acidatama untuk menghindari daya saing karena perusahaan tersebut juga memproduksi etil asetat.

1.3.2 Pemasaran produk

Pemilihan lokasi pendirian pabrik di Gresik diharapkan dapat mempermudah pemasaran untuk industri dalam negeri maupun luar negeri, karena kota Gresik dilalui jalur Pantura yang menghubungkan Gresik-Surabaya. Jawa Timur juga memiliki banyak industri yang memerlukan etil asetat seperti pabrik kertas

(PT Kertas Leces *Integrated Pulp and Mill* di Purbolinggo dan Surabaya), industri pembuatan tinta cetak, tiner, dan cat (PT Warnatama Cemerlang di Gresik, Jawa Timur) serta industri lem perekat (perusahaan Meddha Sidha di Surabaya). Selain itu, pendirian pabrik etil asetat di Gresik, Jawa Timur dapat mendorong pendirian industri-industri lain yang memerlukan etil asetat sebagai bahan baku.

1.3.3 Transportasi

Ketersediaan transportasi sangat mendukung distribusi produk dan bahan baku baik melalui laut maupun darat. Daerah yang dijadikan sebagai lokasi pabrik harus mempunyai fasilitas trasnportasi yang memadai dan biaya transportasi dapat ditekan sekecil mungkin. Daerah Gresik cukup ideal untuk transportasi laut ataupun darat. Hal ini dikarenakan Gresik dekat dengan Surabaya yang mempunyai fasilitas transportasi lengkap (jalur kereta api, jalan darat, bandara, dan pelabuhan) sehingga sangat memadai untuk pemasaran di luar pulau maupun untuk ekspor.

1.3.4 Utilitas

Lokasi pendirian pabrik hendaknya dekat dengan sumber air dan sumber bahan bakar untuk mendukung penyedian air, pengadaan bahan bakar dan listrik. Kebutuhan air diperoleh dari sungai Bengawan Solo yang melintas di Kabupaten Gresik, sedangkan kebutuhan listrik diperoleh dari Perusahaan Listrik Negara.

1.3.5 Tenaga kerja dan tenaga ahli

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi dengan kepadatan penduduk yang tinggi di Indonesia, sehingga masalah penyediaan tenaga kerja mulai dari tenaga kasar sampai tenaga ahli diharapkan mudah terpenuhi.

1.3.6 Ketersediaan lahan yang memadai

Pabrik yang didirikan harus jauh dari pemukiman penduduk dan tidak mengurangi lahan produktif pertanian agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Selain itu, hendaknya dipilih lokasi pabrik yang masih memungkinkan untuk pengembangan area pabrik. Hal ini berkaitan dengan kemungkinan pengembangan pabrik masa depan.

1.3.7 Iklim

Iklim yang terlalu panas mengakibatkan diperlukannya peralatan pendingin yang lebih banyak, sedangkan iklim yang terlalu dingin atau lembab mengakibatkan bertambahnya biaya konstruksi pabrik karena diperlukan perlindungan khusus pada alat-alat proses. Daerah Gresik merupakan daerah tropis basah sehingga memiliki iklim yang kering dengan curah hujan yang lebih sedikit sehingga pabrik layak didirikan di daerah ini.

1.3.8 Komunikasi

Komunikasi merupakan faktor yang penting untuk kemajuan suatu industri. Di daerah Jawa Timur khususnya di kawasan industri Gresik, fasilitas komunikasi sudah sangat lengkap dan memadai.

1.3.9 Kebijakan pemerintah

Daerah Gresik merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan pemerintah, sehingga hal-hal terkait kebijakan pemerintah dalam hal perijinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial serta perluasan pabrik mudah diperoleh.

1.3.10 Kondisi tanah dan daerah

Kondisi tanah yang relatif masih luas dan merupakan tanah datar dapat memberikan kenyamanan dan keamanan. Disamping itu, Gresik telah ditetapkan sebagai salah satu kawasan industri di Indonesia sehingga manajemen dampak lingkungan dapat dikelola dengan baik.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Proses pembuatan

a. Proses esterifikasi

Etil asetat diproduksi melalui reaksi esterifikasi antara asam asetat dengan etanol menggunakan katalis, seperti asam sulfat. Reaksi yang terjadi

adalah reaksi reversibel, dimana konversi dari etil asetat sebesar 67%. Untuk meningkatkan *yield*, pembentukan air harus diminimalkan (McKetta *and* Chuningham, 1994).

Proses esterifikasi pembuatan etil asetat dibedakan menjadi dua macam, yaitu secara *batch* dan kontinyu. Esterifikasi secara *batch* pada umumnya digunakan untuk kapasitas produksi yang relatif kecil, sedangkan untuk kapasitas industri yang relatif besar dipilih esterifikasi kontiyu.

1. Proses *batch* produksi etil asetat

Proses produksi etil asetat secara *batch* terjadi di dalam reaktor berbentuk silinder dan dipanaskan menggunakan *closed coil steam pipe*. Umpan terdiri dari asam asetat, etanol 95%, dan asam sulfat dengan konsentrasi tertentu. Temperatur atas kolom fraksinasi diatur 70°C agar diperoleh komposisi 83% etil asetat, 9% etanol dan 8% air. Uap yang terbentuk dikondensasikan, sebagian dikembalikan ke atas *plate column* sebagai refluk dan sisanya ditampung di tangki penyimpanan. Untuk membebaskan etil asetat dari air dan alkohol perlu dilakukan purifikasi (Kirk *and* Ortmer, 1982).

2. Proses kontinyu produksi etil asetat

Proses produksi etil asetat secara kontiyu menggunakan prinsip azeotrop untuk memperoleh produk (ester) yang maksimal. Asam asetat, etanol dan katalis asam sulfat direaksikan pada reaktor yang dilengkapi pengaduk.

Setelah kesetimbangan reaksi tercapai, campuran dipompa menuju tangki penampungan sementara dan campuran dialirkan menuju *bubblecap plate column* melewati *preheater*. Temperatur atas kolom diatur 80°C dan uap yang terbentuk dikondensasikan. *Recovery column* yang pertama dioperasikan dengan temperatur *top* 70°C untuk menghasilkan 83% ester, 9% alkohol, dan 8% air. Campuran tersebut dimasukkan ke *static mixer* dilanjutkan pemisahan di dekanter. Setelah itu dmasukkan ke *distillation column*. Hasil atas dari kolom tersebut berupa 95-100% etil asetat yang nantinya dialirkan ke *cooler* kemudian dialirkan ke tangki penyimpanan (Kirk *and* Othmer, 1982).

b. Proses reaksi *tischenko*

Proses *Tischenco* merupakan produksi etil asetat secara komersial dengan mengubah etanol menjadi asetaldehid menggunakan katalis *aluminum alkoxide* (Rahman *et al*., 2003). *Yield* pada proses ini sebesar 61%. Reaksi yang terjadi yaitu (McKetta *and* Chuningham, 1994):

$$2CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOCH_2CH_3 \quad (1.1)$$

c. Proses sintesis etil asetat dari etilena dan asam asetat

Etil asetat dapat disintesis dari etilen dan asam asetat menggunakan katalis asam padat, misalnya zeolit. Reaksinya dituliskan:

$$CH_2CH_2 + CH_3COOH \longrightarrow 2CH_3CHO \quad (1.2)$$

$$2CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 \quad (1.3)$$

Pada reaksi ini, tidak terbentuk produk samping sehingga dapat meminimalkan energi untuk proses pemurnian produk (Crane *et al*, 2011).

Berdasarkan pertimbangan ketiga macam reaksi tersebut pada perancangan pabrik ini digunakan proses esterifikasi kontinyu karena memiliki kelebihan sebagai berikut :

a. Bisa digunakan untuk proses skala besar
b. Proses lebih mudah dan sederhana dibanding dengan proses lain
c. Produk yang dihasilkan kemurniannya lebih tinggi
d. Prosesnya lebih cepat.

Adapun kekurangan dari proses kontinyu sebagai berikut:

a. Sulit untuk mencapai konversi maksimum
b. Waktu tinggalnya tidak lama
c. Tidak dapat digunakan untuk waktu proses yang lama.

1.4.2 Kegunaan produk

Kegunaan etil asetat dalam industri antara lain (Dutia, 2004):

a. Kebutuhan industri tinta cetak dan cat
b. Untuk zat aditif

c. Industri pengepakan dan *laminating*

d. Digunakan pada industri farmasi

e. *Treatment* pada pembuatan *alumunium foil*

f. Produksi bahan-bahan elektronik

i. Bermacam-macam kegunaan seperti industri tekstil, dan bahan peledak.

1.4.3 Sifat Bahan Baku dan Produk

a. Bahan baku

1. Etanol

- Sifat fisis

Tabel 1.3. Sifat fisis etanol (Kirk *and* Othmer, 1982)

Sifat Fisis	Nilai (SI)
Berat molekul	46,069 kg/kmol
Boiling point	78,29^{o}C (1 atm)
Flash point	14°C (*bubble cup*)
Freezing point	-114,1^{o}C
Suhu kritis	243,1^{o}C
Tekanan kritis	6383,48 kPa
Densitas cair	789,3 kg/m^3
Viskositas (20°C)	1,17 cP
Kelarutan dalam air	sangat larut
Entalphy pembentukan (25°C) gas	234,81.10^3 kJ/kmol
Energi *gibbs* pembentukan (25°C) cair	-174,78. 10^3 kJ/kmol

- Sifat kimia

Reaksi-reaksi dengan etanol antara lain (Kirk *and* Othmer, 1982):

a. Reaksi esterifikasi

Ester dibentuk dari reaksi antara etanol dengan asam organik. Reaksi yang terjadi antara asam asetat dengan etanol yaitu:

$$C_2H_5OH + CH_3COOH \longrightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O \qquad (1.4)$$

etanol asam asetat etil asetat air

b. Reaksi dehidrogenasi

Dehidrogenasi etanol menjadi asetaldehid dapat dinyatakan pada persamaan 1.5.

$$C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CHO + H_2 \quad (1.5)$$

c. Reaksi *haloform*

Etanol jika direaksikan dengan sodium hipoklorit dapat menghasilkan kloroform, seperti yang dinyatakan pada persamaan 1.6, 1.7 dan 1.8.

$$C_2H_5OH + NaOCl \longrightarrow CH_3CHO + NaCl + H_2O \quad (1.6)$$

$$CH_3CHO + 3NaOC \longrightarrow CCl_3CHO + 3NaOH \quad (1.7)$$

$$CCl_3CHO + NaOH \longrightarrow CHCl_3 + HCOONa \quad (1.8)$$

d. Reaksi dehidrasi

Etanol dapat mengalami reaksi dehidrasi menjadi etilen atau etil eter, dimana reaksinya dapat dinyatakan pada persamaan 1.9 dan 1.10.

$$C_2H_5OH \longrightarrow C_2H_4 + H_2O \quad (1.9)$$

$$2\ C_2H_5OH \longrightarrow CH_3CH_2OCH_2CH_3 + H_2O \quad (1.10)$$

2. Asam asetat

- Sifat fisis

Tabel 1.4. Sifat fisis asam asetat (McKetta *and* Chuningham, 1994)

Sifat Fisis	Nilai
Berat molekul	60,053 kg/kmol
Melting point	16,6^{o}C
Boiling point	117,9^{o}C
Fase	cair
Suhu kritis	321,3^{o}C
Tekanan kritis	5785,7 kPa
Volume kritis	2,85.10^{-3} m^3/kgmol
Densitas (cair)	1043,92 kg/m^3
Viskositas (20°C)	1,22 cP
Viskositas (110°C)	0,42 cP
Energi *gibbs* pembentukan (25°C) cair	-6484,782 kJ/kg
Panas pembentukan (25°C)	-8062,99 kJ/kg
Specific gravity (20/20°C)	1,051
Panas spesifik (25°C)	2,03761 kJ/kg.K

- Sifat kimia

Sifat kimia asam asetat antara lain (McKetta *and* Chuningham, 1994):

a. Reksi dekomposisi

Acetic anhydride terbentuk ketika asam asetat kering didistilasi. Tanpa katalis, kesetimbangan naik setelah 7 jam penguapan, tetapi dengan katalis asam kesetimbangan terjadi selama 20 menit. Pada saat kesetimbangan, 4,2 mmol anhidrid terbentuk dalam 1 L asam asetat meskipun temperaturnya 80°C.

b. Reaksi asam basa

Asam asetat terdisosiasi dalam air dengan nilai pKa= 4,76 (25°C). Asam ini merupakan asam lemah yang dapat digunakan untuk analisis basa sangat lemah di dalam air.

c. Reaksi asetilasi

Alkohol mengalami reaksi asetilasi tanpa bantuan katalis, tetapi menggunakan kelebihan dari asam asetat. Reaksinya dinyatakan sebagai berikut:

$$CH_3COOH + ROH \longrightarrow CH_3COOR + H_2O \qquad (1.11)$$

Kecepatan reaksi ditingkatkan menggunakan agen-agen seperti heksana, benzena, toluen/ sikloheksana, tergantung dari alkoholnya untuk menghilangkan pembentukan air.

3. Katalis asam sulfat

- Sifat fisis

Tabel 1.5. Sifat fisis asam sulfat (Kirk *and* Othmer, 1982)

Sifat Fisis	Nilai
Rumus Molekul	H_2SO_4
Berat Molekul	98,08 kg/kmol
Fase	cair
Densitas (25°C)	1835,7 kg/m^3
Titik didih	274°C pada 1 atm
Titik leleh	10,31^{o}C pada 1 atm
Suhu kritis	651,85^{o}C
Tekanan kritis	63,1631 atm
Viskositas (25°C)	23,5509 cP

- Sifat kimia

Sifat kimia asam sulfat yaitu (Kirk *and* Othmer 1982):

a. H_2SO_4 pekat banyak digunakan sebagai *sulfoning agent* pada reaksi organik, karena dapat menggantikan hidrogen.

Reaksi :

$$R - H + HO \longrightarrow SO_3H + H_2O \quad (1.12)$$

b. Sulfatasi, reaksi pembentukan gugus $–OSO_2OH$ pada karbon.

Reaksi :

$$CH = CH + HOSO_2 \longrightarrow CHCHOSOOH \quad (1.13)$$

c. Sulfamatasi, reaksi penggabungan -SOOH dengan nitrogen.

Reaksi :

$$NH_2CONH_2 + H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow 2NH_2SO_2OH + CO_2 \quad (1.14)$$

d. Reaksi asam sulfat dengan basa membentuk garam dan air.

Reaksi :

$$H_2SO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + H_2O \quad (1.15)$$

e. Reaksi asam sulfat dengan garam membentuk garam dan asam lainnya.

Reaksi :

$$H_2SO_4 + 2NaCl \longrightarrow NaSO_4 + 2HCl \quad (1.16)$$

f. Reaksi asam sulfat dengan alkohol membentuk eter dan air.

Reaksi :

$$H_2SO_4 + 2C_2H_2OH \longrightarrow C_2H_5OC_2H_5 + H_2O + SO_3 \quad (1.17)$$

4. Etil asetat

- Sifat fisis

Tabel 1.6. Sifat fisis etil asetat (McKetta *and* Chuningham, 1994)

Sifat Fisis	Nilai
Rumus molekul	$CH_3COOCH_2CH_3$ atau $C_4H_8O_2$
Berat molekul	88,1 kg/kmol
Boiling point pada 760 mmHg	77,15^oC
Flash point	-4^oC
Melting point	- 83,6^oC
Suhu kritis	250,1^oC
Tekanan kritis	37,8 atm
Viskositas (20^oC)	0,455 cP
Specific grafity (20^oC)	0,883
Kelarutan dalam air	1,6% berat pada 25^oC
Entalphy pembentukan (25^oC) gas	-442.920 kJ/kmol
Energi *Gibbs* pembentukan (25^oC) cair	-327.400 kJ/kmol
Refraktif indek	1,372 n_d^{20}
Densitas	902 kg/m^3
Panas spesifik (20^oC)	1,92046 kJ/kgK
Panas laten	368,192 kJ/kg

- Sifat Kimia

Reaksi kimia pada etil asetat adalah reaksi transesterifikasi untuk membentuk asam asetat dan etanol (McKetta *and* Chuningham, 1994).

1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

Proses produksi etil asetat yang dipilih menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan katalis asam sulfat. Reaksi berlangsung pada suhu 70ºC dan tekanan atmosferis. Reaksinya yaitu (Faith *et al.*, 1957):

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \underset{\text{konversi = 65\%}}{\overset{H_2SO_4}{\longleftrightarrow}} CH_3COOC_2H_5 + H_2O \qquad (1.18)$$

Untuk memperoleh etil asetat murni, produk dari reaktor harus melalui beberapa tahap pemurnian:

- Menara distilasi 01, dimana asam sulfat dan asam asetat dipisahkan kemudian di-*recycle* ke reaktor
- Menara distilasi 02, membuang air dan sisa asam asetat yang tidak ikut terpisahkan pada menara distilasi 01
- *Mixer*, untuk mengambil etanol dengan cara melarutkannya dengan air yang kemudian didiamkan dalam dekanter
- Menara distilasi 03, untuk mengambil etanol dari hasil bawah dekanter, kemudian di-*recycle* ke reaktor
- Menara distilasi 04, dimana hasil atas dekanter dimurnikan hingga diperoleh etil asetat dengan kemurnian 99%.