



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Seiring dengan kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan, maka bangsa Indonesia juga haruslah berbenah diri dan meningkatkan sumber daya manusia. Salah satunya dengan peningkatan pembangunan dibidang industri. Karena industri kimia merupakan industri yang vital dan strategis bagi setiap bangsa termasuk Indonesia, mengingat industri ini mempunyai keterkaitan dengan pengembangan industri lainnya dan berbagai kegiatan ekonomi.

Dewasa ini pembangunan industri kimia di Indonesia sudah mulai dikembangkan. Pengembangan teknologi ini semakin meningkat dengan meningkatnya teknologi hilir di Indonesia seperti plastik, industri cat, industri makanan dan lain-lain. Dalam memenuhi kebutuhan kimia baik yang digunakan sebagai bahan baku dan bahan jadi dalam industri kimia, Indonesia masih tergantung kepada negara lain, salah satunya adalah pentaeritritol. Kebutuhan pentaeritritol terus bertambah seiring dengan perkembangan industri - industri baru di Indonesia. Tingkat konsumsi pentaeritritol di Indonesia dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang signifikan, namun hal ini belum dapat dipenuhi sendiri oleh bangsa Indonesia, dengan kata lain Indonesia masih harus mengimpor untuk memenuhi kebutuhan pentaeritritol. Sehubungan dengan hal ini maka sangatlah tepat jika di Indonesia didirikan pabrik pentaeritritol dengan tujuan mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, memenuhi kebutuhan dalam negeri dan tidak menutup kemungkinan di ekspor ke luar negeri.

Dengan mendirikan pabrik pentaeritritol, diharapkan kebutuhan impor dalam negeri bisa ditekan dan kebutuhan bahan baku untuk industri alkyd resin, resin ester dan lain – lain dapat dipenuhi. Jadi pendirian pabrik pentaeritritol dimaksudkan agar :



1. Ketergantungan industri Indonesia terhadap bangsa lain dapat berkurang.
2. Menarik minat para investor untuk datang ke Indonesia dan menanamkan modalnya.
3. Terciptanya lapangan kerja baru.
4. Pemasok bahan baku terhadap industri – industri yang membutuhkan pentaeritritol sebagai bahan baku.

1.2. Kapasitas Rancangan

Kapasitas produk dapat diartikan sebagai jumlah maksimum output yang dapat diproduksi dalam satuan massa tertentu. Kapasitas rancangan suatu pabrik ditentukan oleh:

a. Perkiraan Kapasitas

Penentuan kapasitas produksi didasarkan pada kebutuhan pentaeritritol yang masih impor dan kapasitas ini harus diatas atau paling tidak sama dengan kapasitas minimum pabrik yang sudah beroperasi dengan baik dan menguntungkan. Apabila dibandingkan dengan besarnya kebutuhan maka kapasitas pabrik harus lebih besar untuk mengantisipasi kenaikannya. Data kebutuhan pentaeritritol di Indonesia dapat dilihat pada tabel 1.1

Tabel 1.1.Data kebutuhan Impor Pentaeritritol

Tahun	Impor (Kg)
1998	3.243.081
1999	3.747.211
2000	5.792.327
2001	5.452.932
2002	4.531.806
2003	5.593.604

(Badan Pusat Statistik)



Tabel 1.2. Data pabrik yang sudah beroperasi

Perusahaan	Kapasitas (juta pound per tahun)
<i>Celanese, Bishop, Tex</i>	75
<i>Hercules, Louisiana, Mo</i>	48
<i>Perstorp polyols, Toledo, Ohio</i>	46

<http://www.theinnovationgroup.com>

Dengan melihat pertimbangan pabrik pentaeritritol yang pernah didirikan 12.500 ton per tahun, kapasitas produksi yang direncanakan pada pabrik ini sebesar 30.000 ton per tahun dengan pertimbangan peningkatan kebutuhan pentaeritritol setiap tahun.

(Faith dan Keyes)

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Letak geografis suatu pabrik mempunyai pengaruh yang sangat besar bagi keberhasilan dan kelangsungan pabrik. Beberapa faktor yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan lokasi pabrik antara lain::

a. Persediaan bahan baku

Bahan baku dari pabrik pentaeritritol ini adalah formaldehid, asetaldehid, dan natrium hidroksida. Untuk bahan baku formaldehid diperoleh dari PT. *Palmolite Adhesive Industry*, yang berlokasi di daerah Probolinggo, Jawa Timur, sehingga bisa direncanakan untuk bekerja sama. Untuk natrium hidroksida di dapat dari PT. Industri Soda Indonesia, Surabaya, sedangkan asetaldehid di import dari Australia. Untuk bahan baku pembantu dalam proses ini yaitu asam formiat di beli dari PT. Sintas Kurama Perdana, Cikampek.

b. Pemasaran

Pentaeritritol merupakan bahan baku industri alkyd resin, resin ester, industri polieter (*plasticizer*), bahan pelumas buatan, farmasi, insektisida, *surface agent* pada cat dan lain sebagainya. Daerah



pemasaran pentaeritritol tersebar di pulau Jawa dan Kalimantan, karena itu pemasaran pentaeritritol tidaklah sulit karena sarana transportasi tersedia dengan cukup lengkap.

c. Transportasi

Transportasi sangat dibutuhkan sebagai penunjang utama bagi ketersediaan bahan baku ataupun pemasaran produk. Fasilitas transportasi meliputi darat (jalan raya), pelabuhan laut, dan rel kereta api yang memadai akan mempermudah dalam pengiriman bahan baku dan penyaluran produk.

d. Tersedianya Tenaga kerja

Faktor tenaga kerja merupakan hal yang penting dalam industri kimia. Tenaga kerja dapat dipenuhi dari sumber daya manusia yang ditinjau dari aspek pendidikan yang memadai, pemerataan tenaga kerja, serta pemberian ongkos atau gaji yang cukup memadai yang disesuaikan dengan tingkat pendidikan, keterampilan dan tanggung jawab yang dimiliki.

e. Iklim

Kondisi iklim dari suatu area yang akan dibangun pabrik harus mendukung dalam artian kondisi iklim tidak mengganggu jalannya proses produksi.

f. Tersedianya air

Kebutuhan pabrik akan air sangat besar, air cukup tersedia karena dekat dengan aliran sungai Brantas yang dapat memenuhi kebutuhan pabrik.

g. Lingkungan Sosial

Lingkungan sosial masyarakat di daerah sekitar sudah terbiasa dengan lingkungan industri sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan mudah dan cepat menerima kemajuan teknologi.



h. Utilitas

Utilitas yang utama adalah air, *steam*, bahan bakar dan listrik. Untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN dan generator, kebutuhan bahan bakar dipenuhi dari Pertamina atau perusahaan petroleum lainnya, sedangkan kebutuhan air dipenuhi dari pabrik pengolahan air disekitar lokasi pabrik.

i. Komunikasi

Area atau daerah Surabaya sudah terdapat jaringan telepon baik dari PT. Telkom maupun *provider* telekomunikasi lainnya sehingga komunikasi tidak memiliki kendala yang cukup berarti.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam proses

Ada dua cara memproduksi pentaeritritol yaitu:

1. Pentaeritritol dengan Kalsium Hidroksida sebagai media alkali.
2. Pentaeritritol dengan Natrium Hidroksida sebagai media alkali.

1.4.1.1. Pentaeritritol dengan Kalsium Hidroksida sebagai media alkali

Dalam proses ini digunakan bahan baku formaldehid, asetaldehid dan kalsium hidroksida sebagai medium alkalinya. Dengan perbandingan yang tetap. Kondisi operasi pada proses ini tidak boleh melebihi atau dijaga agar tetap pada 50 °C, karena reaksi samping cepat terjadi. Waktu yang dibutuhkan untuk reaksi ini di dalam tangki reaktor adalah selama 2 jam dengan yield hasil 80 %. Jenis reaktor yang digunakan adalah tangki berpengaduk (*stirred tank reactor*). Dari reaktor Ca(OH)_2 harus dihilangkan dengan penambahan Na_2CO_3 .

Reaksi penetralan Ca(OH)_2 yang terjadi:



Endapan yang terjadi disaring didalam *centrifuge*. Filtrat hasil penyaringan kemudian dipekatkan dalam evaporator. Dari sini larutan yang dihasilkan kemudian dikeringkan dalam *dryer*. Produk dari *dryer* siap untuk dikemas. Kristal dalam proses ini warnanya tidak putih,



karena produk reaksi samping, sehingga perlu proses pemurnian lebih lanjut.

(<http://www.Organicsyntheses.com>)

1.4.1.2. Pentaeritritol dengan Sodium Hidroksida sebagai media alkali

Pentaeritritol dengan proses natrium hidroksida mulai diproduksi secara komersial pada sekitar awal tahun 1930-an di Amerika Serikat. Reaktor yang bekerja secara kontinyu dimana metode terbaik adalah dengan pemasukan secara bersamaan ketiga bahan baku tersebut.

Perbandingan mol formaldehid: asetaldehid: natrium hidroksida adalah 5: 1: 1,4. Kondisi reaktor berpengaduk adalah 30°C dan 2 atm, dimana reaksi berlangsung dalam fase cair.

Reaksi pembentukan pentaeritritol yang terjadi adalah:



Yield atas dasar CH_3OH adalah 90 %, karena reaksi berjalan eksotermis maka agar suhu reaktor tetap perlu ditambahkan pendingin. Setelah waktu reaksi tercapai, hasil reaksi dikeluarkan dan masuk kedalam netralizer yang berfungsi sebagai akumulator. Natrium Hidroksida sisa reaksi dinetralkan dengan asam formiat, karena kelarutan pentaeritritol yang sangat besar dalam natrium hidroksida sehingga bila tidak dinetralkan akan menyulitkan dalam proses evaporasi. Setelah dinetralkan larutan dimasukkan ke dalam evaporator lalu setelah tercapai kepekatan tertentu dimasukkan ke dalam kristalizer, keluar kristalizer produk disaring dan dicuci dalam *centrifuge*. Filtrat dan air cucian dijadikan produk samping. *Cake* hasil filtrasi kemudian dikeringkan dalam *rotary dryer* dan akhirnya diangkut menuju silo untuk selanjutnya dilakukan pengepakan.

(<Http://www.ChemicalLand21.com>)

Dalam pemilihan ini digunakan beberapa kriteria, antara lain:

1. Merupakan proses yang komersial dalam arti telah banyak digunakan.



2. Proses menggunakan alat yang telah umum digunakan, telah dikenal serta mudah dioperasikan dan diperbaiki.
3. Tidak banyak menggunakan peralatan karena akan memperbesar biaya investasi.
4. Proses dirancang untuk menghasilkan komposisi pentaeritritol yang relatif tinggi.
5. Proses beroperasi pada tekanan rendah, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya yang tinggi.

1.4.2 Kegunaan Produk

Pentaeritritol merupakan bahan kimia setengah jadi yang menjadi bahan baku bagi industri hilir. Berikut disajikan kegunaan pentaeritritol:

Tabel 1.3. Industri dengan bahan baku pentaeritritol

Jenis Industri	Proses Pemakaian pentaeritritol
<i>Resin Alkyl</i>	<ul style="list-style-type: none">- Esterifikasi pembentukan resin dengan asam bervalensi dua- Alkoholis dengan asam tidak jenuh
Versin	Esterifikasi membentuk resin ester
<i>Explosive</i>	Reaksi nitrasi membentuk senyawa trinitrat yang memiliki sifat <i>explosive</i>
Farmasi	Reaksi nitrasi membentuk senyawa trinitrat yang dipersiapkan untuk obat-obatan



Saat ini kegunaan pentaeritritol yang utama adalah untuk pembuatan *surface coating* (pelapis permukaan). *Drying oil* dan semi *drying oil* atau asam lemak yang secara luas digunakan sebagai campuran *surface coating* yang memiliki keunggulan seperti, cepat kering, mengkilap, mempunyai kekerasan yang baik, awet dan tahan terhadap air dan alkali. Selain itu pentaeritritol juga digunakan dalam berbagai produksi seperti cat, pernis, tinta cetak, pelapis lantai dan bahan perekat lainnya.

(Kirk Othmer,1998)

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Bahan Baku

a. Formaldehid

Sifat Fisis

- Formula	: CH ₂ O
- Berat molekul	: 30 gr/grmol
- <i>Density</i> , -20°C	: 0,8153 gr/ml
-80°C	: 0,9151 gr/ml
- Titik didih	: -19°C
- Titik leleh	: -118°C
- Temperatur kritis	: 137,2 °C
- Kapasitas panas	: 35,4 J/ (mol.K)
- Panas pembakaran	: 563,5 kJ/mol
- Energi bebas Gf°, 25°C	: - 109,9 kJ/mol
- Entropi S°, 25°C	: 218,8 J/mol K
- Panas pembentukan Hf°, 25°C	: -115,9 kJ/mol
- Kelarutan	: Mudah larut dalam air

Sifat Kimia

- Dekomposisi

Pada suhu 300°C formaldehid akan mengalami dekomposisi secara heterogen membentuk karbon monoksida dan hydrogen. Terbentuknya



- Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi asetaldehid fase cair dengan oksigen merupakan reaksi yang sangat penting dalam sebuah industri. Kebanyakan asam asetat diproduksi dengan cara ini.

- Reaksi Reduksi

Reaksi reduksi menjadi alkohol sangat mudah terjadi. Banyak sekali jenis katalis yang dapat digunakan diantaranya platina, asam kloroplatinat, nikel, dan palladina.

- Reaksi Polimerisasi

Sedikit asam mineral akan mengkristalkan trimerisasi menjadi paraldehid pada suhu kamar. Jika asetaldehid dititrasi dengan HCl kering pada suhu rendah maka meta setaldehid berubah kembali menjadi asetaldehid dan paraldehid dengan membiarkannya pada suhu 60-65⁰C selama beberapa hari. Peristiwa ini dinamakan dipolimerisasi.

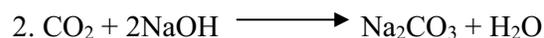
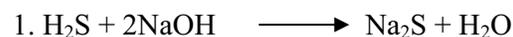
c. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida lebih dikenal dengan nama Caustik Soda yang memiliki rumus molekul NaOH dengan sifat fisis sebagai berikut :

- Berat molekol : 40,00 gr/grmol
- Titik didih : 1391 ⁰C
- Titik leleh : 318⁰C
- Kapasitas panas : 0.3558 Kkal/Kg⁰C
- Panas pembentukan : -122,4 Kkal/mol

Sifat kimia

- NaOH bereaksi dengan asam mineral membentuk garam dan bereaksi juga dengan asam lemak bentuk gas seperti H₂S, SO₂ dan CO₂ dengan reaksi :



(Ullman's)



- Reaksi soda kaustik dengan logam amfoter dan reaksi oksidasinya membentuk garam laut, contoh: hidrat alumina membentuk natrium aluminat



Reaksi ini adalah dasar ekstraksi alumina dari bauksit dengan proses bayer.

- Reaksi NaOH dengan propilen membentuk *chlorohidrin* dengan reaksi :



d. Asam Formiat

Asam Formiat lebih dikenal dengan nama Sodium Formiat yang memiliki sifat- sifat sebagai berikut:

Sifat Fisis

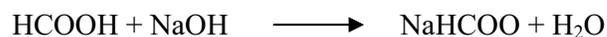
- Rumus molekul : HCOOH
- Berat molekul : 46,02 gr/grmol
- Titik didih : 100,75 °C
- Titik leleh : 8,4 °C
- *Density*, 20°C : 1,22 gr/cm³
- 25°C : 1,213 gr/cm³
- *Specific gravity* : 1,22647
- Viskositas : 1,57 cp
- Kapasitas panas, cair, 22°C : 0,514 kal/gr
- Panas pembentukan, cair, 25°C : -101,52 Kkal/mol
- Panas pembentukan, cair, 25°C : -60,9 Kkal/gr

Sifat Kimia

- Pada suhu 1600 °C terdekomposisi



- Bereaksi cepat dengan alkali kuat



(Kirk Othmer)



1.4.3.2. Produk

a. Pentaeritritol

Pentaeritritol adalah senyawa *polyhydric alcohol*, berbentuk kristal putih, tidak berbau, non higroskopis, non volatil, dan stabil di udara.

Sifat Fisis

- Formula	: $C_5H_{12}O_4$
- Kenampakan	: kristal putih tidak berbau, stabil di udara
- <i>Densitas</i>	: 1,369 gr/mol
- Berat molekul	: 136,15 gr/mol
- Titik didih	: $276^{\circ}C$
- Titik leleh	: $261-262^{\circ}C$
- Panas pembentukan	: -220 Kkal/mol
- <i>Specific gravity</i>	: 60,85 kal/mol pada $100^{\circ}C$ 103,4 kal/mol pada $190^{\circ}C$
- Panas pembakaran	: 2767 kJ/mol
- Panas jenis	: 225 Jmol pada $100^{\circ}C$
- Kelarutan dalam air (per 100 gr air)	: 7 gram pada $25^{\circ}C$ 77 gram $97^{\circ}C$

Sifat Kimia

- Reaksi Oksidasi

Pentaeritritol dioksidasi menjadi tris (*Hydroxymethyl*) *acetic acid* dengan adanya katalis platinum atau palladium.

1. Debu pentaeritritol dicampur dengan udara sangat eksplosif pada suhu diatas $400^{\circ}C$ dan konsentrasi debu lebih dari 30 gram/cm^3 .

2. Reaksi Nitration

Pentaeritritol bereaksi dengan HNO_3 (1:5,5) membentuk pentaeritritol tetranitrat, PETN. Suhu reaksi dijaga pada kondisi $30^{\circ}C$.

(Kirk Othmer)



1.4.4. Tinjauan proses secara umum

Proses pembuatan pentaeritritol yang menggunakan bahan baku formaldehid, asetaldehid, NaOH, asam formiat pada dasarnya dapat dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut:

a. Tahap penyiapan bahan baku masuk reaktor

Tahap penyiapan bahan baku dimaksudkan untuk menyesuaikan kondisi bahan baku dengan reaktor. Asetaldehid disimpan dalam fase cair jenuh, pada tekanan 1 atm karena fase dalam reaktor adalah cair-cair. Dari tangki penyimpanan (T-01), asetaldehid dialirkan menuju reaktor (R-01) pada suhu 30 °C, 1 atm melalui pompa (P-01). Formaldehid disimpan dalam bentuk cair pada suhu 30 °C, 2 atm dalam tangki penyimpanan (T-02), formaldehid dialirkan menuju reaktor (R-01) melalui pompa (P-02). Larutan NaOH 50 % disimpan dalam tangki (T-03) pada kondisi suhu 30 °C, tekanan 1 atm. Dari tangki penyimpanan (T-03) NaOH dialirkan dengan bantuan pompa (P-03), kemudian dimasukkan dalam reaktor (R-01). Asam formiat sebagai bahan baku pembantu disimpan dalam tangki penyimpanan (T-04) dalam fase cair pada tekanan 1 atm, suhu 30 °C. Dari tangki penyimpanan (T-04), asam formiat kemudian dialirkan menuju netraliser (N-01) melalui pompa (P-06), sehingga kondisinya menjadi 30 °C dengan tekanan 2 atm, untuk menetralkan sisa NaOH sehingga nantinya terbentuk natrium formiat.

b. Tahap reaksi atau pembentukan pentaeritritol

Reaksi pembentukan pentaeritritol merupakan reaksi yang terjadi antara formaldehid, asetaldehid, dan natrium hidroksida, dimana asam formiat ditambahkan kedalam larutan untuk menetralkan larutan natrium hidroksida yang bersifat *excess*. Reaksi berjalan pada fase cair – cair dimana reaksi itu sendiri terjadi didalam reaktor tangki berpengaduk. Kondisi operasi didalam reaktor yaitu pada suhu 30 °C dan tekanan 2 atm. Adapun perbandingan molar



antara asetaldehid, formaldehid, dan natrium hidroksida adalah 1 : 5 : 1,4. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, untuk itu agar reaksi berjalan konstan pada 30 °C maka pada reaktor dipasang koil yang berfungsi sebagai pendingin *external*. Hasil keluaran reaktor adalah pentaeritritol, natrium formiat, formaldehid dan asetaldehid. Kemudian hasil ini dialirkan menuju netraliser untuk menetralsasi sisa NaOH, sedangkan penetralnya yaitu menggunakan asam formiat.

c. Tahap pemisahan dan pemurnian

Dari netralizer produk dialirkan menuju menara distilasi (MD-01) dengan bantuan pompa untuk memisahkan hasil atas dan hasil bawah, hasil atas didinginkan dengan *cooler* (CO-01) untuk di-*recycle* ke reaktor, sedangkan hasil bawah dialirkan menuju evaporator (EV-01). Evaporator bekerja pada tekanan 1,5 atm dan suhu 116 °C dan tekanan keluar evaporator diharapkan 1 atm. Fungsi lain dari evaporator yaitu untuk memekatkan produk pentaeritritol yang memiliki kandungan air lebih sedikit dari pada sebelum masuk evaporator. Hasil keluaran evaporator dialirkan menuju kristalizer pada tekanan 1 atm. Dari kristalizer produk pentaeritritol dialirkan menuju *centrifuge* yang berfungsi untuk memisahkan *cake* dari filtratnya. Dari *centrifuge* kemudian *cake* pentaeritritol yang masih basah dikeringkan dalam *rotary dryer* sampai kandungan airnya tinggal sedikit. Kandungan dari *mother liquor* yang keluar dari *centrifuge* yang mengandung natrium formiat di-*purping* yang kemudian dijual karena natrium formiat teknis memiliki nilai jual yang tinggi. Produk dari *rotary dryer* mengandung kemurnian yang cukup tinggi yaitu 98,5 %.

d. Tahap finishing

Pada tahap ini produk kristal pentaeritritol yang keluar dari *rotary dryer* masuk silo sebagai penampungan sebelum produk dijual ke pasaran yang terlebih dahulu dikemas.