LAPORAN
PENTAERITRITOL DENGAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI KAPASITAS 31.500 TON PER TAHUN

Oleh :

Dyah Rukmitafitri Wardani

D 500 040 057

Dosen Pembimbing :

Ir.H.Haryanto,M.S.

Kusmiyati.ST.MT.PhD.

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

SURAKARTA

2009

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

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 terkurangi.
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

No.	Tahun	Impor (Kg)
1.	2002	5.403.653
2.	2003	4.531.806
3.	2004	7.088.905
4.	2005	5.351.403
5.	2006	5.457.989

(Badan Pusat Statistik,2003)

Tabel 1.2. Data pabrik yang sudah beroperasi

No.	Perusahaan	Kapasitas (Juta Pound per Tahun)
1.	Celanese, Bishop, Tex	34.019
2.	Hercules, Louisiana, Mo	21.772
3.	Perstorp polyols, Toledo, Ohio	20.865

(Sumber : www.the innovation group.com)

Dengan melihat pertimbangan pabrik pentaeritritol yang

pernah didirikan 12.500 ton per tahun, kapasitas produksi yang direncanakan pada pabrik ini sebesar 31.500 ton per tahun dengan pertimbangan peningkatan kebutuhan pentaeritritol setiap tahun.

(Keyes, 1975)

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 ºC, 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:

$$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3 + NaHCOO$$

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.

(Sumber:www.Organics syntheses.com)

1.4.1.2 Pentaeritritol dengan Natrium 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:

$$4CH_2O(l) + CH_3CHO(l) + NaOH(l) \longrightarrow C(CH_2OH)_4(s) + NaHCOO(l)$$

Yield atas dasar CH3OH 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.

(sumber:www. Chemical Land 21.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

No.	Jenis Industri	Proses Pemakaian Pentaeritritol
1.	Resin Alkyl	a. Esterifikasi pembentukan resin dengan asam bervalensi dua b. Alkoholis dengan asam tidak jenuh
2.	Versin	Esterifikasi membentuk resin ester
3.	Exsplosive	Reaksi nitrasi membentuk senyawa trinitrat yang memiliki sifat explosive
4.	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,1982)

1.4.3 Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1 Bahan Baku

a. Formaldehid

Sifat Fisis

- Formula : CH_2O
- Berat molekul : 30 g/gmol
- Massa jenis, -20°C : 0,8153 g/ml
  -80ºC : 0,9151 g/ml
- Titik didih : -19°C
- Titik leleh : -118ºC
- Temperatur kritis : 137 ,2 ^{0}C
- Kapasitas panas : 35,4 J/ (mol.K)
- Panas pembakaran : 563,5 kJ/mol
- Energi bebas G_f°, 25ºC : -109,9 kJ/mol
- Entropi S°, 25ºC : 218,8 J/mol K
- Panas pembentukan H_f°, 25ºC :-115,9 kJ/mol
- Kelarutan :Mudah larut dalam air

Sifat Kimia

- Dekomposisi

  Pada suhu 300ºC formaldehid akan mengalami dekomposisi secara heterogen membentuk karbon monoksida dan hydrogen. Terbentuknya methanol, methyl formiat, karbondioksida dan metana didorong dengan adanya logam – logam seperti platinum, copper, kromium, dan aluminium.

- Reaksi polimerisasi

  Monomer formaldehid anhidrat tidak bisa didapatkan secara komersial. Formaldehid gas terpolimerisasi secara perlahan

– lahan pada suhu dibawah 100ºC, yang dipercepat dengan adanya impuritas senyawa polar seperti asam, alkali, dan air.

b. Asetaldehid

Asetaldehid cairan yang tidak berwarna dengan bau yang tajam seperti buah – buahan dan memiliki sifat yang mudah terbakar.

Sifat Fisis

- Formula	: CH_3CHO
- Berat molekul	: 44 g/mol
- Titik didih	: 20,6^{o}C
- Titik leleh	: -123,5^{o}C
- Massa jenis	: 0,778 g/ml
- Tekanan kritis	: 6,40 mpa
- Temperatur kritis	: 181,50^{o}C
- Viskositas	: 0,2237
- *Flash point*	: -38°C
- *Panas spesifik* ,15 ^{o}C	: 2,18 J/g K
, 25°C	: ,41 J/g K
- Panas pembakaran	: 12867,9 kJ/mol
- Kelarutan	: Tak terbatas , baik dalam air, alkohol atau eter

Sifat Kimia

Asetaldehid adalah senyawa yang sangat reaktif yang secara umum dipakai dalam suatu industri. Reaksi oksidasi, hidrogenasi, kondensasi dan polimerisasi merupakan contoh – contoh reaksi kereaktifan.

- 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 60-65°C 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 g/gmol
- Titik didih : 1391 ^{o}C
- Titik leleh : 318°C
- Kapasitas panas : 0.3558 Kkal/Kg^{o}C
- Panas pembentukan : -122,4 Kkal/mol

Sifat kimia

- NaOH bereaksi dengan asam mineral membentuk garam dan bereaksi juga dengan asam lemak bentuk gas seperti H_2S, SO_2dan CO2 dengan reaksi :

  1. $H_2S + 2NaOH \longrightarrow Na_2S + H_2O$
  2. $CO_2 + 2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

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 g/gmol
- Titik didih : 100,75 ºC
- Titik leleh : 8,4 °C
- Massa jenis, 20ºC : 1,22 g/cm^3
  25°C : 1,213 g/cm^3
- Panas spesifik : 1,22647
- Viskositas : 1,57 cp
- Kapasitas panas, cair,22ºC : 0,514 kal/g
- Panas pembentukan,cair,25°C : -101,52 Kkal/mol
- Panas pembentukan,cair,25ºC : -60,9 Kkal/g

Sifat Kimia

- Pada suhu 1600 ^{o}C terdekomposisi

  $HCOOH \longrightarrow CO_2 + H_2O$

- Bereaksi cepat dengan alkali kuat

  $HCOOH + NaOH \longrightarrow NaHCOO + H_2O$

(Kirk Othmer,1982)

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
- Massa jenis : 1,369 g/mol
- Berat milekul : 136,15 g/mol
- Titik didih : 276ºC
- Titik leleh : 261-262°C
- Panas pembentukan : -220 Kkal/mol

- *Specific gravity* : 60,85 kal/mol pada 100ºC
  :103,4 kal/mol pada 190°C
- Panas pembakaran : 2767 kJ/mol
- Panas jenis : 225 Jmol pada 100ºC
- Kelarutan dalam air (per 100 g air) : 7 gram pada 25°C
  77 gram 97ºC

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°C dan konsentrasi debu lebih dari 30 gram/cm^3.
2. Reaksi Nitrasi

   Pentaeritritol bereaksi dengan HNO_3S (1:5,5) membentuk pentaeritritol tetranitrat, PETN. Suhu reaksi dijaga pada kondisi 30ºC.

(Kirk Othmer, 1982)

b. Metanol

- Wujud : cairan tak berwarna
- Rumus molekul : CH_3OH
- Beratmolekul :32,04 gram/grmol
- Densitas pada suhu 25°C, g/cm : 0,7866
- Titik didih :64,7^{o}C
- Titik lebur :-97,68^{o}C

Sifat-sifat kimia

Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang paling sederhana. Reaktifitasnya ditentukan oleh gugus hidrksil. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahan ikatan C-O atau ikatan C-H dan bercirikan reaksi substitusi gugus –H dan –OH oksidasi metanol membentuk formaldehid

dengan katalis Ag atau Fe-Mo,dijaga pada kondisi 30ºC.

(Kirk Othmer, 1982)

c. Natrium Format

Sifat fisis

Rumus molekul	: HCOONa
Berat molekul	: 68,008
Tiik leleh	: 259,85^{0}C (-13,3 K)
Densitas padatan	:min T (K): 293,15min value: 28,23155 (kmolperm^3) : max T (K): 298,15 max value: 28,21655

Sifat kimia

HCOONa bereaksi dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam formiat dengan hasil samping berupa sodium sulfat.

$HCOONa + H_2SO_4 \rightarrow HCOOH + Na_2SO_4$

1.4.4 Tinjaun proses secara umum

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

Reaksi pembentukan pentaeritritol merupakan reaksi yang terjadi antara formaldehid,asetaldehid, dan natrium hidroksida, dimana asam formiat ditambahkan kedalam larutan untuk menetralkan larutan natrium hidroksida. Reaksi berjalan pada fase cair–cair dimana reaksi itu sendiri terjadi didalam reaktor tangki berpengaduk. Kondisi operasi didalam reaktor yaitu pada suhu 46 °C dan tekanan 1 atm. Adapun perbandingan molar antara formaldehid:asetaldehid : natrium hidroksida adalah 6350:765:2100. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis, untuk itu agar reaksi berjalan konstan pada 46 °C . Kemudian hasil inidialirkan menuju netraliseruntuk

menetralisasi sisa NaOH, sedangkan penetralnya adalah asam formiat

Dari netralizer produk dialirkan menuju evaporator . Hasil atas dari evaporator masuk ke sparator,gas yang dihasilkan berupa formaldehid, metanol, air, asetaldehid untu di*recycle* masuk ke mixer kemudian masuk reaktor. Cairan yang dihasilkan dari pemisahan di sparator dimasukkan ke menara destilasi. Produk bawah evaporator dialirkan menuju kristalizer. 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 diproses kembali yang kemudian dijual karena natrium formiat teknis memiliki nilai jual yang tinggi. Produk dari *rotary dryer* mengandung kemurnian yang cukup tinggi yaitu 98,5 %.