



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang banyak melakukan pembangunan di segala bidang, termasuk pada sektor industri. Sampai saat ini pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, salah satunya adalah pembangunan sub sektor industri kimia. Namun, impor masih lebih besar dibandingkan ekspor. Indonesia masih banyak mengimpor bahan baku atau produk – produk suatu industri kimia dari luar negeri.

Salah satu usaha untuk menanggulangi ketergantungan terhadap impor yaitu dengan mendirikan pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sehingga, akan menghemat devisa negara dan membuka peluang berdirinya pabrik lain yang menggunakan produk dari pabrik tersebut.

Pentaeritritol ($C_5H_{12}O_4$) merupakan bahan baku maupun bahan pembantu pada industri kimia, seperti pada industri *resin alkyd*, *plasticizer*, *surface coating*, dan sebagai campuran pelapis. Pentaeritritol diperoleh dari reaksi kondensasi antara formaldehida dan asetaldehida

Beberapa manfaat industri pentaeritritol diatas, menjadi alasan didirikannya pabrik pentaeritritol di Indonesia agar dapat memenuhi kebutuhan pentaeritritol dalam negeri, membuka lapangan kerja baru, mendorong pertumbuhan industri lain, mengatasi krisis diberbagai bidang dalam waktu bersamaan, dan mampu bersaing dalam pasar global dunia.

1.2 Kapasitas Perancangan

Dalam penentuan kapasitas rancangan pabrik diperlukan beberapa pertimbangan yaitu kebutuhan *pentaerythritol*, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas minimum pabrik *pentaerythritol*. Pada prarancangan pabrik *pentaerythritol* dari *acetaldehyde*, *formaldehyde* dan natrium hidroksida ini direncanakan berdiri pada tahun 2023 berkapasitas 40.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :



a. Kebutuhan *Pentaerythritol*

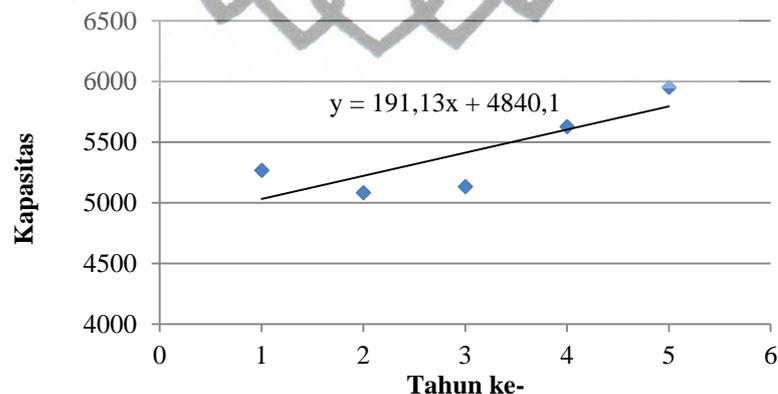
Berdasarkan data statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Impor, kebutuhan *pentaerythritol* di Indonesia cukup besar. Tabel 1.1 menyajikan data impor dari tahun 2014 – 2018.

Tabel 1.1 Kebutuhan *Pentaerythritol* di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2014	5.269,261
2015	5.083,862
2016	5.133,349
2017	5.628,687
2018	5.952,501

(data.un.org, 2014-2018)

Pada Tabel 1.1 dapat dilihat impor *pentaerythritol* cenderung mengalami kenaikan seiring dengan pertumbuhan industri kimia yang terus meningkat. Dari data impor tabel 1.1 diatas, kemudian dilakukan regresi linier untuk memperkirakan impor *pentaerythritol* pada tahun 2023 di Indonesia. Data impor ditunjukkan dalam gambar 1.1



Gambar 1.1 Grafik Hubungan Antara Tahun dan Impor *Pentaerythritol*



Dari data yang diperoleh dapat dibuat grafik linear antara data tahun pada sumbu x dan data – data impor pada sumbu y, sehingga didapat persamaan sebagai berikut:

$$y = 191,13x + 4.840,1 \quad (1.1)$$

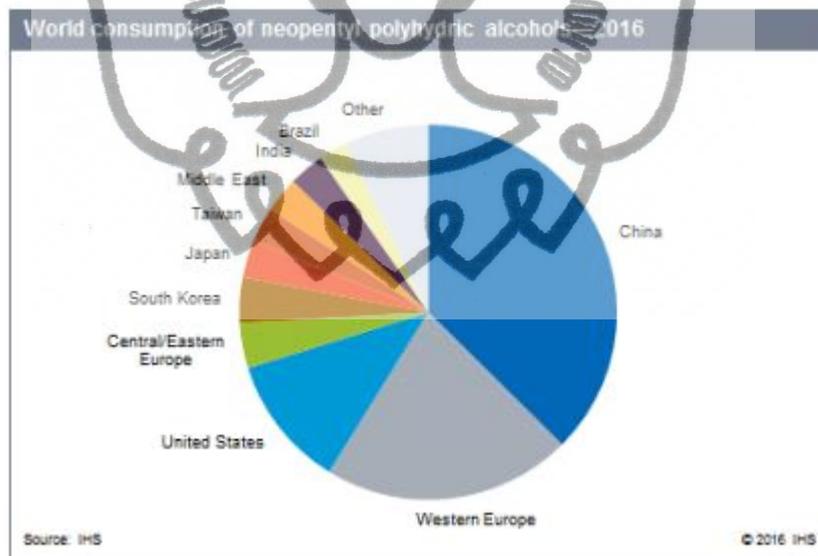
dimana : x = tahun

y = jumlah impor *pentaerythritol*

dari persamaan diatas didapat kapasitas perancangan pabrik *pentaerythritol* pada tahun 2023 sebesar

$$y = 6.751,4 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik *pentaerythritol* ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan *pentaerythritol* dalam negeri, selain itu juga dapat memenuhi kebutuhan *pentaerythritol* di dunia. Pada Gambar 1.2 dapat dilihat daftar beberapa negara pengimpor *pentaerythritol* di dunia pada tahun 2016.



Gambar 1.2 Diagram Konsumsi *Pentaerythritol* di Dunia Tahun 2016

(www.ihs.com)

Berdasarkan diagram tersebut, maka pabrik ini dirancang untuk diekspor ke negara China, Jepang, India, Korea Selatan, India, dan Malaysia. Pemilihan negara – negara tersebut dengan pertimbangan kecenderungan kebutuhan



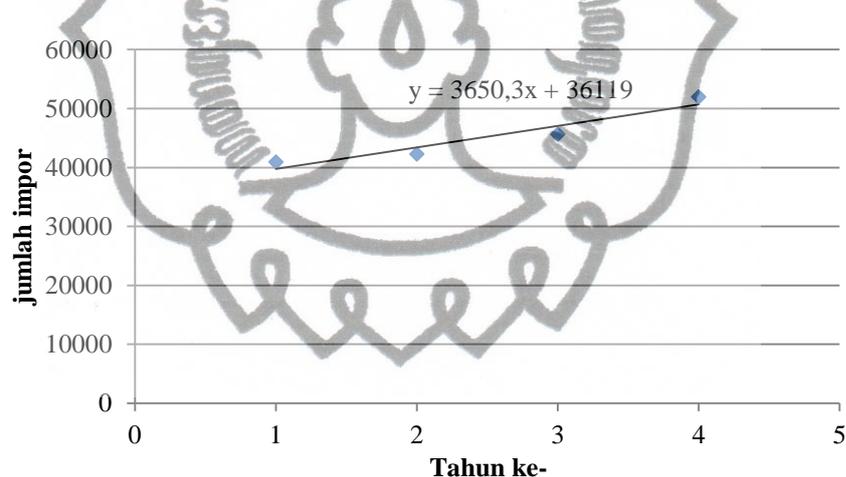
pentaerythritol yang meningkat dari tahun ke tahun. Daftar impor negara lain dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Negara – Negara Pengimpor *Pentaerythritol*

Tahun	Jepang	India	Korea Selatan	China	Malaysia	Total
2014	2.304,61	14.779,66	8.268,55	12.213,60	3.393,08	36.269,65
2015	2.033,48	17.919,79	8.828,10	10.814,31	2.732,06	37.594,26
2016	2.347,97	20.215,27	9.844,84	10.373,37	2.900,16	41.752,90
2017	9.946,64	16.587,02	10.461,80	10.295,86	4.718,13	48.856,99

(data.un.org, 2014-2017)

Dari data negara – negara pengimpor *pentaerythritol* (tabel 1.2) dapat dibuat grafik seperti pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Grafik Impor *Pentaerythritol*

Dari gambar 1.3 diperkirakan kebutuhan *pentaerythritol* pada tahun 2023 sebesar:

$$y = 72.622 \text{ ton/tahun} \quad (1.2)$$

Berdasarkan data impor pada tabel 1.1, diperkirakan kebutuhan *pentaerythritol* di Indonesia pada tahun 2023 sebesar 6.751,4 ton/tahun dan kebutuhan rata-rata *pentaerythritol* di negara pengimpor sebesar 72.622 ton/tahun. Pabrik *Pentaerythritol* direncanakan akan memenuhi 40% dari total



kebutuhan negara-negara tersebut untuk menghindari resiko produk yang tidak laku karena banyaknya negara pengekspor *pentaerythritol* dari negara lain yang dapat menimbulkan persaingan dalam perdagangan. Dari pertimbangan tersebut maka total kapasitas pabrik diperkirakan :

Kebutuhan dalam negeri (impor) = 6.751,4 ton/tahun

Kebutuhan luar negeri (ekspor) = 72.622 x 40%
= 29.048,8 ton/tahun

Kapasitas total pabrik = kebutuhan impor + kebutuhan ekspor
= 6.751,4 + 29.048,8
= 35.800,2 ton/tahun

Kapasitas total perancangan pabrik 40.000 ton/tahun. Peningkatan kapasitas tersebut di tujukan untuk mengantisipasi permintaan yang meningkat.

b. Ketersediaan Bahan Baku

Pemilihan lokasi pabrik adalah hal yang sangat penting dalam prancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan maka pabrik *pentaerythritol* ini akan didirikan di kota. Lokasi pabrik direncanakan didirikan dekat dengan sumber bahan baku : *formaldehyde, acetaldehyde* dan natrium hidroksida sebagai media alkali dapat menghasilkan yield sebesar 78,8%. Kebutuhan *formaldehyde* dapat dipenuhi dari Shijiazhuang Xinlong wei chemical Co. Ltd (China), *acetaldehyde* diperoleh dari *Celanese Chemicals* (China), natrium hiroksida dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical, Banten, sedangkan asam format diperoleh dari PT. Sintas Kurama Perdana, Karawang

c. Kapasitas Minimum Pabrik *Pentaerythritol*

Kapasitas rancangan minimum pabrik *pentaerythritol* menunjukkan bahwa menurut data pabrik yang sudah beroperasi sudah layak secara ekonomi sehingga dapat menjadi acuan dalam penentuan kapasitas minimum. Beberapa data kapasitas pabrik *pentaerythritol* yang telah berdiri pada tabel 1.2



Tabel 1.3 Data Pabrik Pentaerythritol di Dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Kamoria Chemicals & Industries	Ankleshwar, India	5.000
U-Jin Chemical	Yeosu, South Korea	6.000
Baoding Chemical Raw Materials	Baoding, China	15.000
Celanese	Bishop, Texas	34.000
Copenor	Camaci, Brazil	13.000
Perstorp	Bruchhausen, Jerman	41.000
Liyang Ruiyang Chemical	Liyang, China	10.000
Mitsui Chemical	Takaishi, Japan	8.000
MKS Marmar Entegre Kimya	Gemlik-Bursa, Turkey	17.000
Perstorp-Koei	Chiba, Japan	22.000

(www.icis.com)

Berdasarkan Tabel 1.3, kapasitas pabrik *pentaerythritol* di dunia sekitar 5.000 - 41.000 ton/tahun, sehingga dari data pabrik yang telah beroperasi kapasitas rancangan minimum pabrik *pentaerythritol* yang didirikan adalah 5.000 ton/tahun, sehingga kapasitas yang dipilih sangat layak secara ekonomi.

1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik sangat penting pada suatu perancangan karena akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan hidup pabrik. Banyak faktor yang menjadi pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik. Faktor ini dapat dibagi menjadi faktor primer dan faktor sekunder. Faktor primer terdiri dari sumber bahan baku, daerah pemasaran, dan transportasi. Faktor sekunder terdiri dari utilitas seperti persediaan air dan sumber tenaga listrik, kemudahan ketersediaan tenaga kerja, iklim, dan lainlain. Berdasarkan faktor – faktor tersebut maka pabrik yang akan didirikan berlokasi di Kawasan Industri Cikande, Serang, Banten dengan pertimbangan sebagai berikut :

1.3.1 Faktor Primer

a. Bahan Baku

Bahan baku adalah unsur utama, sehingga lokasi pabrik yang dekat dengan bahan baku akan memudahkan dalam proses pengiriman ke pabrik. Bahan baku untuk produksi *pentaerythritol* yaitu *formaldehyde*, *acetaldehyde*, natrium



hidroksida, dan asam formiat. Kebutuhan *formaldehyde* dapat dipenuhi dari Shijiazhuang Xinlong Wei Chemical Co. Ltd dengan kapasitas 150.000 ton/tahun. *Acetaldehyde* diperoleh dari *Celanese Chemicals* dengan kapasitas 60.000 ton/tahun, sedangkan untuk natrium hidroksida dapat diperoleh dari PT. Asahimas Chemical dengan kapasitas 700.000 ton/tahun, dan bahan pembantu asam formiat dipenuhi dari PT. Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas 11.000 ton/tahun.

b. Pemasaran

Lokasi pabrik dekat dengan daerah pemasaran produk. Konsumen terbesar pentaerythritol adalah industri *alkyd resin* yang sebagian besar berlokasi di Jakarta dan Tangerang. Di Jakarta terdapat Pabrik Eternal Buana Chemical, dan di Tangerang terdapat PT. Pardic Jaya Chemicals, PT. Indonesia Kasai Perkasa, dan PT. Warna Agung. Sedangkan untuk konsumen *Pentaerythritol* lainnya pada umumnya berlokasi di pulau Jawa sehingga dalam pemasarannya mudah.

c. Utilitas

Untuk menjalankan proses produksi pabrik diperlukan sarana pendukung sebagai pembangkit tenaga listrik dan air. Untuk kebutuhan air, lokasi pabrik ini dilalui oleh Sungai Ciujung sebagai sumbernya. Sedangkan untuk listrik dapat disuplai dari PLN dan *Generator*. Kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari Pertamina dan distributornya sebagai pemasok bahan bakar solar.

d. Tenaga Kerja

Jawa berpenduduk padat sehingga penyediaan tenaga kerja kasar, menengah, dan ahli dapat terpenuhi dari masyarakat sekitar.

e. Transportasi dan Telekomunikasi

Jalur transportasi baik darat maupun laut yang berperan dalam pendistribusian bahan baku maupun produk cukup memadai, untuk transportasi darat tersedia jalan raya yang menghubungkan ke daerah – daerah lain yang berpotensi untuk menunjang jalannya proses produksi dan



pemasaran, seperti jalan tol Merak-Jakarta. Transportasi laut dapat melalui Pelabuhan Merak. Pada tahun 2008, pelabuhan peti kemas Bojanegara, Serang, yang akan menjadi pelabuhan peti kemas terbesar di Indonesia rencananya akan selesai, sehingga kemungkinan transportasi laut dialihkan dari Merak ke pelabuhan tersebut.

1.3.2 Faktor Sekunder

a. Buangan Pabrik

Buangan air pendingin yang berasal dari air sungai bisa dialirkan kembali ke sungai. Sedangkan, limbah cair dapat di netralkan terlebih dahulu sebelum dialirkan ke pembuangan.

b. Kebijakan Pemerintah

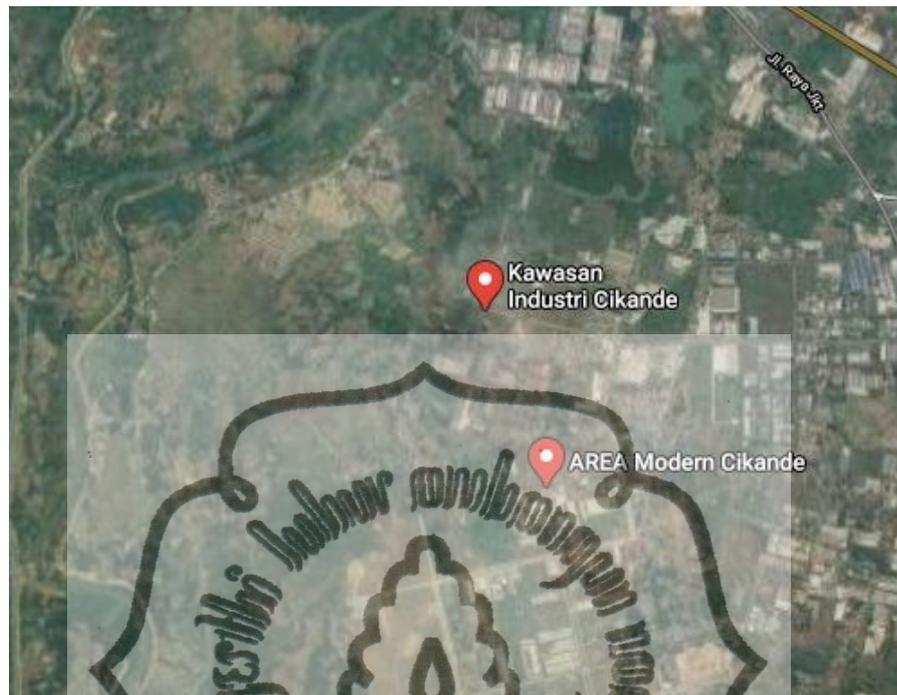
Cikande merupakan kawasan industri dan berada dalam teritorial negara Indonesia, sehingga kebijakan pemerintah dalam hal perijinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial, dan perluasan pabrik memungkinkan untuk berdirinya pabrik *pentaerythritol*.

c. Tanah dan Iklim

Penentuan suatu kawasan industri terkait dengan masalah tanah, yaitu tidak rawan terhadap bahaya tanah longsor, gempa, maupun banjir, jadi pemilihan lokasi pendirian pabrik di Cikande tepat, walaupun masih diperlukan kajian lebih lanjut tentang masalah tanah sebelum pabrik didirikan. Kondisi iklim pada umumnya dan tidak membawa pengaruh yang besar terhadap jalannya proses produksi.

d. Keadaan Masyarakat

Masyarakat Jawa merupakan campuran dari berbagai suku bangsa yang hidup saling berdampingan. Pembangunan pabrik di lokasi tersebut dipastikan akan mendapatkan sambutan baik dan dukungan dari masyarakat setempat, dan dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.



Gambar 1.4 Lokasi Pabrik Pentaerythritol

1.4 Tinjauan Pustaka

Pentaerythritol ditemukan oleh Tollens pada tahun 1882, sebagai hasil dari reaksi antara *formaldehide* tak murni dengan natrium hidroksida. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Tollens dan Wiqard yang kemudian diambil suatu kesimpulan bahwa impuritas tersebut adalah *acetaldehyde* yang telah mengalami reaksi kondensasi dengan *formaldehide* pada kondisi alkalis, untuk membentuk *pentaerythritol* dari *formaldehide*, *acetaldehyde*, dan NaOH.

Pentaerythritol mulai komersial pada tahun 1920. Pada saat itu *Pentaerythritol* mulai dikembangkan secara besar – besaran oleh beberapa perusahaan Amerika Serikat, dimana *pentaerythritol* dimurnikan untuk bahan baku pada pabrik bahan peledak PETN (*Pentaerythritol Trinitrat*). Sesudah perang dunia ke-II, *pentaerythritol* banyak digunakan pada pabrik *alkyd resin* sebagai campuran pelapis. Pada tahun 1957 di Amerika Serikat pemakai *pentaerythritol* sebagai bahan peledak hanya sekitar 5% dari skala produksi .

(Ullmann, 1988)



1.4.1 Pemilihan Proses Pembuatan Pentaerythritol

Ada dua cara memproduksi *pentaerythritol*, yaitu :

1. *Pentaerythritol* dengan Kalsium Hidroksida sebagai media alkali
2. *Pentaerythritol* dengan Natrium Hidroksida sebagai media alkali

a. *Pentaerythritol* dengan Kalsium Hidroksida sebagai media alkali

Dalam proses ini digunakan bahan baku formaldehida, asetaldehida, dan kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida adalah basa organik yang digunakan sebagai medium alkali dengan perbandingan yang tetap. Kondisi operasi pada proses ini 50 °C, untuk menghindari terjadinya reaksi samping yang terjadi sangat cepat. Waktu reaksi ini 3 jam dengan yield 57%. Jenis reaktor yang digunakan adalah reaktor alir tangki berpengaduk (*stirred tank reactor*). Dari reaktor, Ca(OH)₂ harus dihilangkan dengan penambahan Na₂CO₃.

Reaksi penetralan Ca(OH)₂ yang terjadi :



Na₂CO₃ digunakan untuk mengubah ion kalsium menjadi kalsium karbonat. Selanjutnya kalsium karbonat dari sodium format. Setelah difiltrasi, slurry dimasukkan ke dalam evaporator dan dikristalisasi serta difiltrasi kembali sebanyak 2 kali. Proses ini membutuhkan lebih banyak alat yang digunakan sehingga membutuhkan biaya yang besar. Produk *pentaerythritol* mengandung 80 – 90 % berat *pentaerythritol* dan nilai tersebut dapat berkurang karena adanya produk hasil samping yang menghasilkan *dipentaerythrityl ether* dan *tripentaerythrityl ether*.

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

b. *Pentaerythritol* dengan Natrium Hidroksida sebagai media alkali

Pentaerythritol dengan proses natrium hidroksida mulai diproduksi dengan secara komersial pada sekitar awal tahun 1930an di Amerika Serikat. Berdasarkan hasil pendekatan ilmiah, didapatkan bahwa NaOH memiliki kereaktifan lebih rendah dibandingkan KOH dalam menghasilkan produk samping yang tidak diinginkan. Selain itu, garam sodium dari hasil reaksi dan netralisasi dengan asam bersifat mudah larut pada suhu rendah. Formaldehida dan NaOH dimasukkan secara bersama – sama, kemudian asetaldehid dimasukkan secara perlahan – lahan.



Asumsi perbandingan mol *formaldehyde: acetaldehyde: natrium hydroxide* adalah 5,4 : 1 : 1,15. Reaksi berjalan pada fase cair dengan kondisi operasi 46 °C dan 3 atm.

Reaksi pembentukan *Pentaerythritol* yang terjadi :



Konversi atas dasar CH_3OH adalah 84,1%, karena reaksinya berjalan eksotermis maka agar suhu reaktor tetap perlu ditambahkan pendingin. Natrium hidroksida sisa reaksi dinetralkan dengan asam formiat, karena kelarutan natrium hidroksida yang sangat besar sehingga bila tidak dinetralkan akan menyulitkan proses evaporasi. Setelah dinetralkan larutan dimasukkan ke dalam evaporator lalu setelah itu HCOONa yang terbentuk dalam reaksi dihilangkan dengan beberapa kali pencucian. *Cake* hasil filtrasi kemudian dikeringkan dalam *rotary dryer* dan akhirnya diangkut menuju silo untuk selanjutnya dilakukan pengepakan.

(Peter dan Cupid, 1959)

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.
3. Tidak banyak menggunakan peralatan karena akan memperbesar biaya investasi.
4. Proses dirancang untuk menghasilkan komposisi *pentaerythritol* yang relatif tinggi. NaOH sebagai media alkali dapat menghasilkan konversi sebesar 84,1%.
5. Proses beroperasi pada suhu rendah, untuk mengurangi biaya yang tinggi.

1.4.2 Kegunaan Produk

Pentaerythritol merupakan bahan kimia setengah jadi yang menjadi bahan baku bagi industri hilir.



Tabel 1.4 Kegunaan Produk di Industri

Jenis Industri	Proses Pemakaian Pentaerythritol
Resin Alkyd	Esterifikasi pembentukan resin dengan asam bervalensi dua Alkoholis dengan asam tidak jenuh
Versin	Esterifikasi membentuk resin ester
Explosive	Reaksi nitration membentuk senyawa trinitrat yang memiliki sifat explosive
Farmasi	Reaksi nitration membentuk senyawa trinitrat yang dipersiapkan untuk obat – obatan

Saat ini kegunaan pentaerythritol yang utama adalah untuk pembuatan *surface coating* (pelapis permukaan). *Drying oil* maupun *semi drying oil* atau asam lemak yang secara luas digunakan sebagai campuran *surface coating* yang memiliki keunggulan seperti cepat kering, mengkilap dan mempunyai kekerasan yang baik, awet, dan tahan terhadap air dan alkali. Selain itu pentaerythritol 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 Sifat Kimia Bahan Baku, Bahan Pembantu, dan Produk Reaksi

1.4.3.1 Bahan Baku

a. Formaldehyde

Sifat Fisis :

- Rumus Molekul : CH_2O
- Berat Molekul : 30 g/mol
- Massa jenis, $-20\text{ }^\circ\text{C}$: 0,8153 g/ml
- $-80\text{ }^\circ\text{C}$: 0,9151 g/ml
- Fase penyimpanan : cair
- Warna : bening
- Titik didih : $-19\text{ }^\circ\text{C}$



- Titik lebur : -117 °C
- Densitas : 0,72199 g/cm³
- Temperatur kritis : 137,2 °C
- Kapasitas panas : 109,02 J/(mol.K)
- Kelarutan : mudah larut dalam air
(>100g/100mL(20 °C))

Sifat Kimia :

- Dapat terdekomposisi menjadi CO dan H₂
- Larut dalam air, alkohol, dan pelarut polar lain
- Dapat membentuk CH₃OH melalui proses hidrogenasi
- Pada temperatur 80 – 100 °C relatif stabil, tetapi perlahan – lahan akan terjadi polimerisasi pada temperatur rendah
- Dapat teroksidasi membentuk CO₂, H₂O, dan asam formiat

(Perry, 1999)

b. *Acetaldehyde*

Acetaldehyde merupakan cairan yang tidak berwarna dengan bau yang tajam dan memiliki sifat yang mudah terbakar.

Sifat Fisis :

- Rumus Molekul : CH₃CHO
- Berat Molekul : 44 g/mol
- Densitas : 0,85221 g/cm³
- Kapasitas panas : 90,335 J/mol.K
- Titik didih : 20,2 °C
- Titik cair : -123,5 °C
- Panas pembakaran : 563, 5 kJ/mol
- Viskositas : 0,02456 cP
- Kelarutan : Tak terbatas baik dalam air, alkohol, atau eter



Sifat Kimia :

Acetaldehyde 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 *acetaldehyde* fase cair dengan oksigen merupakan reaksi yang sangat penting dalam suatu 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 mengiristalkan trimerisasi menjadi paraldehyd pada suhu kamar. Jika *acetaldehyde* ditritasi dengan HCl kering pada suhu rendah maka *meta acetaldehyde* berubah kembali menjadi *acetaldehyde* dan paraldehyd dengan membiarkannya pada suhu 60-65 °C selama beberapa hari. Peristiwa ini dinamakan dipolimerisasi.

(Perry, 1999)

c. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium Hidroksida lebih dikenal dengan nama, kaustik soda yang memiliki rumus molekul NaOH dengan sifat fisis sebagai berikut :

- Berat Molekul : 40 g/mol
- Titik didih : 1390 °C
- Titik cair : 322,85 °C
- Kapasitas panas : 87,102 J/mol.K
- Densitas : 1,91 g/cm³
- Panas pembentukan : -122,4 kkal/mol



- Kelarutan : larut dalam air, etanol, metanol, gliserol
(Perry, 1999)

Sifat Kimia :

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



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 propilen membentuk chlorohidrin dengan reaksi :



(Ullmann, 1988)

d. Asam Formiat

Asam formiat lebih dikenal dengan nama sodium formiat yang memiliki sifat sebagai berikut :

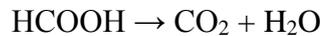
Sifat fisis:

- Rumus Molekul : HCOOH
- Berat Molekul : 46 g/mol
- Titik didih : 100,7 °C
- Titik lebur : 8,4 °C
- Densitas : 1,20495 g/cm³
- Kapasitas panas : 99,194 J/mol.K
- Viskositas pada 20 °C : 1,784 cP
- Kelarutan : larut dalam air

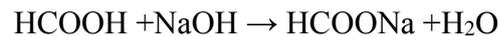


Sifat Kimia :

Pada suhu 1600°C terdekomposisi



Cepat bereaksi dengan alkali kuat



(Kirk Othmer, 1998)

1.4.3.2 Produk Reaksi

Pentaerythritol

Pentaerythritol merupakan senyawa *polyhydric alcohol*, berbentuk kristal putih, tidak berbau, *non higroskopis*, *non volatile* dan stabil di udara.

Sifat Fisis :

- Rumus Molekul : $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$
- Berat Molekul : 136 g/mol
- Titik didih : 276°C
- Titik lebur : 260,5 °C
- Densitas : 0,3573 g/cm³
- Panas pembentukan : 2767 kJ/mol
- Panas jenis : 225 J/mol pada 100 °C
- Kelarutan dalam air : 7 gram pada 25 °C
(per 100 g air) 77 gram pada 97 °C

Sifat Kimia :

- Reaksi Oksidasi

Pentaerythritol dioksidasi menjadi *tris (Hidroksymethyl) acetic acid* dengan adanya katalis platinum atau palladium.

1. *Pentaerythrirol* dicampur dengan udara sangat eksplosif pada suhu diatas 400 °C.



2. Reaksi Nitration

Pentaerythritol bereaksi dengan HNO_3 (1:5,5) membentuk *Pentaerythritol tetranitrat* (PETN). Suhu reaksi dijaga pada kondisi 30°C .

(Kirk Othmer, 1998)

1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum

Pentaerythritol diproduksi dari bahan baku *formaldehyde*, *acetaldehyde*, NaOH dan asam formiat. Reaksi berjalan pada fase cair – cair di dalam reaktor alir tangki berpengaduk.

Reaksi pembentukan *pentaerythritol* dari *formaldehyde*, *acetaldehyde* dan natrium hidroksida:



Reaksi terjadi pada kondisi suhu 46°C dan tekanan 3 atm. Pada reaksi ini digunakan asumsi perbandingan mol formaldehida : mol asetaldehida : mol natrium hidroksida = 5,4 : 1 : 1,15.

(Peter dan Cupid, 1959)