



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Sebagai salah satu negara berkembang di dunia, Indonesia telah mencapai banyak kemajuan di berbagai sektor, khususnya industri. Sektor industri di Indonesia menunjukkan peningkatan yang signifikan, termasuk di subsektor industri kimia. Industri kimia terus berkembang, mencakup berbagai bidang seperti industri cat, makanan, plastik, dan lainnya. Namun untuk memenuhi kebutuhan bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku dan produk akhir, Indonesia masih bergantung pada impor. Salah satu bahan yang diimpor oleh Indonesia dari negara lain adalah Pentaeritritol.

Seiring dengan pertumbuhan industri dalam negeri, permintaan terhadap produk pentaeritritol juga semakin meningkat setiap tahun. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, kapasitas impor pentaeritritol cenderung mengalami peningkatan selama lima tahun terakhir. Sayangnya, produksi dalam negeri belum mampu memenuhi kebutuhan ini karena belum ada produsen pentaeritritol di Indonesia, sehingga Indonesia harus mengimpor pentaeritritol dari negara lain. Salah satu solusi yang bisa ditempuh untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan memenuhi kebutuhan domestik adalah dengan mendirikan pabrik pentaeritritol di Indonesia. Pendirian pabrik pentaeritritol di Indonesia juga berpotensi untuk meningkatkan devisa negara dengan cara mengekspornya ke negara lain. Pabrik pentaeritritol ini diharapkan mampu membantu dalam upaya peningkatan dan pengembangan industri hulu yang memproduksi bahan baku industri hilir di dalam negeri. Selain itu, dengan didirikannya pabrik pentaeritritol ini dapat memperluas lapangan pekerjaan dan meningkatkan nilai sosial ekonomi.

Pentaeritritol merupakan senyawa monosakarida *polyhydric alcohol* yang berbentuk kristal berwarna putih tetragonal. Pentaeritritol memiliki 4 gugus hidroksil utama dan memiliki rumus molekul $C(CH_2OH)_4$. Pentaeritritol banyak digunakan pada industri cat dan tinta. Resin dari pentaeritritol digunakan untuk menghasilkan viskositas yang tinggi sehingga dapat menstabilkan warna serta tahan



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

air. Selain itu, resin pentaeritritol juga dapat digunakan sebagai insulasi listrik, tanpa atau dengan campuran garam logam sebagai penstabil panas. Pada industri tekstil, pentaeritritol digunakan untuk menghaluskan serat, baik serat sintetis maupun serat kimia. Hal ini disebabkan karena ester asam lemak dari pentaeritritol mempunyai tingkat kestabilan yang tinggi, mempunyai titik didih yang tinggi, namun mempunyai kelarutan yang rendah. Pada industri pelumas mesin, pentaeritritol digunakan dalam pembuatan pelumas. Pentaeritritol dapat diubah menjadi *polyether* yang memiliki ketahanan korosi dan stabilitas yang tinggi, sehingga dapat digunakan dalam pembuatan pipa, *valve*, dan pelapis logam. Reaksi nitrasasi membentuk senyawa trinitrate yang dipersiapkan untuk obat-obatan (Maity, 2009).

I.2 Kapasitas Pabrik

Kapasitas kebutuhan produk merupakan jumlah maksimum *output* yang dapat diproduksi dalam satuan massa tertentu. Kapasitas pabrik dapat diketahui berdasarkan data kebutuhan atau permintaan dan data impor. Data statistik yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa Indonesia hingga saat ini memenuhi kebutuhan pentaeritritol dengan cara mengimpor dari negara lain seperti Amerika Serikat, Jepang, Taiwan, Cina dan beberapa negara lainnya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan impor Pentaeritritol di Indonesia cenderung mengalami peningkatan pada tahun 2020 hingga 2024. Data kebutuhan impor Pentaeritritol ditunjukkan pada tabel I.1 di bawah ini.

Tabel I.1 Data Impor Pentateritriol di Indonesia

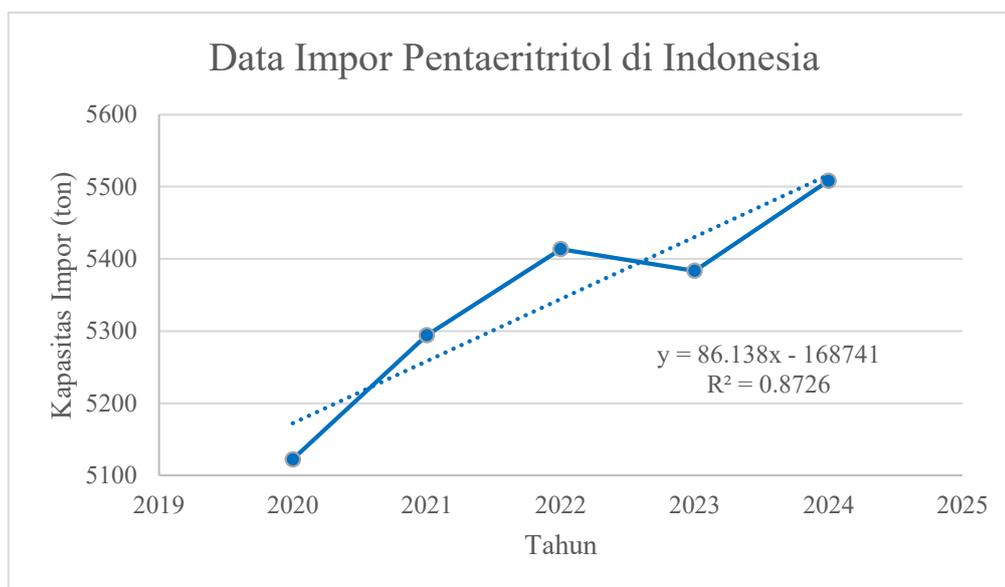
Tahun	Kapasitas impor (ton)
2020	5122,339
2021	5294,129
2022	5413,498
2023	5383,411
2024	5508,389

(Sumber: BPS, 2024)



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

Berdasarkan tabel I.1 di atas, kapasitas impor pentaeritritol di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Kebutuhan impor Pentaeritritol pada tahun x dapat diperkirakan dengan memplot data pada tabel I.1 sehingga diperoleh grafik sebagai berikut.



Gambar I.1 Grafik Data Impor Pentaeritritol di Indonesia

Persamaan linear yang diperoleh dari grafik di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun yang akan datang. Bentuk dari persamaan linier ditunjukkan pada persamaan (1.1) di bawah ini.

$$y = ax + b \quad \dots(1.1)$$

Dimana:

y = Kebutuhan pentaeritritol pada tahun x (ton/tahun)

x = Tahun

a = gradient

b = intercept

Pabrik pentaeritritol ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027.

Berdasarkan persamaan 1.1 di atas, maka kebutuhan impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2027 (tahun x) yaitu :

$$y = 86,138x - 168741$$

$$y = 5774,588 \text{ ton}$$



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

Dapat disimpulkan bahwa perkiraan kapasitas impor pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2027 adalah sebesar 5774,588 ton.

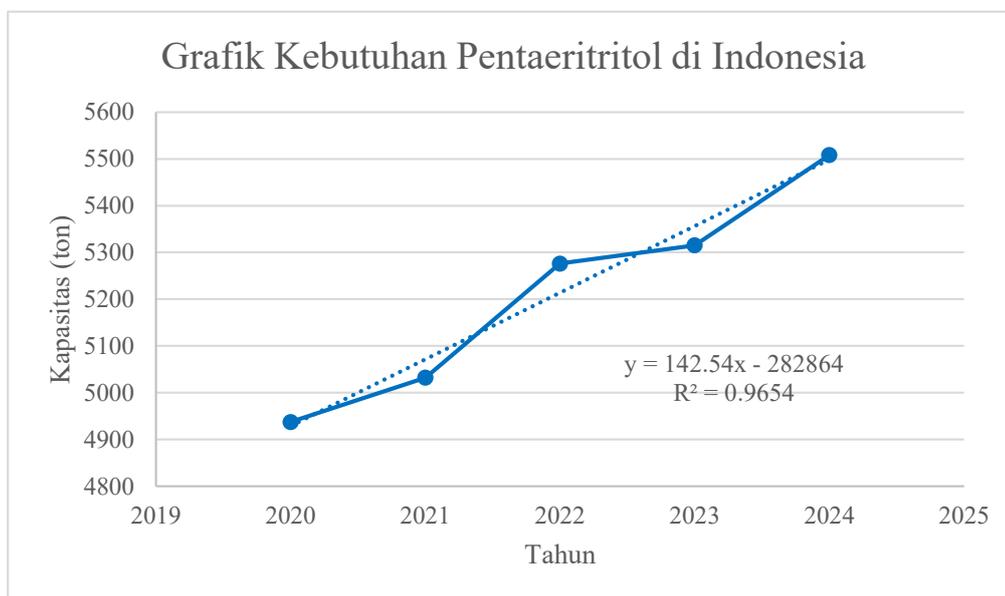
Selain data impor, penentuan kapasitas produksi pentaeritritol juga membutuhkan data kebutuhan pentaeritritol yang tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel I.2 Data Kebutuhan Produksi Pentaeritritol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (ton)
2020	4937,255
2021	5031,974
2022	5276,119
2023	5315,127
2024	5508,389

(Sumber: www.seair.co.in)

Berdasarkan tabel I.2 di atas, kebutuhan produksi pentaeritritol di Indonesia mengalami peningkatan. Data kebutuhan produksi pentaeritritol pada tahun ke-n dapat diperkirakan dengan memplot grafik sebagai berikut.



Gambar I.2 Grafik Data Kebutuhan Pentaeritritol di Indonesia

Persamaan linear yang diperoleh dari grafik data kebutuhan pentaeritritol di Indonesia pada gambar I.2 di atas adalah $y = 142,54x - 282864$.

Dimana,

$x =$ tahun n



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

y = kapasitas pentaeritritol pada tahun n

Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2027 sebesar 5922,04 ton.

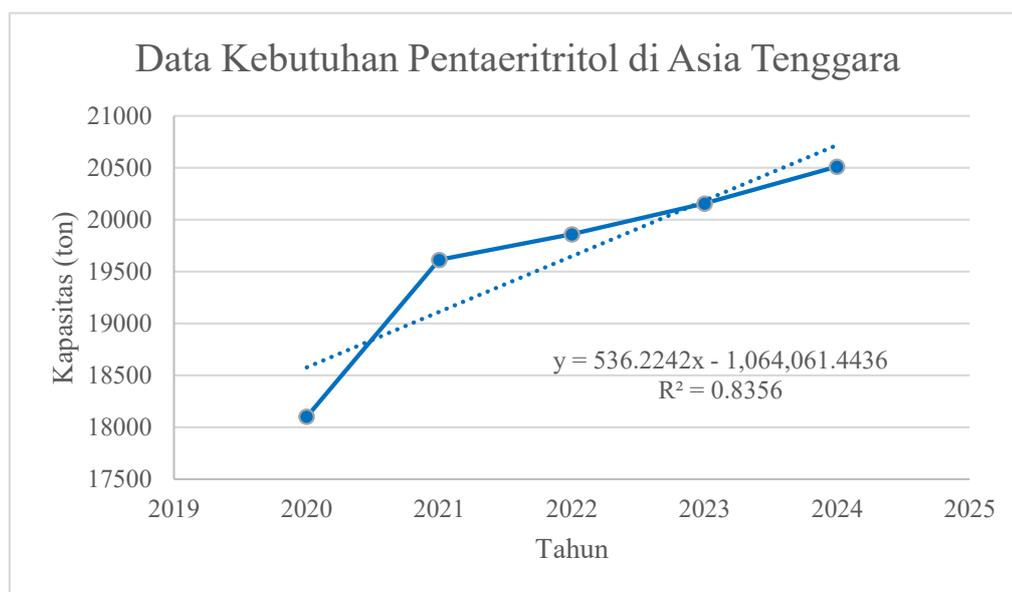
Selain memenuhi kebutuhan dalam negeri, pendirian pabrik pentaeritritol ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan di luar negeri, salah satunya di Asia Tenggara. Kebutuhan pentaeritritol di Asia Tenggara ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel I.3 Data Kebutuhan Pentaeritritol di Asia Tenggara

Tahun	Kapasitas (ton)
2020	18100,808
2021	19612,064
2022	19859,936
2023	20155,108
2024	20510,407

(Sumber: wits.wordbank.org)

Tabel 1.3 di atas menunjukkan peningkatan kebutuhan impor pentaeritritol di Asia Tenggara. Data kebutuhan pentaeritritol di Asia Tenggara pada tahun x dapat diperkirakan dengan memplot grafik sebagai berikut.



Gambar I.3 Grafik Data Kebutuhan Pentaeritritol di Asia Tenggara



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

Berdasarkan grafik data kebutuhan pentaeritritol di Indonesia pada gambar I.2 di atas, diperoleh persamaan linear $y = 536,2242x - 1064061,4436$. Dimana,

x = tahun n

y = Kebutuhan impor pentaeritritol (ton/tahun)

Dapat disimpulkan bahwa kebutuhan pentaeritritol di Asia Tenggara pada tahun 2027 sebesar 22865,01 ton/tahun.

Setelah mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, maka dapat diambil kapasitas produksi pabrik pentaeritritol ini adalah 40.000 ton/tahun. Selain ketersediaan bahan baku, pemilihan kapasitas pabrik juga mempertimbangkan beberapa hal antara lain:

1. Kebutuhan dunia akan Pentaeritritol semakin besar sehingga diperlukan pendirian plant baru.
2. Sebagai upaya untuk meningkatkan devisa negara dimana Pentaeritritol dapat berfungsi sebagai produk komoditi ekspor.
3. Mendorong kemandirian Indonesia untuk memproduksi bahan tanpa impor dari negara lain.

I.3 Sifat Bahan Baku dan Produk

I.3.1 Sifat Bahan Baku

A. Formaldehid 37%

1. Sifat Fisik

- | | |
|------------------|---------------------------|
| a. Rumus molekul | : CH_2O |
| b. Berat molekul | : 30,03 gr/mol |
| c. Titik leleh | : $< -15^\circ\text{C}$ |
| d. Titik didih | : $93 - 96^\circ\text{C}$ |
| e. Fase | : Cair |
| f. Warna | : Tidak berwarna |
| g. Bau | : Berbau Khas |
| h. Densitas | : $1,08 \text{ g/cm}^3$ |



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

2. Sifat Kimia

- Mengalami reaksi polimerisasi di dalam air
- Dapat mengalami reaksi Cannizaro dalam keberadaan katalis basa menghasilkan format dan metanol
- Dapat membentuk polimer linear atau trimer siklik
- Dapat dioksidasi oleh oksigen menjadi asam format

Tabel I.4 Komposisi Larutan Formaldehida 37%

Komposisi	Konsentrasi
Formaldehida	37%
Methanol	2%
Air	61%

(Sumber: PT. Dover Chemical, 2024)

B. Asetaldehid

1. Sifat Fisik

- Rumus molekul : CH_3CHO
- Berat molekul : 44,05 gr/mol
- Titik leleh : $-123,5^\circ\text{C}$
- Titik didih : $20,2^\circ\text{C}$
- Fase : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Bau : Berbau khas
- Densitas : 0,783 g/ml
- Viskositas : 0,2237 Cp

2. Sifat Kimia

- Dapat mengalami reaksi dekomposisi (*pyrolysis* dan *photolysis*) menghasilkan metana dan karbon monoksida
 $\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}$



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

- b. Bentuk asetaldehida dalam air adalah sebuah hidrat ($\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})_2$) sampai batas sekitas 25%
- c. Bereaksi dengan amonia menghasilkan aldehida amonia
$$3\text{CH}_3\text{CHO} + 3\text{NH}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{CHNH})_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- d. Reaksi oksidasi asetaldehid menghasilkan asam asetat dan reaksi reduksi menghasilkan alkohol

Tabel I.5 Komposisi Asetaldehida 99%

Komposisi	Konsentrasi
Asetaldehida	99%
Air	1%

(Sumber: PT. Indo Acidatama, 2024)

C. Natrium Hidroksida

1. Sifat Fisik

- a. Rumus molekul : NaOH
- b. Berat molekul : 40,00 gr/mol
- c. Titik leleh : 318,4°C
- d. Titik didih : 1390°C
- e. Fase : Padat
- f. Bau : Tidak berbau
- g. Warna : Putih
- h. Densitas : 2,130 g/cm³ pada 20°C

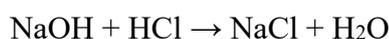
2. Sifat Kimia

- a. Sangat larut dalam air (42gr/100mL pada suhu 0°C dan 347 gr/mL pada suhu 100°C)
- b. Bersifat higroskopis atau mudah menyerap uap air dan karbon dioksida dari udara

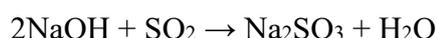


PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

c. Bereaksi dengan asam menghasilkan air dan garam, contohnya reaksi antara natrium hidroksida dan asam klorida menghasilkan natrium klorida dan air.

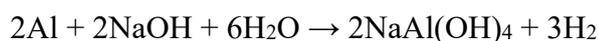


d. Bereaksi dengan oksida asam seperti sulfur dioksida menghasilkan natrium sulfit



e. Bereaksi dengan oksida, contohnya pada suhu kamar natrium hidroksida bereaksi dengan kaca secara perlahan membentuk silikat yang larut.

f. Bereaksi dengan logam pada suhu tinggi ($>500^\circ\text{C}$) atau tekanan tinggi



g. Dapat mengalami reaksi saponifikasi yang umumnya digunakan dalam pembuatan sabun atau deterjen.

Tabel I.6 Komposisi NaOH Flakes 99,8%

Komposisi	Konsentrasi
Natrium Hidroksida	99,8%
Impurities	0,2%

(Sumber: PT Sulfindo Adiusaha, 2024)

D. Asam Format

1. Sifat Fisik

- Rumus molekul : HCO_2H
- Berat molekul : 46,03 gr/mol
- Titik leleh : $8,6^\circ\text{C}$
- Titik didih : $100,8^\circ\text{C}$
- Fase : Cair
- Warna : Tidak berwarna



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

- g. Bau : Berbau khas
h. Densitas : 1,220 gr/cm³

2. Sifat Kimia

- Larut sempurna dalam air; sedikit larut dalam benzene, toluene, dan karbon tetraklorida, tidak larut dalam heptana dan oktana
- Campuran asam format dan air membentuk campuran azeotrop dengan kandungan maksimum 77,5% pada tekanan atmosfer
- Dapat mengalami reaksi dekomposisi menjadi karbon dioksida dan air pada suhu 100°C. Reaksi tersebut dapat terjadi pada suhu ruang apabila digunakan katalis berupa palladium
- Asam format dapat terhidrasi oleh asam sulfat pekat menghasilkan air dan karbon monoksida

Tabel I.7 Komposisi Asam Format 90%

Komposisi	Konsentrasi
Asam Format	90%
Air	10%

(Sumber : PT Sintas Kurama Perdana, 2024)

I.3.2 Sifat Produk

A. Pentaeritritol

1. Sifat Fisik

- Rumus molekul : C₅H₁₂O₄
- Berat molekul : 136,15 gr/mol
- Titik leleh : 258,4°C
- Titik didih : 276°C
- Fase : Kristal Padat
- Warna : Putih
- Densitas : 1,396 gr/ml



PRA RANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHIDA, ASETALDEHIDA, DAN NATRIUM HIDROKSIDA SEBAGAI MEDIA ALKALI

2. Sifat Kimia

- a. 5,6 bagian pentaeritritol larutan dalam 100 bagian air pada suhu 15°C
- b. Dapat mengalami reaksi oksidasi menghasilkan tris (*hydroxymethyl*) *acetic acid* dengan bantuan katalis platinum atau palladium
- c. Dapat mengalami reaksi nitrasi menghasilkan Pentaeritritol Tetranitrat (PETN) yang digunakan sebagai bahan peledak

(Sumber : Perry, 2019)

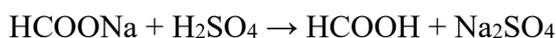
B. Natrium Format

1. Sifat Fisik

- a. Rumus molekul : NaHCO₂
- b. Berat molekul : 68,01 gr/mol
- c. Titik leleh : 253 °C
- d. Fase : Padat
- e. Warna : Putih
- f. Bau : Berbau khas
- g. Densitas : 1,919 gr/ml

2. Sifat Kimia

- a. 44 bagian natrium format larut dalam 100 bagian air pada suhu 0°C dan 160 bagian natrium format larut dalam 100 bagian air pada suhu 100 °C
- b. Dapat bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan asam format dan natrium sulfat



(Sumber : Perry, 2019)