



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang mengalami kemajuan pesat di segala bidang termasuk industri. Industri merupakan suatu kegiatan atau proses pengolahan bahan baku, baik bahan mentah maupun bahan setengah jadi menjadi suatu produk yang bernilai ekonomi lebih tinggi dan bermanfaat. Industri kimia memegang peranan sangat penting dalam peradaban manusia. Produk- produk industri kimia dibutuhkan dan digunakan di semua bidang kehidupan sehari-hari. Salah satu industri kimia yang mempunyai peluang yang besar di masa mendatang adalah industri *tetramethylmethane*. *Tetramethylmethane* adalah salah satu bahan kimia yang memiliki berbagai kegunaan. Pada industri cat dan tinta, resin dari *tetramethylmethane* digunakan dalam pembuatan cat dan tinta karena dapat menghasilkan viskositas yang tinggi dan dapat menstabilkan warna serta tahan air. Selain itu, Resin tersebut juga dapat digunakan sebagai insulasi listrik dan dapat digunakan tanpa atau dengan campuran garam logam sebagai penstabil panas. Pada industri tekstil, *tetramethylmethane* digunakan untuk menghaluskan serat, baik serat sintetis maupun serat kimia.

Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan impor tetramethylmethane dari tahun 2019-2023 mengalami peningkatan. Namun kebutuhan *tetramethylmethane* di Indonesia yang semakin meningkat dari tahun ke tahun tidak dapat dipenuhi oleh bangsa sendiri. Indonesia masih harus mengimpor guna memenuhi kebutuhan *tetramethylmethane* dari luar negeri. Sehingga dibutuhkan pabrik penghasil *tetramethylmethane* yang didirikan di Indonesia untuk membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri serta dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain. Oleh karena itu, Indonesia tidak lagi menjadi importir tetapi dapat menjadi pengeksport *tetramethylmethane* keluar negeri. Selain itu, pembangunan pabrik *tetramethylmethane* di Indonesia diharapkan dapat membuka lapangan kerja untuk menekankan tingkat pengangguran dan memanfaatkan sumber daya manusia yang ada di Indonesia.



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

I.2 Kegunaan Produk

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

Tabel I.1 Kegunaan *Tetramethylolmethane* dalam Industri

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

Kegunaan *tetramethylolmethane* 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 *tetramethylolmethane* juga digunakan dalam berbagai produksi seperti cat, pernis, tinta cetak, pelapis lantai dan bahan perekat lainnya.

(Kirk Othmer, 1998)

I.3 Perencanaan Pabrik

Penentuan kapasitas didasarkan pada kebutuhan *tetramethylolmethane* di Indonesia, jumlah impor ekspor per tahun dan produksi *Tetramethylolmethane* dalam negeri. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik nasional, kebutuhan akan *tetramethylolmethane* dalam negeri semakin meningkat dari tahun ke tahun.



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

Tabel I.2 Data Impor *Tetramethylolmethane* di Indonesia

Tahun	Data Impor	
	Impor (kg)	Pertumbuhan (%)
2019	6210274	-
2020	7459188	20,1104
2021	6707420	-10,0784
2022	9323157	38,9977
2023	10246347	9,9021
Rata-rata pertumbuhan		14,7330

(Badan Pusat Statistik, 2024)

Berdasarkan data Tabel I.2 dapat terlihat kenaikan impor *tetramethylolmethane* rata-rata sebesar 14,7330% sehingga menurut Kusnarjo (2010) perkiraan konsumsi dalam negeri *tetramethylolmethane* pada tahun 2028 dapat dihitung dengan persamaan:

$$m = P (1+i)^n \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- m : Perkiraan konsumsi dalam negeri pada tahun ke-x (ton)
- P : Jumlah produk pada tahun pertama (ton)
- i : Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)
- n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Diperkirakan jumlah impor pada tahun 2028 sebesar :

$$\begin{aligned}
m &= P (1+i)^n \\
&= 10246347 (1+14,7330/100)^{(2028-2023)} \\
&= 20370886,7
\end{aligned}$$

Selain melihat kebutuhan dalam negeri *tetramethylolmethane* di Indonesia pada tahun mendatang, perlu diperhatikan pula kebutuhan *tetramethylolmethane* di luar Indonesia. Data peningkatan kebutuhan *tetramethylolmethane* di beberapa negara dari tahun ke tahun dapat dilihat sebagai berikut :



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

Tabel I.3 Data Impor Tetramethylolmethane di Luar Negeri

Tahun	Data Impor Luar Negeri (Kg)					Total	Pertumbuhan
	China	Jepang	Malaysia	India	USA		
2019	2618289	2304630	4826713	14779662	38713925	63243219	-
2020	2085641	2033477	4579033	17919792	40850352	67468295	6,6807
2021	2482680	2347971	4519260	20215269	39167812	68732992	1,8745
2022	2962633	8846640	4658592	15587019	38268616	70323500	2,3140
2023	3073493	8967835	4598405	16142128	38323290	71105151	1,1115
Rata-rata Pertumbuhan						71832063	2,9952

(Data.un.org, 2023)

Berdasarkan data Tabel I.3 dapat terlihat kenaikan impor *tetramethylolmethane* dari beberapa negara sehingga kebutuhan pada tahun 2028 dapat dihitung dengan persamaan:

Diperkirakan jumlah impor pada tahun 2028 sebesar :

$$\begin{aligned}m &= P (1+i)^n \\ &= 71105151 (1+2,9952/100)^{(2028-2023)} \\ &= 41.205.541\end{aligned}$$

Berdasarkan hal tersebut, maka kebutuhan komoditas tetramethylolmethane di berbagai negara seperti China, Jepang, Malaysia, India, dan USA masih relatif tinggi dengan kapasitas yang dibutuhkan pada tahun 2028 sebesar 82.411.082 kg/tahun. Pendirian pabrik *tetramethylolmethane* di Indonesia diharapkan dapat memenuhi 50% kebutuhan *tetramethylolmethane* di berbagai negara, sehingga jumlah *tetramethylolmethane* yang akan dipenuhi sebesar 41.205.541 kg/tahun. Berdasarkan penjelasan di atas, pabrik *tetramethylolmethane* didirikan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri. Maka, kapasitas pabrik yang akan direncanakan memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri menggunakan metode *discounted*, dengan persamaan:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

Keterangan :

m_1 = nilai impor saat pabrik didirikan (0)

m_2 = kapasitas pabrik lama



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

m_3 = kapasitas pabrik yang akan didirikan

m_4 = prediksi nilai ekspor saat pabrik didirikan

m_5 = prediksi kebutuhan dalam negeri saat pabrik didirikan

Dengan menggunakan data impor dan ekspor maka diasumsikan pada tahun 2028 nilai impor dapat tercukupi oleh produksi pabrik sehingga $m_1 = 0$ dan tidak ada pabrik *tetramethylolmethane* yang produksi di Indonesia sehingga $m_2 = 0$, maka :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = m_4 + m_5$$

$$m_3 = 20.370.886 + 41.205.541$$

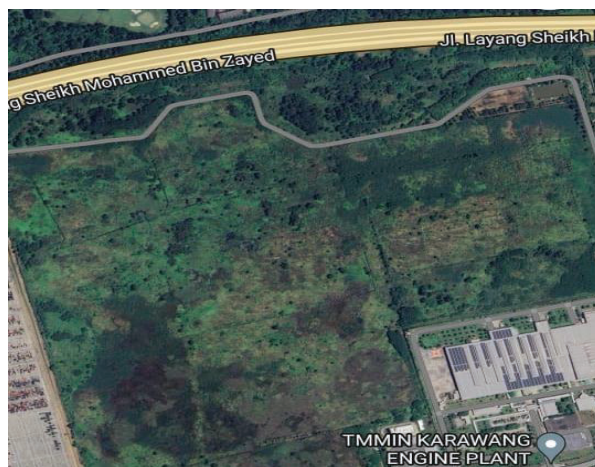
$$m_3 = 61.576.427 \text{ Kg/Tahun}$$

$$m_3 = 61.576 \text{ Ton/Tahun} \approx 60.000 \text{ Ton/Tahun}$$

Jadi, jumlah kapasitas *tetramethylolmethane* yang akan direncanakan berdiri pada tahun 2028 adalah 60.000 ton/tahun.

I.4 Penentuan lokasi pabrik

Dalam perancangan pabrik, penentuan dan pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting. Hal tersebut dikarenakan mempengaruhi kegiatan pabrik, baik dalam produksi maupun distribusi produk. Nilai ekonomi dari pabrik yang akan didirikan juga berkaitan dengan penentuan dan pemilihan lokasi pabrik.



Gambar I 1 Lokasi Pendirian Pabrik



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

Pabrik *tetramethylmethane* dari asetaldehida, formaldehida, dan natrium hidroksida dengan kapasitas 60.000 ton/tahun direncanakan akan didirikan di Teluk Jambe Barat, Karawang, Jawa Barat Kawasan *Karawang International Industrial* dengan harga luas tanah per $m^2 = Rp\ 2.300.000$. Alasan pemilihan lokasi atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut.

A. Faktor Primer

Faktor primer adalah faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari pabrik. Tujuan utama tersebut meliputi produksi dan distribusi, faktor-faktor primer yang berpengaruh dalam penentuan dan pemilihan lokasi pabrik adalah :

1. Penyediaan Bahan Baku

Lokasi pabrik sebaiknya berada di daerah yang dekat dengan sumber bahan baku sehingga transportasi dapat berjalan lancar dengan biaya yang minimal. Selain itu, lokasi pabrik juga sebaiknya berada dekat dengan pelabuhan apabila ada bahan baku yang dikirim dari luar negeri. Sumber bahan baku utama dari pabrik *tetramethylmethane* adalah formaldehid yang diperoleh dari PT Dover Chemical Banten, sodium hidroksida yang diperoleh dari PT Asahimas Chemical Banten, asam format yang diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana Karawang, dan asetaldehida yang diperoleh dari PT. Indo Acidatama Solo.

2. Pemasaran

Produk dari pabrik *tetramethylmethane* merupakan salah satu bahan yang penting dalam industri alkyd resin, surface coating, PVC, pelumas, dan tekstil. Pemasaran *tetramethylmethane* diharapkan tidak hanya di Indonesia, melainkan juga dapat diekspor menuju negara-negara tetangga. Oleh karena itu, pabrik didirikan dekat dengan pelabuhan.

3. Utilitas

Pada perencanaan suatu pabrik, air, tenaga listrik, dan bahan bakar merupakan faktor penunjang yang sangat penting. Kebutuhan air dapat dipenuhi dengan baik karena kawasan pabrik dekat dengan sumber aliran sungai, yaitu Sungai Citarum dengan debit air $684\ m^3/s$. Sedangkan pembangkit listrik utama untuk pabrik menggunakan PLN dan generator yang bahan bakarnya adalah solar.

4. Tenaga Kerja



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

Sebagian dari tenaga kerja yang dibutuhkan di pabrik ini adalah tenaga kerja yang berpendidikan kejuruan atau menengah dan sebagian lain sarjana sesuai dengan kebutuhan. Faktor kedisiplinan dan pengalaman kerja pada tenaga kerja juga menjadi prioritas dalam perekrutan tenaga kerja, sehingga tenaga kerja yang diterima saat perekrutan merupakan tenaga kerja yang berkualitas dan berkerja sebagaimana mestinya.

5. Transportasi

Pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dapat dilakukan melalui jalur darat dan laut. Untuk mempermudah lalu lintas pembelian bahan baku dan pendistribusian produk dan pemasarannya, pabrik didirikan di Karawang, Jawa Barat. Wilayah Karawang terletak pada geografis yang strategis. Sarana dan prasarana lebih mudah untuk dijangkau seperti jalan raya dan pelabuhan.

B. Faktor Sekunder

1. Perluasan Area Unit

Perluasan area pabrik dimungkinkan jika tanah sekitar memang masih cukup luas untuk dilakukan perluasan pabrik dan tidak mengganggu pemukiman penduduk.

2. Biaya dan Perijinan Tanah

- a. Keamanan kerja disekitar lokasi pabrik terpenuhi
- b. Tanah yang tersedia untuk lokasi pabrik dengan harga yang terjangkau dan masih cukup luas
- c. Pengoperasian, pengontrolan, pengangkutan, pemindahan, maupun perbaikan semua peralatan proses dapat dilakukan dengan mudah dan aman.
- d. Pemanfaatan area tanah dengan efisien
- e. Transportasi yang baik dan terjangkau.

3. Lingkungan Sekitar

Sikap atau perilaku masyarakat sekitar lokasi pabrik diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik *tetramethylmethane*. Hal ini dikarenakan pendirian pabrik ini tidak akan mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat sekitar lokasi pabrik.



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

I.4 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

I.4.1 Spesifikasi Bahan Baku

A. Formaldehid

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Cair
- b. Berat Molekul : 30,03 gr/mol
- c. Densitas : 1.08 gr/ml
- d. Titik Didih : 96°C
- e. Temperatur Kritis : 137,2°C
- f. Kapasitas Panas : 35,4 J/(mol K)
- g. Panas Pembakaran : 563,5 kJ/mol
- h. Kelarutan : Mudah larut dalam air

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

- a. Dekomposisi pada suhu 300°C formaldehyde akan mengalami dekomposisi secara heterogen membentuk methanol didorong dengan adanya logam-logam seperti platinum.
- b. Reaksi Polimerisasi Monomer formaldehid anhidrat tidak bisa didapatkan secara komersial. Formaldehid gas terpolimerisasi secara perlahan-lahan pada suhu dibawah 100°C, yang dipercepat dengan adanya impuritas senyawa polar seperti asam, alkali, dan air

(Kirk &Othmer, 2007)

Tabel I.4 Komposisi Formaldehid

Komposisi	%Berat
CH ₂ OH	37
CH ₃ OH	3
H ₂ O	60

(PT. Dover Chemical)



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

B. Asetaldehyde

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Cair
- b. Berat Molekul : 44,05 gr/mol
- c. Densitas : 0,6268 gr/ml
- d. Titik Didih : 20,8 °C
- e. Temperatur Kritis : 181,5 °C
- f. Flash Point : -38 °C

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

a. Reaksi Oksidasi

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

b. Reaksi Reduksi

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

c. Reaksi Polimerasi

Jika asetaldehid dititrasi dengan HCl kering pada suhu rendah maka meta asetaldehid berubah kembali menjadi asetaldehid dan paraldehid dengan membiarkannya pada suhu 60°C - 65°C selama beberapa hari. Peristiwa ini dinamakan dipolimerisasi.

(Kirk &Othmer, 2007)

Tabel I.5 Komposisi Asetaldehyd

Komposisi	%Berat
C ₂ H ₄ O	99
H ₂ O	1

(PT. Indo Acidatama Solo)



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

C. Natrium Hidroksida

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Padat
- b. Berat Molekul : 40 gr/mol
- c. Densitas : 1,524 gr/ml
- d. Titik Didih : 1391 °C

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

- a. NaOH bereaksi dengan asam mineral membentuk garam dan bereaksi dengan asam lemak membentuk gas seperti H₂S, SO₂ dan CO₂

(Kirk &Othmer, 2007)

Tabel I.6 Komposisi NaOH

Komposisi	%Berat
NaOH	98

(PT. Asahimas Chemical)

I.4.2 Spesifikasi Bahan Pendukung

A. Asam Format

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Cair
- b. Berat Molekul : 46,03 gr/mol
- c. Densitas : 1.2073 gr/ml
- d. Titik Didih : 100,8 °C
- e. Titik Leleh : 8,4 °C
- f. Viskositas : 1,57 cP

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

- a. Dekomposisi Pada suhu 1600 °C
- b. Bereaksi cepat dengan alkali kuat

(Kirk &Othmer, 2007)



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylolmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

Tabel I.7 Komposisi Asam Format

Komposisi	%Berat
HCOOH	90
H ₂ O	10

(PT. Sintas Kurama Perdana)

I.4.3 Spesifikasi Produk

A. Tetramethylolmethane

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Kristal Putih
- b. Berat Molekul : 136,15 gr/mol
- c. Densitas : 1,396 gr/ml
- d. Titik Didih : 276 °C
- e. Titik Leleh : 261-262 °C
- f. Panas Pembentukan : -220 Kkal/mol
- g. Specific gravity : 60,85 kal/mol pada 100 °C
- h. Panas Pembakaran : 2767 kJ/mol
- i. Panas Jenis : 225 J/mol pada 100 °C
- j. Kelarutan dalam air : 7,23 gr pada 25 °C

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

- a. *Tetramethylolmethane* dapat teroksidasi menjadi 2,2-bis (hydroxymethyl) *hydracrylic acid* oleh oksidasi udara langsung dalam bentuk larutan dan menggunakan katalis palladiumcarbon atau oksidasi secara biologi menggunakan media bakteri *Corynebacterium* atau *Arthrobacter paraldehyd* dengan membiarkannya pada suhu 60°C - 65°C selama beberapa hari. Peristiwa ini dinamakan dipolimerisasi.

(Kirk &Othmer, 2007)



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Tetramethylmethane dari Formaldehyde dan Acetaldehyde dengan Media Alkali Natrium Hidroksida Melalui Proses Heyden dengan Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”

B. Natrium Format

1. Sifat Fisika

- a. Bentuk : Cair
- b. Berat Molekul : 68,008 gr/mol
- c. Densitas Padatan : 1,199 gr/ml
- d. Titik Leleh : 259,85 °C

(Perry,2008)

2. Sifat Kimia

- a. Bereaksi dengan asam sulfat untuk menghasilkan asam format dengan hasil samping berupa sodium format

(Kirk &Othmer, 2007)