

# PRARANCANGAN PABRIK *HEXAMETHYLENETETRAMINE* DARI AMONIA DAN FORMALDEHIDA DENGAN PROSES ALEXANDER F MACLEAN KAPASITAS 20.000 TON/TAHUN

Mariatul Adawiyah<sup>1\*</sup>, Misnawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

\*Corresponding Author: [marisasabrina53@gmail.com](mailto:marisasabrina53@gmail.com)

## Abstrak

*Hexamethylenetetramine banyak digunakan pada berbagai industri seperti pada industri pupuk, industri resin, industri karet, industri tekstil dan industri pertanian serta kedokteran. Memenuhi kebutuhan dalam negeri dan adanya peluang untuk ekspor yang masih terbuka, maka dirancang pabrik hexamethylenetetramine berkapasitas 20.000 ton/tahun. Dengan memperhatikan beberapa aspek meliputi aspek penyediaan bahan baku, transportasi, tenaga kerja, pemasaran serta utilitas maka dipilih lokasi untuk pabrik yang strategis di daerah Banjarmasin, Provinsi Kalimantan Selatan. Tepatnya dikawasan PT Intan Wijaya International di jalan Trisakti, Basirih, Kecamatan Banjarmasin Barat dengan luas area 12,5 Ha yang berjarak sekitar 7 Km dari Kota Banjarmasin. Adapun pabrik ini direncanakan dalam manajemen Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan sebanyak 118 karyawan dengan dipimpin oleh seorang direktur utama.*

*Proses produksi hexamethylenetetramine terbagi menjadi 3 tahap. Bahan baku yang digunakan adalah amonia 20% sebanyak 149887,4640 kg/hari dan formaldehida 37% sebanyak 214260.5304 kg/hari. Tahap pertama adalah persiapan bahan baku yaitu amonia dan formaldehida. Tahap kedua adalah reaksi pembentukan hexamethylenetetramine dengan metode Alexander F Maclean dilakukan dengan mereaksikan amonia dan formaldehida dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang dilengkapi dengan koil pendingin pada kondisi operasi tekanan dan temperatur sebesar 1 atm dan 36 °C. Tahap ketiga adalah pemurnian dan penyimpanan produk. Memurnikan produk dengan menggunakan rotary dryer yang menghasilkan kemurnian produk mencapai 99,9%. Produk dikemas di dalam karung 25 kg dan disimpan di dalam gudang penyimpanan sebelum didistribusikan. Utilitas membutuhkan air sebanyak 18147,0757 kg/jam, steam dibutuhkan sebesar 12841,6055 kg/jam, kebutuhan bahan bakar sebesar 591.8256 liter/jam dan listrik total yang dibutuhkan sebesar 1337,2786 kWatt yang di suplai oleh generator.*

*Hasil analisa ekonomi memberikan hasil Total Capital Investment (TCI) adalah sebesar Rp 584.392.680.275,- dan diperoleh hasil penjualan yaitu sebesar Rp 1.001.742.700.000,- per Tahun. Selain itu diperoleh juga Return of Investment (ROI) sebelum pajak sebesar 31% dan Return of Investment (ROI) sesudah pajak sebesar 20%. Pay Out Time (POT) sebelum pajak yaitu 2,42 tahun dan Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 3,29 tahun. Sehingga diperoleh Break Event Point (BEP) sebesar 45,70% dan Shut down point (SDP) sebesar 26,38%. Berdasarkan pertimbangan hasil evaluasi tersebut, maka pabrik Hexamethylenetetramine dengan kapasitas 20.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.*

**Kata kunci:** Amonia, Formaldehida, Hexamethylenetetramine, Break Event Point dan Shut Down Point.

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, perkembangan industri di Indonesia berlangsung sangat pesat. Diantara banyaknya industri yang sedang berkembang di Indonesia, industri kimia merupakan industri yang paling disoroti perkembangannya. Industri kimia terus berkembang secara meluas dan terintegrasi, dikarenakan adanya perluasan kapasitas produksi beberapa pabrik dan pembangunan pabrik-pabrik kimia baru.

Kehadiran industri kimia menunjang kehidupan manusia, baik di bidang kesehatan, pendidikan, ekonomi maupun keamanan. Selain itu, tujuan dari pembangunan sektor industri kimia yaitu memenuhi kebutuhan dalam negeri yang semakin meningkat seiring meningkatnya kebutuhan berbagai bahan penunjang dalam industri. Selain itu juga memberikan nilai tambah yang besar bagi negara, membuka lapangan pekerjaan dan menyerap tenaga kerja dengan





produktivitas tinggi serta mengurangi ketergantungan terhadap produk negara lain. Hal ini memacu kita untuk lebih efisien melakukan terobosan baru, sehingga produk yang dihasilkan mempunyai pangsa pasar, daya saing, efektif dan efisien. Oleh karena itu perlu pendirian pabrik-pabrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, salah satunya adalah pabrik *Hexamethylenetetramine*.

*Hexamethylenetetramine* (HMTA) atau biasa disebut sebagai *hexamine* merupakan salah satu produk industri kimia yang sangat penting bagi kehidupan manusia di berbagai bidang terutama sektor industri. Selama Perang Dunia ke II bahan ini banyak digunakan sebagai bahan baku peledak dalam pembuatan *cyclonite* yang mempunyai daya ledak sangat tinggi dan secara luas sebagai pengganti *Trinitrotoluena* (TNT). Setelah masa perang dunia II usai, bahan peledak ini masih diperlukan untuk keperluan pertahanan dan keamanan dan industri pertambangan. *Hexamethylenetetramine* juga digunakan dalam bidang kedokteran (bahan baku antiseptik), industri resin (*curing agent*), industri karet (antivulkanisasi dan *accelerator*), industri tekstil (*shrink proofing agent*), industri serat selulosa (menambah elastisitas), industri pertanian sebagai fungisida dan pestisida, anti korosi dalam industri logam, penyerap gas beracun dan anti *caking agent* (Kent, J.A., 1974).

Dengan mempertimbangkan hal di atas maka pendirian pabrik *hexamethylenetetramine* dari amonia dan formaldehida sangat diperlukan. Data impor *hexamethylenetetramine* di Indonesia tahun 2012-2017 dapat dilihat pada **Tabel 1** (Statistik, 2018) :

**Tabel 1** Data Kebutuhan *Hexamethylenetetramine* di Indonesia Tahun 2013-2018

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2012	25.089	-0,1454
2	2013	21.441	-0,1278
3	2014	18.700	0,4124
4	2015	26.412	-0,0322
5	2016	25.561	0,1688
6	2017	29.875	-
Total		147.078	0,2757
		Rata-rata	0,0551

**Tabel 3.** Perbandingan Proses Pembuatan *Hexamethylenetetramine*

Sifat	Proses			
	Meissner	Leonard	AGF Levebvre	F.MacLean
Fase Bahan Baku	Gas-gas	Cair-cair	Cair-gas	Cair-cair
Temperatur Reaksi (oC)	20-30	30-50	20-30	20-70
Tekanan Reaksi	1 atm	16 atm	1 atm	1 atm
Konversi	97%	98%	97%	98%
Yield	95%	95%	95%	95%

Dengan pertimbangan kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Dunia. Adapun data pabrik *Hexamethylenetetramine* yang telah beroperasi di Dunia dapat dilihat pada **Tabel 2** :

**Tabel 2** Data Pabrik *Hexamethylenetetramine* di Dunia

No.	Perusahaan Negara	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	<i>Kanoria Chemical</i> , India	5.000
2	<i>Jinan Leader Group</i> , China	10.800
3	<i>JSC Metafrax</i> , Rusia	15.000
4	<i>Jinan Xianguri Chemical</i> , China	20.000
5	<i>Jinan Dragon Chemical</i> , China	20.000
6	<i>Shandong Runyin BC</i> , China	30.000

Dari data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan *Hexamethylenetetramine* pada tahun 2024 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data *Hexamethylenetetramine* pada tahun 2012 sampai 2017 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik *Hexamethylenetetramine* yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 20.000 ton/tahun diambil dari 50% kebutuhan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sebagai pertimbangan lain, dilihat juga kapasitas produksi pabrik *Hexamethylenetetramine* di Dunia. Pertimbangan kapasitas yang ditentukan setidaknya masuk dalam kapasitas pabrik yang sudah berproduksi di Dunia.

## 2. Deskripsi Proses

*Hexamethylenetetramine* merupakan produk dari reaksi amonia dan formaldehida dengan produk samping yaitu air. Secara komersial pembuatannya dapat dilakukan dengan empat proses. Perbandingan proses pembuatan *Hexamethylenetetramine*, dapat dilihat pada **Tabel 3**:







Proses pembuatan *Hexamethylenetetramine* ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Larutan amonia berasal dari PT Kaltim *Pasific Ammonia* disimpan dalam tangki penyimpanan amonia (F-110) pada temperatur 36 °C dan tekanan 15 atm dalam bentuk cair. Amonia dan air diencerkan menggunakan *mixer* (M-120). Hal ini dikarenakan *feed* amonia yang akan digunakan di dalam reaktor ialah larutan amonia 20%. Selain itu, sebelum masuk reaktor amonia juga diturunkan tekanan menggunakan *expander* (G-122) hingga tekanan menjadi 1 atm karena tekanan bahan baku disetarakan sebelum masuk reaktor.

Larutan formaldehida berasal dari PT Intan Wijaya *Chemical Industry*. Larutan formaldehida 37% disimpan dalam tangki penyimpanan formaldehida (F-130). Larutan formaldehida disimpan pada temperatur 36°C dan tekanan 1 atm.

b. Tahap Pembentukan *Hexamethylenetetramine*  
Kedua bahan baku diumpankan ke dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (R-210). Perbandingan mol formaldehida : amonia adalah 3 : 2. Reaksi berlangsung dalam fase cair dan merupakan reaksi eksotermis. Konversi yang dapat dicapai pada reaksi ini sebesar 98%. Reaktor beroperasi pada temperatur 36 °C tekanan 1 atm. Panas yang dihasilkan dalam reaktor akan diserap air pendingin dalam *coil*. Produk keluar dari reaktor mempunyai temperatur 36 °C dan tekanan 1 atm. Kemudian dialirkan ke dalam *expansion valve* untuk menurunkan tekanan hingga 0,8 atm dan temperatur 87,1330 °C. Hal ini dikarenakan evaporator bekerja pada tekanan di bawah 1 atm untuk menghindari dekomposisi *hexamine*. Evaporator (V-220) berfungsi untuk memisahkan pengotor selain air dan juga sebagai proses pemekatan. Evaporator dalam keadaan vakum dengan menggunakan *steam jet ejector* (G-221). Produk hasil keluaran evaporator berupa *hexamethylenetetramine* basah dibawa ke unit pemurnian menggunakan *screw conveyor* (J-231).

c. Tahap Pemisahan Produk

Memurnikan produk *hexamine* menggunakan *rotary dryer* (B-310). Prinsip kerja pengeringan *rotary dryer* menggunakan panas yang dialirkan dan bersentuhan secara langsung dengan bahan yang akan dikeringkan melalui drum yang berputar. Udara panas yang dihembuskan ke dalam *rotary dryer* berasal dari *blower* (G-311). Pada *rotary dryer* terjadi penguapan sisa-sisa air dan dihasilkan produk mencapai kemurnian 99,9%.

Berdasarkan US Patent No 2640826 (1953), Reaksi pembentukan *Hexamethylenetetramine* merupakan reaksi orde 3 dengan nilai k sebesar 0.0648 L<sup>2</sup>/Kmol<sup>2</sup> s. dengan konversi sebesar 98%. Adapun persamaan kecepatan reaksi dan kinetika reaksi sebagai berikut (Froment and Bischoff, 1979):

$$-r_A = k \cdot C_A \cdot C_B^2$$

$$k = 1,42 \times 10^3 \exp(-3090/T)$$

Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk & keluar reaktor dapat dilihat pada **Tabel 4 :**

**Tabel 4.** Neraca Massa Reaktor (R-210)

Komponen	Input (Kg/Jam)		Output (Kg/Jam)
	Aliran 3	Aliran 4	Aliran 5
NH <sub>3</sub>	1249,0622	1249,0622	24,9812
CH <sub>2</sub> O	-	3303,1832	66,0637
CH <sub>3</sub> OH	-	44,6376	44,6376
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> N <sub>4</sub>	-	-	2518,9934
H <sub>2</sub> O	4996,2488	5579,7013	12518,1571
Total	6245,3110	8927,5221	15172,8331
	15172,8331		

### 3. Utilitas

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, direncanakan menggunakan air kawasan dari sungai Martapura. Pembangkit listrik utama pada pabrik ini menggunakan generator dan sebagian kebutuhan listrik dari PLN. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik *Hexamethylenetetramine* dapat dilihat pada **Tabel 5 :**

**Tabel 5.** Kebutuhan Utilitas Pabrik *Hexamethylenetetramine*

Kebutuhan	Jumlah
Steam	14125,7661 kg/jam
Air	18147,0757 kg/jam
Listrik	1337,2786 kW
Bahan Bakar	520,8065 kg/jam

### 4. Analisis Ekonomi

Daftar harga bahan baku dan produk pada prarancangan pabrik *Hexamethylenetetramine* dapat dilihat pada **Tabel 6 :**





**Tabel 6.** Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Amonia	2.899
Formaldehida	2.899
<i>Hexamethylenetetramine</i>	50.087

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik *Hexamethylenetetramine* dapat dilihat pada **Tabel 7** :

**Tabel 7.** Total Biaya Pabrik *Hexamethylenetetramine*

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	405.156.434.264
WC	148.070.366.452
TCI	584.392.680.275
PPC	259.715.662.990

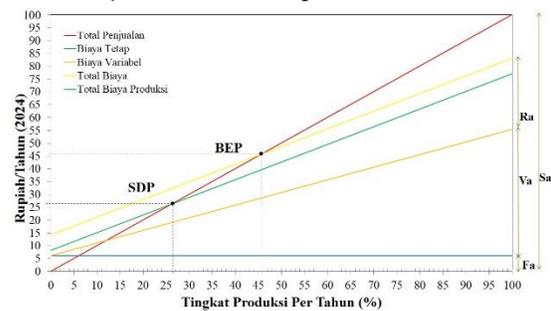
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan maka dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales* (POS), *Percent Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Net Present Value* (NPV), *Interest Rate of Return* (IRR), *Break Even Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP). Hasil analisa ekonomi pabrik *Hexamethylenetetramine* dapat dilihat pada **Tabel 8** :

**Tabel 8.** Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	31%	Min. 11%	Layak
POT	2,4 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	45,70%	40-60%	Layak
SDP	26,38%	20-40%	Layak

*Return On Investment* (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dapat dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point* (BEP) adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa) dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955).

Grafik analisis kelayakan ekonomi pabrik *Hexamethylenetetramine* dapat dilihat **Gambar 2** :



**Gambar 2.** Grafik BEP dan SDP Pabrik *Hexamethylenetetramine* Kapasitas 20.000 Ton/Tahun

### 5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik *Hexamethylenetetramine* dari Amonia dan Formaldehida dengan Proses Alexander F Maclean Kapasitas 20.000 ton/tahun akan didirikan di Banjarmasin, Kalimantan Selatan pada tahun 2024. Bentuk perusahaan yang direncanakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasi yaitu *line* dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 118 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 31%, POT sebesar 2,4 tahun, BEP sebesar 45,70% dan SDP sebesar 26,38%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik *Hexamethylenetetramine* ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

### Daftar Pustaka

Aries, R.S. and Newton, R.D., 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: MC Graw Hill Book Company inc.

Badan Pusat Statistik, 2018, [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). Diakses pada 25 Desember 2018 pukul 20.00 WIB.

Froment and Bischoff, 1979, *Chemical Reactor Analysis and Design*, New York John Wiley and Sons, Inc.

Kent, J.A., 1974, *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry*, 7th edition, USA, Litton Educational Publishing, Inc.

Singh, B. 2014. *Hexamethylenetetramine. Synlett Spotlight 374, Natural Product Chemistry, Indian Institute of Integrative Medicine (CSIR), Jammu-18001, India, Jammu and Kashmir*.

US Patent Office No. 2640826. 1953. New York. *Production of Hexamine*

