

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah suatu negara agraris sebagian besar penduduknya bekerja pada sektor pertanian atau bercocok tanam. Sektor pertanian di Indonesia merupakan sektor yang sangat strategis dalam pembangunan ekonomi nasional, terutama pada sektor industri agrochemical. Prioritas utama dalam strategi kebijakan pangan pemerintah Indonesia yaitu harus adanya program peningkatan produksi pangan dan perbaikan sistem produksi. Keinginan untuk swasembada pangan harus berawal dari ketersediaan benih yang unggul, pupuk sebagai nutrisi utama dalam tumbuhan dan penanganan terhadap hama yang pada akhirnya akan meningkatkan produktivitas dan menjadi keuntungan bagi para petani. Hal tersebut memberi dampak positif berkembangnya industri kimia, termasuk di bidang produksi pestisida.

Diantara industri yang sedang berkembang di Indonesia, industri kimia merupakan industri yang sangat diperhatikan dalam setiap perkembangannya. Industri kimia akan terus berkembang secara luas dan terintegrasi. Tujuan dari pembangunan sektor industri kimia tidak lain yaitu untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan berbagai bahan penunjang dalam industri, maka dari itu perlu adanya pendirian pabrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri, salah satunya yaitu pabrik hexamethylenetetramine .

Hexamethylenetetramine atau hexamine pertama kali ditemukan pada tahun 1859. Hexamine berbentuk bubuk kristal putih dengan sedikit bau amina. Hexamine dapat larut dalam air, alkohol, dan kloroform, tetapi tidak larut dalam eter. Namun, solusi berair menunjukkan kelarutan terbalik, yaitu, lebih sedikit hexamine yang larut sebagai suhu meningkat.  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dapat dikristalisasi dari larutan berair pada suhu di  $25^\circ \text{C}$ . Hexamine dibuat oleh reaksi fase cair ammonia dan formaldehid (Kent, 2007).

Hexamethylenetetramine atau yang disebut heksamin merupakan produk industri kimia yang memiliki banyak kegunaan penting bagi kehidupan

manusia di berbagai bidang terutama pada sektor industri. Pada awalnya heksamin cenderung digunakan sebagai bahan baku proses pembuatan cyclonite yang memiliki daya ledakan tinggi. Selain itu juga heksamin banyak digunakan juga dalam berbagai bidang diantaranya : pada bidang kedokteran sebagai bahan baku antiseptic, pada industri karet sebagai accelerator agar karet menjadi elastis, pada industri resin sebagai curing agent, pada industri tekstil sebagai shrink-proofing agent, pada industri serat selulosa sebagai penambah elastisitas, dan pada industri pertanian digunakan sebagai fungisida bertujuan untuk menjaga tanaman dari serangan jamur. (Kent, J.A., 1974).

Karena banyaknya kegunaan heksamin dalam berbagai bidang perkembangan industri di Indonesia yang memanfaatkan produk ini sebagai bahan baku, maka pendirian pabrik ini sangat dibutuhkan. Hal ini tentunya akan mengurangi ketergantungan kita pada produk luar, menghemat pengeluaran devisa negara, meningkatkan ekspor dan membangkitkan penguasaan teknologi.

Maka berdasarkan pertimbangan tersebut pabrik hexamethylenetetramine dengan bahan baku formaldehida dan ammonia diharapkan mempunyai prospek yang baik.

## **1.2 Tinjauan Pustaka**

### **1.2.1 Macam-macam proses**

Hexamine adalah produk dari mereaksikan formaldehida dengan ammonia yang menghasilkan air sebagai produk samping. Pembuatan hexamine dapat dilakukan menjadi empat proses, yaitu :

#### **a. Proses Meissner (Gas-gas)**

Firtz Meissner adalah tokoh penemu yang mengembangkan proses pembuatan hexamine di Jerman Barat. Bahan baku yang digunakan adalah gas amonia dan formaldehida.

Formaldehida dan amonia dialirkan dari tangki formaldehida dan amonia masuk ke dalam reaktor plug flow. Pada proses ini panas reaksi yang terjadi pada reaktor digunakan untuk menguapkan air yang dihasilkan dari reaksi. Reaktor dalam

proses ini dirancang sangat khusus bertujuan bukan hanya tempat terjadinya reaksi antara gas ammonia dan formaldehida juga digunakan sebagai evaporator dan kristaliser. Reaktor berjumlah dua buah dengan suhu reaksi 20-30<sup>0</sup>C. Gas inert untuk mempertahankan temperatur reaktor atau mengatur tekanan total selama campuran berada di dalam reaktor. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kebutuhan pendingin. Produk hexamine meninggalkan reaktor dengan konsentrasi 25-30%. Dengan adanya panas yang dihasilkan, hexamine dapat dikristalisasi langsung dalam reaktor.

Uap dalam reaktor dikondensasikan, sedangkan bahan inert serta impuritas seperti metanol dibuang dari bagian atas reaktor sebagai waste gas. Gas ini masih mengandung hidrogen 18-20% dan digunakan sebagai bahan bakar. Setelah keluar reaktor, produk masuk menuju centrifuge, untuk dicuci dengan air, kemudian dikeringkan dan dipasarkan. Konversi dari proses ini adalah 97% dan yield proses ini mencapai 95% (European Patent Office No.0468353b, 1954).

b. Proses Leonard (Cair-cair)

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini tidak lain adalah Formaldehida bereaksi dengan amonia dalam larutan berair. Reaksi ini bersifat eksotermik dan berlangsung dalam reaktor aliran tangki berpengaduk (RATB) pada suhu 30-50 °C dan pH 7-8. Untuk menjaga suhu, digunakan air pendingin. Larutan formaldehida dimasukkan ke dalam reaktor bersama dengan amonia cair. Produk yang keluar dari reaktor di masukkan menuju evaporator vakum. Evaporator melakukan penguapan reaktan yang tersisa dan crystallizer melakukan proses kristalisasi. Setelah produk keluar dari evaporator, produk ditempatkan di mesin centrifuge. Sebelum produk dikemas, produk terlebih dahulu dikeringkan di dryer. Adapun

konversi dari reaksi pembuatan hexamine dari ammonia dan formaldehida pada proses ini adalah 98% (Kermode and Stevan, 1965)

c. Proses AGV Lefebvre (Cair-gas)

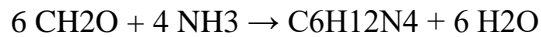
Proses ini menggunakan larutan formalin bebas metanol 30-37% berat dan gas amoniak anhidrat sebagai bahan baku. Reaktor yang digunakan dalam proses ini adalah reaktor gelembung. Formalin dimasukkan ke dalam reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk, dan gas amoniak anhidrat dimasukkan perlahan-lahan dari dasar reaktor. Suhu reaksi yang digunakan adalah 20-30°C. Reaksi bersifat eksotermik. Temperatur reaktor harus dijaga agar membutuhkan pendingin.

Produk yang keluar dari reaktor dialirkan ke vacuum evaporator. Bahan tersebut dipekatkan dan dikristalkan dalam evaporator vakum. Kristal dikumpulkan di bagian bawah evaporator vakum, yang kemudian disentrifugasi di untuk memisahkan kristal heksamin dan air. Untuk memperoleh bahan dengan kemurnian yang tinggi, air yang masih banyak mengandung kristal Heksamin (mother liquor) yang keluar dari centrifuge akan dikembalikan ke vacuum evaporator. Produk yang terbentuk dikeringkan dengan menggunakan dryer. Setelah kristal heksamin kemurnian mecapai 97% dan yield sebesar 95% (Grupta, 1987).

d. Proses Alexander F Maclean (Cair-cair)

Proses ini menghasilkan hexamine proses kontinyu menggunakan reaktor tangki aliran Campuran (RATB). Suhu yang digunakan dalam reaktor, yaitu antara 20°C sampai 70°C. dan penyesuaian pH membutuhkan waktu 5 hingga 30 menit.

Kisaran pH adalah 7-8. Rasio pengumpanan yang dilakukan antara formalin dengan amoniak adalah 3:2. Proses ini menghasilkan yield yang lebih besar dari 95%. Konversi yang dicapai yaitu 98%. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



Hasil reaktor diumpankan ke evaporator pada kondisi Vakum untuk pemekatan heksamin. Kondisi vakun sekitar 20 inci merkuri absolut. Suhu evaporator di bawah 70°C. Lumpur yang terbentuk mengalir ke filter sentrifugal. Cairan yang keluar dari centrifuge dan kemudian dikembalikan ke evaporator (US Patent No 2640826, 1953).

Berdasarkan patent tersebut, Larutan yang digunakan adalah larutan formaldehida 37% larutan amoniak 20%. Reaktor yang digunakan adalah tipe RATB (reaktor aliran tangki berpengaduk). Suhu larutan amonia dan formaldehida memasuki reaktor pada suhu 30°C. Suhu keluar reaktor adalah 70°C. Karena tekanan dalam reaktor adalah 1 atmosfer, kondisi prosesnya adiabatik, dan sifat reaksi dalam adalah eksotermik, sehingga diperlukan pendingin untuk mempertahankan suhu.

Berdasarkan penjelasan daripada keempat macam proses di atas, maka dalam perancangan pabrik hexamine dipilih proses F.MacLean 11 yang bersumber pada US Patent No. 2640826 (1953) dan beberapa pertimbangan diantaranya :

- a. Informasi yang termuat dalam US patent ini lebih rinci dan lengkap untuk proses produksi heksamin dimana di dalamnya terdapat data kondisi operasi meliputi tekanan di dalam evaporator, rentang suhu reaktor dan evaporator serta pH reaksi.
- b. Reaksi yang terjadi adalah reaksi fase cair homogen sehingga penanganan untuk treatment lebih mudah sekalipun dibandingkan dengan reaksi fase gas homogen

seperti pada Proses Meissner atau reaksi fasa heterogen yaitu cair dan gas seperti dalam proses AGF-Lefebvre.

- c. Konversi yang dihasilkan cukup besar yaitu 98% dan yield 95% dibandingkan dengan proses Meissner yaitu konversi 97% dan yield 95%, proses AGF Lefebvre yaitu konversi 97% dan yield 95%.

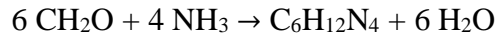
### 1.2.2 Kegunaan Produk

Adapun kegunaan daripada hexamine dalam kehidupan sehari-hari pada beberapa bidang, diantaranya :

- a. Dalam bidang medis digunakan sebagai bahan antiseptik yang dikenal dengan urotropin.
- b. Bahan baku peledak dalam pembuatan cyclonite atau RDX.
- c. Pada industri pupuk urea digunakan sebagai anti cracking agent (penggumpalan).
- d. Dalam industri resin digunakan sebagai bahan aditif.
- e. Dalam industri karet dimanfaatkan sebagai accelerator dan untuk mencegah karet tervulkanisasi.
- f. Pada industri tekstil digunakan sebagai shrink-proofing agent yaitu untuk memperindah warna.
- g. Digunakan sebagai bahan aditif dalam pembuatan serat selulosa (menambah elastisitas).
- h. Dalam industri pertanian dimanfaatkan sebagai bahan fungisida.

### 1.2.3 Tinjauan Termodinamika

Dilakukan peninjauan secara termodinamika dimaksudkan untuk mengetahui sifat reaksi apakah berjalan secara eksotermis atau endotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung dengan perhitungan panas pembentukan standar ( $\Delta H^{\circ}f$ ) pada tekanan atmosfer ( $P = 1 \text{ atm}$ ) dan suhu ( $T = 298 \text{ K}$ ). Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Data panas reaksi pembentukan masing-masing komponen dalam reaksi pembentukan hexamine pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

**Tabel 1. 1 Nilai  $\Delta H^\circ f$**

Komponen	$\Delta H^\circ f$ , kJ/ mol
CH <sub>2</sub> O	-108,57
NH <sub>3</sub>	-46,11
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> N <sub>4</sub>	760,68
H <sub>2</sub> O	-285,83

(Yaws, 1999)

$$\Delta H^\circ f_{298 \text{ K}} = \Delta H^\circ f_{\text{Produk}} - \Delta H^\circ f_{\text{Reaktan}}$$

Diketahui :

- $\Delta H^\circ f_{\text{Produk}} = [ (\Delta H^\circ f_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4} ) + (6 \times \Delta H^\circ f_{\text{H}_2\text{O}}) ]$   
 $= ( 760,68 + (6 \times - 285,83)) \text{ KJ/mol}$   
 $= - 954,3 \text{ kJ/mol}$
- $\Delta H^\circ f_{\text{Reaktan}} = [ ( 6 \times \Delta H^\circ f_{\text{CH}_2\text{O}} ) + (4 \times \Delta H^\circ f_{\text{NH}_3}) ]$   
 $= (( 6 \times -108,57) + (4 \times -46,11))$   
 $= - 835, 86 \text{ kJ/mol}$

$$\Delta H^\circ f_{298 \text{ K}} = \Delta H^\circ f_{\text{Produk}} - \Delta H^\circ f_{\text{Reaktan}}$$

$$\Delta H^\circ f_{298 \text{ K}} = - 954,3 \text{ kJ/mol} - (- 835,86 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta H^\circ f_{298 \text{ K}} = - 118, 44 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ f_{298 \text{ K}} = - 28, 3078 \text{ kkal/mol}$$

Dari perhitungan  $\Delta H^\circ f$  reaksi di atas bernilai negatif (-), maka diperoleh bahwa reaksi termasuk eksoterm, sehingga reaksi dapat melepaskan panas.

Suatu reaksi bersifat reversible atau irreversible dapat dilihat dengan nilai konstanta keseimbangan (K). Selain itu diperlukan energi gibbs dari masing-masing senyawa yang terlibat dalam reaksi. Energi gibbs tersebut dapat diperoleh berdasarkan Physical Properties Table dari buku yang ditulis Yaws, 1999. Energi dari masing-masing senyawa akan diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1. 2 Nilai  $\Delta G^\circ f$**

Komponen	$\Delta G^\circ f$ , kJ/mol
CH <sub>2</sub> O	-109,91
NH <sub>3</sub>	-16,4
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> N <sub>4</sub>	410,80
H <sub>2</sub> O	-228,6418

(Yaws, 1999)

Persamaan :

$\Delta G^\circ = \Sigma (n \Delta G^\circ f \text{ produk}) - \Sigma (n \Delta G^\circ f \text{ reaktan})$
$\Delta G^\circ = -RT \ln K$

(J.J.M. Smith and H.C. Van Ness, 1975)

Maka :

$K = \exp (-\Delta G^\circ / RT)$
-----------------------------------

Dengan :

$\Delta G^\circ$  = Energi bebas gibbs standard (kJ/mol)

T = Temperatur (K)

R = Tetapan gas (1,987 kJ/mol K)

K = Konstanta kesetimbangan pada 298 K

$$\Delta G^\circ = \Sigma (n \Delta G^\circ f \text{ produk}) - \Sigma (n \Delta G^\circ f \text{ reaktan})$$

Diketahui :

$$\Delta G^\circ f_{\text{Produk}} = [(\Delta G^\circ f \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4) + (6 \times \Delta G^\circ f \text{ H}_2\text{O})]$$

$$= (410,80 + (6 \times -228,6418)) \text{ KJ/mol}$$

$$= (410,80) - 1371,8508$$

$$= -961,0508 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ f_{\text{Reaktan}} = [(6 \times \Delta G^\circ f \text{ CH}_2\text{O}) + (4 \times \Delta G^\circ f \text{ NH}_3)]$$

$$= ((6 \times -109,91) + (4 \times -16,4))$$

$$= -659,46 + (-65,6)$$

$$= -725,06 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ f_{298 \text{ K}} = \Delta G^\circ f_{\text{Produk}} - \Delta G^\circ f_{\text{Reaktan}}$$

$$\Delta G^\circ f_{298 \text{ K}} = -961,0508 \text{ kJ/mol} - (-725,06 \text{ kJ/mol})$$

$$\Delta G^\circ f_{298 \text{ K}} = -235,9908 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ f_{298 \text{ K}} = -56,4031 \text{ kkal/mol}$$

Menghitung nilai  $K_{298} \rightarrow$  Suhu Standar

$$K_{298} = \exp \frac{\Delta G^\circ f_{298}}{RT}$$

$$K_{298} = \exp \frac{-56,4031}{-1,987 \frac{\text{kkal}}{\text{mol}} \text{K} \times 298 \text{ K}}$$

$$K_{298} = \exp \frac{-56,4031}{-592,126}$$

$$K_{298} = \exp (0,0952)$$

$$K_{298} = e^{0,0952}$$

$$K_{298} = 1,0998$$

Mencari Koperasi → K 313

$$\frac{K_{operasi}}{K_{298}} = \exp \exp \frac{-\Delta H^{\circ}f_{298}}{R} \left[ \frac{1}{T_{operasi}} - \frac{1}{T_{298}} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0998} = \exp \exp \frac{-28,3078}{1,987} \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{298} \right]$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0998} = \exp \exp 14,2465 (0,00319 - 0,003355)$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0998} = \exp \exp 14,2465 (-0,000165)$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0998} = \exp \exp (-0,00235)$$

$$\frac{K_{operasi}}{1,0998} = e^{-0,00235}$$

$$K_{operasi} = 0,9977 \times 1,0998$$

$$K_{313} = 1,075$$

Untuk mencari  $\Delta G$  pada suhu operasi  $40^{\circ}\text{C} = 313 \text{ K}$

$$\begin{aligned} \Delta G_{313} &= -RT \ln K_{313} \\ &= -1,987 \times 313 \ln 1,075 \\ &= -44,978 \text{ kkal/mol} \end{aligned}$$

Jika nilai dari  $\Delta G^{\circ}$  adalah negatif, maka nilai  $K > 1$ . Jika nilai  $K > 1$  maka reaksi akan cenderung pada terbentuknya produk dan bersifat irreversible atau berjalan searah.

#### 1.2.4 Tinjauan Kinetika

Data yang didapat dari literatur sebagai berikut :

- a. Temperatur =  $40^{\circ}\text{C}$
- b. Tekanan =  $1 \text{ atm}$

- c. Sifat reaksi = Eksotermis
- d. Fase = cair ; cair
- e. Mol (CH<sub>2</sub>O : NH<sub>3</sub>) = 3 : 2
- f. Konversi = 98 %
- g. Reaktor = RATB

(US Patent No. 2640826,1953)

Adapun reaksi yang terjadi pada pembuatan hexamine dengan bahan baku formaldehida dan ammonia sebagai berikut :



Secara kinetika persamaan reaksi tersebut dapat ditulis sebagai berikut :



Dari persamaan diatas, dapat diketahui bahwa pada proses pembuatan hexamine merupakan orde tiga. Persamaan kecepatan reaksi dan persamaan kinetika reaksi dapat dituliskan sebagai berikut (Froment and Bischoff, 1979) :

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

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

Dimana :

$-r_A$  = kecepatan laju reaksi (mol/liter.menit)

$C_A$  = konsentrasi amoniak (mol/L)

$C_B$  = konsentrasi formaldehid (mol/L)

$k$  = konstanta kecepatan reaksi (L<sup>2</sup>/detik.mol<sup>2</sup>)

$T$  = suhu (K)

Pada kondisi operasi reaktor  $T = 313 \text{ K}$  dengan kondisi operasi reaksi dapat diketahui nilai konstanta kecepatan reaksi ( $k$ ) sebesar  $0,0736 \text{ (L}^2/\text{detik.mol}^2)$

### 1.2.5 Perhitungan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik hexamine ini kami tinjau dari beberapa pertimbangan, diantaranya melalui data impor produk, data ekspor produk, dan data konsumsi dalam negeri.

#### 1. Kebutuhan atau pemasaran produksi di Indonesia

##### a. Data Impor Hexamine

Penentuan kapasitas prarancangan pabrik hexamine didasarkan dari kebutuhan dari tahun ke tahun di Indonesia. Berdasarkan data dari badan pusat statistik, kebutuhan impor hexamine di Indonesia cukup besar. Data impor hexamine di Indonesia dapat dilihat pada tabel.

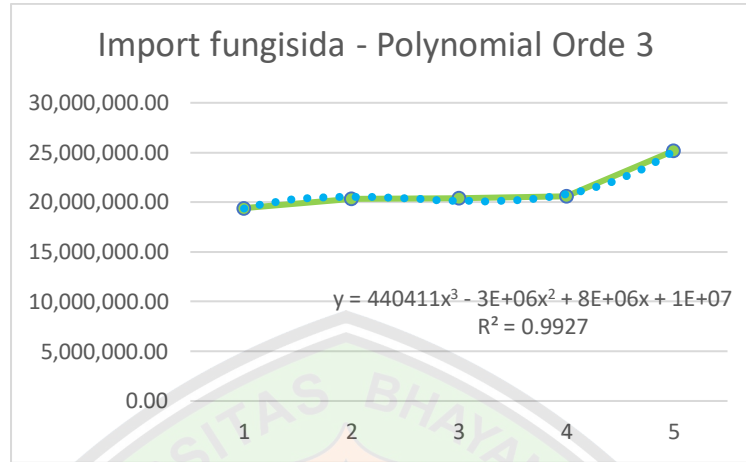
**Tabel 1. 3 Data Impor Hexamine**

No.	Tahun	Jumlah
1.	2017	19.407.198
2.	2018	20.360.250
3.	2019	20.422.007
4.	2020	20.604.284
5.	2021	25.180.194

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2022

Dari data impor tabel di atas, kemudian dibuatkan grafik untuk memperoleh nilai regresi polinomial orde 3. Hal tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya impor hexamine untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia.

Pada gambar grafik 1.1 merupakan grafik dan persamaan yang menunjukkan hubungan data impor hexamine pertahunnya.



**Grafik 1. 1 Grafik Impor dengan Pendekatan Polynomial**

Dari gambar diperoleh persamaan regresi polinomial orde 3 :

$$y = 440411 x^3 - 3e + 06x^2 + 8e + 06x + 1e + 07$$

$$R^2 = 0,9927$$

$$x = 2026-2021$$

$$x = 5$$

$$\text{jadi, } M1 = 440411 x^3 - 3e + 06x^2 + 8e + 06x + 1e + 07$$

$$= 440411 (5)^3 - 3e + 06(5)^2 + 8e + 06(5) + 1e + 07$$

$$= 55.051.578,309 \text{ kg/tahun}$$

$$= 55.051,578 \text{ ton/tahun}$$

**a. Data Ekspor Hexamine**

Penentuan kapasitas prarancangan pabrik hexamine didasarkan dari kebutuhan dari tahun ke tahun di Indonesia. Berdasarkan data dari badan pusat statistik, kebutuhan

ekspor hexamine di Indonesia fluktuatif. Data ekspor hexamine di Indonesia dapat dilihat pada tabel.

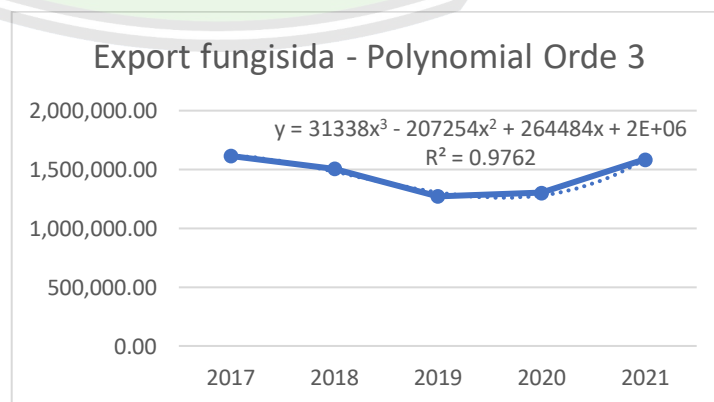
**Tabel 1. 4 Data Ekspor Hexamine**

No.	Tahun	Jumlah
1.	2017	1.614.831
2.	2018	1.506.305,97
3.	2019	1.271.163,99
4.	2020	1.303.147,82
5.	2021	1.584.569,42

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2022

Dari data ekspor tabel di atas, kemudian dibuatkan grafik untuk memperoleh nilai regresi polinomial orde 3. Hal tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya ekspor hexamine untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia.

Pada gambar grafik 1.2 merupakan grafik dan persamaan yang menunjukkan hubungan data ekspor hexamine pertahunnya.



**Grafik 1. 2 Grafik Ekspor dengan Pendekatan Polynomial**

Dari gambar diperoleh persamaan regresi polinomial orde 3 :

$$y = 31338 x^3 - 207254x^2 + 264484x + 2e + 06$$

$$R^2 = 0,9762$$

$$x = 2026-2021$$

$$x = 5$$

$$\text{jadi, } M4 = 31338 x^3 - 207254x^2 + 264484x + 2e + 06$$

$$= 31338 (5)^3 - 207254(5)^2 + 264484(5) + 2e + 06$$

$$= 58.331,436 \text{ kg/tahun}$$

$$= 58,331 \text{ ton/tahun}$$

#### **b. Data Kebutuhan Konsumsi Dalam Negeri**

Penentuan kapasitas prarancangan pabrik hexamine didasarkan dari kebutuhan dari tahun ke tahun di Indonesia. Berdasarkan data dari badan pusat statistik, kebutuhan ekspor hexamine di Indonesia fluktuatif. Data ekspor hexamine di Indonesia dapat dilihat pada tabel.

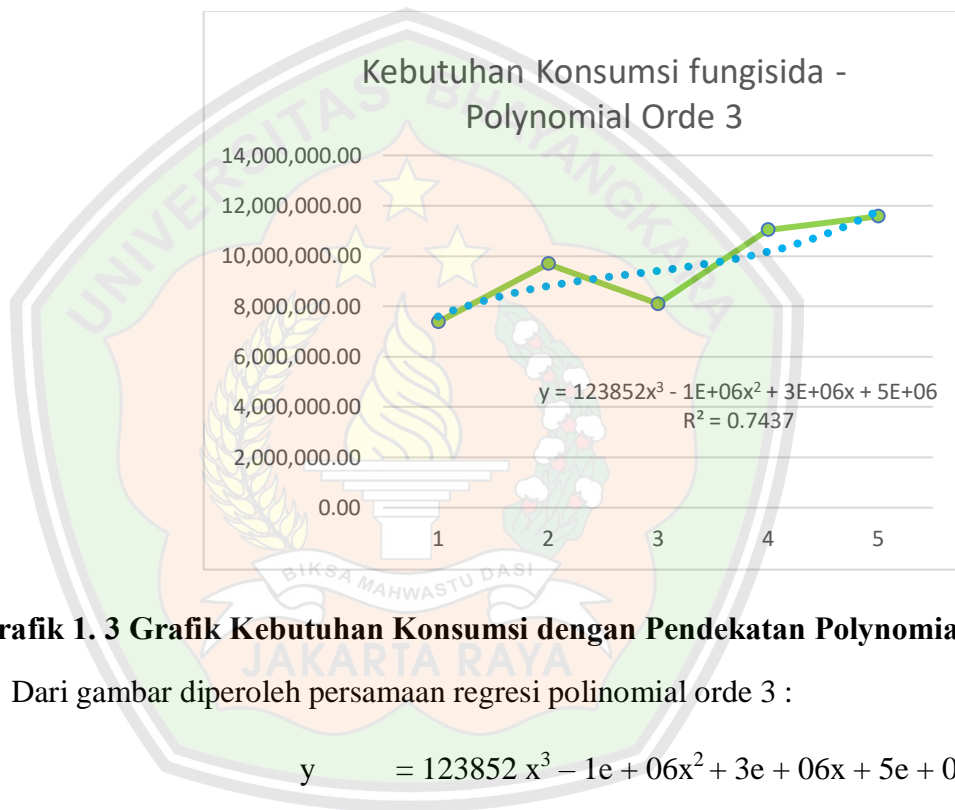
**Tabel 1. 5 Data Kebutuhan Konsumsi Dalam Negeri**

No.	Tahun	Jumlah
1.	2010	7.376.319
2.	2011	9.685.436
3.	2012	8.095.854
4.	2013	11.042.289
5.	2014	11.576.251

Sumber : Indexbox,2022

Dari data kebutuhan konsumsi dalam negeri tabel di atas, kemudian dibuatkan grafik untuk memperoleh nilai regresi polinomial orde 3. Hal tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya kebutuhan konsumsi dalam negeri hexamine untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia.

Pada gambar grafik 1.3 merupakan grafik dan persamaan yang menunjukkan hubungan data kebutuhan konsumsi dalam negeri hexamine pertahunnya.



**Grafik 1. 3 Grafik Kebutuhan Konsumsi dengan Pendekatan Polynomial**

Dari gambar diperoleh persamaan regresi polinomial orde 3 :

$$y = 123852 x^3 - 1e + 06x^2 + 3e + 06x + 5e + 06$$

$$R^2 = 0,7473$$

$$x = 2026-2014$$

$$x = 12$$

$$\text{jadi, } M5 = 123852 x^3 - 1e + 06x^2 + 3e + 06x + 5e + 06$$

$$= 123852 (12)^3 - 1e + 06(12)^2 + 3e + 06(12) + 5e + 06$$

$$= 214.017.000 \text{ kg/tahun}$$

$$= 214.017 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas produksi hexamethylenetetramine pada tahun 2025 dapat dihitung dengan menggunakan rumus persamaan (kusnarjo, 2009)

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

Dimana :

$$M1 = \text{Impor} = 55.051,578 \text{ ton/tahun}$$

$$M2 = \text{Produksi Pabrik Lama} = 3000$$

$$M3 = \text{Produksi Pabrik Baru} = ?$$

$$M4 = \text{Ekspor} = 58,331 \text{ ton/tahun}$$

$$M5 = \text{Konsumsi} = 214.017 \text{ ton/tahun}$$

$$\begin{aligned} M3 &= (M4 + M5) - (M1 + M2) \\ &= (58,331 + 214.017) - (55.051,578 + 3000) \\ &= 156.023,753 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Pemenuhan kapasitas 15% dari peluang yang ada, jadi :

$$= 0,15 \times 156.023,753 \text{ ton/tahun}$$

$$= 23.403,5595 \text{ ton/tahun}$$

$$\approx 24.000 \text{ ton/tahun}$$

Jadi untuk kapasitas pabrik hexamine yang akan kamu dirikan pada tahun 2026 adalah 24.000 ton/tahun dengan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan hexamine di Indonesia dan penambahan jumlah ekspor ke negara lain.

### 1.3 Alasan Pendirian Pabrik

Adapun alasan dari pendirian pabrik hexamethylenetetramine ini diantaranya :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan di dalam negeri sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, sehingga dapat menghemat devisa negara.
- b. Memanfaatkan potensi yang ada di dalam negeri, mengingat bahan baku dari pembuatan heksamin yaitu formaldehida dan ammonia yang sudah diproduksi di Indonesia, sehingga cukup melimpah dan mudah didapatkan mengingat perusahaan yang memproduksi formaldehida dan ammonia telah banyak di Indonesia.
- c. Dapat membuka lapangan kerja baru bagi masyarakat sehingga dapat mengurangi jumlah angka pengangguran di Indonesia, serta dapat meningkatkan taraf hidup pada masyarakat.
- d. Dapat meningkatkan devisa negara apabila hasil produk heksamin ini menjadi komoditi ekspor.
- e. Untuk mengaplikasikan ilmu teknik kimia dalam pendirian pabrik hexamethylenetetramine di Indonesia.

