



BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan produk-produk industri di dunia, maka meningkat pula kuantitas perindustrian di dunia. Tidak berbeda pula dengan Indonesia, kuantitas industri di wilayah Indonesia juga terus meningkat dari waktu ke waktu. Tak hanya kuantitasnya saja kualitasnya juga semakin membaik. Dengan adanya peningkatan kuantitas perindustrian tersebut, maka dibutuhkan pula ketersediaan bahan baku industri untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu bahan baku industri yang dibutuhkan adalah *hexamine*.

Hexamine merupakan bahan baku yang mempunyai banyak kegunaan dalam industri, antara lain sebagai antiseptik dalam kedokteran, *anti cracking* dalam industri pupuk urea, dan sebagai *accelerator* dan anti vulkanisasi dalam industri karet. Selain itu, selama perang dunia ke II *hexamine* digunakan sebagai bahan baku peledak dalam pembuatan *cyclonite* yang merupakan bahan peledak yang memiliki daya ledak yang tinggi (Kent, 1974).

Kebutuhan terhadap *hexamine* di Indonesia dapat dilihat dari data ekspor dan impor. Sampai saat ini hanya ada satu pabrik yang memproduksi *hexamine* di Indonesia. Oleh karena itu pendirian pabrik *hexamine* sangat memungkinkan. Selain itu, secara tidak langsung pendirian pabrik *hexamine* ini akan memberikan beberapa manfaat, antara lain:

1. Menyediakan lapangan pekerjaan baru, sehingga akan mengurangi jumlah pengangguran yang merupakan masalah lama yang dihadapi oleh negara Indonesia.
2. Menghemat pengeluaran negara yang berupa devisa, karena pendirian pabrik ini akan mengurangi jumlah import bahan dari industri-industri dari negara tetangga.



3. Memacu pertumbuhan industri-industri baru di Indonesia. Industri baru tersebut bisa berupa industri yang memproduksi bahan baku untuk membuat produk *hexamine*, ataupun juga industri yang memakai *hexamine* sebagai bahan baku.

I.2. Kapasitas Perancangan Pabrik

Untuk menentukan kapasitas pabrik *hexamine* yang akan didirikan, diperlukan pertimbangan dengan beberapa data, antara lain:

- a. Data ekspor dan impor produk.
- b. Kapasitas pabrik yang sudah ada.

Berikut adalah data-data tersebut:

1. Data ekspor dan impor produk.

Dari data ekspor dan impor produk ini dapat memberikan informasi pada kita seberapa besar kebutuhan *hexamine* di Indonesia, data berikut diambil dari Badan Pusat Statistik dari tahun 2010 sampai 2014.

Tabel 1. Data impor *hexamine* 2010-2014

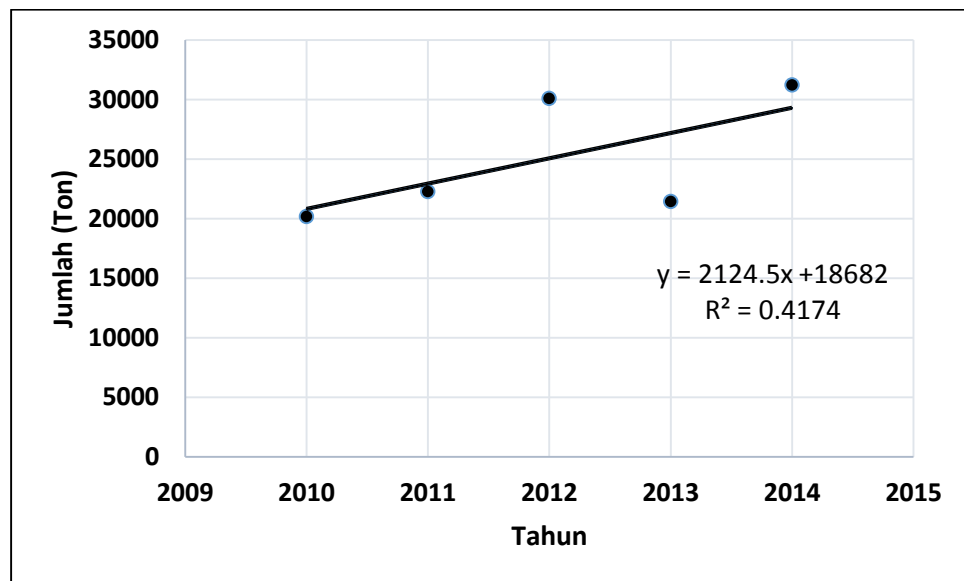
No.	Tahun	Jumlah (Ton)
1	2010	20.194,7
2	2011	22.290,8
3	2012	30.107,1
4	2013	21.440,9
5	2014	31.242,3

(Badan Pusat Statistik, 2015)

Akan tetapi data ekspor dari negara Indonesia tidak didapatkan, hal ini membuktikan bahwa perusahaan-perusahaan *hexamine* di Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan *hexamine* di Indonesia, sehingga pendirian pabrik Indonesia mempunyai peluang yang besar dan akan dapat berkembang.



Dari data di atas, dilakukan pembuatan grafik linier untuk mendapatkan persamaan linier untuk menghitung perkiraan kebutuhan *hexamine* pada tahun yang diinginkan. Grafik dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Grafik impor *hexamine* 2010-2014

Dari grafik di atas didapatkan persamaan linier $y=2124,5x + 18682$, sehingga dapat dihitung besarnya kebutuhan pada tahun 2020 adalah sebesar 43.101,72 Ton/tahun. Dari prediksi tersebut maka ditetapkan kapasitas perancangan pabrik *hexamine* sebesar 50.000 Ton/tahun. Kelebihan dari produksi tersebut dapat digunakan untuk ekspor ke negara-negara tetangga di kawasan Asia.

2. Kapasitas pabrik yang sudah ada.

Selain kebutuhan ekspor dan impor, kapasitas pabrik yang sudah ada dapat dijadikan pertimbangan dalam menentukan kapasitas. Berikut adalah kapasitas pabrik yang telah berdiri di dunia dapat dilihat pada tabel 2.



Tabel 2. Kapasitas pabrik *hexamine* yang sudah ada

No.	Nama Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/tahun)
1	New Tech Polymers India P.Ltd.	India	18.000
2	Jinan Sanhoos Trase Co.Ltd	Cina	12.000
3	Jinan Xingxing Auxiliary Agent Factory	Cina	21.200
4	Wuhan Chujiang Chemical Co.Ltd	Cina	15.000
5	Kanoria Chemicals & Ind.Ltd	India	20.000
6	Sina Chemical Industrial	Iran	25.000
7	Jinan Xiangrui Chemical Co.Ltd	Cina	50.000
8	PT Intan Wijaya Intersional Indonesia	Indonesia	8.000

(WWW.ICIS.COM, 2015)

I.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik ini berdasarkan atas tinjauan secara praktis untuk lebih menguntungkan, baik dari segi teknis dan ekonomis. Berikut adalah faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik *hexamine* yang akan didirikan :

1. Ketersediaan bahan baku

Dalam mendirikan suatu pabrik salah satu hal yang harus diperhatikan adalah jarak antara pabrik dengan bahan baku, semakin dekat suatu pabrik dengan bahan baku maka akan semakin kecil biaya transportasi yang akan dikeluarkan, pada pabrik *hexamine* ini mengambil bahan baku amonia dari PT Pupuk Kujang Cikampek yang memiliki kapasitas produksi amonia 330.000 ton/tahun, lalu bahan baku formaldehid diambil dari PT Dover Chemical dan PT Intan Wijaya Internasional.



2. Pemasaran produk

Sesuai dengan kegunaannya, produk *hexamine* yang telah diproduksi akan dijual ke PT Pindad Jaya (Jawa Barat) sebagai pabrik bahan peledak dan pabrik pembuat obat. Apabila kebutuhan *hexamine* didalam negeri sudah terpenuhi sisa produksi dapat diekspor ke luar negeri.

3. Jalur transportasi

Suatu pabrik harus dekat dengan jalur transportasi agar mempermudah pengadaan bahan baku dan juga mempermudah pemasaran produk, selain itu juga mempermudah pendatangan bahan baku atau bahan bakar dari luar pulau Jawa, oleh karena itu pabrik *hexamine* ini dibangun di Cikampek yang dekat dengan sumber bahan baku amonia, selain itu daerah Cikampek dekat dengan jalur utama jalan darat Karawang-Jakarta, selain itu juga dekat dengan jalur kereta api yang memungkinkan transportasi dengan kereta. Sedangkan untuk jalur laut daerah Cikampek dekat dengan transportasi berupa pelabuhan, yaitu pelabuhan Tanjung Priok yang sudah berstandar internasional sehingga pemasaran produk ke luar pulau dapat dilakukan dengan mudah.

4. Ketersediaan air

Ketersediaan air dalam suatu pabrik merupakan hal yang penting, karena air dalam pabrik air mempunyai berbagai macam fungsi antara lain sebagai air proses, pendingin, dan juga sebagai air minum. Air kebutuhan dalam pabrik biasanya dipenuhi dari air sungai, danau, ataupun air laut. Di kawasan Cikampek terdapat sumber air besar yaitu sungai Curug, Parungkadali dan Cikao yang terletak di sebelah hilir Jatiluhur.

5. Ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja merupakan pelaku dalam proses di dalam pabrik, ketersediaan tenaga kerja terampil dan juga terdidik sangat penting bagi pabrik yang didirikan, karena akan memperlancar proses produksi dalam pabrik. Di daerah Cikampek merupakan daerah industri, sehingga



ketersediaan tenaga kerja juga melimpah, selain itu di Jawa Barat juga terdapat banyak perguruan tinggi, sehingga kebutuhan tenaga kerja ahli dapat dipenuhi dengan mudah.

6. Bahan bakar dan energi

Mengingat Cikampek merupakan daerah yang dekat dengan laut, serta terdapat pelabuhan yang memadai, maka penyediaan bahan bakar yang dapat berupa batu bara dapat dengan mudah dipenuhi dari dalam maupun luar pulau Jawa, sedangkan untuk memenuhi kebutuhan energi dapat dipenuhi dari tenaga listrik yang diperoleh dari PLN, mengingat Cikampek merupakan daerah industri maka kebutuhan listrik dapat dengan mudah dipenuhi.

7. Pengembangan pabrik

Daerah Karawang merupakan kawasan industri yang masih memiliki lahan kosong yang luas, sehingga sangat memungkinkan untuk pengembangan area pabrik.

8. Kebijakan pemerintah.

Daerah Cikampek merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan oleh kebijakan pemerintah, sehingga dalam hal ini perizinan, lingkungan masyarakat sekitar, faktor sosial serta perluasan pabrik sangat memungkinkan untuk berdirinya pabrik *hexamine*. Selain itu, perluasan pabrik juga akan memungkinkan karena kawasan industri di Cikampek masih relatif luas.

I.4. Tinjauan Pustaka

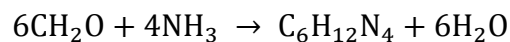
I.4.1. Proses Sintesa *Hexamine*

Dilihat dari bahan baku pembuatannya yaitu amonia dan formaldehid, proses sintesa *hexamine* memiliki tiga macam proses, yaitu:



1. Proses *Meissner*

Proses *Meissner* pertama kali dikembangkan oleh Firtz Meissner pada tahun 1959 di Jerman Barat. Bahan baku yang digunakan pada proses ini yaitu gas amonia anhidrit dan gas formaldehid seperti reaksi di bawah ini:



Formaldehid dan amonia dialirkan dari tangki dialirkan kedalam reaktor. Reaksi yang terjadi sangat cepat, sehingga yang menjadi pengontrol kecepatan reaksi pada proses ini adalah terjadinya pembentukan kristal *hexamine* dalam reaktor. Panas reaksi yang dihasilkan dari proses ini digunakan untuk menguapkan air yang dihasilkan dari reaksi.

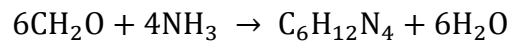
Reaktor yang digunakan dalam reaksi ini adalah reaktor *plug flow* yang didesain dengan sangat khusus karena selain digunakan ntuk mereaksikan amonia dan formaldehid, reaktor ini juga berfungsi sebagai *evaporator* dan *crystalizer*. Reaktor yang digunakan berjumlah 2 buah dengan suhu reaksi 20-30°C. Untuk menjaga temperatur dalam reaktor, digunakan gas *inert* atau pengaturan tekanan total saat campuran di dalam reaktor mendidih. Hal ini ditujukan untuk mengurangi kebutuhan pendingin.

Hexamine yang keluar dari reaktor konsentrasinya sekitar 25-30%. Dengan adanya panas yang terbentuk, *hexamine* yang keluar dapat langsung dikristalkan dalam reaktor. Uap dalam reaktor akan dikondensasikan sedangkan gas *inert* dan impuritas seperti metanol akan dibuang dari bagian atas reaktor sebagai *waste gas*. *Waste gas* ini masih mengandung hidrogen 18-20% yang akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Setelah dari reaktor, produk akan masuk kedalam *centrifuge* untuk dicuci dengan air kemudian dikeringkan dan dipasarkan. Konversi dari proses ini mencapai 97% dan *yield* proses mencapai 95% (*European Patent Office* No.04838b).



2. Proses Leonard

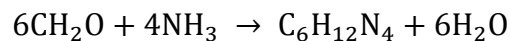
Bahan baku yang digunakan pada proses Leonard adalah amonia cair dan larutan formaldehid dengan konsentrasi 37%. Reaksi yang terjadi pada proses ini sebagai berikut:



Reaksi tersebut berlangsung pada fase cair dengan temperatur 30-50°C dan pH 7-8. Untuk menjaga temperatur di dalam reaktor alir berpengaduk digunakan air sebagai pendinginnya. Larutan formaldehid mengandung metanol kurang dari 2% diumpankan bersama dengan amonia cair kedalam reaktor. Produk yang keluar dari reaktor akan masuk kedalam *vaccum evaporator* dimana akan terjadi penguapan sisa-sisa reaktan dan akan mulai terjadi proses pengkristalan *hexamine*. Setelah produk keluar dari *evaporator* produk akan masuk ke *centrifuge* dan dikeringkan di *dryer*, dan akan dikemas. Dari proses ini diperoleh *yield overall* sebesar 95-96% berdasarkan reaktan formaldehid (Kent, 1947). Konversi dari reaksi pembuatan *hexamine* dari amonia dan formaldehid pada proses ini sebesar 98% (Kermode dan Stevan, 1965).

3. Proses AGF Lefebvre

Bahan baku yang digunakan dalam proses ini adalah larutan formaldehid bebas metanol sebesar 30-37% berat dan gas amonia *anhidrit*. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Dimana bahan baku formaldehid diumpankan kedalam reaktor dan amonia *anhidrat* diumpankan secara pelan dari bagian bawah reaktor. Reaksi terjadi pada temperatur 20-30°C dan merupakan reaksi eksotermis, sehingga pada proses ini diperlukan pendingin. Pada proses ini digunakan amonia berlebih untuk menyempurnakan reaksi.

Produk yang keluar dari reaktor akan dikristalkan didalam *vaccum evaporator*, kristal yang terbentuk akan dikumpulkan dibagian bawah *evaporator* yaitu pada *salt box* dan akan diumpankan ke *centrifuge* untuk



memisahkan kristal *hexamine* dan air. Setelah pemisahan ini produk di keringkan dan dikemas. Pada proses ini konversi mencapai 97% dan yield sebesar 95% (Gupta, 1987).

Dari ketiga proses tersebut, dipilih proses *Leonard* untuk menjadi proses yang digunakan pada perancangan pabrik ini yang diperoleh dari beberapa pertimbangan sebagai berikut:

1. Reaksi yang terjadi pada proses *Leonard* tersebut adalah reaksi homogen cair-cair yang penanganannya lebih mudah dari reaksi heterogen gas-cair.
2. Konversi yang dihasilkan dari proses *Leonard* adalah yang paling tinggi dari ketiga proses tersebut, yang mencapai 98% dan yield 95-96%.
3. Panas reaksi pada proses *Leonard* relatif rendah yang hanya sekitar 30-50°C sehingga untuk mengatur suhu reaktor lebih mudah, selain itu kebutuhan pendinginan lebih sedikit sehingga dapat menghemat biaya operasi.

I.4.2. Kegunaan Produk

Hexamine memiliki berbagai kegunaan yang cukup luas dalam beberapa bidang industri, antara lain (Kent, 1974):

- a. Antiseptik yang dikenal sebagai *urotropin* dalam bidang kedokteran.
- b. Bahan anti korosi pada industri logam.
- c. Bahan penyerap gas beracun.
- d. Bahan pendeteksi logam.
- e. Bahan *anti caking agent* dalam industri pupuk.
- f. Bahan aditif pada industri resin.
- g. Sebagai *accelerator* dan pencegah vulkanisasi pada industri karet.
- h. Sebagai *shrink-proofing agent* dalam industri tekstil.
- i. Bahan aditif dalam pembuatan serat selulosa untuk menambah elastisitas.
- j. Fungisida dalam industri makanan terutama buah.



I.4.3. Sifat-sifat Bahan dan Produk

Berikut adalah sifat-sifat bahan dan produk dalam sintesis *hexamine*:

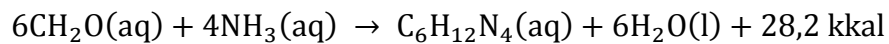
1.4.3.1. Amonia

Sifat-sifat fisik:

Berat molekul	: 17,03 kg/mol
Fase	: Gas
Warna	: Tak berwarna
Berat jenis	: 618 kg/m ³
Titik didih	: -33,35°C
Kemurnian	: 99,95%
Impuritas	: 0,05 H ₂ O

Sifat-sifat kimia :

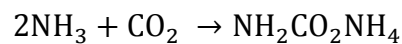
- a. Amonia dapat bereaksi dengan formaldehid akan menghasilkan *hexamine* dan air, reaksinya adalah:



- b. Amonia bersifat stabil pada temperatur sedang, tetapi dapat terdekomposisi menjadi hidrogen dan nitrogen pada temperatur yang tinggi, pada tekanan atmosferis dekomposisi terjadi 450-500°C.

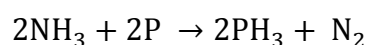
- c. Amonia akan teroksidasi pada temperatur tinggi dan akan menghasilkan nitrogen dan air.

- d. Amonia dapat bereaksi dengan karbondioksida akan menghasilkan *ammonium karbamat*, reaksinya adalah:



Ammonium karbamat kemudian terdekomposisi menjadi urea dan air .

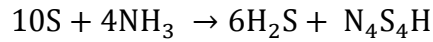
- e. Amonia dapat bereaksi dengan uap *phospor* pada panas yang tinggi akan menghasilkan nitrogen dan *phospine*:



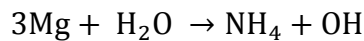
- f. Amonia dapat bereaksi dengan uap belerang menghasilkan *ammonium sulfat* dan nitrogen.



- g. Belerang dan *anhydrous* amonia cair bereaksi menghasilkan *hydrogen sulfide*, reaksi adalah:



- h. Pemanasan amonia dengan logam yang reaktif seperti magnesium menghasilkan *magnesium nitrit*, reaksi sebagai berikut:



- i. Amonia bereaksi dengan halogen. Klorin dan bromin melepaskan nitrogen dari amonia yang berlebihan untuk menghasilkan garam-garam amonium.
- j. Amonia dapat bereaksi dengan *ethylene oxide* akan membentuk *mono*, *di*, dan *triethanolamine*.

(Kirk and Orthmer, 1991).

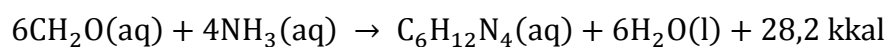
1.4.3.2. Formaldehid (CH₂O)

Sifat-sifat fisik:

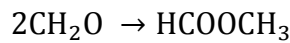
Berat molekul	: 30,03 kg/kg mol
Fase	: Cair
Bau	: Tajam
Warna	: Tak berwarna
Berat jenis	: 815,3 kg/m ³
Titik didih	: 95,9°C
Kemurnian	: 37%
Impuritas	: 62,5% H ₂ O 0,5% CH ₃ OH

Sifat-sifat kimia:

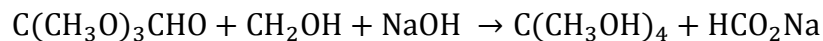
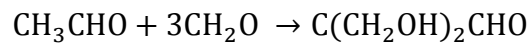
- a. Formaldehid dapat bereaksi dengan amonia akan membentuk *hexamine* dan air.



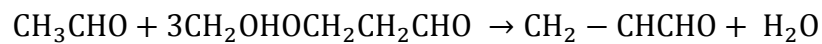
- b. Formaldehid akan tereduksi menjadi *metal format* dengan bantuan katalis tembaga atau asam berat reaksi adalah:
-



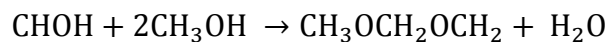
- c. Formaldehid dapat bereaksi dengan *asetaldehyde* pada fase cair membentuk *pentaerythriol* reaksinya sebagai berikut:



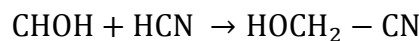
- d. Formaldehid dapat bereaksi dengan *asetaldehyde* pada fase gas dan pada suhu 285°C membentuk *akreolin*, reaksi sebagai berikut:



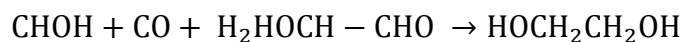
- e. Pada kondisi katalis asam dan fase cair formaldehid beraksi dengan alkohol membentuk *formals* misalnya *dimethoxymethene* dari metanol, reaksinya sebagai berikut:



- f. Formaldehid dapat bereaksi dengan hidrogen sianida akan menghasilkan *glyconitrile*:



- g. Formaldehid dapat bereaksi dengan *acetylene* dengan bantuan katalis tembaga atau perak *acetylide* menghasilkan *acetylene* alkohol.
h. Formaldehid dapat beraksi dengan sintesis gas (CO, H₂) menghasilkan etilen glikol melalui dua tingkat proses sebagai berikut:



(Kirk and Orthmer, 1991).

1.4.3.3. Hexamine (C₆H₁₂N₄)

Sifat-sifat fisik:

Berat molekul	: 140,19 kg/kg mol
Fase	: Padat
Bentuk	: Kristal
Warna	: Putih dan berkilauan
Berat jenis	: 1,331 kg/m ³



Titik didih	: 280°C
Titik leleh	: 200°C
Kemurnian	: 99,98%
Impuritas	: 0,02% H ₂ O

Sifat-sifat kimia:

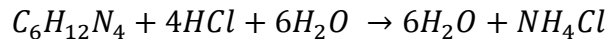
- Pada reaksi nitrasasi *hexamine* akan dihasilkan *cyclotrimethylene trinitramine* atau lebih populer dengan sebutan RDX yang mempunyai daya ledak tinggi.
- Hexamine* tidak bereaksi dengan alkohol pada kondisi netral ataupun biasa, tetapi bereaksi pada kondisi asam membentuk garam amonium reaksinya sebagai berikut:



- Reaksi dengan senyawa anorganik

Jika *hexamine* dipanaskan dengan asam kuat dan fase cair akan terhidrolisis membentuk formaldehid dan garam amonium.

Reaksi yang terjadi:



(Kirk and Orthmer, 1991).