

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia berlangsung sangat cepat beriringan dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK). Proses industrialisasi memungkinkan perekonomian negeri ini berkembang pesat dan semakin baik, sehingga membawa perubahan dalam struktur perekonomian nasional. Dari sekian banyak industri yang berkembang di Indonesia, industri kimia merupakan industri yang paling disoroti atas perkembangannya. Industri kimia terus berkembang secara luas dan komprehensif. Tujuan pengembangan industri kimia tidak lain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat dan kebutuhan industri akan berbagai bahan penunjang yang semakin meningkat. Untuk itu perlu dibangun pabrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri. Salah satunya adalah pabrik *hexamethylenediamine*

Hexamethylenediamine (HMD) merupakan suatu senyawa organik yang memiliki rumus kimia $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ atau $\text{C}_6\text{H}_{16}\text{N}_2$. Molekulnya adalah diamina yang terdiri dari rantai hidrokarbon heksametilena yang diakhiri dengan gugus fungsi amina. Dalam bentuk padatan biasanya berwarna kekuning-kuningan dengan bau amina yang cukup kuat. HMD diproduksi sekitar 1 milyar kilogram setiap tahunnya (E. Munadar, 2018).

Hexamethylenediamine digunakan untuk bahan utama pembuatan nylon66. Nylon66 secara cepat mulai dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik. Di Indonesia, nylon66 banyak diperlukan untuk pembuatan *nylon tire cord* (kain ban). Selain dipakai dalam produksi polimer, *Hexamethylenediamine* juga digunakan sebagai aditif pembantu dalam berbagai industri misalnya, dalam industri cat. *Hexamethylenediamine* juga digunakan sebagai pengatur pH dan penghasil warna yang stabil dan juga sering digunakan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan resin epoksi. Resin epoksi ini nantinya bisa digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari pembuatan lapisan pelindung, hingga bahan komposit

yang kuat dan tahan lama. *Hexamethylenediamine* juga punya peran penting dalam dunia medis. HMDA digunakan dalam produksi beberapa obat-obatan, seperti antibiotik dan obat anti kanker. HMDA juga digunakan dalam industri tekstil, bahan pelepasan, dan dalam produksi bahan kimia lainnya (E. Munadar, 2018).

Proses pembuatan *Hexamethylenediamine* terdiri dari 2 macam proses yaitu proses aminasi dengan bahan baku *caprolactam* dan proses hidrogenasi dengan bahan baku adiponitril. Pada Proses aminasi digunakan bahan baku *caprolactam* dan amonia (NH_3) dengan katalis *Copper* pada tekanan 20-500 atm dan suhu 85-150°C. Sementara proses hidrogenasi menggunakan bahan baku adiponitril dan hidrogen dengan katalis Raney-Nikel dengan temperatur 70 – 150°C dan tekanan 19 – 34 atm. Bahan baku yang adiponitril diimpor dari perusahaan bernama INVISTA yang berasal China yang mempunyai kapasitas 400.000 ton/tahun. Sementara hidrogen diperoleh dari pembelian secara langsung pada PT. Air Liquide Indonesia yang juga terletak didaerah Karawang Industri Ciwandan, Cilegon dengan kapasitas 218.176 ton/tahun. Pabrik *hexametilenediamine* belum ada didirikan di Indonesia karena di Indonesia selama ini HMDA di impor dalam jumlah besar dari Tiongkok, Amerika Serikat, Korea Selatan, dan Jerman.

Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2019 menyatakan bahwa konsumsi *hexametilenediamine* rata-rata sebanyak 149.304,2 ton/tahun dan terus meningkat setiap tahunnya. Melihat hal tersebut menyebabkan perlu didirikannya pabrik *hexametilenediamine* dengan kapasitas 200.000 ton per tahun didirikan untuk memenuhi 90% kebutuhan *hexametilenediamine* di Indonesia karena permintaan yang tinggi dan potensi pasar yang besar. Dengan kapasitas produksi sebesar itu, diharapkan dapat memenuhi kebutuhan *hexametilenediamine* yang terus meningkat di dalam dan luar negeri. Pabrik ini juga akan memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan dan bisa mencapai skala ekonomi yang lebih besar, mengurangi biaya produksi per unit dan meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya.

1.2 Perumusan Masalah

Hexamethylenediamine digunakan untuk bahan penting dalam produksi poliamida, seperti nylon 6 dan nylon 66. Poliamida digunakan dalam industri tekstil untuk membuat serat benang dan kain yang kuat dan tahan lama. Selain itu, poliamida juga digunakan dalam pembuatan komponen otomotif, bahan kemasan dan produk-produk konsumen lainnya. Selain itu, *hexamethylenediamine* digunakan sebagai bahan kimia antara dalam sintesis senyawa-senyawa lain yang digunakan dalam berbagai industri, seperti resin, pigmen, perekat, bahan pelunak dan bahan kimia lainnya. *Hexamethylenediamine* berperan penting dalam pembuatan produk-produk kimia yang digunakan dalam industri cat, plastik dan karet. Oleh karena itu diperlukan suatu perancangan pendirian pabrik *Hexamethylenediamine* sehingga dapat memaparkan bagaimana merancang suatu pabrik *Hexamethylenediamine* dari bahan baku *Adiponitrile* dan Hidrogen.

1.3 Tujuan Perancangan Pabrik

Adapun tujuan pembuatan pabrik *Hexamethylenediamine* ini adalah sebagai berikut:

1. Mendirikan Pabrik *Hexamethylenediamine* Pertama di Indonesia
2. Mengurangi Impor *Hexamethylenediamine* di Indonesia
3. Meningkatkan nilai ekonomi dari hasil penjualan produk *Hexamethylenediamine*.
4. Menciptakan lapangan kerja baru bagi sumber daya manusia Indonesia
5. Mengaplikasikan ilmu teknik kimia khususnya dibidang perancangan, analisa proses dan operasi teknik kimia sehingga memberikan gambaran kelayakan perancangan pabrik pembuatan *Hexamethylenediamine*.

1.4 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan ini agar mahasiswa lebih memahami dan mampu merealisasikan ilmu yang didapat selama perkuliahan dalam bentuk prarancangan pabrik *Hexamethylenediamine* dengan kapasitas dan hasil produksi

yang lebih baik. Selain alasan tersebut pendirian *Hexamethylenediamine* juga memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan permintaan *Hexamethylenediamine* di dalam negeri, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap negara lain, dan dapat menghemat devisa negara.
2. Dapat meningkatkan devisa negara dari hasil produk *Hexamethyldiamin* yang di ekspor.
3. Dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat dan dapat menunjang pemerataan pembangunan serta dapat meningkatkan taraf hidup masyarakat.
4. Merangsang industri-industri hulu yang berbahan baku *Hexamethylenediamine*

1.5 Batasan Masalah

Di dalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan *Hexamethylenediamine* ini, penyusun membatasi hanya pada *flowsheet (steady state)* pabrik *Hexamethylenediamine*, *dynamic mode*, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, analisa ekonomi, unit utilitas, Aspen Hysys, *Autodesk Plant 3D* dan tugas khusus.

1.6 Kapasitas Prarancangan Pabrik

Kapasitas pabrik merupakan faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena akan mempengaruhi perhitungan produksi dan ekonomis. Semakin besar kapasitas pabrik kemungkinan keuntungan yang diperoleh akan semakin besar, tetapi dalam penentuan kapasitas perlu juga dipertimbangkan faktor lainnya. Hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas pabrik yaitu data kebutuhan *Hexamethylenediamine* di Indonesia hingga dunia.

1.6.1 Data Kebutuhan *Hexamethylenediamine* di Indonesia

Data kebutuhan *Hexamethylenediamine* di Indonesia dilihat dari peninjauan data impor dan ekspor negara Indonesia terhadap

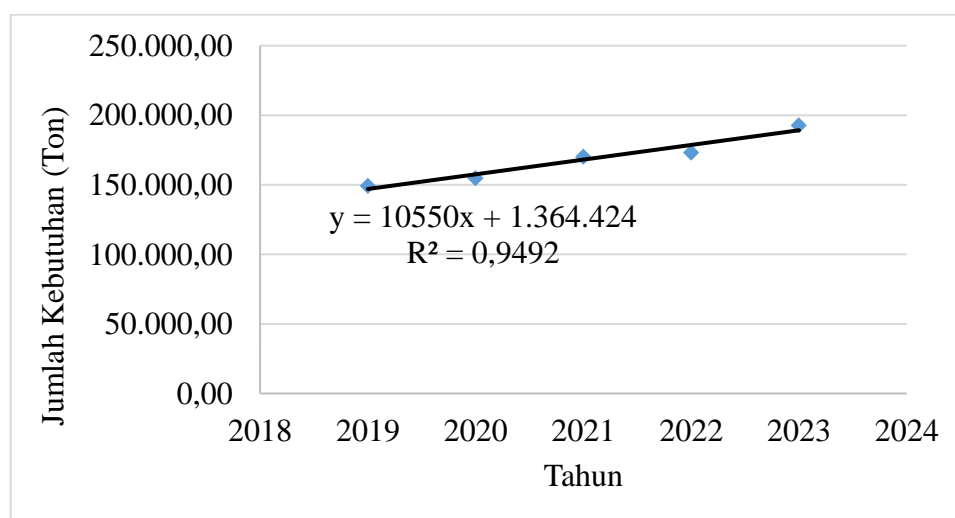
Hexamethylenediamine . Adapun data impor *Hexamethylenediamine* pada tahun 2019-2023 dapat dilihat pada Tabel 1.1. Menurut data komoditi impor dari Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan *Hexamethylenediamine* di Indonesia menunjukkan data yang meningkat. Data ekspor menunjukkan peningkatan, hal ini dikarenakan kebutuhan *Hexamethylenediamine* dunia yang meningkat.

Tabel 1.1 Data Impor *Hexamethylenediamine* di Indonesia

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan (ton)
1	2019	149.304,2
2	2020	154.875,1
3	2021	170.171,3
4	2022	173.231,0
5	2023	192.874,1

(Sumber: Badan Pusat Statistik Indonesia, 2019 - 2023)

Berdasarkan data Tabel 1.1 diatas dapat dilihat bahwa data kebutuhan *hexamethylenediamine* dari tahun 2019 sampai 2023 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor didirikan pabrik ini agar meningkatnya *hexamethylenediamine* pada tahun-tahun mendatang. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat kebutuhan formaldehid pada tahun 2028 dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan *hexamethylenediamine* dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Impor *Hexamethylenediamine* Di Indonesia

Dari kurva di atas didapatkan persamaan garis lurus $y = 105.50x + 1.364.424$ dengan x sebagai fungsi tahun dan nilai $R^2 = 0.9492$. Maka dari persamaan tersebut dapat dihitung kebutuhan *Hexamethylenediamine* dalam negeri pada tahun 2028 mendatang sebagai berikut.

$$y = 105.50x + 1.364.424$$

$$y = 105.50 (2028) + 1.364.424$$

$$y = 215.318,424 \text{ Ton/Tahun}$$

Maka impor *Hexamethylenediamine* di Indonesia pada tahun 2028 meningkat menjadi sebesar 215.318,424 Ton/Tahun.

Dengan menggunakan persamaan tersebut maka perkiraan kebutuhan impor *Hexamethylenediamine* di Indonesia pada tahun 2028 disajikan pada Tabel 1.2 berikut :

Tabel 1.2 Data Impor Ekstrapolasi

No	Tahun	Jumlah Kebutuhan (ton)
1	2024	199.739
2	2025	210.289
3	2026	220.838
4	2027	231.388
5	2028	241.938

Jadi kebutuhan *hexamethylenediamine* di Indonesia pada tahun 2028 adalah 241.938 ton/tahun. Pada prarancangan pabrik *hexamethylenediamine* ini direncanakan berdiri pada tahun 2028 dengan kapasitas 200.000 ton/tahun melalui pertimbangan sebagai berikut :

- a. Mengurangi kebutuhan impor *hexamethylenediamine* di Indonesia dengan mendirikan pabrik *hexamethylenediamine* yang pertama di Indonesia mengingat kebutuhannya yang meningkat setiap tahun.
- b. Prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2028 adalah sebesar 241.938 ton/tahun dan kemungkinan akan terus meningkat.
- c. Produk *hexamethylenediamine* yang dihasilkan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 90%, yaitu akan digunakan

sebagai bahan baku untuk industri-industri pembuatan Nylon66, untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik dan juga untuk industri produksi polimer.

1.6.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan produksi suatu pabrik sehingga penyediaan bahan baku sangat di prioritaskan. Bahan baku utama pembuatan *hexamethylenediamine*, yaitu adiponitril yang di impor dari perusahaan INVISTA yang berasal dari China, dan hidrogen yang diperoleh dari PT. Air Liquide Indonesia dalam fase gas. Mengingat ketersediaan bahan baku yang melimpah dan kebutuhan akan *hexamethylenediamine* yang sangat besar, maka dapat dipertimbangkan lebih lanjut untuk mendirikan pabrik tersebut.

Pemilihan bahan baku merupakan hal yang penting dalam produksi *Hexamethylenediamine*, karena kemurnian produk yang dihasilkan dan desain pabrik tergantung dari kualitas bahan bakunya. Bahan baku yang digunakan adalah adiponitrile dan hidrogen. Beberapa hal yang mendasari pemilihan bahan baku tersebut adalah :

1. Bahan baku yang mudah didapat karena telah diproduksi di Indonesia dan di China.
2. Bahan baku tersedia cukup banyak sehingga kelangsungan pabrik serta kontinuitasnya dapat terjamin.

1.7 Seleksi Pemilihan Proses

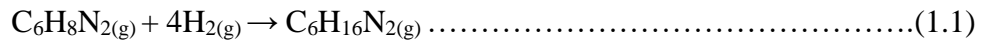
Proses pembuatan *Hexamethylenediamine* terdiri dari 2 macam proses, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku *Adiponitrile*
2. Proses Aminasi dengan Bahan Baku *Caprolactam*

1.7.1 Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku *Adiponitrile*

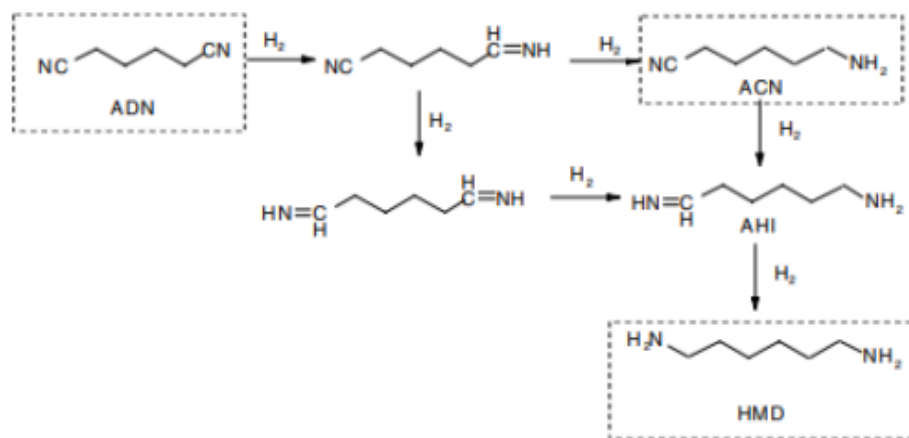
Dalam proses ini, hidrogenasi adiponitril terjadi dalam beberapa langkah reaksi. Sejak tahun 1939, proses hidrogenasi komersial pertama menggunakan

reaktor *batch* bertekanan tinggi dan amonia dengan katalis kobalt yang diresapi dengan tanah diatom. Reaksi yang relevan dapat digambarkan sebagai berikut :



Adiponitril + Hidrogen menjadi HMD

Berikut merupakan skema reaksi lengkap pembuatan *hexamethylenediamine* dari adiponitril menurut Joly-Vuillein pada tahun 1994 yang digambarkan pada Gambar 1.2.



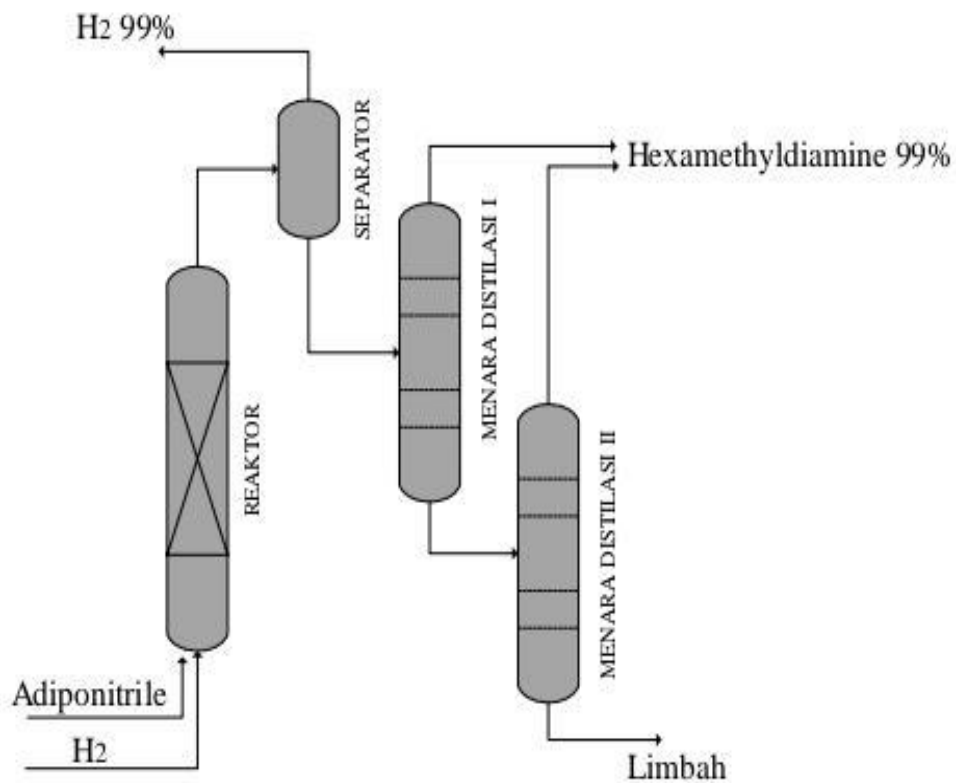
Gambar 1.2 Skema Reaksi (R.A williams, 1968)

Kondisi operasi proses hidrogenasi, yaitu suhu dan tekanan, dan katalis menentukan laju relatif reaksi. Hidrogenasi *Adiponitrile* menjadi hexamethylenediamine (HMD) bersifat sangat eksotermik dan membutuhkan media transfer energi. Dalam praktek komersial telah berhasil dilakukan dalam reaktor menggunakan penukar panas dengan media pendingin atau dengan meningkatkan suhu adiabatik dalam aliran reaktor. Untuk menghindari suhu yang berlebihan di dalam reaktor, diperlukan media yang mampu menurunkan suhu, seperti ammonia, NaOH atau hidrogen yang berlebihan (Hardayani, 2023).

Tekanan kondisi operasi dalam reaksi selama proses hidrogenasi ini antara 19 - 34 atm dan suhu antara 70 – 150°C. Katalis yang digunakan adalah Raney-Nikel (AlNi) dengan metode hidrogenasi. Dalam pembuatannya dibutuhkan medium untuk menjalankan proses hidrogenasi, adapun komponen penyusun mediumnya meliputi: NaOH, H₂O, dan campuran dari Raney-Nikel dan

konversinya adalah 95 - 99%. Pelarut seperti larutan basa (NaOH) atau bahkan *hexametildiamine* digunakan sebagai media reaksi. Proses tersebut dapat dilakukan secara kontinu dengan memasok katalis baru dan menambahkan unit regenerasi katalis yang beroperasi secara kontinu (E. Munadar, 2018).

Produk samping yang dihasilkan dalam proses hidrogenasi ini tidak ada karena reaksi hidrogenasi yang terjadi sangat selektif. Proses hidrogenasi melibatkan penambahan hidrogen (H_2) ke dalam senyawa prekursor, seperti adiponitril (ADN), yang kemudian mengalami reduksi menjadi *hexametildiamine* (HMDA).



Gambar 1.3 Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku *Adiponitrile*

1.7.2 Proses Aminasi dengan Bahan Baku *Caprolactam*

Proses aminasi dalam pembuatan *hexamethylenediamine* (HMDA) melibatkan reaksi kimia di mana *caprolactam* direaksikan dengan amonia (NH_3). Pada tahap ini, satu gugus oksigen pada *caprolactam* digantikan oleh satu gugus

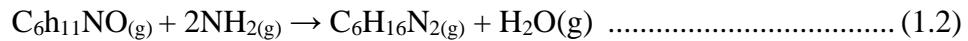
amina, membentuk HMDA. Proses aminasi ini tidak melibatkan hidrogenasi, melainkan substitusi gugus fungsional pada caprolactam.

Tekanan selama proses aminasi dengan kondisi operasi dalam reaksi caprolactam memiliki tekanan 20 – 500 atm dan suhunya 85°C sampai 150°C. Katalis yang umum digunakan dalam pembuatan *hexamethylenediamine* menggunakan prosas aminasi adalah *Copper*, Nikel atau Cobalt dan konversinya adalah 93%. Proses aminasi dalam pembuatan *hexametilendiamine* melibatkan reaksi antara amina primer, seperti amina etilena (*ethylenediamine*), dengan amina sekunder, seperti monometilamin (*monomethylamine*), di bawah kondisi yang sesuai dengan menggunakan katalis tersebut. Reaksi ini menghasilkan hexametilendiamine, yang merupakan senyawa yang penting dan digunakan dalam berbagai aplikasi industri seperti produksi polimer, resin, dan bahan kimia lainnya dan produk samping yang dihasilkan adalah air (R.A williams, 1968).

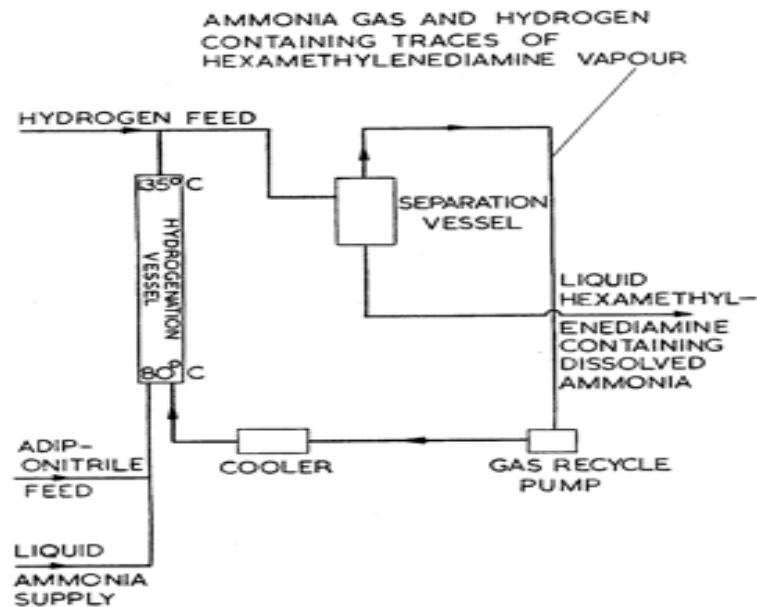
Proses pembuatan *Hexamethylenediamine* (HMD) melalui aminasi dengan bahan baku *Caprolactam* melibatkan langkah-langkah berikut:

- a. Bahan Baku *Caprolactam*: Proses ini dimulai dengan menggunakan *Caprolactam* sebagai bahan baku utama. *Caprolactam* adalah senyawa organik yang digunakan sebagai prekursor dalam produksi HMD.
- b. Aminasi: Aminasi merupakan langkah utama dalam proses ini. Pada tahap ini, *Caprolactam* mengalami reaksi aminasi, di mana gugus amina (NH_2) dimasukkan ke dalam molekul *Caprolactam*. Reaksi ini dapat melibatkan berbagai kondisi dan katalis untuk menghasilkan *Hexamethylenediamine*.
- c. Purifikasi dan Pemurnian: Produk yang dihasilkan dari reaksi aminasi dan hidrogenasi kemudian akan melalui tahap purifikasi dan pemurnian untuk menghasilkan HMD dengan tingkat kemurnian yang tinggi.
- d. Penggunaan Katalis: Dalam beberapa metode, katalis mungkin digunakan untuk meningkatkan kecepatan reaksi dan menghasilkan rendemen yang lebih baik.

Proses ini bertujuan untuk menghasilkan *Hexamethylenediamine*, yang merupakan senyawa kimia penting yang digunakan dalam produksi nylon66 dan bahan kimia industri lainnya. Yang mana reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Caprolactam + Amonia menjadi HMD + Air



Gambar 1.4 Proses Aminasi dengan Bahan Baku *Caprolactam* (R.A williams, 1968)

1.8 Perbandingan Proses Pembuatan *Hexamethylenediamine*

Berdasarkan kedua proses yaitu Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku *Adiponitrile*, dan Proses Aminasi dengan Bahan Baku *Caprolactam*. Kedua proses tersebut memiliki parameter yang berbeda-beda. Berdasarkan perbedaan parameter-parameter tersebut sistem pembuatan *Hexamethylenediamine* dapat di lihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Perbandingan Proses Pembuatan *Hexamethylenediamine*

Proses Parameter	Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku <i>Adiponitrile</i>	Proses Aminasi dengan Bahan Baku <i>Caprolactam</i>
Bahan Baku	<i>Adiponitrile</i> dan Hidrogen	<i>Caprolactam</i> dan Ammonia
Katalis	Raney-type (Raney-Nikel)	Copper, Nikel atau Cobalt (Katalis Hidrogenasi Cobalt)

Kondisi Operasi Dalam Reaksi	T = 70 - 150°C P = 19 - 34 atm	T = 85 - 150°C P = 20 - 500 atm
Fase Reaksi	Gas	Gas
Konversi	95 - 99 %	93 %
Produk samping	Air	Air

Berikut ini kelebihan dan kekurangan masing-masing proses :

1. Proses Hidrogenasi

Kelebihan dan kekurangan pada proses *Silver Catalyst* dapat dilihat pada Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Kelebihan dan Kekurangan Proses Hidrogenasi

Kelebihan	Kekurangan
1. Konversinya lebih tinggi (95-99%)	Menggunakan katalis raney nikel yang menghasilkan limbah berbahaya jika tidak dikelola dengan baik.
2. Suhu lebih rendah dari aminasi (70-150°C)	
3. Tekanan atmosferik lebih rendah dari proses aminasi (19-34 atm)	
4. Menggunakan kondisi operasi yang tidak terlalu ekstrim	

2. Proses Aminasi

Kelebihan dan kekurangan pada proses aminasi dapat dilihat pada Tabel 1.5.

Tabel 1.5 Kelebihan dan Kekurangan Proses Aminasi

Kelebihan	Kekurangan
1. Menggunakan katalis tertentu yang meningkatkan efisiensi reaksi dan laju pembentukan <i>hexametilenediamine</i> .	1. Suhu operasinya lebih tinggi dari proses hidrogenasi (85-150°C) 2. Tekanan atmosferik lebih tinggi dari proses hidrogenasi (20 - 500 atm) 3. Konversinya rendah (93%) 4. Menghasilkan produk samping

Berdasarkan perbandingan masing-masing proses di atas maka dalam prarancangan pabrik ini digunakan proses hidrogenasi dengan bahan baku *adiponitrile*. Pertimbangan pemilihan proses ini adalah:

1. Proses hidrogenasi konversinya lebih tinggi
2. Suhu lebih rendah dari proses aminasi (70-150°C)
3. Tekanan atmosferik lebih rendah dari proses aminasi (19-34 atm)
4. Menggunakan kondisi operasi yang tidak terlalu ekstrim.

1.9 Analisa Ekonomi Awal

Tabel 1.6 Analisa ekonomi awal Proses Hidrogenasi dengan Bahan Baku *Adiponitrile*

Parameter	Bahan Baku		Produk
	<i>Adiponitrile</i>	<i>Hydrogen</i>	HMD
Berat Molek	108,14 g/mol	2,02 g/mol	116,200 g/mol
Harga Per Kg	Rp 3.582	Rp 6.548	Rp 36.000
Kebutuhan	1 mol x 108,14 g/mol = 108,14 gr = 0,10814 kg	4 mol x 2,02 g/mol = 8,08 gr = 0,008 kg	1 mol x 116,200 g/mol = 116,200 gr = 0,116200 kg
Harga Total	0,10814 kg x Rp 3.582 = Rp 387,357	0,008 kg x Rp 6.548 = Rp 52,384	0,116200 kg x Rp 36.000 = Rp 4.183,2
Analisa Ekonomi Awal	= Harga Produk – Harga Bahan Baku = (Rp 4.183,2) – (Rp 439,741) = Rp 3.743,459		

(Sumber: *ICIS Pricing (Independent Commodity Intelligence Service)*)

Berdasarkan analisa ekonomi awal maka persentase keuntungan diperoleh sebagai berikut :

$$\% \text{ Keuntungan} = \frac{\text{Rp } 4.183,2}{\text{Rp } 439,741} \times 100\%$$

$$= 9,51 \%$$

Dari Tabel 1.6 maka didapatkan hasil keuntungan, hasil analisa ekonomi awal didapat keuntungan 9,51% dari harga bahan baku maka prarancangan pabrik *hexamethylenediamine* layak dilanjutkan.

1.10 Uraian Proses

Adapun uraian proses pembuatan hexamethylenediamine dengan proses hidrogenasi adalah sebagai berikut.

1.10.1 Tahapan Persiapan Bahan Baku

1. Adiponitrile

Adiponitrile merupakan bahan baku utama yang digunakan sebagai pembentukan *Hexamethylenediamine*, dimana larutan *adiponitrile* yang disimpan pada tangki penyimpanan bahan baku (TK-100) Larutan *adiponitrile* yang disimpan pada tangki bahan baku (TK-100) pada kondisi suhu $T = 30^{\circ}\text{C}$ dan $P = 1$ atm dengan bantuan pompa dialirkan ke *Vaporizer* untuk diuapkan pada kondisi temperatur 300°C dan tekanan 1 atm. Sebelum diumpankan ke dalam reaktor, gas adiponitril dialirkan ke *compressor* terlebih dahulu untuk dinaikkan tekanannya menjadi 19 atm. *Compressor* yang digunakan adalah *Multistage Centrifugal Compressor*. Temperatur gas adiponitril keluar *Compressor* pada 475°C s elanjutnya dialirkan menuju *Cooler* untuk diturunkan temperaturnya menjadi 150°C sebelum dimasukkan ke reaktor.

2. Hidrogen

Hidrogen merupakan salah satu komponen utama yang menjalankan mekanisme pada proses hidrogenasi. Gas hidrogen dari tangki penyimpanan (T-101) dengan suhu 30°C dan tekanan 19 atm dialirkan menggunakan *Compressor* menuju *Heater* untuk dipanaskan sampai temperaturnya 150°C sebelum masuk reaktor.

3. Katalis Raney Nikel

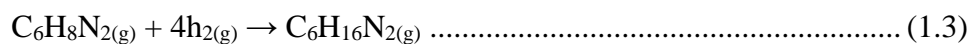
Katalis Raney Nikel digunakan untuk reaksi hidrogenasi adalah katalis padatan yang dimasukkan ke dalam reaktor. Raney nikel biasanya digunakan sebagai katalis dalam reaktor *Fixed Bed Reactor Multytube Heat Exchanger* (PFR-

201). Katalis ini akan diumpankan ke dalam reaktor secara kontinu. Pengumpanan katalis secara kontinu dikarenakan sifatnya yang mudah terdeaktivasi. Katalis ini berpotensi membentuk endapan dengan gugus nitril yang ada pada reaktan. Untuk menjaga reaksi berjalan konstan, katalis diumpankan dan diekstrak secara kontinu, yang kemudian akan diregenerasi dan menjadi umpan lagi bersama katalis yang masih baru. Pada reaktor, bahan baku dimasukkan secara terus-menerus dan produk keluar dari reaktor secara kontinu.

1.10.2 Tahapan Reaksi

Reaksi fase gas antara *adiponitrile* dan Hidrogen membentuk *hexamethylenediamine* direaksikan dalam reaktor tipe *Fixed Bed Reactor Multytube Heat Exchanger* (PFR-201) dengan bantuan katalis Raney Nikel untuk mempercepat reaksi. Kondisi operasi pada reaktor yaitu dengan temperatur 150°C dan tekanan 19 atm dengan sebanyak 99% reaktan yang terkonversi membentuk produk dengan perbandingan mol umpan *adiponitrile* dan hidrogen sebesar 1 : 4. Dimana keluaran dari reaktor (PFR-201) menghasilkan produk HMD 99%, sisa hidrogen 0,2% sisa ammonia 0,2%, sisa *adiponitrile* 0,4%, dan air 0,2% .

Reaksi pada reaktor sebagai berikut:



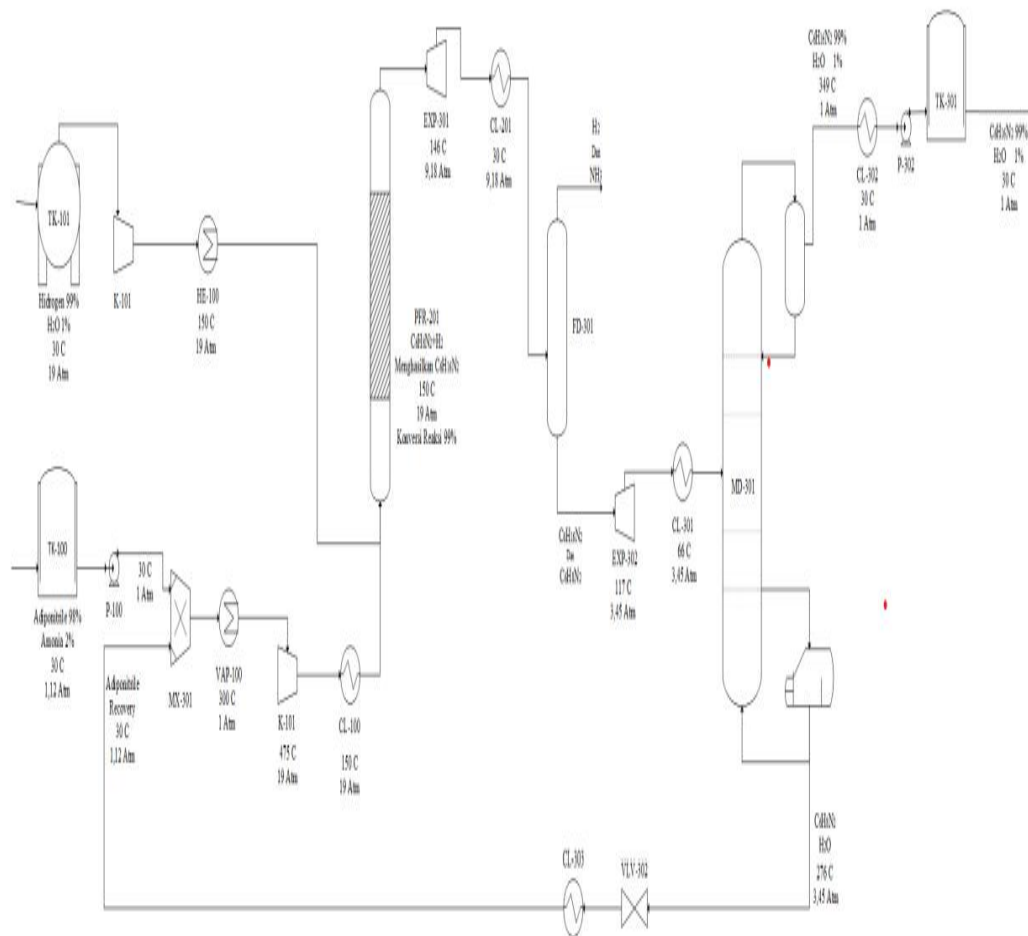
Reaksi pembentukan produk hexamethylenediamine bersifat eksotermis sehingga dibutuhkan air sebagai pendingin yang dilewatkan pada bagian shell reaktor.

1.10.3 Tahap Pemurnian

Aliran produk reaktor yang terdiri dari gas hidrogen, ammonia, air, *adiponitrile* dan *hexamethylenediamine* selanjutnya dialirkan ke *Expander* (EXP-301) untuk diturunkan tekanannya sampai 9,18 atm sebelum diumpankan ke *Flash Drum* (FD-301). *Expander* dioperasikan pada kondisi adibatis, sehingga dengan adanya ekspansi tekanan dari 19 atm menjadi 9,18 atm maka gas produk reaktor mengalami penurunan temperatur sampai 146°C. Gas produk reaktor keluar *Expander* pada temperatur 146°C dan tekanan 9,18 atm, dialirkan menuju *Cooler* untuk diturunkan temperaturnya sampai 30°C sebelum diumpankan ke *Flash Drum*.

Flash Drum (FD-301) digunakan untuk memisahkan produk *hexamethylenediamine* dari campuran gas hidrogen dan ammonia yang akan dibuang. Fasa atas *flash drum* terdiri dari gas hidrogen dan ammonia. Produk fase bawah *Flash Drum* terdiri dari air, *hexamethylenediamine*, dan adiponitril pada temperatur 117°C dan tekanan 9,18 atm, selanjutnya dilewatkan pada *valve* (VLV-300) untuk diturunkan tekanannya sampai 3,45 atm. Kemudian dengan menggunakan *cooler* produk keluaran *valve* didinginkan sampai 66°C sebelum diumpankan ke menara distilasi I.

Pada Menara Distilasi I (MD-301) ini, produk *hexamethylenediamine* dipisahkan dari *adiponitrile* yang tidak terkonversi menjadi produk. Hasil bawah kolom yaitu sisa adiponitril yang akan di *recycle* menuju tangki penyimpanan bahan baku sedangkan hasil atas kolom berupa produk *hexamethylenediamine* dengan kemurnian 99% pada tekanan 1 atm dan temperature 354,9°C. Kemudian dialirkan melewati *cooler* untuk diturunkan temperaturnya sampai 30°C sebelum ditampung pada tangki produk *hexamethylenediamine* (TK-301).



Gambar 1.5 Uraian Proses Pabrik *Hexamethylenediamine* dari *Adiponitrile* dan Hidrogen Menggunakan Proses Hidrogenasi

1.11 Pemilihan Lokasi Pabrik

Ketepatan pemilihan lokasi suatu pabrik merupakan faktor yang sangat penting sehingga harus direncanakan dengan baik dan tepat karena sangat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari pabrik yang akan didirikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi adalah letak geografis pada suatu pabrik yang dapat memaksimalkan proses produksi dan kegiatan distribusi seminimal mungkin serta memiliki kemungkinan yang baik untuk dikembangkan, sehingga dapat menekan kebutuhan ekonomi. Selain itu, pemilihan lokasi pabrik juga harus mempertimbangkan perkembangan ekonomi dan sosial masyarakat disekitar lokasi. Dengan pertimbangan diatas Perancangan Pabrik *Hexamethylenediamine* kapasitas

200.000 ton/tahun ini akan didirikan di daerah kawasan industri Ciwandan, Cilegon, Banten dekat dengan sungai ciberung dengan debit air 150 lt/detik.



Gambar 1.6 Lokasi Pendirian Pabrik

1.11.1 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku diperlukan untuk menjamin kontinuitas produksi suatu pabrik. Bahan baku dalam pembuatan pabrik *hexamethylenediamine* adalah *Adiponitrile* dan gas hidrogen. Dimana *Adiponitrile* diperoleh dengan mengimport dari perusahaan bernama INVISTA yang berasal China, Asahi KASE I yang berasal dari Jepang, BASF yang berasal dari UK. Sementara gas hidrogen diperoleh dari pembelian secara langsung pada PT. Air *Liquide* Indonesia yang juga terletak di daerah Kawasan Industri Ciwandan, Cilegon.

1.11.2 Pemasaran Produk

Target pasar produk pabrik ini adalah pemenuhan kebutuhan *hexamethylenediamine* dalam negeri, yang mana *hexamethylenediamine* digunakan sebagai komponen utama dalam produksi Nylon-66. Nylon-66 secara cepat mulai dikenal penggunaannya untuk bahan tekstil seperti bahan kaos dan jenis pakaian lain serta untuk cetakan plastik.

Di Indonesia, nylon-66 banyak diperlukan untuk pembuatan nylon tire cord (kain ban). Target penjualan dalam negeri untuk wilayah Jawa, Sumatera dan Kalimantan.

1.11.3 Sarana Transportasi dan Telekomunikasi

Pertimbangan pemilihan lokasi pabrik di Cilegon, Banten termasuk kawasan industri yang ditetapkan pemerintah dimana tersedia lahan dan infrastruktur yang memadai seperti jalan raya yang memudahkan transportasi maupun pendistribusian produk ke tujuan melalui jalur darat, lokasi dekat dengan pelabuhan Merak dan pelabuhan Cigading yang memudahkan akses pengiriman bahan baku import dan pendistribusian produk untuk ekspor ke luar negeri melalui jalur laut. Untuk telekomunikasi seperti jaringan telepon, dan internet sudah tersedia.

1.11.4 Utilitas

Untuk kelancaran operasi pabrik, perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti air, listrik dan bahan bakar, agar proses produksi dapat berjalan dengan baik. Ciwandan, Cilegon, Banten, dekat dengan sumber air yaitu sungai Ciberung yang mempunyai debit air cukup besar yaitu 150 lt/detik dengan fluktuasi antara musim hujan dan musim kemarau relatif kecil. Sumber tenaga listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator pabrik sebagai cadangan jika PLN mengalami gangguan. Bahan bakar generator yaitu solar diperoleh dari Pertamina.

1.11.5 Tenaga Kerja

Jumlah kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi, baik dari sekitar lokasi maupun luar lokasi pabrik. Jumlah dan keterampilan tenaga kerja harus sesuai dengan kriteria perusahaan. Selain itu, perlu dipertimbangkan gaji minimum di daerah tersebut, jumlah waktu kerja, adanya industri lain di daerah tersebut, kenekaragaman keterampilan, pendidikan masyarakat sekitar dan lain-lain. Dengan adanya pembangunan pabrik baru di daerah tersebut diharapkan dapat menurunkan angka TPT (Tingkat Pengangguran Terbuka).

1.11.6 Keadaan Iklim

Wilayah Cilegon, Banten merupakan salah satu wilayah yang direncanakan oleh pemerintah menjadi pusat pengembangan wilayah industri. Suhu normal daerah tersebut sekitar 23°C – 32°C, sehingga operasi pabrik dapat berjalan dengan lancar.

1.11.7 Lingkungan dan Masyarakat

Sikap dari masyarakat sekitar cukup baik dengan adanya pabrik baru. Hal tersebut disebabkan akan tersedianya lapangan pekerjaan bagi mereka yang dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakatnya. Selain itu, pendirian pabrik ini tidak mengganggu keamanan dan keselamatan masyarakat karena dampak serta faktor-faktornya sudah dipertimbangkan sebelum berdirinya pabrik ini.

1.11.8 Limbah Industri

Limbah pabrik sudah diminimalisir dengan pengolahan limbah di area pabrik, oleh karena itu limbah di pabrik ini sudah memenuhi standar AMDAL untuk dikembalikan ke lingkungan.

87,5%, dengan diponitrit kuantitatif konversi dalam 47 menit (Yaws, 1990).

