

LAPORAN

TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

**PRARANCANGAN PABRIK DIMETILFORMAMIDA DARI
DIMETIL AMINA DAN METIL FORMAT DENGAN
KAPASITAS 31.500 TON PER TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh :

TULUS DWI PRABOWO

D 500 040 050

Dosen Pembimbing :

Agung Sugiharto, S.T., M.Eng.

Emi Erawati, S.T.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2009**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik

Pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami perkembangan yang pesat. Salah satu diantaranya adalah perkembangan di Sub sektor industri kimia, seperti industri polimer, bahan bakar, *hydrocarbon*, bahan pelarut (*solvent*), pupuk, keramik dan industri kimia lainnya. Salah satu industri pembuatan bahan pelarut yang ada di Indonesia adalah pemuatan dimetilformamida. Pendirian pabrik dimetilformamida ini memiliki prospek yang dapat diandalkan dalam arti produk ini memiliki pasaran yang luas, bahan baku yang mudah didapat dan tenaga kerja yang cukup.

Dimetilformamida dengan rumus molekul $(\text{CH}_3)_2\text{CHON}$ adalah salah satu senyawa kimia yang berbentuk cairan tak berwarna dan mempunyai titik didih tinggi. Bahan ini merupakan hasil turunan dimetil amina dan metil format. Sejak pertama kali dibuat, telah ditemui banyak kegunaan dari bahan ini, antara lain bahan baku pembuatan polimer *polar*, sebagai bahan *intermediate* industri plastik, sebagai *solvent* industri kimia yaitu *solvent* serat *acrylic*, *polyacrylonitril*, *polyvinyl chloride*, *vinyl chloride*, *vinyl acetate copolymers*, *solvent* pada ekstraksi dan absorpsi pemurnian *acetylene* dari *ethylene*, untuk pemurnian senyawa *hydrocarbon aliphatic* yang tidak larut dari senyawa *hydrocarbon aromatic*, *solvent* pada pelapisan film dan pelarut kapasitor tegangan tinggi.

Sejak tahun 1979, dimetilformamida menjadi salah satu produk kimia yang pertumbuhannya terus meningkat seiring semakin besarnya kegunaan dimetilformamida bagi industri, khususnya industri barang-barang sintesis. Kebutuhan dimetilformamida yang terus meningkat di Indonesia menyebabkan negara kita harus mengimpor dimetilformamida dari negara lain. Impor dimetilformamida di Indonesia mencapai 35.614,220 ton/tahun dengan total nilai impor sebesar US \$ 766.784,48 (2004). Impor bahan tersebut sebagian besar didatangkan dari Jepang, Korea dan Amerika Serikat.



Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa perlu untuk mendirikan pabrik dimetilformamida di Indonesia mengingat :

- Kebutuhan dimetilformamida di Indonesia masih dipasok dari luar negeri, sehingga dengan pendirian pabrik dimetilformamida dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri, atau paling tidak dapat menurunkan kebutuhan impor akan dimetilformamida.
- Dapat memicu pertumbuhan industri hilir lain menggunakan dimetilformamida sebagai bahan baku.
- Terciptanya lapangan kerja, sehingga dapat membantu meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat.

1.2. Kapasitas Perancangan

Penentuan kapasitas rancangan bagi suatu pabrik diperlukan untuk melihat sejauh mana kapasitas itu baik dan cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri yang terus meningkat. Pabrik dimetilformamida dengan proses *two-step process* akan dibangun dengan kapasitas 31.500 ton/tahun berdasarkan pertimbangan sebagai berikut :

1.2.1. Prediksi Kebutuhan Dimetilformamida

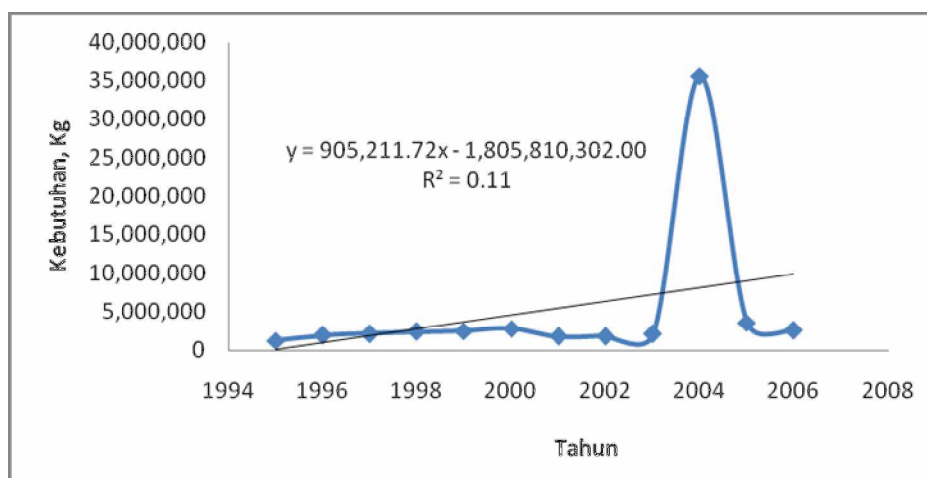
Kebutuhan akan dimetilformamida semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini terlihat impor dimetilformamida dari tahun 1994-1999 dapat dilihat pada halaman selanjutnya



Tabel 1. Impor dimetilformamida di Indonesia

No	Tahun	Jumlah (kg)
1.	1995	1.262.645
2.	1996	1.986.023
3.	1997	2.168.319
4.	1998	2.415.475
5.	1999	2.527.714
6.	2000	2.858.442
7.	2001	1.783.762
8.	2002	1.851.591
9.	2003	2.101.931
10.	2004	35.614.220
11.	2005	3.602.264
12.	2006	2.616.631

Sumber BPS Indonesia, 1995-2006



Gambar 1. Grafik Hubungan Tahun dengan Import Dimetilformamida

Dari hasil regresi diperoleh persamaan :

$$y = 905.211,72x - 1.805.810.302,00$$

Diperkirakan pada tahun 2014 kebutuhan mencapai :

$$\begin{aligned} y &= 905.211,72.(2014) - 1.805.810.302,00 \\ &= 17.286.102 \text{ kg} \end{aligned}$$



1.2.2. Kapasitas Minimal

Pada saat ini penghasil dimetilformamida di dunia yang telah memproduksi berkisar antar 5.000-60.000 ton/tahun sehingga dengan kapasitas 31.500 ton/tahun ini secara komersial diharapkan sudah memberikan keuntungan.

Tabel 2. Daftar Pabrik Dimetilformamida yang telah berdiri

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
Air Products	Pensacola, Fla, USA	7.000
BASF Aktiengesellschaft	Ludwingshafen, FRG	60.000
BASF Quimica da Bahia	Camacari, Brazil	6.000
S.A Celense Mexicana	Cosolecaque, Mexico	6.000
Chinook	Toronto, Canada	10.000
Ertisa	Huelva, Spain	5.000
ICI_Petrochemical Devisian	Bilingham, UK	15.000
Korea Vertilizer Co.	Ulsan, Republik of Korea	8.000
Leuna Werke	Leuna GDR	10.000
Nito Chemicals	Tsurumi, Yokohama, Japan	26.000
Mitsubishi Gas Chemical	Matsuhama, Niigata, Japan	10.000
Union Chemiqui Bedrijven	Gent, Belgiun	18.000

(Kirk and Othmer, 1993)



1.3. Pemilihan Lokasi

Pemilihan lokasi pabrik adalah faktor yang sangat penting dalam pendirian pabrik karena pemilihan lokasi yang tepat akan menekan biaya produksi dan biaya distribusi serendah mungkin.

Dalam perancangan pabrik dimetilformamida ini ditetapkan di Tangerang, Banten. Pemilihan lokasi ini berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan dimetilformamida yaitu metil format dan dimetil amina. Bahan baku metil format diambil dari PT. Siantas Kurama Perdana Indonesia, Jawa Barat. Sedangkan dimetil amina diimport dari Mitsubishi Gas Chemical, Jepang. Oleh karena itu dipilih lokasi yang dekat dengan pengambilan bahan baku untuk mempermudah pengiriman.

2. Lokasi Pasar

Orientasi pasar ditujukan pada pemenuhan kebutuhan dimetilformamida dalam negeri dan untuk ekspor, di mana kebutuhan dimetilformamida akan ditujukan kepada industri *fiber* dan industri-industri kimia lainnya yang sebagian besar berlokasi di Jawa, Sumatra, dan Kalimantan. Sedangkan untuk ekspor, diorientasikan pada negara-negara ASEAN.

3. Utilitas

Utilitas merupakan faktor yang penting dalam pemilihan lokasi pabrik. Utilitas utama adalah pembangkit tenaga listrik, air dan bahan bakar. Utilitas dan sarana penunjang lainnya dapat diperoleh dengan mudah karena pabrik ini didirikan di kawasan industri. Sebagai contoh, listrik dari PLN dan bahan bakar dari Pertamina.

4. Sarana Transportasi dan Telekomunikasi

Letak kawasan industri Tangerang cukup strategis karena mempunyai sarana transportasi darat dan laut yang cukup memadai. Jalan, dan pelabuhan tempat merapatnya kapal sudah tersedia. Begitu pula



jaringan telekomunikasi seperti jaringan telpon, faksimil, telex dan internet sudah tersedia.

5. Tenaga Kerja

Kebutuhan tenaga kerja dapat dipenuhi dari daerah sekitar lokasi pabrik maupun di luar lokasi pabrik yang jumlah dan keterampilannya sesuai dengan kriteria perusahaan.

6. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia telah menetapkan kawasan industri Tangerang sebagai daerah basis industri, sehingga pendirian pabrik di lokasi ini kiranya tidak akan menimbulkan masalah (tidak bertentangan dengan kebijakan pemerintah).

7. Tanah dan Iklim

Tanah di kawasan Tangerang cukup datar dan stabil, didukung oleh iklim yang stabil pula, sehingga tidak menjadikan masalah. Selain itu tanah di Tangerang masih memungkinkan untuk perluasan pabrik di masa yang akan datang.

8. Keadaan Lingkungan Masyarakat

Keadaan masyarakat di lingkungan lokasi pabrik akan sangat mempengaruhi pendirian suatu pabrik. Berdasarkan pengamatan di sekitar lokasi pabrik, sudah terdapat fasilitas-fasilitas yang memungkinkan karyawan hidup dengan layak, antara lain sarana pendidikan, sarana ibadah, maupun sarana lainnya. Lokasi ini juga relatif dekat dengan pusat kota, sedangkan keadaan sosial kemasyarakatannya sudah terbiasa dengan lingkungan industri.

1.4. Tinjauan Pustaka

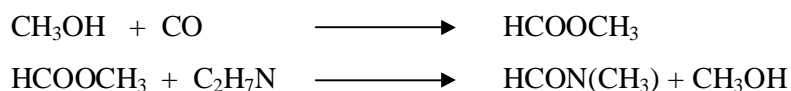
1.4.1. Macam-macam Proses Pembuatan Dimetilformamida

Reaksi pembuatan dimetilformamida tergolong jenis reaksi Aminasi yang bersifat *eksotermis* (melepas panas). Terdapat beberapa macam proses pembuatan dimetilformamida tetapi secara komersial proses pembuatan dimetilformamida ada dua, yaitu :



1. Two-Step Process

Pembuatan dimetilformamida dengan cara ini akan melalui dua tahap reaksi, yaitu umpan masuk reaktor pertama dengan karbonilasi metanol dengan katalis sodium metilat menghasilkan metil format dengan kemurnian 97%. Kemudian Produk reaktor pertama masuk reaktor kedua dimana akan direaksikan dengan dimetil amina dengan perbandingan stokiometris pada tekanan 350 kpa (3.46 atm) dan pada suhu 110-120°C dengan konversi sekitar 90%. Reaksi keseluruhan berlangsung sebagai berikut :



Hasil dari reaksi adalah dimetilformamida dan metanol. Pemurnian produk dengan menggunakan proses distilasi. Reaksi antara metil format dan dimethylamin merupakan reaksi *eksotermis* yang panasnya dibuang melalui pendingin yang melewati reaktor.

2. Direct Synthesis

Pada teknologi ini, proses terdiri dari satu tahap dimana *dimethylamin* bereaksi dengan gas CO dengan bantuan katalis sodium metilat yang dilarutkan dalam metanol. Hasil reaksi dialirkan ke unit evaporasi agar dapat dipisahkan dari katalis yang sudah terpakai. Setelah terbebas dari katalis lalu diumpankan ke unit pemurnian yang terdiri dari kolom distilasi untuk memisahkan dimetilformamida dari sisa reaktan.

(Kirk and Othmer, 1993)

1.4.2. Kegunaan Produk

Dalam perkembangannya, dimetilformamida tidak hanya diproduksi sebagai produk akhir, namun juga dibutuhkan sebagai bahan *intermediate* industri lainnya. Kegunaan dimetilformamida antara lain :



1. Bahan baku pembuatan polimer *polar*
2. Bahan *intermediate* industri plastik.
3. Bahan pembantu industri farmasi (*solvent* dalam reaksi dan kristalisasi), misal: *hydrocortisone acetat*, *dihydrostreptomycin sulfate* dan *amphotericin A*.
4. Sebagai *solvent* dalam produksi pemintalan serat *acrylic*, *polyacrylonitrile*, *polyvinyl chloride*, *vinil chloride*, *vinyl acetate copolymers* dan *beberapa polyamide*.
5. Sebagai *solvent* untuk deposisi pelapisan *polyurethane* pada kulit dan serat kulit buatan.
6. Sebagai *solvent* dalam berbagai proses *ekstraksi* dan *absorpsi* untuk pemurnian *acetylene* dari *ethylene*, *butadiene* dari ikatan C₄.
7. Untuk pemurnian senyawa *hydrocarbon aliphatic* yang tidak larut dalam dimetilformamida dari senyawa *hydrocarbon aromatik*.
8. Untuk merekoveri CO₂ dari *flue gas*, karena kelarutan SO₂ yang tinggi dalam dimetilformamida.
9. Karena dimetilformamida mempunyai konstanta dielektrik tinggi, sehingga digunakan sebagai larutan kapasitor tegangan tinggi.

(Kirk and Othmer, 1993)

1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia Bahan Baku dan Produk

A. Bahan Baku

1. Metil format

Ø Sifat Fisis

Rumus kimia	: C ₂ H ₄ O ₂
Berat molekul	: 60,052
Rapat massa, kg/m ³	: 974
Fase (21°C, 1 atm)	: cair
Titik didih normal (1 atm), °C	: 31,7
Titik leleh (1 atm), °C	: - 99
Temperatur kritis, °C	: 214,2

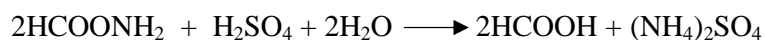
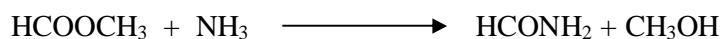


Tekanan Kritis, atm	: 56,1833
Panas penguapan, kj/kmol	: 34733
ΔH_f° (25 °C), kj/mol	: -350,02
ΔG° (298 K), kj/mol	: -297.393
kelarutan	: larut terbatas dalam air dan alkohol
kemurnian :	
Metil formate	: 97 %
Metanol	: 3 %

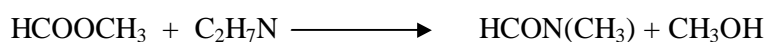
(www.sciencelab.com/xmsds-methyl_alcohol-992722)

Ø Sifat Kimia

- Membentuk Formamida dengan penambahan *anhydrous ammonia*, yang kemudian dengan asam sulfat (75% berat dalam air) akan membentuk asam format dan ammonium format.



- Membentuk Dimetilformamida dengan penambahan Dimetil amina.



2. Dimetil amina

Ø Sifat Fisis

Rumus kimia	: $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$
Berat molekul	: 45,08
Rapat massa, kg/m^3	: 656
Fase (21°C, 1 atm)	: gas
Titik didih normal (1 atm), °C	: 7
Titik leleh (1 atm), °C	: - 92,19
Temperatur kritis, °C	: 164,6
Tekanan Kritis, atm	: 51,9

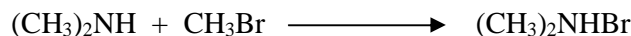


Panas penguapan,	: 26502
ΔH_f° (25 °C), kJ/mol	: -18,84
ΔG° (298 K), kJ/mol	: 68,04
kelarutan	: sangat larut dalam air <i>alkohol</i> dan <i>eter</i>
kemurnian :	
Dimetil amina	: 99 %
Trimeilamin	: 0,5 %
H ₂ O	: 0,5 %

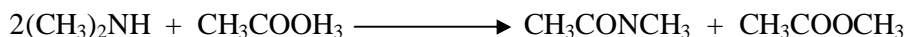
([www.chemicaland21.com/industrialchem/organic/dimetil amina.htm](http://www.chemicaland21.com/industrialchem/organic/dimetil%20amina.htm))

Ø Sifat Kimia

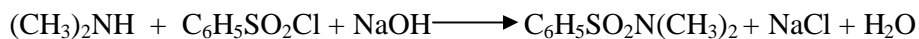
- Alkylasi



- Acylasi (termasuk *acylating agent* adalah *acyhalida*, *acid anhydrid* dan *ester*) untuk menghasilkan *amide*.

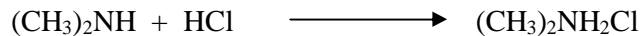


- Pembentukan *amide* dari *sulfonic acid*.

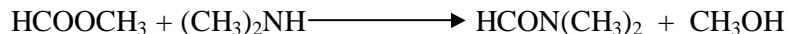


- Pembentukan garam

Reaksi dengan asam klorida (HCl) akan membentuk garam



- Reaksi dengan metil formate akan membentuk dimetilformamida



B. Spesifikasi Produk

1. Dimetilformamida

Ø Sifat Fisis

Rumus kimia : C₃H₇NO

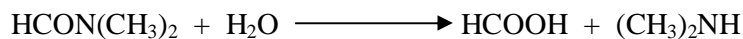


Berat molekul	: 73,09
Rapat massa, kg/m ³	: 949
Fase (21°C, 1 atm)	: cair
Titik didih normal (1 atm), °C	: 153,0
Titik leleh (1 atm), °C	: -60,4
Temperatur kritis, °C	: 376,6
Tekanan Kritis, atm	: 43,13
Panas penguapan, kJ/mol	: 47,6
ΔHf° (25 °C), kJ/mol	: -88,4
ΔG° (298 K), kJ/mol	: -239,3
kelarutan	: larut tak terbatas dalam air
kemurnian :	
Dimetilformamida	: 99,85%
H ₂ O	: 0,1 %
Metanol	: 0,05 %

(www.chemicaland21.com/industrialchem/solalc/DMF.htm)

Ø Sifat Kimia

- Hidrolisis menjadi asam

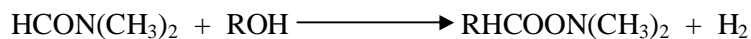


- Dehidrasi menjadi nitril

Dengan *dehydrating agent* seperti P₂O₅, *thyonichlorida* akan terjadi dehidrasi menjadi *nitril*

- Reaksi dengan alkohol

Reaksi dengan alkohol dengan kehadiran boron triklorida atau *hydrogen chloride* dengan pemanasan membentuk ester





2. Metanol

Ø Sifat Fisis

Rumus kimia	: CH ₃ OH
Berat molekul	: 32,04
Rapat massa, kg/m ³	: 791
Fase (21°C, 1 atm)	: cair
Titik didih normal (1 atm), °C	: 64,6
Titik leleh (1 atm), °C	: -97,7
Temperatur kritis, °C	: 239,6
Tekanan Kritis, atm	: 79,889
Panas penguapan, kJ/mol	: 35278
ΔH _f ^o (25 °C), kJ/mol	: -201,30
ΔG ^o (298 K), kJ/mol	: -162,62
kelarutan	: larut tak terbatas dalam air dan alkohol
kemurnian :	
Metanol	: 99,28 %
Impuritas	: 0,72 %

(www.chemicaland21.com/industrialchem/organic/metanol.htm)

Ø Sifat Kimia

- Reaksi substitusi, atom H₂ pada gugus *hidroksil* dapat disubstitusikan dengan logam aktif menghasilkan *metoksida*.
Bereaksi dengan *nitrat* menghasilkan *metal nitril*, yaitu senyawa yang sangat volatil.

(Kirk and Othmer, 1993)

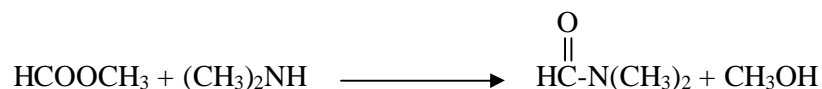


1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Dalam pembuatan dimetilformamida secara langsung ini, dimana metil formate direaksikan dengan dimetil amina pada kondisi operasi temperatur 110-120 dan tekanan 3,4 atm.

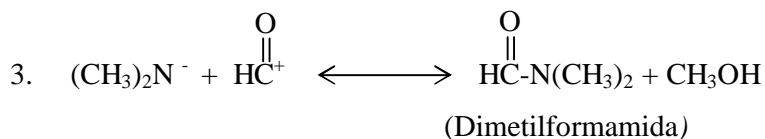
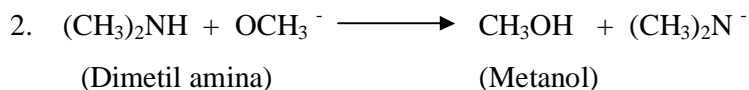
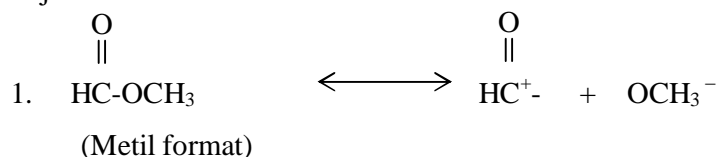
Reaksi berlangsung secara spontan, tanpa memakai katalis (*nonkatalitic reaction*), dimana pada kondisi operasi di atas didapat konversi sebesar 90 %. Karena reaksi berlangsung secara eksotermis, maka digunakan reaktor *plug flow multitube*, dengan pendingin lewat *shell*.

Reaksi yang terjadi :



Reaksi tersebut di atas termasuk reaksi alkilasi. Reaksi alkilasi dapat digambarkan sebagai masuknya gugus alkil dalam suatu senyawa dengan substitusi maupun adisi. Substitusi dapat terjadi apabila terdapat perbedaan keelektronegatifan dari komponen yang bereaksi.

Seperti halnya reaksi di atas apabila kita lihat mekanisme yang terjadi :





karena OCH_3^- yang berasal dari metil formate lebih elektronegatif dari $(\text{CH}_3)_2\text{N}^-$ yang berasal dari dimetil amina. Maka kedudukan (posisi) $(\text{CH}_3)_2\text{N}^-$ dalam dimetil amina dapat digantikan oleh OCH_3^- dari metil formate membentuk metanol. Sebagai akibat selanjutnya $(\text{CH}_3)_2\text{N}^-$ yang terlepas dari dimetil amina tersebut akan bergabung

dengan HC^+ yang berasal metil formate membentuk produk yang diinginkan yaitu dimetilformamida.