

LAPORAN
TUGAS PRARANCANGAN PABRIK
PRARANCANGAN PABRIK FORMALDEHIDA DARI
METANOL DAN UDARA DENGAN PROSES SILVER
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN



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

Oleh :

Mahya Rosyid
D 500 050 035

Dosen Pembimbing :

- 1. Dr. Ir. H. Ahmad M. Fuadi, M.T.**
- 2. Ir.Haryanto, AR. M.S**

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2010



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada era yang penuh dengan globalisasi sekarang ini, sektor industri dipilih sebagai jalur alternatif yang turut serta berperan terhadap pertumbuhan ekonomi. Salah satunya adalah industri kimia, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi yang besar bagi pertumbuhan ekonomi negara Indonesia. Karena pada umumnya industri kimia akan mengalami pertumbuhan yang pesat seiring dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Jadi sangat pantas apabila sektor industri mendapat perhatian yang serius, karena sektor industri ini merupakan sektor pendukung bagi berkembangnya sektor-sektor perekonomian yang lain.

Salah satu industri kimia yang penting keberadaannya adalah industri formaldehida. Formaldehida merupakan senyawa dari gugus aldehida yang paling sederhana dan mempunyai nilai sangat strategis dalam perkembangan dunia industri, karena banyak sektor industri yang menggunakan formaldehida sebagai bahan bakunya. Begitu pula bahan baku pembuatan formaldehida di Indonesia sangat banyak di produksi, khususnya di daerah Kalimantan Timur. Bahan baku Pembuatan formaldehida ini adalah metanol dan udara. Metanol diperoleh dari PT Kaltim Methanol Ind (K M I) yang berlokasi di pulau Bunyu Kalimantan Timur. Dengan mempertimbangkan adanya bahan baku metanol yang mencukupi seperti yang terurai di atas maka sangat memungkinkan untuk mendirikan pabrik formaldehida di Indonesia.

Disamping itu pendirian pabrik formaldehida ini juga bertujuan untuk membantu produksi bahan-bahan lain yang menggunakan bahan pendukung formaldehida dalam prosesnya. Sesuai dengan kebutuhan pasar produk formaldehida yang akan diproduksi mempunyai kadar 37% berat. Hal ini sesuai dengan yang digunakan pabrik-pabrik lain sebagai bahan baku



ataupun bahan pembantu dalam proses produksi. Misalkan produk formaldehida sebagai bahan baku produk-produk turunan yaitu urea formaldehida phenol formaldehida, dan melamine formaldehida. Dengan melihat banyaknya penggunaan formaldehida sebagai bahan utama atau bahan pembantu produksi dalam industri, maka keberadaan pabrik kimia formaldehida bisa membantu pertumbuhan perekonomian Indonesia

1.2. Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas pabrik formaldehida didasarkan pada kebutuhan formaldehida untuk industri di Indonesia, seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan impor formaldehida di Indonesia

Tahun	Kapasitas (ton/tahun)
2001	3132,090
2002	3446,745
2003	4175,261
2004	5001,957
2005	9089,312
2006	10068,260
2007	11076,823

(Sumber data Import statistik perdagangan luar negeri Indonesia, BPS 2001-2007)

Berdasarkan data Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia tersebut dapat dilihat kecenderungan peningkatan konsumsi formaldehida di Indonesia, di mana kebutuhan tersebut belum dapat dipenuhi oleh pabrik yang memproduksi formaldehida. Pabrik yang memproduksi formaldehida di Indonesia dapat dilihat di Tabel 2.



Tabel 2. Daftar Pabrik Produsen formaldehida di Indonesia

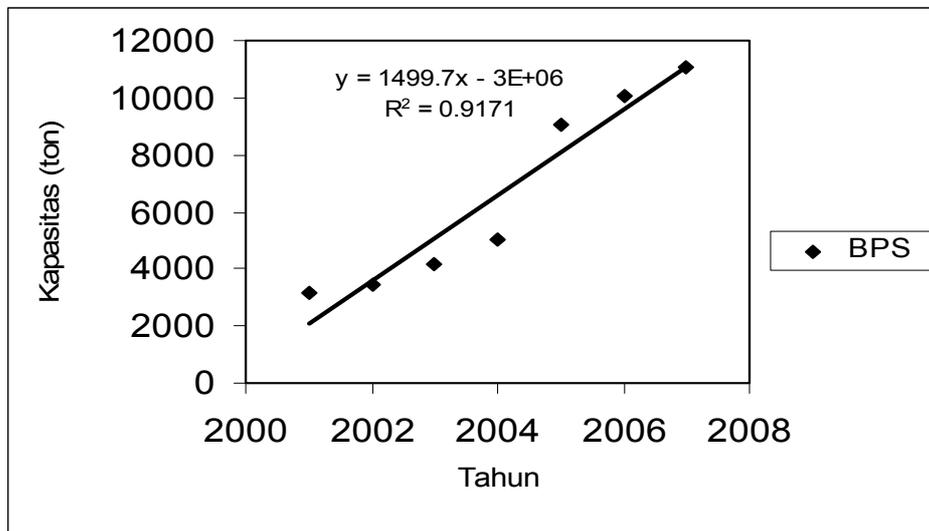
No.	Nama Perusahaan	Kapasitas (ton/th)
1	PT. Arjuna Utama Kimia	24.540
2	PT. Batu Penggal Chemical Industry	28.000
3	PT. Duta Pertiwi Nusantara	50.000
4	PT. Benua Multi Lestari	68.000
5	PT. Dyno Mugi Indonesia	28.000
6	PT. Gelora Citra Kimia Abadi	48.000
7	PT. Korindo Abadi	15.000
8	PT. Cakram Utama Jaya	10.492
9	PT. Dover Chemical	50.000
10	PT. Intan Wijaya Chemical Industry	61.500
11	PT. Kayu Lapis Indonesia	40.000
12	PT. Korindo Ariabima Sari	15.000
13	PT. Kurnia Kapuas Utama Glue Industries	38.000
14	PT. Lakosta Indah	30.000
15	PT. Nusa Prima Pratama	28.000
16	PT. Palmolite Adhesive Industry	36.000
17	PT. Sabak Indah	45.000
18	PT. Superin	28.000
19	PT. Susel Prima Permai	38.000
20	PT. Uforin Prajen Adhesive	30.000
21	PT. Wiranusa Trisatrya	90.000

(Sumber : <http://www.dprin.go.id/>)

Dari data impor formaldehida di Indonesia pada Tabel 1. memperlihatkan bahwa impor formaldehida di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung mengalami kenaikan dengan persamaan garis lurus $y = 1499,7x - 3.10^6$, Dimana y adalah data impor formaldehida pada tahun tertentu dalam ton, sedangkan x adalah tahun. Bahkan tidak hanya dalam negeri, kebutuhan



formaldehida dipasar internasional juga tinggi. Grafik impor formaldehida dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar .1 Grafik Impor formaldehida di Indonesia Tahun 2001 – 2007

1.2.1 Kapasitas Rancangan Minimum

Kapasitas rancangan tidak boleh terlalu kecil karena akan mengakibatkan pabrik tidak akan mendapatkan keuntungan. Perkiraan kapasitas pabrik yang dapat memberikan keuntungan dilakukan dengan melihat kapasitas pabrik formaldehida yang sudah berdiri. Dari Tabel 2. terlihat bahwa kapasitas 25.000 ton/tahun telah cukup menguntungkan.

1.3. Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik akan menentukan kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Untuk pabrik formaldehida ini direncanakan akan didirikan di daerah Bontang Kalimantan Timur dengan pertimbangan.

a. Letak Sumber bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi formaldehida adalah methanol yang diperoleh dari PT Kaltim Metanol milik Pertamina di pulau Bunyu, Kalimantan Timur. Dengan mendekati lokasi pabrik dengan sumber bahan baku yaitu PT Kaltim Metanol Indonesia maka akan menekan



seminimal mungkin biaya pengangkutan dan transportasi bahan baku menuju tempat pengolahan. Serta dengan semakin dekat dengan sumber bahan baku utama (metanol) pada proses maka ketersediaan bahan baku akan semakin terjaga dan terjamin sehingga kemungkinan terjadinya *defisit* bahan baku akan dapat terkontrol.

b. Pasar

Kebutuhan formaldehida sebagai bahan utama dan pembantu dalam proses-proses pabrik kimia di Indonesia masih sangat dibutuhkan. Produk formaldehida yang dihasilkan dipabrik ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, yaitu akan digunakan sebagai bahan intermediate pada pembuatan *phenol formaldehida*, *urea formaldehida*, *melamine formaldehida* yang digunakan sebagai perekat pada industri *plywood*. Jika kebutuhan pasar dalam negeri telah terpenuhi, maka produk formaldehida tersebut dapat juga dengan mudah untuk dapat dipasarkan di pasar internasional atau diekspor.

c. Tenaga kerja

Melihat keberadaan dan kemampuan tenaga ahli di bidang kimia di Indonesia yang begitu banyak, maka akan menjamin terlaksananya pendirian pabrik produksi formaldehida di Indonesia. Ketersedian tenaga kerja yang melimpah di Indonesia membuat produksi formaldehida akan berjalan lancar, serta perekrutan tenaga kerja menurut kualifikasi tertentu merupakan pertimbangan yang penting demi kemajuan suatu pabrik. Tidak kalah juga para tenaga ahli dan pekerja-pekerja yang murah yang ada di Bontang, Kalimantan Timur. Dengan pertimbangan yang demikian rencana pendirian pabrik formaldehida di Bontang tersebut akan dapat terlaksana dan terwujud dengan baik.

d. Dekat dengan pelabuhan

Daerah Bontang adalah daerah yang strategis, memiliki kekayaan alam yang berlimpah ruah. Letak daerahnya juga dekat dengan pantai yang telah difasilitasi dengan pelabuhan yang memadai. Sehingga proses transportasi untuk pengiriman produk maupun untuk penerimaan bahan



baku dapat terhubung dengan mudah. Selain itu daerah Bontang juga memiliki kondisi geografis kawasan industri dengan kelengkapan *infrastruktur* yang memadai.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam-macam proses

Ada beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk membuat formaldehida. Proses-proses tersebut (Kirk and Othmer, 1994) adalah :

a. *Complete Conversion of Methanol*

Complete Conversion of Methanol adalah merupakan salah satu proses dehidrogenasi dan oksidasi dengan katalis perak yang berbentuk kristal. Katalis perak ini dapat diregenerasi setelah 3-4 bulan. Dimana reaksinya terjadi pada suhu sekitar 680-720°C, dengan konversi metanol kurang lebih 97-98%. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses vapourizer, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke *vapourizer* untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan bed-reaktor yang berisi kristal perak, dimana di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk menyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air. Hasil akhir umpan produk keluar kolom adsorpsi mengandung formaldehida sampai 50% (berat) dan *yield* proses 89,5-90,5% (mol)

b. Proses silver atau perak (*Silver Catalyst Proses*)

Proses ini hampir sama dengan proses *Complete Conversion of Methanol*. Perbedaanya reaksi di proses ini terjadi pada suhu 590-650°C, dengan konversi methanol 77-87% dan *yield* 91%-92% mol. Pada pelaksanaannya proses ini memakai unit-unit proses hampir sama dengan proses *complete conversion of methanol* yaitu *vapourizer*, reaktor dan kolom absorpsi. Awalnya umpan metanol-air masuk secara bersama-sama ke



evaporator untuk diuapkan, selanjutnya dilewatkan bed-reaktor yang berisi kristal perak. Di reaktor ini terjadi reaksi oksidasi metanol menjadi formaldehida. Kemudian hasil umpan produk keluar reaktor dialirkan ke kolom absorpsi untuk menyerap formaldehida dengan menggunakan pelarut air untuk menjadikan produk formaldehida .

c. Proses Formox (*Formox Process*)

Proses formox adalah proses pembuatan formaldehida dengan menggunakan metanol dan katalis memakai katalis *Iron Molybdenum Oxide* (katalis oksida besi). Proses ini beroperasi pada suhu 250-290°C, dan tekanan 1-1,5 atm. Awalnya metanol uap dicampur dengan udara dan gas *recycle* kemudian direaksikan dengan katalis *iron-molybdenum oxide* ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MoO}_3\text{Cr}_2\text{O}_3$) dalam sebuah reaktor *fixed bed multitube*. Katalis ini dapat berumur sampai dengan 18 bulan. Konversi yang diperoleh mencapai 98,4% dengan yield formaldehid sekitar 88%-91% mol. Gas yang keluar dari reaktor pada suhu 260°C, didinginkan sampai suhu 70°C sebelum memasuki absorber. (http://www.freewebs.com/kimia2/topik_minggu.htm)

1.4.2 Dari berbagai macam proses di atas, pabrik ini akan menggunakan proses silver dengan pertimbangan antara lain (Mc. Ketta, 1977) :

- Yield tinggi
Yieldnya 91-92 %, sedangkan proses *Complete Conversion of Methanol* 89,5-90,5% dan proses *Formox* 88-91%.
- Katalis yang hilang pada saat proses kecil.
- Biaya investasi total lebih kecil daripada proses *Formox*.
- Kebutuhan bahan baku lebih kecil daripada proses *Complete Conversion of Methanol*.
- Suhu operasi lebih rendah daripada proses *Complete Conversion of Methanol*



1.4.3 Kegunaan Produk

Kegunaan formaldehida dalam industri kimia yaitu :

1. Sebagai desinfektan;
Formaldehida digunakan pabrik-pabrik besar sebagai bahan sterilisasi alat, untuk membunuh kuman dan bakteri yang masih melekat pada alat-alat proses pabrik.
2. Sebagai bahan pengawet;
Umumnya formaldehida digunakan untuk mengawetkan mayat dan untuk mengawetkan makanan tertentu, dengan kadar pemakaian sesuai aturan dan di bawah pengawasan. (Mc. Ketta, 1977)
3. Sebagai bahan *intermediet*:
Formaldehida digunakan sebagai bahan *intermediet* pada pembuatan *urea* formaldehida, *melamin* formaldehida dan *phenol* formaldehida, dan juga dipakai sebagai bahan pembantu dalam industri tekstil, kulit, karet, dan semen.
4. Formaldehida bisa juga digunakan sebagai penghambat *korosi*, dan *finishing* kaca dalam industri logam, bahan pengawet dan *desinfektan* dalam dunia kedokteran dan kosmetik.

(<http://attayaya.blogspot.com>)

1.4.4 Sifat Fisis dan Kimia Produk dan Bahan Baku

1.4.4.1 Bahan baku

a. Metanol

Sifat Fisis

- ♦ Rumus Molekul : CH_3OH
- ♦ Wujud : cairan tak berwarna
- ♦ Berat Molekul : 32,04 g/gmol
- ♦ *Densitas* pada 25°C : 0,79g/cm³
- ♦ Titik didih (1 atm) : 64,7°C
- ♦ Titik lebur (1 atm) : -97,68°C
- ♦ Temperatur kritis : 239,49°C



- ♦ Tekanan kritis : 79,9 atm
- ♦ *Viskositas* pada 25°C
 - Cairan : 0,54 cP
 - Gas : 0,0097 cP

(Kirk and Othmer,1995)

Sifat Kimia

» Metanol adalah gugus alkohol alifatik yang paling sederhana. Reaktivitasnya ditentukan oleh gugus hidroksil. Reaksi dengan metanol terjadi melalui pecahnya ikatan C-O atau ikatan O-H dan bercirikan reaksi substitusi gugus -H dan -OH (Kirk and Othmer,1995)

» Reaksi metanol yang terjadi :

1) Dehidrogenasi dan dehidrogenasi oksidatif dengan katalis silver/molybdenum oksida membentuk formaldehid



2) Karbonilasi dengan katalis kobalt/rhodium membentuk asam asetat



3) Dehidrasi dengan katalis asam membentuk dimethyl eter dan air



(Kirk and Othmer,1995)

b. Udara

Udara terdiri dari campuran utama gas N₂ dan O₂ dengan komposisi 79% N₂ dan 21% O₂:

Sifat Fisis Oksigen :

- ♦ Rumus Molekul : O₂
- ♦ Wujud : gas tak berwarna, tak berasa dan tak berbau
- ♦ Jika didinginkan sampai -182,81°C menjadi cairan kebiru-biruan, dan menjadi padatan berwarna biru jika didinginkan lebih lanjut
- ♦ Berat Molekul : 32 g/gmol



- ♦ Titik didih (1 atm) : -182,81°C
- ♦ Titik lebur (1 atm) : -218,78°C
- ♦ Temperatur kritis : -118,42°C
- ♦ Tekanan kritis : 5,04 MPa (49,77 atm)
- ♦ *Densitas* gas pada 21°C : 1,33 g/cm³
- ♦ *Viskositas* gas pada 25°C: 0,2 mPa.s

(Kirk and Othmer,1995)

Data *termodinamika* :

- * C_p gas (50-1500°K) = $29,526 - 8,8999 \cdot 10^{-3} T + 3,8083 \cdot 10^{-5} T^2 - 3,2629 \cdot 10^{-8} T^3 + 8,8607 \cdot 10^{-12} T^4$ J/gmol. K
- * μ gas (150-1500°K) = $44,224 + 5,62 \cdot 10^{-1} T - 1,13 \cdot 10^{-4} T^2$ micropoise
- * k gas (80-1500°K) = $0,00121 + 8,6157 \cdot 10^{-5} T - 1,3346 \cdot 10^{-8} T^2$ W/m. K

(Yaws, 1992)

Sifat Kimia Oksigen :

- » Bereaksi dengan semua elemen lain kecuali gas helium, neon, dan argon.
- » Untuk elemen tertentu seperti alkali logam rubidium, cesium, *energi aktivasi* pada suhu kamar mencukupi, dan reaksi berjalan secara spontan.
- » Bahan yang akan direaksikan dengan oksigen harus dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu tertentu untuk pembakaran awal. Jika direaksikan dengan *petroleum*, gas alam, atau batu bara akan dihasilkan panas, CO₂, H₂O. (Kirk and Othmer,1996)

Sifat Fisis Nitrogen :

- ♦ Rumus Molekul : N₂
- ♦ Wujud : gas tak berwarna, tak berasa dan tak berbau
- ♦ Berat Molekul : 28 g/gmol
- ♦ Titik didih (1 atm) : -195,65°C
- ♦ Temperatur kritis : -146,8°C



♦ Tekanan kritis : 3,399 MPa (33,55 atm)

♦ *Densitas relatif* (udara) pada 273,15 K : 0,967

♦ *Viskositas dinamik* pada 273,5 K : $15,9 \cdot 10^{-3}$ mPa.s

(Kirk and Othmer, 1996)

Data termodinamika :

* C_p gas (50-1500°K) = $29,342 - 3,5395 \cdot 10^{-3} T + 1,0076 \cdot 10^{-5} T^2 - 4,3116 \cdot 10^{-9} T^3 + 2,5935 \cdot 10^{-13} T^4$ J/gmol. K

* μ gas (150-1500°K) = $42,606 + 4,75 \cdot 10^{-1} T - 9,88 \cdot 10^{-5} T^2$ micropoise

* k gas (78-1500°K) = $0,00309 + 7,593 \cdot 10^{-5} T - 1,1014 \cdot 10^{-8} T^2$ W/m. K

(Yaws, 1992)

1.4.4.2 Produk Reaksi

Formaldehida (37 % berat)

Sifat Fisis :

♦ Rumus Molekul : HCOH

♦ Wujud : cair

♦ Larut dalam air, alkohol, dan pelarut polar lain

♦ Kelarutan pada 25°C : 10^6 ppm (mol maupun wt)

♦ Berat Molekul : 30,026 g/gmol

♦ Titik didih (1 atm) : -19°C

♦ Titik lebur (1 atm) : -118°C

♦ Temperatur kritis : 137,2-141,2°C

♦ Tekanan kritis : 6,784-6,637 MPa (66,95-65,5 atm)

♦ *Densitas* pada : 1 g/cm^3

(Kirk and Othmer, 1994)

Data termodinamika :

* $\Delta H_f^{\circ}_{298}$ (gas) = -115,9 kJ/mol

* ΔG°_{298} (gas) = -109,91 kJ/mol

* C_p gas (50-1500°K) = $34,428 - 2,9779 \cdot 10^{-2} T + 1,5104 \cdot 10^{-4} T^2 - 1,2733 \cdot 10^{-7} T^3 + 3,3887 \cdot 10^{-11} T^4$ J/gmol.°K



* μ gas (254-1000 K) = $-6,439 + 4,4802 \cdot 10^{-1} T - 1,013 \cdot 10^{-4} T^2$
micropoise

* k gas (254-994 K) = $0,00171 + 1,9431 \cdot 10^{-5} T + 9,5287 \cdot 10^{-8} T^2$ W/m.
K

(Yaws, 1992)

Sifat Kimia :

- » Dapat terdekomposisi menjadi CO dan H₂.
- » Dapat membentuk CH₃OH melalui proses *hidrogenasi*.
- » Pada temperatur 80-100°C relatif stabil tetapi perlahan-lahan akan terjadi polimerisasi pada temperatur rendah.
- » Dapat teroksidasi membentuk CO₂, H₂O, dan asam formiat. Dapat terkondensasi dengan macam-macam senyawa membentuk turunan methylol dan methylen. (Kirk and Othmer, 1994)