

EXECUTIVE SUMMARY

TUGAS PERANCANGAN PABRIK KIMIA



PERANCANGAN PABRIK FORMALDEHYDE

DENGAN PROSES METAL OXIDE

Oleh:

Burhanudin Ardiansyah
Bima Bayu Ananta

21030110151046
21030110151096

JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2012

EXECUTIVE SUMMARY

JUDUL TUGAS	PERANCANGAN PABRIK FORMALDEHYDE DENGAN PROSES METAL OXIDE	
	KAPASITAS PRODUKSI	25.000 Ton/Tahun

I. STRATEGI PERANCANGAN

Saat ini pembangunan sektor industri di Indonesia mengalami peningkatan, dan salah satunya adalah pembangunan industri kimia. Namun Indonesia masih mengimpor bahan baku atau produk-produk industri kimia dari luar negeri yang mengakibatkan devisa negara berkurang. Untuk itu diperlukan suatu usaha untuk menanggulangi ketergantungan impor yang salah satu solusinya adalah dengan pendirian pabrik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Sampai saat ini industri kimia yang masih kurang mencukupi kebutuhan dalam negeri adalah industri formaldehid. Formaldehid merupakan senyawa dari gugus aldehid yang paling sederhana tetapi mempunyai nilai ekonomis yang tinggi karena banyak industri kimia yang menggunakan formaldehid sebagai bahan bakunya. Berikut di bawah ini adalah data impor Formaldehid dari tahun ke tahun :

Tabell. Data impor formaldehyde dari tahun 2001 hingga 2009

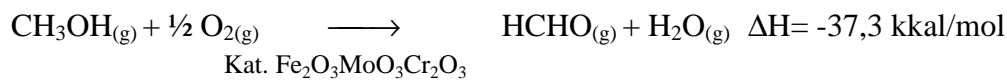
Tahun	Berat (ton/tahun)
2001	3132.09
2002	3446.745
2003	4175.261
2004	5001.957
2005	9089.312
2006	10068.26
2007	11076.823
2008	12564.817
2009	14063.506

(Badan Pusat Statistik 2011)

Kebutuhan Formaldehyde di Indonesia berdasarkan tabel di atas, ternyata semakin naik di setiap tahunnya. Berdasarkan hasil perhitungan Least Square maka didapat pada tahun 2016 kebutuhan Formaldehyde telah mencapai hampir 25.000 ton/tahun oleh karena itu Kapasitas yang di usulkan adalah sebesar : **25.000 ton/tahun.**

Reaksi dari pembentukan Formaldehyde

$$T = 505-560^{\circ}\text{K} \quad P = 1,5 \text{ atm}$$



Bahan baku yang akan digunakan adalah methanol dan oksigen

- Methanol didapatkan dari PT. Kaltim Methanol Indonesia (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur yang mempunyai kapasitas produksi 660.000 ton/tahun.
- Oksigen didapatkan dari udara sekitar.

Lokasi Pendirian Pabrik

Lokasi dalam mendirikan pabrik dapat dipertimbangkan dari beberapa hal. Hal-hal yang bisa kita pertimbangkan misalnya konsumen-konsumen yang membutuhkan formaldehyde, sifat fisika dan sifat kimia formaldehyde dan sifat reaksi formaldehyde apakah weight gain atau weight loss.

Pertimbangan :

- Konsumen Formaldehyd di Indonesia
Industri-industri yang memerlukan formaldehid adalah industri urea formaldehid resin, melamine formaldehid resin dan phenol formaldehid resin. Dari 36 produsen perekat kayu tersebut, 16 diantaranya tersebar di Pulau Kalimantan.
- Proses Formaldehyde bersifat weight Gain artinya jumlah produk yang dihasilkan lebih banyak daripada reaktan
- Produk Formaldehyde bersifat beracun dan sukar stabil

Jumlah konsumen pengguna formaldehyde sebagian besar berada di Kalimantan dan juga sumber bahan baku methanol berasal dari Kalimantan Timur maka lokasi didirikannya pabrik adalah di Bontang, Kalimantan Timur.

Beberapa proses yang dapat digunakan dalam pembuatan formaldehyde yaitu proses silver catalyst dan proses metal oxide. Berikut di bawah ini adalah tabel yang menunjukkan perbandingan dari kedua maca proses.

Tabel 2. Perbandingan antara proses silver catalyst dan metal oxide

Proses	P. Silver Catalyst		P.Metal Oxide	
Konversi	86-90 %	-	88-92%	+
Kondisi operasi	T: 923-973 °K, P: 1,3 atm	-	T: 505-560 °K, P: 1-1,5 atm	+
Katalis	Ag umur 12 bulan	-	Fe ₂ O ₃ MoO ₃ Cr ₂ O ₃ umur 18bln	+
Alat proses	Lebih kompleks	-	Lebih sederhana	+
Biaya proses	Lebih mahal	-	Murah efisien	+
Ukuran alat	Lebih kecil dengan kapasitas sama	+	Lebih besar dengan ukuran kapasitas yang sama	-
Jumlah	+	1	+	5
	-	5	-	1

Berdasarkan dari tabel di atas maka dapat disimpulkan bahwa **Metal Oxide Catalyst Process** lebih menguntungkan daripada **Silver Catalyst Process**. Maka Proses yang akan digunakan adalah **Metal Oxide Catalyst Process**.

Diagram Proses

Proses pembentukan formaldehid dari metanol dan udara dibagi menjadi tiga tahap, yaitu:

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan formaldehid
3. Tahap pemurnian produk

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Langkah penyiapan bahan baku dimaksudkan untuk:

- a. Mengkondisikan temperatur umpan metanol dan oksigen sehingga sesuai dengan kondisi reaktor.
- b. Menguapkan fase metanol menjadi gas di dalam alat *vaporizer*.

Bahan baku utama pembuatan formaldehid adalah metanol dan oksigen. Umpan pertama adalah metanol yang diambil dari tangki penyimpanan pada kondisi cair temperatur 30°C dan tekanan 1 atm. Metanol diumpankan ke dalam *vaporizer* menggunakan pompa sehingga tekanan umpan metanol naik sampai dengan 1,3 atm. Pada alat *vaporizer*, metanol diubah fasenya dari bentuk cair ke dalam bentuk gas pada suhu 71,5°C dan sebagai pemanas digunakan adalah panas produk keluaran dari reaktor.

Umpan kedua yaitu oksigen didapat dari udara lingkungan sekitar. Walaupun yang digunakan hanya oksigen, tetapi tidak dilakukan separasi antara oksigen dengan komponen lainnya karena selain sulit dilakukan separasi juga komponen lainnya semisal Nitrogen dapat dimanfaatkan untuk menyerap panas saat di reaktor. Udara ini dilewatkan pada filter untuk memisahkan debu dan tetes cairan yang ada dalam udara. Udara dengan tekanan temperatur 30°C dan 1 atm diumpankan dengan menggunakan Blower sehingga tekanan udara naik sampai dengan 1,3 atm. Umpan udara ini akan terlebih dahulu bercampur dengan recycle gas dari Absorber di dalam mixer. Campuran itu akan dipanaskan dengan menggunakan HE hingga suhu keluaran mencapai 100°C.

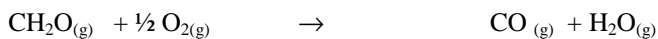
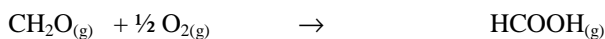
Umpan udara selanjutnya akan di campurkan dengan uap methanol di dalam mixer. Campuran itu akan dipanaskan kembali dengan menggunakan HE dengan suhu keluaran mencapai 200°C. Pemanas yang digunakan untuk memanaskan umpan adalah produk keluaran reaktor. Campuran itu kemudian dipanaskan lagi dengan menggunakan furnace hingga mencapai suhu operasi reaktor yaitu 340°C.

2. Tahap Pembentukan Formaldehid

Pada tahap ini umpan metanol dan oksigen yang telah dikondisikan akan bereaksi didalam reaktor *fixed bed multitube* (R-01). Reaksi oksidasi metanol menghasilkan formaldehid pada reaktor *fixed bed multitube* (R-01) berlangsung dalam fase gas pada suhu 340°C dan tekanan 1,3 atm. Umpan masuk ke dalam reaktor melalui *tube-tube* yang berisi katalis. Katalis yang digunakan adalah *iron molybdenum oxide* ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MoO}_3\text{Cr}_2\text{O}_3$) yang memiliki masa aktif sampai dengan 18 bulan.

Reaksi oksidasi metanol berlangsung secara non isothermal dan non adiabatik. Reaksi oksidasi metanol merupakan reaksi eksotermis, sehingga selama reaksi berlangsung akan dilepas sejumlah panas. Kenaikan temperatur yang terjadi didalam reaktor sangat tidak diinginkan sehingga dibutuhkan medium pendingin untuk menyerap panas yang terjadi selama reaksi berlangsung. Oleh karena itu digunakan jacketed vessel reaktor dengan media pendingin berupa downterm A. Pendingin ini akan mempertahankan kondisi operasi reaktor pada suhu 340°C dengan tekanan 1,3 atm. Selain itu dari reaktor akan disirkulasikan flue gasnya untuk membuat steam di waste heat boiler.

Berikut reaksi yang terjadi didalam reaktor,



Pada temperatur 340°C dan tekanan 13 atm, konversi metanol bisa mencapai 99% . Temperatur sangat mempengaruhi konversi yang terbentuk. Oleh karena itu medium pendingin sangat berperan penting untuk mencegah terbentuknya reaksi samping yang tidak diinginkan.

3. Tahap Pemurnian Produk

Tahap pemurnian produk dimaksudkan untuk:

- Memisahkan O_2 , N_2 , CO_2 , Ar, CO dari produk reaktor.
- Memisahkan larutan formaldehid dari asam formiat untuk diambil sebagai produk.

Produk keluar reaktor (340 °C) harus segera didinginkan untuk menghindari terbentuknya reaksi samping. Pendinginan dilakukan di alat *heat exchanger*. Pada Heat Exchanger produk dari reaktor dimanfaatkan untuk menaikkan temperatur dari umpan yang mau masuk reaktor. Keluaran *heat exchanger* yang bersuhu 163,9°C didinginkan

kembali sebelum masuk kedalam absorber sampai bersuhu 110°C dengan menggunakan *cooler*. Pendingin pada alat *cooler* digunakan cooling water bersuhu 30°C.

Produk reaktor di masukkan kedalam absorber pada suhu 110°C dan tekanan 1,3 atm. Komponen O₂ dan N₂ dipisahkan dari produk reaktor pada alat pemisah absorber dengan pelarut air dengan suhu masuk 303°C. Air masuk dan disemprotkan dari atas absorber. Absorber bekerja berdasarkan sifat kelarutan dimana formaldehid dan metanol akan larut dalam air, sedangkan O₂, N₂, CO₂, Ar, CO tidak larut dalam air. Gas yang tidak terserap oleh absorber akan *direcycle* kembali sebagai umpan dan sebagian dibuang. Produk bawah dari absorber yang bersuhu 80°C akan didinginkan kembali dengan menggunakan cooler hingga suhu produk mencapai 40°C. Produk tersebut kemudian dilewatkan ion exchanger yang bertujuan untuk menyerap asam formiat. Produk keluaran dari ion exchanger merupakan produk formaldehyde dengan kadar 37%.

III. PERALATAN PROSES DAN UTILITAS

1. SPESIFIKASI ALAT UTAMA

1. TANGKI

Fungsi : menampung methanol untuk persediaan selama 7 hari

Kondisi

Temperatur : 30 °C

Tekanan : 1 atm

Wujud : cair

Tipe : silinder vertikal

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283 Grade C*

Jumlah : 1 buah

Diameter : 35 ft

Tinggi : 16 ft

Jumlah coarse : 2 buah

Coarse 1

Panjang plate = 11,00 ft

Lebar plate = 8 ft

Tebal shell = 5/16 in

Coarse 2

Panjang plate = 10,99 ft

Lebar plate = 8 ft

Tebal shell = 3/16 in

2. POMPA

Kode : P-01

Fungsi : mengalirkan bahan baku methanol dari tangki penyimpanan T-01 ke vaporizer V-01

Tipe : centrifugal

Bahan konstruksi : baja komersial (*Carbon steel*)

Kapasitas pompa : 0,0191 ft³/s = 7,122 gal/mnt

Pipa yang digunakan :

D nominal = 1,25 in

ID = 1,38 in = 0,12 ft

OD = 1,66 in = 0,14 ft

Sch	= 40
Tenaga pompa	: 1 HP
Tenaga motor	: 1 HP

3. ABSORBER

Fungsi	= menyerap formaldehid dengan absorbent air demin
Tipe	= Packing Tower
Bahan	= <i>stainless steel</i> tipe 304 (SA 240)
Diameter menara	= 8,55 ft
Jenis Packing	= raschig rings
Jumlah bed	=1
Tebal shell standar	=3/8 in = 0,38 in
Tebal head standar	= 3/16 in = 0,1875 in
Tinggi head total	= 1,55 ft
Tinggi absorber	= 21,65 ft

4. REAKTOR

Kode	: R-01
Fungsi	: tempat berlangsungnya reaksi antara methanol dan udara menjadi fomaldehid
Tipe	: fixed bed multitube
Tinggi reaktor	: 16,2 m
Diameter	: 0,74 m
Volume	: 18,3 m ³
Jumlah	: 1 buah
Katalis	: Iron Molybdenum Oxide
Berat katalis	: 3737,8 kg
Kondisi	: non adiabatik, non isothermal
Tekanan	: 1,3 atm
Suhu masuk	: 473,263 °K
Suhu keluar	: 613 °K
Fase	: gas dengan katalis padat
Spesifikasi tube	
Jumlah tube	: 339

OD	: 1,32 in
ID	: 1,05 in
Sch	: 40
Pitch	: 1,65 in
Pass	: 1pass
Panjang tube	: 335,7 cm
Waktu tinggal	: 0,38 detik
Spesifikasi shell	
ID	: 0,74 m
Tebal	: 3/16 in

5. VAPORIZER

Kode	: V – 01
Fungsi	: Menaikkan suhu larutan methanol dari suhu 30 °C menjadi suhu
	buble point pada 71,5 °C dan menguapkannya
Tipe	: Kettle Reboiler
Jumlah	: 1 buah
Spesifikasi tube	
Jumlah tube	: 68 buah
Panjang tube	: 12 inch
OD,BWG,pitch	: 1 inch, 14 BWG, 1 ¼ inch square-pitch
Jumlah pass	: 6
Spesifikasi shell	
ID	: 25 inch
Bundle	: 15 ¼ inch
Baffle	: only quarter-circle support plates

2. UTILITAS

Utilitas dalam suatu pabrik merupakan sarana penunjang yang vital untuk kelancaran jalannya proses produksi. Sarana penunjang merupakan sarana lain yang diperlukan selain bahan baku dan bahan pembantu proses agar produksi dapat berjalan sesuai rencana.

Utilitas yang diperlukan dalam pabrik formaldehid guna memberikan kemudahan jalannya proses meliputi :

1. Unit penyediaan *steam*

Unit ini berfungsi menghasilkan fluida pemanas pada alat-alat perpindahan panas.

Steam didapat dari WHB yang sumber panasnya berasal dari panas reaksi reaktor. Jumlah steam yang dibutuhkan sebesar 283,87 kg jam dengan tekanan 20,8 psia dan suhu 110 °C

2. Unit penyediaan air.

Unit ini berfungsi untuk menyediakan air mulai dari pengolahannya hingga siap digunakan sebagai air pendingin, air sanitasi, air proses dan air umpan *boiler*.

Dalam pemenuhan kebutuhan air, suatu industri pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau atau air laut sebagai sumber air. Pada prarancangan pabrik formaldehid ini, sumber air yang digunakan adalah air laut dari Selat Makasar.

Penggunaan air laut tersebut sebagai sumber air dengan pertimbangan, sebagai berikut:

1. Lokasi didirikannya pabrik berada didekat pantai.
2. Jumlah air laut yang melimpah, mengingat kebutuhan akan air yang banyak

Sumber air berasal dari air laut yang memiliki kadar garam tinggi, maka dibutuhkan pengolahan untuk mengubah air asin menjadi air tawar. Teknologi yang digunakan untuk pengolahan ini adalah teknologi membran dengan sistem RO (*reverse osmosis*) dan ion Exchanger. Total Kebutuhan air untuk pabrik ini adalah sebesar 1.036,5 m³/hari .

Berikut di bawa ini adalah blok diagram lengkap pengolahan air

3. Unit pengadaan listrik.

Unit ini menyediakan listrik yang berfungsi untuk tenaga penggerak dari peralatan proses maupun untuk penerangan. Listrik ini disuplai dari PLN untuk kantor dan dari generator untuk unit proses. Total Kebutuhan listrik adalah sebesar 66,644 kW.

4. Unit Penyediaan bahan bakar

Unit berfungsi menyediakan bahan bakar untuk furnace dan generator listrik. Bahan bakar yang digunakan adalah solar. Jumlah solar yang dibutuhkan untuk furnace sebesar 21,99 L/jam sedangkan untuk generator sebesar 254,416 L/jam.

5. Unit penyediaan *Dowtherm A*.

Unit ini menyediakan *Dowtherm A* yang digunakan sebagai pendingin reaktor. Kebutuhan *dowtherm A* adalah 46.740,73 kg/jam

IV. PERHITUNGAN EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan langkah akhir dari perancangan pabrik. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui layak atau tidakkah suatu pabrik didirikan. Untuk itu dalam perancangan pabrik formaldehid ini dibuat evaluasi kelayakan pabrik yang ditinjau berdasarkan evaluasi nilai-nilai indikator ekonomi, antara lain :

1. Keuntungan (Profit in sales)
2. Keuntungan dari investasi (Return on investment)
3. Waktu pengembalian modal (Pay out time)
4. Titik impas (Break even point)
5. Titik shut down (Shut down point)
6. Discounted cash flow

Untuk meninjau indikator-indikator di atas, perlu dilakukan penafsiran terhadap beberapa faktor, yaitu :

1. Penaksiran modal industri (total capital investment)
 - Modal tetap (fixed capital investment)
 - Modal kerja (working capital)
2. Penaksiran biaya produksi total (production cost)
 - Biaya pengeluaran produksi (manufacturing cost)
 - Biaya pengeluaran (general expense)
3. Total pendapatan

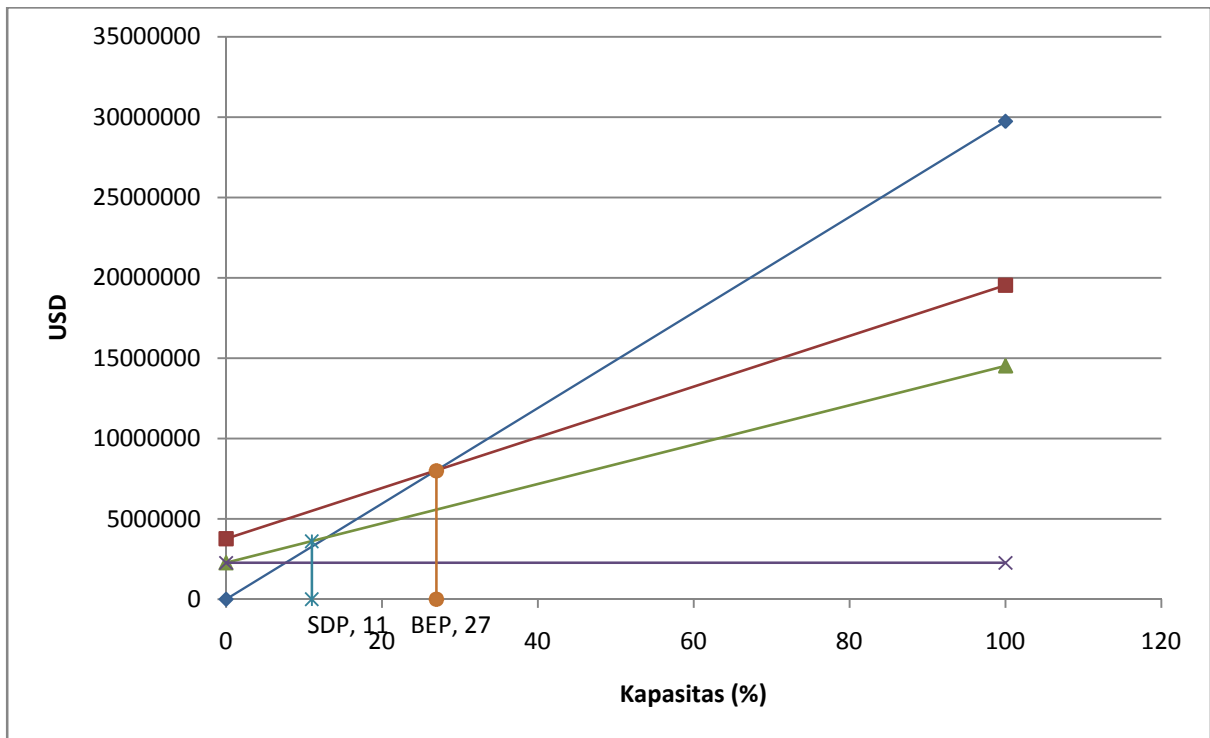
Dari perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai sebagai berikut :

Total Capital Investment	
Fixed Capital Investment	US\$ 18.870.080,48
Working Capital	US\$ 5.408.316,46
Total	US\$ 24.278.396,94
Production Cost	
Manufacturing Cost	US\$ 16.302.603,46
General Expense	US\$ 3.388.103,63
Total	US\$ 19.690.707,10
Total Pendapatan	US\$ 29.729.729,73

Kemudian dari data diatas didapatkan nilai-nilai indikator ekonomi sebagai berikut :

Profit in sales	Before tax : US\$ 10.039.022,63 (34%) After tax : US\$ 8.031.218,11 (27%)
Return on investment	Before tax : 53% After tax : 43%
Pay out time	Before tax : 1,58 tahun After tax : 1,9 tahun
Break event point (BEP)	27% total kapasitas produksi
Shut down point (SDP)	11% total kapasitas produksi
Discounted cash flow (DCF)	US\$ 11.132.146,00

Grafik analisa BEP dan SDP



Hasil dari evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik formaldehid ini dapat memperoleh keuntungan setelah pajak mencapai 27% dari total pendapatan dalam setahun. Nilai keuntungan ini juga ditunjang dengan waktu pengembalian modal (pay out time) yang cukup singkat, yaitu 2 tahun. Selain itu pabrik ini mampu mencapai nilai impas (break event point) hanya dengan memenuhi 27% kapasitas produksinya saja. Dari hasil evaluasi ini maka dapat disimpulkan bahwa pabrik formaldehid ini layak untuk didirikan.