

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan urea formaldehid dibagi menjadi tiga tahap, yaitu :

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku
2. Tahap Pembentukan Produk
3. Tahap Penanganan Produk

1. Tahap Penyiapan Bahan Baku

Tahap penyiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan bahan baku metanol dan oksigen agar sesuai dengan kondisi operasi yang diinginkan dalam reaktor *fixed bed multitube* yaitu pada suhu 240°C dan tekanan 1,4 atm.

Bahan baku utama pembuatan formaldehid adalah metanol dan oksigen. Metanol disimpan dalam tangki silinder dan *conical roof* (T-01) dalam fase cair pada kondisi suhu 32 °C dan tekanan 1 atm. Metanol dialirkan menggunakan pompa (P-01) menuju ke dalam vaporizer (V-01) sedemikian hingga tekanan umpan metanol keluar vaporizer menjadi 1,4 atm.

Dalam vaporizer, metanol diubah fasenya dari cair menjadi uap jenuh pada suhu 240°C. Jenis vaporizer yang digunakan adalah bertipe ketel. Setelah itu uap metanol diumpankan ke dalam reaktor (R-01).

Oksigen yang diperoleh dari udara lingkungan sekitar dengan kondisi suhu 32 °C dan tekanan 1 atm melewati *filter* (FL-01) untuk dipisahkan partikulat padat yang terkandung dalam udara. Kemudian tekanan dinaikkan dengan menggunakan *compressor* (CP-01) dan dengan menggunakan *blower* (B-01) udara dialirkan dialirkan menuju *Air Feed Heater* (HE-01) untuk dipanaskan sampai suhu 240⁰C kemudian diumpankan ke dalam reaktor (R-01).

Bahan baku urea prill yang disimpan dalam gudang (G-01) diangkut ke dalam *feeder* (FE-01) yang dilengkapi *weight feeder* (WF-01) dengan menggunakan *bucket elevator* (BE-01) dan *screw conveyor* (SC-01). Urea yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam *mixing tank* (M-01) dan dilarutkan menggunakan air proses hingga diperoleh larutan urea 70 % berat. Larutan urea ini dialirkan dengan pompa (P-02) ke dalam absorber (AB-01) untuk digunakan sebagai penyerap gas formaldehid.

2. Tahap Pembentukan Produk

Tahap ini bertujuan untuk :

- a. Mereaksikan metanol dan oksigen dalam reaktor sehingga dihasilkan formaldehid.
- b. Mereaksikan gas formaldehid dengan larutan urea di dalam absorber.

Formaldehid terbentuk dengan mereaksikan bahan baku metanol dan oksigen dengan menggunakan katalis iron molibdenum oxide yang diletakkan dalam tube-tube reaktor *fixed bed multitube* dan operasinya berlangsung pada suhu 240 °C dan tekanan 1,4 atm. Reaksi oksidasi metanol berlangsung secara

non-isotermal dan non-adiabatis. Reaksinya merupakan reaksi eksotermis, sehingga selama reaksi berlangsung akan dilepas sejumlah panas. Untuk menjaga kondisi operasi reaktor (R-01) digunakan pendingin Dowterm A dari tangki penampungan (T-03) yang dialirkan melalui shell. Konversi reaksi mencapai 99 % dengan selektivitas formaldehid 94 %.

Pembentukan urea formaldehid dilakukan di dalam absorber (AB-01) dengan tipe *packed tower*. Absorber (AB-01) ini beroperasi pada suhu 110 °C dan tekanan 1,2 atm. Gas hasil reaksi yang mengandung gas formaldehid keluar dari reaktor pada suhu 239,8993 °C didinginkan di HE-02 sampai suhu 110 °C untuk diumpankan ke dalam absorber (AB-01). Dalam absorber (AB-01) gas formaldehid diserap menggunakan larutan urea 70 % berat. Konversi penyerapan 97 %.

Gas-gas yang tidak terserap keluar melalui puncak absorber (AB-01) dan diumpankan ke dalam Unit Pengolahan Limbah (UPL).

3. Tahap Penanganan Produk

Larutan urea formaldehid sebagai produk bawah menara absorber (AB-01) keluar pada suhu 110 °C. Dengan menggunakan pompa (P-03) larutan produk kemudian didinginkan di dalam *Product Cooler* (HE-04) sebelum dimasukkan ke dalam tangki penyimpanan produk (T-02).

3.2 Spesifikasi Alat Proses

3.2.1 Tangki Penyimpanan Methanol

Kode	: T-01
Tugas	: Menyimpan bahan baku Methanol selama 2 minggu sebanyak 980.570,9482 Kg.
Kondisi penyimpanan	: Atmosferik, suhu perancangan 32 °C
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan dished head
Ukuran	: Volume : 1506,0191 m ³ Tinggi : 7,3152 m Diameter : 7,6200 m
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tebal shell	: 1/4, 1/4, 3/16, 3/16 in
Tebal head	: 3/16 in
Jumlah	: 1 buah

3.2.2 Tangki Penyimpanan Produk Urea Formaldehid

Kode	: T-01
Tugas	: Menyimpan produk urea formaldehid selama 2 minggu sebanyak 1.484.848,4848 Kg.
Kondisi penyimpanan	: Atmosferik, suhu perancangan 32 °C
Jenis	: Tangki silinder vertikal dengan dished head
Ukuran	: Volume : 1878,3634 m ³

	Tinggi	: 7,3152 m
	Diameter:	7,6200 m
Bahan		: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>
Tebal shell		: 1/4, 1/4, 3/16, 3/16 in
Tebal head		: 3/16 in
Jumlah		: 1 buah

3.2.3 Pompa-01

Kode		: P-01
Fungsi		: Mengalirkan bahan baku Methanol dari tangki penyimpanan (T-01) menuju Vaporizer (V-01) sebanyak 2918,3659 kg/jam.
Jenis		: <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas		: 19,6913 gpm
Ukuran pipa		: ID : 2,067 in
		OD : 2,38 in
		SCH : 40
		IPS : 2,00 in
Motor penggerak		: 0,75 Hp
Jumlah		: 1

3.2.4 Pompa-02

Kode	: P-02
Fungsi	: Mengalirkan larutan urea dari Mixer (M-01) menuju Absorber (A-01) sebanyak 1699,6892 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	: 13,8712 gpm
Ukuran pipa	: ID : 3866 in OD : 1,66 in SCH : 40 IPS : 1,25 in
Motor penggerak	: 0,33 Hp
Jumlah	: 1

3.2.5 Pompa-03

Kode	: P-03
Fungsi	: Mengalirkan produk keluaran dari absorber (A-01) menuju Tangki produk urea formaldehid (T-02) sebanyak 4419,1919 kg/jam.
Jenis	: <i>Centrifugal pump</i>
Kapasitas	: 29,5547 gpm
Ukuran pipa	: ID : 2,067 in

	OD	: 2,38 in
	SCH	: 40
	IPS	: 2,00 in
Motor penggerak		: 1 Hp
Jumlah		: 1

3.2.6 Vaporizer

Kode		: V-01
Fungsi		: Untuk menguapkan dan memanaskan methanol
Jenis		: Shell and Tube Heat Exchanger, counter flow
Jumlah		: 1 buah
Luas PerpindahanPanas		: 456,9385 ft ²
<i>Shell</i>		
- ID		: 19,25 in
- <i>Pass</i>		: 1
<i>Tube</i>		
- OD, BWG, pitch		: 1 in, 16, 1,25 in
- Panjang, <i>Pass</i>		: 12 ft, 2 <i>pass</i>
- Jumlah		: 152 buah
- ΔP		: 0,0031 psi
- Faktor Kekotoran		: 0,0032 Btu/jam.ft ² . ⁰ F

- U_D : 47,8446 Btu/jam.ft².°F

3.2.7 Filter Udara

Kode : FL-01

Fungsi : Untuk menyaring kotoran atau debu yang terdapat pada udara masuk yang di ambil dari lingkungan sekitar sebanyak 7191,9697 Kg.

Bahan : *Carbon steel 283 grade C*

Tipe : *Bag House Filter*

Kondisi operasi : Suhu : 32°C
Tekanan : 1 atm

Kecepatan volumetrik : 2968,6485 ft³/menit

Diameter bag : 0,2032 m

Panjang bag : 2,4384 m

Jumlah bag : 18 buah

3.2.8 Blower-01

Kode : BL-01

Fungsi : Alat transportasi untuk mengalirkan udara segar dari lingkungan

Jenis : *Centrifugal*

Bahan : *Carbon steel 283 grade C*

Kondisi operasi	: Suhu	: 32°C
	Tekanan	: 1,2 atm
Tenaga Motor	: 0,1667 Hp	

3.2.9 Heat Exchanger - 01

Kode	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan udara dari suhu 32°C menjadi 240°C dengan menggunakan steam.
Beban panas	: 1.533.601,0287 kJ/jam
Jenis	: Shell and tube Heat exchanger
Bahan	: <i>Carbon steel 283 grade C</i>
<i>Tube side</i>	:
- OD	: 1 in
- BWG	: 16
- Panjang	: 12 ft
- Jumlah <i>Tube</i>	: 152 buah
- Pass	: 6 pass
- h_{i0}	: 40,4905 Btu/hr.ft ² (°F/ft)
- <i>pressure drop</i>	: 0,0334 psi
<i>Shell side</i>	:
- ID	: 21,25 in
- h_o	: 16,9116 Btu/hr.ft ² (°F/ft)
- <i>Pressure drop</i>	: 0,0031 psi

02) dari 110°C menjadi 32°C dengan menggunakan air pendingin.

Beban panas	: 699.000,9659 kJ/jam
Jenis	: Shell and tube Heat exchanger
Bahan	: <i>Carbon steel 283 grade C</i>
<i>Tube side</i>	:
- OD	: 1 in
- BWG	: 16
- Panjang	: 12 ft
- Jumlah <i>Tube</i>	: 90 buah
- Pass	: 6 pass
- h_{i0}	: 131,1656 Btu/hr.ft ² (°F/ft)
- <i>pressure drop</i>	: 0,1435 psi
<i>Shell side</i>	:
- ID	: 21,25 in
- h_{o}	: 416,1703 Btu/hr.ft ² (°F/ft)
- <i>Pressure drop</i>	: 0,3120 psi
- U_c	: 99,7326 Btu/jam.ft ² .°F
- U_D	: 72,5354 Btu/jam.ft ² .°F
- R_d	: 0,0038

3.2.12 Heat Exchanger-04

Kode : HE-04

Fungsi	: Memanaskan larutan urea setelah keluar dari Mixer (M-01) sebelum masuk ke Absorber (A-01) dari suhu 32°C sampai 110°C dengan menggunakan steam.
Beban panas	: 392.576,6405 kJ/jam
Jenis	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
A	: 11,0967 ft ²
Ukuran alat	: Inner pipe : OD = 3,5 in ID = 3,0680 in Annulus : OD = 4,5 in ID = 4,0260 in
Bahan	: <i>Carbon steel SA 283 Grade C</i>

3.2.13 Reaktor

Kode	: R-01
Fungsi	: Tempat terjadinya reaksi antara Metanol dan Oksigen dengan menggunakan katalis <i>iron molybdenum</i> menjadi Formaldehid.
Jenis	: <i>Fixed Bed Multitube</i>
Diameter	: 2,0188 m
Tinggi	: 6,8 m
Tebal shell	: 1/4 in
Tebal Head	: 3/16 in

Fase	: Gas
Katalis	: Iron molybdenum oxide ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{MoO}_3\text{Cr}_2\text{O}_3$)
Suhu Reaktor	: 240 °C
Tekanan	: 1,4 atm
Bahan	: <i>Carbon Steel SA 283 Grade C</i>

3.2.14 Absorber

Kode	: AB-01
Fungsi	: Menyerap gas formaldehid menjadi urea formaldehid dengan menggunakan larutan urea.
Jenis	: <i>Packed Tower</i>
Jumlah	: 1 buah
Kondisi	:
- Tekanan	: 1.2 atm
- Temperatur	: 110 °C
Dimensi	:
- Luas kolom	: 11,7929 ft ²
- Diameter menara	: 1,1628 m
- Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in
- Tinggi <i>packing/bed</i>	: 3,3254 m
- Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
- Tinggi <i>head</i>	: 0,47 m

- Tinggi menara	: 17,55 m
Jenis <i>Packing</i>	: <i>Rasching Rings</i>
Bahan Konstruksi	: <i>Carbon steel SA 283 grade C</i>

3.2.15 Gudang Penyimpanan Urea

Kode	: G-01
Fungsi	: Tempat untuk menyimpan bahan baku Urea selama 30 hari.
Jenis	: Bangunan Tertutup berbentuk persegi panjang dengan tutup konis (kerucut) dengan kapasitas 1112,92 kg/jam.
Jumlah	: 1 buah
Volume	: 726,81 m ³
Tinggi	: 5 m
Luas	: 150 m ²
Bahan Konstruksi	: Bata yang dilapisi Semen

3.2.16 *Screw Conveyor*

Kode	: SC-01
Fungsi	: Mengangkut bahan baku urea dari <i>Bucket Elevator</i> (BE-01) menuju <i>Weight Feeder</i> (WF-01)
Jenis	: Horizontal

<i>Power</i>	: 2hp
Lebar <i>Screw</i>	: 35 cm
Panjang <i>Screw</i>	: 7 m
Kecepatan <i>Screw</i>	: 200 ft/min
Jumlah	: 1 buah

3.2.17 Bucket Elevator

Kode	: BE-01
Fungsi	: Untuk membawa padatan urea dari Gudang (GU-01) menuju <i>Screw Conveyor</i> (SC-01).
Jenis	: <i>Continous Bucket Elevator</i>
Power	: 5 Hp
Dimensi Bucket	:
- Ukuran bucket	: 8 x 5,5 x 7,75 in (203 x 140 x 197 mm)
- Jarak antar bucket	: 8 in (203 mm)
- Tinggi elevator	: 7,620 m
- Kapasitas	: 1335,5068 kg/jam
- Jumlah	: 1 buah

3.2.18 Weight Feeder

Kode	: WF-01
Fungsi	: Menampung sementara dan mengumpan urea padat menuju M-01.

Jenis	: Feeder
Fase	: Padat
Jumlah	: 1 buah
Kondisi operasi	: Suhu : 32°C Tekanan : 1 atm
Bahan	: <i>Carbon Steel SA-285 grade C</i>
Diameter <i>Feeder</i>	: 0,6828 m
Tinggi shell	: 1,0241 m
Tinggi kerucut	: 0,0896 m
Tinggi total	: 1,1137 m

3.2.19 *Mixing Tank*

Kode	: M-01
Fungsi	: Tempat mencampurkan $\text{CO}(\text{NH})_2$ dan H_2O sehingga di peroleh larutan $\text{CO}(\text{NH})_2$ untuk umpan Absorber (AB-01).
Jenis	: Vessel vertical dengan pangaduk
Bahan Konstruksi	: SA-167 Grade 3 type 304
Kapasitas	: 647,5083 kg/m^3
Dimensi	:
- OD	: 0,762 m
- H_{total}	: 1,0638 m
- Tebal <i>shell</i>	: 3/16 in

- Tebal <i>head</i>	: 3/16 in
- <i>Impeller</i>	: <i>Disc six flat-blade open turbine</i>
- Jumlah	: 1 buah <i>impeller</i>
<i>Power</i>	: 0,5 Hp
Jumlah	: 1 buah

3.2.20 Compressor

Fungsi	: Untuk menaikkan tekanan udara dari 1 atm menjadi 1,4 atm.
Jenis	: Sentrifugal multi stage
Jumlah stage	: 2
Power	: 5 Hp

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *Urea Formaldehyde* di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan *Urea Formaldehyde* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan *Urea Formaldehyde* akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri - industri yang menggunakan *Urea Formaldehyde* sebagai bahan baku dan bahan

tambahan. Dan juga dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik *Urea Formaldehyde* yang telah berdiri. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 35.000 ton/ tahun.

Untuk menentukan kapasitas produksi ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

1. Proyeksi kebutuhan dalam negeri

Berdasarkan data statistik yang diterbitkan oleh BPS dalam “Statistik Perdagangan Indonesia” tentang kebutuhan *Urea Formaldehyde* di Indonesia dari tahun ke tahun cenderung meningkat.

Dengan kapasitas tersebut diharapkan :

- a. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri.
- b. Dapat menghemat devisa negara yang cukup besar karena laju import *Urea Formaldehyde* dapat ditekan seminimal mungkin.

2. Ketersediaan bahan baku

Kontinuitas ketersediaan bahan baku dalam pembuatan *Urea Formaldehyde* adalah penting dan mutlak yang harus diperhatikan pada penentuan kapasitas produksi suatu pabrik. Diharapkan kebutuhan bahan baku *methanol* dapat diperoleh dari PT. Kaltim Methanol Industri (KMI) di Bontang, Kalimantan Timur dengan

kapasitas produksi 660.000 ton/tahun, urea dapat diperoleh dari PT. Pupuk Kalimantan Timur yang mempunyai kapasitas 2.980.000 urea ton/tahun sedangkan udara diambil dari udara bebas.

3.3.2 Perencanaan Bahan Baku dan Alat Proses

Dalam menyusun rencana produksi secara garis besar ada dua hal yang perlu diperhatikan, yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal adalah faktor yang menyangkut kemampuan pasar terhadap jumlah produk yang dihasilkan, sedangkan faktor internal adalah kemampuan pabrik.

1. Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi 2 kemungkinan, yaitu :

- a. Kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal.
- b. Kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Oleh karena itu perlu dicari alternatif untuk menyusun rencana produksi, misalnya :
 - 1) Rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai kemampuan pasar dengan mempertimbangkan untung dan rugi.

- 2) Rencana produksi tetap dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya.
- 3) Mencari daerah pemasaran.

2. Kemampuan Pabrik

Pada umumnya pabrik ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain :

a. Material (bahan baku)

Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan tercapai target produksi yang diinginkan.

b. Manusia (tenaga kerja)

Kurang terampilnya tenaga kerja akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan atau training pada karyawan agar keterampilannya meningkat.

c. Mesin (peralatan)

Ada dua hal yang mempengaruhi keandalan dan kemampuan mesin, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja efektif adalah kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan

pada periode tertentu. Kemampuan mesin adalah kemampuan suatu alat dalam proses produksi.