

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

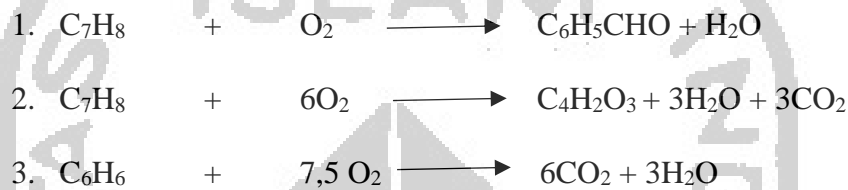
Proses pembuatan *Benzaldehyde* ada beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah proses persiapan bahan baku. Pada proses ini bahan baku yang digunakan yaitu *Toluene* dan udara yang akan diproses dengan cara berbeda. Bahan baku *toluene* yang berupa fasa cair diperoleh dari PT. Pertamina RU IV, Cilacap, Jawa Tengah dengan kemurnian sebesar 99% dan impuritasnya berupa benzene 1%.

Toluene dialirkan dari mobil tangki pendistribusian menuju tangki penyimpanan bahan baku (T-01) pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya, dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) *toluene* dialirkan menggunakan pompa (P-02) menuju *vaporizer* (VP-01) dimana didalam *vaporizer* ini *toluene* akan dirubah fase nya serta dinaikkan suhunya. Fase yang tadinya cair akan diubah menjadi fase gas, dan suhu yang semula 30 °C akan dinaikkan menjadi 350 °C. Selanjutnya, bahan baku *toluene* diumpankan kedalam reaktor (R-01).

Untuk bahan baku udara diperoleh langsung dari lingkungan sekitar pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm. Udara diambil menggunakan *Blower* (B-01) sebelum masuk ke *blower* (B-01) udara disaring menggunakan *Filter* (F-01) agar kotoran diudara tidak terikut kedalam *blower* (B-01).

Setelahnya, udara langsung diumpankan kedalam reaktor (R-01). Tahapan kedua dari pembentukan *Benzaldehyde* yaitu proses pereaksian. Kedua bahan baku toluene dan udara di reaksikan di dalam reaktor (R-01) pada suhu 350 °C dan tekanan 1 atm.

Reaksi yang terjadi didalam reaktor (R-01) adalah :



Reaktor yang digunakan dalam proses pembuatan *benzaldehyde* ini adalah reaktor *fixed bed multitube* dengan menggunakan katalis V_2O_5 . Aktifitas katalis *vanadium pentaoxide* (V_2O_5) pada reaksi pembentukan benzaldehid efektif pada temperatur 300 – 500°C. Dipilih temperature reaktor berkisar 350°C untuk mengurangi kerusakan katalis oleh temperatur yang tinggi, karena jika temperatur terlalu tinggi akan menyebabkan aktifitas katalis berkurang. Pada reaksi pembentukan *benzaldehyde* terjadi secara eksotermis sehingga dibutuhkan pendingin agar tidak terjadi *overheating*. Pendingin yang dibutuhkan berupa pendingin *Dowtherm A*. Umpan gas yang akan direaksikan berada pada *tube* bersamaan dengan katalis, sedangkan pendingin dialirkan didalam *shell*.

Tahapan terakhir dari proses pembentukan *benzaldehyde* yaitu tahapan pemisahan dan pemurnian produk. Hasil keluaran dari reaktor (R-01) pada suhu 341 °C dan tekanan 1 atm dialirkan menuju Cooler (CL-01) untuk dilakukan pendinginan hingga suhunya turun menjadi 200 °C. Setelah

gas didinginkan, kemudian dialirkan menuju *Condenser* (CD-01) untuk dilakukan pengembunan sehingga akan berubah dari fase gas menjadi fase cair. Hasil keluaran *Condenser* (CD-01) berupa fase cair dan fase gas dialirkan menuju separator (SP-01) untuk dilakukan pemisahan pada suhu 50 °C dan tekanan 1 atm. Pada separator terjadi pemisahan *non condensable gas*, seperti CO₂, O₂, dan N₂. Pada separator ini dua hasil keluaran yaitu keluaran atas yang akan dibuang ke atmosfer karena hanya mengandung senyawa yang tidak berbahaya berupa Oksigen (O₂), Nitrogen (N₂), dan Karbondioksida (CO₂) serta keluaran bawah berupa fase cair yang akan dialirkan ke dalam *Decanter* (D-01). Fase cair yang masuk kedalam *Decanter* (D-01) dialirkan menggunakan pompa (P-02).

Pada *Decanter* (D-01) terjadi pemisahan antara fase berat dan fase ringan berdasarkan beda kelarutan. Fase ringan berupa hasil produk utama yaitu *Benzaldehyde* 98% dan sedikit kandungan air (H₂O) 2%. Pada fase ringan cairan akan dialirkan menggunakan pompa (P-03) menuju *Cooler* (CL-02) untuk didinginkan suhunya dari 50 °C menjadi 35 °C, setelah dicapai suhu yang diinginkan selanjutnya cairan akan masuk kedalam tangki penyimpanan produk *Benzaldehyde* (T-02) dan produk siap didistribusikan.

Fase berat pada *Decanter* (D-01) berupa *Maleic Anhydride* dan air (H₂O) selanjutnya akan dialirkan menggunakan pompa (P-04) menuju *Evaporator* (EV-01) untuk menguapkan kandungan air (H₂O) yang terkandung didalam *Maleic Anhydride*. Penguapan didalam *Evaporator* (EV-01) terjadi pada suhu 170 °C dan tekanan 1 atm. Hasil atas yaitu fase

gas air (H_2O), yang akan diolah di unit pengolahan limbah (UPL). Sedangkan fase bawah berupa produk samping yaitu *Maleic Anhydride* 99,5% dan air (H_2O) 0,05%. Selanjutnya cairan akan dialirkan menggunakan pompa (P-05) menuju *Cooler* (CL-03) untuk didinginkan dari suhu $170\text{ }^\circ\text{C}$ menjadi $35\text{ }^\circ\text{C}$. Setelah itu cairan akan disimpan didalam tanki penyimpanan produk samping (T-03) pada tekanan 1 atm, serta produk samping akan siap didistribusikan.

3.2 Spesifikasi Alat Proses

3.2.1 Tangki penyimpanan bahan baku (T-01)

Fungsi : Menyimpan bahan baku Toluene selama 15 hari

Volume cairan : 614298,04 kg

Kondisi operasi :

- Suhu : $30\text{ }^\circ\text{C}$
- Tekanan : 1 atm

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottomed* dan *conical*

roof

Dimensi :

- Volume : $871,2519\text{ m}^3$
- Tinggi : 10,4542 m
- Diameter : 10,668 m

Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Tebal head : 0,375 in

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 162700

3.2.2 Tangki penyimpanan produk utama (T-02)

Fungsi : Menyimpan produk utama *Benzaldehyde* selama
7 hari

Volume cairan : 151510,12 kg

Kondisi operasi :

- Suhu : 35 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottomed* dan *conical roof*

Dimensi :

- Volume : 166,9369 m³
- Tinggi : 3,6576 m
- Diameter : 7,62 m

Bahan : *Carbon Steel SA 285 Grade C*

Tebal head : 0,3125 in

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 70000

3.2.3 Tangki penyimpanan produk samping (T-03)

Fungsi : Menyimpan produk samping *Maleic Anhydride*
selama 7 hari

Volume cairan : 15329,83 kg

Kondisi operasi :

- Suhu : 35 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : Tangki silinder vertikal, *flat bottomed* dan *conical roof*

Dimensi :

- Volume : 66,7748 m³
- Tinggi : 1,524 m
- Diameter : 3,048 m

Bahan : *Stainless Steel*

Tebal head : 0,25 in

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 71000

3.2.4 Vaporizer (VP-01)

Fungsi : Menguapkan dan menaikkan suhu cairan *Toluene*

Kec. Umpan : 853,1917 Kg/jam

Kondisi Operasi :

- Suhu : 350 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Kettle Reboiler*

Bahan : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Spesifikasi :

SHELL			TUBE
ID, in	39	Nt	1128
B, in	15,6	L, ft	20
Passes	4	OD,in	0,7500
		BWG	16
		a",ft2/ft	0,1963
		Pitch, in	1, in triangular pitch
		Passes	4

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 130500

3.2.5 Filter (F-01)

Fungsi : Menyaring kotoran yang terkandung dalam udara

Kec. Umpan : 3529,352 Kg/jam

Jenis : *Bag House Filter*

Spesifikasi alat :

- Diameter : 0,2032 m
- Panjang : 2, 4384 m

Kondisi operasi :

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 23100

3.2.6 Blower (B-01)

Fungsi : Mengambil udara dilingkungan

Jenis : *Blower Centrifugal*

Kec. Umpan : 3529,3520 Kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1,5 atm

Daya blower : 0.25 Hp

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 5800

3.2.7 Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi : Memanaskan udara sebelum masuk ke reaktor (R-01)

Kec. Umpan : 3529, 35 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 350 °C
- Tekanan : 1,5 atm

<i>SHELL</i>		<i>TUBE</i>	
ID, in	25	Nt	370
L, ft	16	L, ft	16
Passes	4	OD,in	0,7500
Pt	1	BWG	18
		Pitch, in	1, in square pitch
		a", ft2/ft	0,1963
		Passes	4
		ID, in	0, 652

Jenis : *Shell and Tube Exchanger*

Bahan : *Carbon Steel SA 283 Grade C*

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 49600

3.2.8 Reaktor (R-01)

Fungsi :Mereaksikan *Toluene* dan udara menjadi *Benzaldehyde*

Kec. Umpan : 1062911,72 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 350 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Fixed Bed Multitube*

Dimensi :

- Diameter shell : 0,9133 m
- Jumlah tube : 750 buah
- Panjang tube : 8,9 m
- Volume reaktor : 5,8272 m³
- Tinggi reaktor : 9,3261 m

- Tebal shell : 0,125 in
- Tebal head : 0,20 in

Fase : Gas

Katalis : V₂O₅

Bahan : *Low-Alloy Steel SA 202 Grade B*

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 89100

3.2.9 Cooler (CL-01)

Fungsi : Mendinginkan campuran gas dari reaktor suhu 341 °C menjadi 200 °C

Kec. Umpan : 4382,5440 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 341 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Shell and Tube Exchanger*

Spesifikasi :

<i>SHELL</i>			<i>TUBE</i>
ID, in	12	Nt	55
L, ft	18	L, ft	18
Passes	1	OD,in	1
Pt	0,25	BWG	10
		Pitch, in	1 1/4, in square pitch
		a", ft ² /ft	0,2618
		Passes	1
		ID, in	0,732

Bahan : *Carbon stell SA 283 Grade C*

Jumlah : 1 unit

Harga :US\$ 56000

3.2.10 Condensor (CD-01)

Fungsi :Mengembunkan uap dari *cooler* (CL-01) dari 200 °C menjadi suhu 50 °C

Kec. Umpan : 4382,5438 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 200 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Shell and Tube Exchanger*

Spesifikasi :

<i>SHELL</i>		<i>TUBE</i>	
ID, in	13,25	OD, in	1
Nt	52	ID, in	0,87
		BWG	16
		Pitch, in	1,25
		L,ft	16
		Passes	4

Bahan : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 43800

3.2.11 Separator (SP-01)

Fungsi : Memisahkan komponen uap dan cairan yang keluar dari kondenser

Jenis : *Vertical Drum Separator*

Kec. Umpan : 4382,544 kg/jam

Kondisi operasi :

• Suhu : 50 °C

• Tekanan : 1 atm

Bahan : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Spesifikasi :

• Diameter : 0,4572 m

• Tinggi : 1,8905 m

• Tebal head : 0,1875 in

• Tebal shell : 0,1875 in

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 7000

3.2.12 Decanter (D-01)

Fungsi : Memisahkan fase ringan dan fase berat berdasarkan beda kelarutan

Jenis alat : *Silinder Horizontal Decanter*

Kec. Umpan : 1175,3355 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C

- Tekanan : 1 atm

Dimensi :

- Diameter : 0,4611 m

- Panjang : 1,3833 m

Tebal shell : 0,1875 in

Tebal head : 0,375

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 62500

3.2.13 Cooler (CL-02)

Fungsi : Mendinginkan produk utama *Benzaldehyde* sebelum disimpan di tangki penyimpanan produk utama (T-02) dari suhu 50 °C menjadi 35 °C.

Kec. Umpan : 901.8460 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Double Pipe Exchanger*

Spesifikasi :

• Panjang	: 12 ft
<i>Exchanger, IPS</i>	: (sch 40)
<i>Outer pipe</i>	: 4
<i>Inner pipe</i>	: 3
• <i>Flow area</i>	
<i>Annulus</i>	: 3.14 in ²
<i>Pipe</i>	: 7.38 in ²
Bahan	: <i>Carbon stell SA 283 Grade C</i>
Jumlah	: 1 unit
Harga	: US\$ 21600



3.2.14 Evaporator (EV-01)

Fungsi : Menguapkan air (H₂O) keluaran bawah dekanter (D-01)

Jenis : *Long Tube Evaporator*

Kec. Umpan : 273.4900 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C
- Tekanan : 1 atm

Spesifikasi :

<i>SHELL</i>			<i>TUBE</i>
ID, in	15,25	Nt	630
B	15,25	L, ft	16
C'	0,25	OD,in	0,75
Pt	1	BWG	14
		Pitch, in	1 in triangular pitch
		a", ft2/ft	0,1529
		Passes	1
		ID, in	0,584

Bahan : *Stainless steel*

Jumlah : 1 unit

Harga : US\$ 948700

3.2.15 Cooler (CL-03)

Fungsi : Mendinginkan cairan keluaran *Evaporator* (EV-01) yaitu *Maleic Anhydride* sebelum di simpan di tangki penyimpanan produk samping (T-03).

Kec. Umpan : 91.249 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 170 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : *Shell and Tube Exchanger*

Spesifikasi :

<i>SHELL</i>			<i>TUBE</i>
ID, in	33	Nt	522
L, ft	12	L, ft	12
Passes	2	OD,in	1
Pt	0,25	BWG	10
		Pitch, in	1 1/4, in triangular pitch
		a", ft2/ft	0,2618
		Passes	2
		ID, in	0,732

Bahan : *Stainles Steel*

Jumlah : 1 unit

Harga :US\$ 150800

3.2.16 Pompa (P-01)

Fungsi :Mengalirkan bahan baku *Toluene* dari tangki penyimpanan bahan baku (T-01) menuju *Reboiler* (RB-01)

Kec. Umpan : 853,1920 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 30 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : pompa sentrifugal

Ukuran pipa :

- ID : 1,049 in
- OD : 1,32 in
- NPS : 1 in

Tenaga motor : 1/20 Hp

Bahan penggerak : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Jumlah : 2 unit

Harga : US\$ 3300 / unit

3.2.17 Pompa (P-02)

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah separator (SP-01) menuju dekanter (D-01)

Kec. Umpan : 1175,3355 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : pompa sentrifugal

Ukuran pipa :

- ID : 1,049 in
- OD : 1,32 in
- NPS : 1 in

Tenaga motor : 1/20 Hp

Bahan penggerak : *Stainless Steel*

Jumlah : 2 unit

Harga : US\$ 4500 / unit

3.2.18 Pompa (P-03)

Fungsi : Mengalirkan hasil atas dekanter (D-01) menuju
Cooler (CL-02)

Kec. Umpan : 901,8460 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : pompa sentrifugal

Ukuran pipa :

- ID : 1,049 in

- OD : 1,32 in
- NPS : 1 in

Tenaga motor : 1/20 Hp

Bahan penggerak : *Carbon steel SA 283 Grade C*

Jumlah : 2 unit

Harga : US\$ 3.300 / unit

3.2.19 Pompa (P-04)

Fungsi : Mengalirkan hasil bawah dekanter (D-01) menuju
Evaporator (EV-01)

Kec. Umpan : 273.4896 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 50 °C
- Tekanan : 1 atm

Jenis : pompa sentrifugal

Ukuran pipa :

- ID : 0,622 in
- OD : 0,84 in
- NPS : 1/2 in

Tenaga motor : 1/20 Hp

Bahan penggerak : *Stainless Steel*

Jumlah : 2 unit

Harga : US\$ 4500 / unit

3.2.16 Pompa (P-05)

Fungsi : Mengalirkan cairan keluaran bawah *Evaporator* (EV-01) menuju *Cooler* (CL-03)

Kec. Umpan : 91,2486 kg/jam

Kondisi operasi :

- Suhu : 170 °C

- Tekanan : 1 atm

Jenis : pompa sentrifugal

Ukuran pipa :

- ID : 0,622 in

- OD : 0,84 in

- NPS : 1/2 in

Tenaga motor : 1/20 Hp

Bahan penggerak : *Stainless Steel*

Jumlah : 2 unit

Harga : US\$ 4500 / unit

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Kapasitas Perancangan

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan *Benzaldehyde* di Indonesia, tersedianya bahan baku serta ketentuan kapasitas minimal. Kebutuhan *Benzaldehyde* dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Diperkirakan kebutuhan *Benzaldehyde* akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang, sejalan dengan berkembangnya industri-industri yang menggunakan *Benzaldehyde* sebagai bahan baku dan bahan tambahan. Dan juga dengan melihat kapasitas pabrik – pabrik *Benzaldehyde* yang telah berdiri. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ditetapkan kapasitas pabrik yang akan didirikan adalah 7000 ton/tahun.

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.

