

### **BAB III**

#### **SPESIFIKASI ALAT PROSES**

Spesifikasi alat proses utama terdiri dari reaktor gelembung, menara distilasi, reaktor batch, flash drum-01, adsorber, dan flash drum-02. Reaktor gelembung berfungsi untuk mereaksikan bahan baku isobutana dan oksigen menjadi *tert-butyl hydroperoxide* ( TBHP ). Menara distilasi menggunakan tipe sieve tray kolom. Hasil keluaran menara distilasi yang berupa TBHP, TBA, dan n-C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> direaksikan dengan propilena didalam reaktor batch menghasilkan propilen oksida. Setelah itu, propilen oksida yang masih bercampur dengan senyawa yang lain kemudian dipisahkan dalam flash drum-01. Hasil keluaran flash drum-01 diproses dalam adsorber tipe menara bahan isian untuk menjepit katalis dan TBHP. Produk keluaran flash drum-02 adalah propilen oksida dengan kemurnian 99,99 %, dengan pengotor air 0,05 % dan TBA 0,025 %. Selain masing-masing alat tersebut akan disebutkan spesifikasi lain seperti jumlah, volume, kondisi operasi, bahan konstruksi, dan dimensi alat.. Selain dari alat proses pada bab ini dapat pula dilihat spesifikasi tangki penyimpanan bahan baku dan tangki penyimpanan produk. Spesifikasi alat penukar panas ( Heat exchanger) dapat dilihat dan spesifikasi pompa.

Spesifikasi alat proses pendukung terdiri dari kompressor, kondensor, accumulator, reboiler, expander, hopper. Kompressor berfungsi sebagai alat penekan udara pada udara bahan baku. Sebelum bahan baku di reaksikan di dalam reaktor terlebih dahulu dicampur di dalam mixer. Reboiler berfungsi untuk menguapkan sebagian hasil bawah menara distilasi. Accumulator berfungsi untuk menampung sementara hasil keluaran menara distilasi, flash drum-01, dan flash drum-02. Expander berfungsi untuk menurunkan tekanan dari menara distilasi menuju reaktor batch, flash drum-01 menuju adsorber, tangki penyimpanan isobutana menuju reaktor gelembung dan dari tangki penyimpanan propilena menuju reaktor batch.

**Tabel 3.1. Spesifikasi reaktor gelembung**

Kode	R-01
Fungsi	Mereaksikan bahan baku isobutana dengan oksigen
Tipe/jenis	Reaktor gelembung
Jumlah	1
Volume, m <sup>3</sup>	19,86
<b>Kondisi Operasi :</b>	
P, atm	13,9
T, °C	120
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	2,22
Tinggi, m	5,12
Tebal shell, m	0,0413
Tebal head, m	0,0381
Jenis pendingin	Koil
Jumlah lilitan	33
Diameter koil, m	0,35
Harga Alat, \$	181.000

**Tabel 3.2. Spesifikasi menara distilasi**

Kode	MD-01
Fungsi	Memisahkan isobutana dan TBHP
Tipe/jenis	<i>Sieve Tray</i>
<b>Kondisi menara atas :</b>	
P, atm	13,59
T, °C	83,20
<b>Kondisi menara bawah :</b>	



**Lanjutan Tabel 3.2**

P, atm	13,99
T, °C	185,112
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	2,58
Tinggi, m	14,15
Tebal shell, m	0,041
Tebal head, m	0,031
Tinggi head, m	0,417
Jumlah plat aktual	35
Bahan konstruksi	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Harga Alat, \$	54.000

**Tabel 3.3. Spesifikasi reaktor batch**

Kode	R-02
Fungsi	Mereaksikan bahan baku propilena dengan TBHP menggunakan katalis MoO <sub>3</sub>
Tipe/jenis	Reaktor batch
Jumlah	7
Volume, m <sup>3</sup>	11,19
<b>Kondisi operasi :</b>	
P, atm	20,23
T, °C	110
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	1,81
Tinggi, m	4,76
Tebal shell, m	0,0254
Tebal head, m	0,047

Lanjutan Tabel 3.3

Jenis pendingin	Koil
Jumlah lilitan	8
Diameter koil, m	0,35
Harga Alat, \$	133.400

Tabel 3.4. Spesifikasi Flash drum-01

Kode	H-01
Fungsi	Memisahkan propilena dengan TBHP
Jumlah	1
<b>Kondisi Operasi :</b>	
P, atm	5,5
T, °C	110
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	4,18
Tinggi, m	6,24
Tebal shell, m	0,007
Tebal head, m	0,007
Tinggi head, m	0,578
Bahan Konstruksi	Carbon steel SA 283 grade C
Harga Alat, \$	20.000

Tabel 3.5. Spesifikasi Adsorber

Kode	AD-01
Fungsi	Menjerap katalis dan TBHP
Tipe/jenis	Menara dengan bahan isian
<b>Kondisi Operasi :</b>	
P, atm	1
T, °C	59,77
<b>Dimensi :</b>	
Diameter,m	3,08

Tinggi, m	9,24
Tebal shell, m	0,047
Tebal head, m	0,006
Tinggi head, m	0,468
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>
Harga Alat, \$	23.000

Tabel 3.6. Spesifikasi Flash drum-02

Kode	H-02
Fungsi	Memisahkan propilen oksida dengan TBA
Jumlah	1
<b>Kondisi Operasi :</b>	
P, atm	1
T, °C	59,65
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	1,20
Tinggi, m	4,72
Tebal shell, m	0,0047
Tebal head, m	0,0047
Tinggi head, m	0,0047
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA 283 grade C</i>
Harga Alat, \$	20.000

Tabel. 3.7. Spesifikasi tangki penyimpanan bahan baku

Nama alat	Tangki isobutana	Tangki Propilena	Tangki MoO <sub>3</sub>
Kode	F-01	F-02	F-03
Fungsi	Menyimpan kebutuhan bahan baku isobutana selama 7 hari	Menyimpan bahan baku propilena selama 7 hari	Menampung MoO <sub>3</sub> sebelum masuk mixer
Jumlah	4	2	1
Volume, m <sup>3</sup>			0,0518

<b>Kondisi operasi :</b>			
P, atm	30	31	1
T, °C	31	30	33
<b>Dimensi :</b>			
Diameter, m	8,37	2,62	0,362
Panjang, m	14,01	7,878	0,466
Tebal head, m	<b>0,07</b>	<b>0,060</b>	-
Tebal shell, m	0,08	0,059	-
Tinggi head, m	1,401	0,984	-
Harga Alat, \$	376.400	396.000	5.500

Tabel 3.8. Spesifikasi tangki hasil samping

Nama alat	Tangki TBHP, MoO <sub>3</sub> ,H <sub>2</sub> O	Tangki TBA dan H <sub>2</sub> O
Kode	F-04	F-06
Fungsi	Menampung hasil bawah adsorber selama 14 hari	Menyimpan produk samping TBA selama 14 hari
Jumlah	1	1
Volume, m <sup>3</sup>	0,746	113,992
<b>Kondisi Operasi :</b>		
P, atm	1	1
T, °C	30	30
<b>Dimensi :</b>		
Diameter, m	6,046	28,176
Tinggi, m	6,046	10,56
Tebal plat <i>roof</i> , m	0,0047	0,0047
Tebal plat <i>bottom</i> , m	0,012	0,015
Bahan konstruksi	<i>Carbon Stee</i>	<i>Carbon steel</i>
Harga Alat, \$	71.400	454.400

Tabel 3.9. Spesifikasi alat penukar panas ( *Heat exchanger* )

Nama alat	Heat exchanger-01	Heat exchanger-02
Kode	E-01	E-02
Fungsi	Menaikkan suhu bahan baku dari tangki penyimpanan ke reaktor gelembung	Menurunkan suhu keluar reaktor gelembung sebelum masuk MD
Tipe	Shell and Tube	Shell and tube
Beban kerja, kJ/jam	10.345.511,74	2.772.885,67
Luas transfer panas, ft <sup>3</sup>	543,31	389,51
Tube side Fluida	Fluida panas Bahan baku dari tangki penyimpanan	Fluida panas Prduk reaktor gelembung
Suhu operasi, °C ( in/out)	30/120	120/100,27
OD tube,m	0,019	0,0254
Layout	Triangular	Triangular
Pitch, in	15/16	1,25
Panjang, m	3,65	3,65
Jumlah tube	239	130
Pass	1	4
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
$\Delta P$ , atm	0,00066	0,0019
Shell side Fluida	Fluida dingin air	Fluida dingin air
Suhu operasi, °C ( in/out)	30/70	30/65
ID shell,m	0,4	0,4
Baffle spacing, in	15	14
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
$\Delta P$ , atm	0,00013	0,00054
Harga Alat, \$	23.100	50.700

Lanjutan Tabel 3.9

Nama alat	Heat exchanger-03	Heat exchanger-04
Kode	E-03	E-02
Fungsi	Menurunkan produk keluaran MD sebelum masuk reaktor batch	Menaikkan suhu keluar tangki propilen
Tipe	Shell and Tube	Double pipe
Beban kerja, kJ/jam	3.704.096,39	1.359.419,58
Luas transfer panas, ft <sup>3</sup>	213,09	103,41
Tube side	Fluida panas	Annulus
Fluida	Produk MD	Steam
Suhu operasi, °C (in/out)	217,98/110	150
OD tube,m	0,019	0,07
Layout	Square	-
Pitch, in	1	-
Panjang, m	3,65	0,20
Jumlah tube	90	-
Pass	1	-
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
ΔP, atm	0,00066	0,0000311
Shell side	Fluida dingin	Inner
Fluida	air	Produk keluaran MD
Suhu operasi, °C (in/out)	30/65	30/110
ID shell,m	0,336	0,04
Baffle spacing, in	13	-
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
ΔP, atm	0,00014	0,00022
Harga Alat,\$	23.900	49.900

Lanjutan Tabel 3.9

Nama alat	Heat exchanger-05	Heat exchanger-06
Kode	E-05	E-06
Fungsi	Menurunkan produk keluaran MD sebelum masuk reaktor batch	Menurunkan suhu keluaran flash drum-01 sebelum masuk adsorber
Tipe	Double pipe	Shell and tube
Beban kerja, kJ/jam	504,96	3.500.010,80
Luas transfer panas, ft <sup>3</sup>	0,019	399,92
Tube side	Annulus	Fluida panas
Fluida	Steam	Produk flash drum-01





Suhu operasi, °C (in/out)	150	110,59,77
OD tube,m	0,07	0,019
Layout	-	Square
Pitch, in	-	1
Panjang, m	0,20	3,65
Jumlah tube	-	177
Pass	-	1
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
ΔP, atm	0,000000058	0,0459
Shell side Fluida	Inner	Fluida dingin
Suhu operasi, °C (in/out)	30/110	30/50
ID shell,m	0,04	0,04
Baffle spacing, in	-	14
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
ΔP, atm	0,000000014	0,00022
Harga Alat, \$	20.900	22.900

Lanjutan Tabel 3.9

Nama alat	Heat exchanger-07	Heat exchanger-08
Kode	E-07	E-08
Fungsi	Menurunkan produk keluaran Adsorber sebelum masuk tangki penyimpanan	Menurunkan suhu keluaran flash drum-02 sebelum masuk tangki penyimpanan TBA
Tipe	Double pipe	Shell and tube
Beban kerja, kJ/jam	5.169,96	456.442,99
Luas transfer panas, ft <sup>3</sup>	70,52	399,92
Tube side Fluida	Tube Produk adsorber	Tube Produk flash drum-02
Suhu operasi, °C (in/out)	59,77	59,77
OD tube,m	0,11	0,019
Layout	-	-
Pitch, in	-	-
Panjang, m	0,51	3,65
Jumlah tube	-	-

Pass	-	-
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
$\Delta P$ , atm	0,000076	0,0039
Shell side	Annulus	Annulus
Fluida	Produk keluaran mixer	Produk keluaran flash drum-02
Suhu operasi, °C (in/out)	59,77/1	59,77/1
ID shell,m	0,04	0,66
Baffle spacing, in	-	-
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel
$\Delta P$ , atm	0,0000051	0,000073
Harga Alat, \$	22.900	23.000

Tabel 3.10. Spesifikasi pompa

Nama alat	Pompa 01	Pompa 02	Pompa 03
Kode	L-01	L-02	L-03
Fungsi	Mengalirkan bahan baku isobutana ke reaktor gelembung	Mengalirkan hasil keluaran reaktor gelembung ke MD	Mengalirkan hasil keluaran atas MD ke reaktor gelembung
Tipe	Axial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Axial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Axial flow impeller, sentrifugal, single stage pump
Jumlah	1	1	1
Kapasitas, $m^3$ /jam	113,44	265,80	191,35
Power	3	3	2

pompa,			
Hp			
NPSH	42,835	32,33	83,66
require			
d, m			
Bahan	Carbon stell	Carbon stell	Carbon stell
konstru			
ksi			
Pipa :			
Nomina	0,203	0,254	0,203
l, m			
ID	0,203	0,254	0,200
pipa, m			
Harga	11.500	13.200	12.500
Alat, \$			

Lanjutan Tabel 3.10

Nama alat	Pompa 04	Pompa 05
Kode	L-04	L-05
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah MD ke reaktor batch	Mengalirkan bahan baku propilena ke reaktor batch
Tipe	Mixedflow impeller, sentrifugal, single stage pump	Mixedflow impeller, sentrifugal, single stage pump
Jumlah	1	1
Kapasitas, m <sup>3</sup> /jam	46,19	28,32

Power	1	0,25
pompa, Hp		
NPSH	110,35	213,66
required, m		
Bahan	Carbon stell	Carbon stell
konstruksi		
Pipa :		
Nominal, m	0,154	0,106
ID pipa, m	0,154	0,102
Harga Alat,		
\$	9.700	7.000

Lanjutan Tabel 3.10

Nama alat	Pompa 07	Pompa 08	Pompa 09
<b>Kode</b>	L-07	L-08	L-09
<b>Fungsi</b>	Mengalirkan hasil keluaran Reaktor batch ke flash drum-01	Mengalirkan hasil atas flash drum-01 ke reaktor batch	Mengalirkan hasil bawah flash drum-01 ke adsorber
<b>Tipe</b>	Axial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Radial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Mixed flow impeller, sentrifugal, single stage pump
<b>Jumlah</b>	1	1	1
<b>Kapasitas,</b> <b>m<sup>3</sup>/jam</b>	108,42	1,19	47,68
<b>Power</b>	1,5	0,25	3

pompa,			
Hp			
NPSH	514,74	185,96	43,96
required			
, m			
Bahan	Carbon stell	Carbon stell	Carbon stell
konstruksi			
Pipa :			
Nomina	0,154	0,019	0,152
l, m			
ID pipa,	0,154	0,020	0,154
m			
Harga	9.700	2.000	9.700
Alat, \$			

Lanjutan Tabel 3.10

Nama alat	Pompa 10	Pompa 11	Pompa 12	Pompa 13
Kode	L-10	L-11	L-12	L-13
Fungsi	Mengalirkan produk atas dari adsorber ke flash drum-02	Mengalirkan hasil bawah adsorber ke tangki penyimpanan	Mengalirkan hasil bawah flash drum-02 ke tangki penyimpanan	Mengalirkan hasil atas flash drum-02 ke tangki penyimpanan
Tipe	Axial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Radial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Radial flow impeller, sentrifugal, single stage pump	Mixed flow impeller, sentrifugal, single stage pump
Jumlah	1	1	1	1
Kapasitas, m <sup>3</sup> /jam	43,18	0,283	31,51	11,69

Power pompa, Hp	0,50	0,25	15	0,75
NPSH required, m	2,29	2,36	59,84	2,75
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel
Pipa : Nominal, m	0,154	0,019	0,101	0,063
ID pipa, m	0,154	0,020	0,102	0,062
Harga Alat, \$	9.700	9.700	7.000	4.900

Tabel 3.11. Spesifikasi Kondensor dan Reboiler

Nama alat	Kondensor 01	Kondensor 02	Kondensor 03	Reboiler
Kode	E-09	E-10	E-11	E-12
Fungsi	Mengkondensasikan produk atas MD	Mengkondensasikan produk atas flash drum-01	Mengkondensasikan produk atas flash drum-02	Menguapkan hasil bawah MD
Jumlah	1	1	1	1
Tipe	Double pipe	Double pipe	Shell and tube	Double pipe
Beban kerja, kJ/jam	1.886,52	41.501,87	207.616,67	1.953.108,10
Luas transfer panas, ft <sup>2</sup>	0,102	18,45	355,143	191,72
Kondisi operasi :				
Suhu masuk, °C	30	30	59,77	185,11
Suhu keluar, °C	50	45	31	217,80
Tube side	Annulus	Annulus	Fluida panas	Annulus

Fluida	Produk atas MD	Produk atas flash drum-01	Produk atas flash drum-02	Produk bawah MD
OD tube, m	0,11	0,07	0,01	0,11
Layout	-	-	Square	-
Pitch, in	-	-	1	-
Panjang, m	0,30	0,30	3,65	0,51
Jumlah tube	-	-	150	-
Pass	-	-	4	-
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel
$\Delta P$ , atm	0,026	0,000227	0,023	0,0000113
Shell side	Inner	Inner	Fluida dingin	Inner
Fluida	air	air	air	air
ID shell, m	<b>0,10</b>	<b>0,04</b>	<b>0,015</b>	<b>0,08</b>
Baffle	-	-	<b>14</b>	-
$\Delta P$ , atm	<b>0,0000000</b>	<b>0,000066</b>	<b>0,00000080</b>	<b>0,000072</b>
Harga Alat, \$	<b>19.000</b>	<b>19.000</b>	<b>19.000</b>	<b>20.900</b>

Tabel 3.12. Spesifikasi expander

Nama alat	Expander-01	Expander-02	Expander-03	Expander-04
Kode	Ex-01	Ex-02	Ex-03	Ex-04
Fungsi	Menurunkan tekanan MD menuju Reaktor batch	Menurunkan tekanan flash drum-01 menuju adsorber	Menurunkan tekanan dari tangki penyimpanan isobutana ke reaktor gelembung	Menurunkan tekanan dari tangki penyimpanan propilen ke reaktor batch
Tipe/jenis	Sentrifugal single stage	Sentrifugal single stage	Sentrifugal single stage	Sentrifugal single

	stage			
Jumlah	1	1	1	1
Kondisi operasi:				
P, atm( in/out)	13,9/5,53	5,53/1	30/13,9	31/5,53
T, °C ( in/out )	185,112/110	110/59,77	31/110	31/110
Power, Hp	5	15	5	5
Harga Alat, \$	20.700	21.800	17.300	17.500

Tabel 3.13. Spesifikasi Accumulator

Nama alat	Accumulator-01	Accumulator-02	Accumulator-03
Kode	F-07	F-08	F-09
Fungsi	Menampung sementara kondensat dari MD	Menampung sementara kondensat dari flash drum-01	Menampung sementara kondensat dari flash drum-02
Tipe/jenis	Horizontal drum	Horizotal drum	Horizontal drum
Volume,m <sup>3</sup>	25,78	0,284	1,624
<b>Kondisi Operasi :</b>			
P, atm	13,9	5,52	1
T, °C	83	110	59,77
<b>Dimensi :</b>			
Panjang,m	4,82	1,074	1,921
Diameter,m	2,41	0,537	0,960
Tebal shell, m	0,041	0,044	0,0047
Tebal head, m	0,063	0,057	0,0047
Bahan konstruksi	Carbon steel	Carbon steel	Carbon steel
Harga Alat, \$	27.400	27.400	27.400



Tabel 3.15. Spesifikasi tangki Produk

Nama alat	Tangki Propilena Oksida
Kode	F-09
Fungsi	Menampung produk propilena oksida selama 14 hari
Jumlah	1
Volume, m <sup>3</sup>	53,698
<b>Kondisi Operasi :</b>	
P, atm	1
T, °C	30
<b>Dimensi :</b>	
Diameter, m	4,089
Tinggi, m	4,089
Tebal plat <i>shell</i> , in	0,5625
Tebal plat <i>bottom</i> , in	0,1875
Bahan konstruksi	<i>Carbon Steel</i>
Harga Alat, \$	218.800

Tabel 3.16. Spesifikasi Belt conveyer dan Bucket elevator

Nama Alat	Belt Conveyer	Bucket Elevator
Kode	I-01	I-02
Fungsi	Mengangkut MoO3 padat dari truk menuju Bucket elevator	Mengangkut padatan MoO3 dari Belt conveyer ke Mixer
Jenis	Belt Conveyer	Bucket elevator
Kapasitas, kg/jam	11,60	11,60
Lebar Belt, in	14	7
Kecepatan Belt, fpm	100	225
Kapasitas maksimal, ton/jam	32	-
Sudut iklisasi, °	0	45
Panjang, m	10	1
Power, Hp	1	1,6
Harga, \$	49.200	9.000



