

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Proses pembuatan polistiren dari monomer stiren dilakukan dengan proses kontinu. Produksi polistiren dilakukan melalui beberapa unit proses :

1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap reaksi
3. Tahap pemisahan
4. Tahap pembentukan pelet

3.1.1 Tahap penyiapan bahan baku

Proses pembuatan polistiren dilakukan dengan menggunakan *solution polymerization*. Monomer stiren sebagai bahan baku disimpan dalam tangki penyimpanan (T-101) pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, sedangkan etil benzen sebagai pelarut disimpan pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm di tangki penyimpanan (T-102). Monomer stiren dialirkan menggunakan pompa (P-101) ke dalam *mixer* (M-101). Etil benzene dialirkan menggunakan pompa (P-102) ke dalam *mixer* (M-101). Inisiator benzoil peroksida disimpan dalam gudang penyimpanan (G-101) pada suhu ruang. Inisiator benzoil peroksida dialirkan dari gudang (G-101) menggunakan *belt conveyor* (BC-101) dan *bucket elevator* (BE-101) untuk dialirkan ke *mixer* (M-101). Inisiator benzoil peroksida dilarutkan ke dalam etil

benzen dan monomer stiren pada *mixer* (M-101). Proses selanjutnya diawali dengan penyesuaian kondisi awal sebelum masuk ke dalam reaktor dengan menggunakan Pompa (P-103) lalu diumpankan ke *heater* (E-101) untuk menaikkan suhunya dari 30°C menjadi 90°C.

3.1.2 Tahap reaksi

Semua bahan baku yang sudah disiapkan dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk (R-101). Reaksi polimerisasi dijalankan pada fase cair dan suhu reaksi dijaga tetap pada suhu 90°C (isotermal) agar produk polistiren yang terbentuk mempunyai distribusi berat molekul yang sempit. Reaksi polimerisasi bersifat eksotermis (melepaskan panas), sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga suhu reaksi tetap pada 90°C (isotermal). Hal ini dilakukan supaya konstanta laju reaksi tidak berubah, sehingga polistiren yang akan terbentuk memiliki distribusi berat molekul yang sempit. Pendingin yang digunakan adalah *cooling coil* dengan air sebagai fluida pendingin.

3.1.3 Tahap pemisahan

Produk yang keluar dari reaktor (90°C, 1 atm, cair) menggunakan pompa (P-104) kemudian diperlukan *centrifuge* (X-101) untuk memisahkan inisiator benzoil peroksida dari larutan. Setelah itu dipanaskan dengan *heat exchanger* (E-102) dengan *steam* sebagai media pemanas hingga suhu larutan mencapai 167 °C. Hasil keluaran *heat exchanger* (E-102) dialirkan ke menara distilasi (T-103) yang berfungsi untuk memurnikan produk polistiren berdasarkan perbedaan titik didih agar keluaran produk lebih murni. Hasil atas menara distilasi berupa uap monomer stiren, etil benzene dan polistiren dengan tekanan 1 atm diembunkan dalam

condenser (E-103) lalu hasil pengembunan tersebut diumpankan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Hasil bawah menara distilasi (T-103) diumpankan menuju *reboiler* (E-104). Hal ini dilakukan untuk memisahkan lelehan polistiren dari stiren monomer dan etil benzen yang tidak bereaksi sehingga dihasilkan keluaran lelehan polistiren murni. Hasil keluaran produk diumpankan menggunakan pompa (P-105) Setelah itu didinginkan dengan menggunakan *cooler* (E-105) dengan media pendingin air untuk menurunkan suhu dari 167°C menjadi 82 °C.

3.1.4 Tahap pembentukan pelet

Lelehan polistiren yang keluar dari cooler (E-105) dialirkan ke *extruder* dan *pelletizer* (EP-101) dengan tujuan untuk membentuk lelehan polistiren menjadi polistiren berbentuk pellet. Polistiren pellet dialirkan menggunakan *belt conveyor* (BC-102) dan *bucket elevator* (BE-102) menuju *cyclone* (CY-101) menggunakan udara yang dihembuskan oleh *blower* (BL-101). Setelah itu, udara dan polistiren dipisahkan. Polistiren yang sudah berbentuk pellet dialirkan menggunakan *belt conveyor* (BC-103) dan diumpankan melalui *bucket elevator* (BE-103) menuju *Bin* (T-104) untuk disimpan.

3.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat pada pabrik polistiren ini dirancang berdasarkan pertimbangan efisiensi dan optimasi proses. Berikut adalah spesifikasi masing-masing alat yang digunakan pada pabrik polistiren.

3.2.1 Penyimpanan

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kodisi Operai	Bahan	Dimensi	Harga
T-101	Menyimpan bahan baku monomer stiren dengan waktu tinggal 7 hari	Silinder tegak <i>flat bottomed</i> dan <i>torispherical</i>	4	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 30°C 	Carbon steel SA 283 Grade C	<ul style="list-style-type: none"> • Diameter 24,38 m • Tinggi 7,32 m • Tebal Shell 0,1875 in 	\$ 878.525
T-102	Menyimpan bahan etilen benzen	Silinder tegak <i>flat bottomed</i> dan <i>torispherical</i>	4	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 30°C 	Carbon steel SA 283 Grade C	<ul style="list-style-type: none"> • Diameter 24,38 m • Tinggi 7,32 m • Tebal Shell 0,1875 in 	\$ 899.585
G-101	Menyimpan bahan benzoil peroksida	Bangunan tegak prisma segi empat beraturan	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 30°C 		<ul style="list-style-type: none"> • Tinggi 126,462 m • Lebar 252,925 m • Panjang 252,925 m 	\$ 21.280
T-104	Menyimpan produk polistiren	<i>Conical bin</i>	6	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 30°C • 	Carbon steel SA 283 Grade C	<ul style="list-style-type: none"> • Diameter 7,04 m • Tinggi 1,94 m • Tebal 0,76 m 	\$ 360.512

3.2.2 Mixer

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kodisi Operai	Bahan	Dimensi	Harga
M-101	Mencampurkan monomer stiren dan etilen benzen dengan Inisiator benzoil peroksida	Mixer dengan berbentuk silinder tegak	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 30°C 	Carbon steel SA-283 Grade C	Dimensi kolom <ul style="list-style-type: none"> • Diameter 4,80 m • Tinggi 4,80 m Dimensi head <ul style="list-style-type: none"> • Tebal 0,01 m • Tinggi 0,95 m 	\$ 480.510

3.2.3 Reaktor

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kodisi Operai	Bahan	Dimensi	Harga
R-101	Mereaksikan monomer stiren menjadi polistiren dengan inisiator benzoil peroksida dan pelarut etilen benzene	Reaktor alir tangki berpengaduk	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 90°C 	Carbon steel SA-285 Grade C	Dimensi kolom <ul style="list-style-type: none"> • Diameter 2,24 m • Tinggi 2,24 m Dimensi head <ul style="list-style-type: none"> • Tebal 0,01 m • Tinggi 0,40 m 	\$ 57.465

3.2.4 Centrifuge

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kodisi Operai	Bahan	Dimensi	Harga
X-101	Memisahkan benzoil peroksida dari larutan	<i>Discharge disk centrifuge</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1atm • Suhu 90°C 	Carbon steel SA-283 Grade C	<ul style="list-style-type: none"> • Bowl diameter 13 in • Throughput 5-50 gpm • Speed 7500 rpm 	\$ 144.869

3.2.5 Menara distilasi

Nama Alat	Fungsi	Jenis plate	Bahan	Kondisi Operasi	Dimensi	Jumlah stage	Reflux Ratio	Plate spacing	Harga
T-101	Memisahkan stiren dan etilen benzen dari Produk polistiren	<i>Sieve Tray</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1,3 atm • Suhu 90°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Diameter 5,52 m • Tinggi 33,68 m • Tebal shell 0,011 m • Tebal head 0,010 m 	15	6,936	0,3 m	\$ 140.396

3.2.6 Heat exchanger

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Beban Panas	Luas Transfer Panas	Umpan dan Pemanas	Hairpin	Dimensi	Bahan	Harga
E-101	Mengembunkan uap hasil bawah menara distilasi	<i>Double pipe</i>	36892 kj/jam	1,13 ft ²	Kecepatan umpan masuk 27409 kg/jam	1	<i>Inner pipe</i> • OD 0,09 in • ID 0,08 in • <i>Pressure drop</i> 0,204 psi <i>Annulus</i> • OD 0,11 in • ID 0,10 in • <i>Pressure drop</i> $5,5 \times 10^{-6}$ psi	Carbon Steel SA-283 Grade C	\$ 2.389
E-102	Mengembunkan uap hasil bawah menara distilasi	<i>Double pipe</i>	2203 kj/jam	3 ft ²	Kecepatan umpan masuk 30811kg/jam	1	<i>Inner pipe</i> • OD 0,09 in • ID 0,08 in • <i>Pressure drop</i> $1,62 \times 10^{-4}$ psi <i>Annulus</i> • OD 0,11 in • ID 0,10 in	Carbon Steel SA-283 Grade C	\$ 4.210

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Beban Panas	Luas Transfer Panas	Umpan dan Pemanas	Hairpin	Dimensi	Bahan	Harga
							<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure drop</i> $9,25 \times 10^{-8}$ psi 		
E-103	Menaikan suhu arus keluaran <i>mixer</i> Sebelum masuk reaktor	<i>Double pipe</i>	6587743 kj/jam	121 ft ²	Kecepatan umpan masuk 60752 kg/jam	12	<i>Inner pipe</i> <ul style="list-style-type: none"> • OD 0,09 in • ID 0,08 in • <i>Pressure drop</i> 0,9 psi <i>Annulus</i> <ul style="list-style-type: none"> • OD 0,11 in • ID 0,10 in • <i>Pressure drop</i> 0,12 psi 	Carbon Steel SA-283 Grade C	\$ 19.459
E-104	Menaikan suhu arus keluaran reaktor sebelum masuk menara distilasi	<i>Shell and Tube</i>	3979660 kj/jam	530 ft ²	Kecepatan umpan masuk 29313 kj/jam	136 (jumlah shell)	<i>Shell</i> <ul style="list-style-type: none"> • ID 0,99 m • <i>Flow area</i> 0,49 ft² • <i>Pressure drop</i> 0,03 psi <i>Tube</i> <ul style="list-style-type: none"> • OD 1,5 in • <i>Flow area</i> 0,18 ft² 	Carbon Steel SA-283 Grade C	\$ 27.539

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Beban Panas	Luas Transfer Panas	Umpan dan Pemanas	Hairpin	Dimensi	Bahan	Harga
							<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pressure drop</i> 0,08 psi 		
E-105	Menurunkan suhu arus keluaran Menara Distilasi sebelum masuk <i>extruder and pelletizer</i>	<i>Double pipe</i>	3826 kj/jam	0,14 ft ²	Kecepatan umpan masuk 30811 kj/jam	1	<i>Inner pipe</i> <ul style="list-style-type: none"> • OD 0,09 in • ID 0,08 in • <i>Pressure drop</i> $1,20 \times 10^{-5}$ psi <i>Annulus</i> <ul style="list-style-type: none"> • OD 0,11 in • ID 0,10 in • <i>Pressure drop</i> $91,27 \times 10^{-7}$ psi 	Carbon Steel SA-283 Grade C	\$ 6.277

3.2.7 Extruder dan pelletizer

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kondisi Operasi	Bahan	Dimensi	Harga
EP-101	Membentuk polistiren menjadi pellet dengan panjang 1/8 in dan diameter 1/8 in	<i>Single screw extruder</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1 atm • Suhu 82°C 	Carbon steel SA-283 Grade C	Extruder <ul style="list-style-type: none"> • Cutting machine 2 unit • Jumlah hole 36 hole 	\$ 42.045

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kondisi Operasi	Bahan	Dimensi	Harga
						<ul style="list-style-type: none"> • Diameter hole 0,1 m • Cutter speed 68 rpm Peletizer <ul style="list-style-type: none"> • Diameter 0,91 m • Panjang 22,57 m • Jumlah pellet 259200 potongan/jam • Kecepatan Volume 523,14 ft³/jam Bak pendingin <ul style="list-style-type: none"> • Panjang 12,38 m • Lebar 3,09 m • Tinggi 0,77 m 	

3.2.8 Cyclone

Nama Alat	Fungsi	Jenis	Jumlah	Kondisi Operasi	Bahan	Dimensi	Harga
CY-101	Memisahkan butiran polistiren dari udara sebelum dimasukkan ke bin	<i>Centrifugal cyclone</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1 atm • Suhu 82°C 	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diameter 0,13 m • Tinggi 0,51 m 	\$ 5.468

Belt conveyer

Nama Alat	Fungsi	Kapasitas	Mateial	Panjang	Lebar	Kecepatan	Power Motor	Harga
BC-101	Mengangkut butiran benzoil dari <i>hopper</i> ke <i>mixer</i>	72906 kg/jam	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	7,625 m	0,36 m	30,5 m/menit	0,5 Hp	\$ 12.998
BC-102	Mengalirkan komponen dari <i>extruder</i> ke <i>vibratng screen</i>	30811 kg/jam	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	7,625 m	0,41 m	30,5 m/menit	0,5 Hp	\$ 12.998
BC-103	Mengalirkan komponen dari <i>vibrating screen</i> ke <i>cyclone</i>	30811 kg/jam	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	7,625 m	0,41 m	30,5 m/menit	0,5 Hp	\$ 12.998

3.2.9 Pompa

Nama Alat	Fungsi	Tipe	Kapasitas	Head Pompa	Tenaga Pompa	Tenaga Motor	Jumlah	Harga
P-101	Mengalirkan monomer stiren dari tangki ke <i>mixer</i>	<i>Centrifugal pump-single stage</i>	206 gpm	0,28 ft.lbf/lbm	1,5 Hp	2 Hp	1	\$ 1.685
P-102	Mengalirkan etilen benzen dari tangki ke <i>mixer</i>	<i>Centrifugal pump-single stage</i>	142 gpm	0,71 ft.lbf/lbm	1 Hp	1 Hp	1	\$ 1.685
P-103	Mengalirkan monomer stiren, etilen benzene, dan benzoil peroksida dari <i>mixer</i> ke reaktor	<i>Centrifugal pump-single stage</i>	357 gpm	0,72 ft.lbf/lbm	2 Hp	2 Hp	1	\$ 1.685
P-104	Mengalirkan arus keluaran dari Reaktor ke Menara distilasi	<i>Centrifugal pump-single stage</i>	740 gpm	1,17 ft/lbf/lbm	5 Hp	5 Hp	1	\$ 1.685

Nama Alat	Fungsi	Tipe	Kapasitas	Head Pompa	Tenaga Pompa	Tenaga Motor	Jumlah	Harga
P-105	Mengalirkan produk keluaran Menara distilasi ke <i>extruder</i> dan <i>peletizer</i>	<i>Centrifugal pump-single stage</i>	153 gpm	0,05 ft/lbf/lbm	5 Hp	5 Hp	1	\$ 1.685

3.2.10 Blower

Nama Alat	Fungsi	Jumlah	Kodisi Operai	Daya	Harga
BL-101	Mengalirkan udara masuk menuju <i>cyclone</i>	1	<ul style="list-style-type: none"> • Tekanan 1 atm • Suhu 82°C 	0,5 Hp	\$ 1.365

3.2.11 Bucket elevator

Nama Alat	Fungsi	Tipe	Mateial	Lebar	Tinggi	Jumlah bucket	Power Motor	Harga
BE-101	Mengangkut inisiator benzoil peroksida menuju <i>mixer</i> sebagai umpan masuk	<i>Centifugal Discharge Bucket</i>	Carbon Steel SA 283 Grade C	0,15 m	7,62 m	18	2 Hp	\$ 21.540

Nama Alat	Fungsi	Tipe	Mateial	Lebar	Tinggi	Jumlah bucket	Power Motor	Harga
BE-102	Mengangkut produk keluaran dari <i>extruder</i> dan <i>pelletizer</i> sebagai umpan masuk <i>cyclone</i>	<i>Centifugal Discharge Bucket</i>	Carbon Steel SA 283 Grade C	0,10 m	7,62 m	18	1,5 Hp	\$ 21.540
BE-103	Mengangkut produk keluaran <i>cyclone</i> sebagai umpan masuk menuju <i>bin</i>	<i>Centifugal Discharge Bucket</i>	Carbon Steel SA 283 Grade C	0,15 m	7,62 m	18	1,5 Hp	\$ 21.540

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan polistiren di Indonesia, ketersediaan bahan baku dan kapasitas produksi pabrik polistiren yang telah berdiri. Diperkirakan kebutuhan polistiren akan terus meningkat setiap tahunnya. Terlebih lagi, di Indonesia masih kekurangan akan produksi polistiren untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Untuk membantu memenuhi kebutuhan polistiren dalam negeri maka ditetapkan kapasitas produksi sebesar 250.000 ton/tahun.

3.3.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Analisis kebutuhan peralatan proses meliputi kemampuan peralatan untuk proses dan umur atau jam kerja peralatan dan perawatannya. Dengan adanya analisis kebutuhan peralatan proses maka akan dapat diketahui anggaran yang diperlukan untuk peralatan proses, baik pembelian maupun perawatannya.

Tabel 3. 1 Kebutuhan alat proses

Alat / Mesin	Jumlah
Tangki Penyimpanan	8
Gudang	1
<i>Mixer</i>	1
Reaktor	1
<i>Centrifuge</i>	1
Menara Distilasi	1
Reboiler	1
Condenser	1
<i>Extruder & Pelletizer</i>	1
Siklon	1
Bin	6
Hopper	2
<i>Belt Conveyor</i>	3
<i>Heat Exchanger</i>	2
<i>Cooler</i>	1
Pompa	5
<i>Blower</i>	1

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ مُحَمَّدٌ رَسُوْلُهُ