

BAB III. PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pada perancangan pabrik etilen dari dehidrasi etanol terdapat tiga tahapan yaitu, tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan etilen, dan tahap pemurnian etilen

3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan pada pabrik etilen ini adalah etanol cair yang didapatkan dari PT. Indoadicitama dan PT. Molindo Raya yang berlokasi di Surakarta dan Malang. Bahan baku tersebut disimpan dalam tangki penyimpanan bahan baku (TP-01) berbentuk silinder tegak dengan bahan *carbon steel* pada tekanan 1 atm dan suhu 30°C, bahan baku kemudian dialirkan menggunakan pompa (P-01) menuju *heat exchanger* (HE-01) untuk dipanaskan menggunakan panas yang dihasilkan dari keluaran reaktor (R-01), penggunaan panas dari keluaran reaktor ini bertujuan untuk meminimalkan biaya produksi dengan cara memanfaatkan panas yang dihasilkan dari reaksi, yang nantinya keluaran hasil reaktor suhunya akan di turunkan. Pada (HE-01) ini suhu bahan baku etanol dinaikan dari 30 °C menjadi 80,33 °C, selanjutnya bahan baku di alirkan menuju vaporizer (VP-01) untuk dirubah menjadi fase uap dan dinaikan suhunya hingga mencapai suhu reaksi yaitu 175 °C, setelah bahan baku etanol telah berubah menjadi fase gas dan suhunya sudah mencapai suhu reaksi maka etanol siap diumpankan menuju reaktor (R-01).

3.1.2 Tahap Pembentukan Etilen

Bahan baku etanol yang telah melewati proses *pre treatment* dan telah sesuai dengan kondisi operasi reaktor (R-01) kemudian dialirkan kedalam reaktor, reaktor yang digunakan dalam perancangan pabrik etilen dari etanol ini adalah *reactor fixed bed multitube* dengan menggunakan katalis $\text{Ag}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$. Pemilihan jenis reaktor ini dikarenakan reaksi yang terjadi dalam pembentukan etilen dari etanol bersifat endotermis, sehingga akan terjadi penurunan suhu, terjadinya penurunan suhu tersebut membuat suhu reaksi tidak bisa tercapai maka di gunakan reaktor *fixed bed multitube* untuk menjaga suhu reaksi dengan menggunakan pemanas *steam*. persamaan reaksinya adalah sebagai berikut :



Reaksi berlangsung pada fase gas, beroperasi pada tekanan 1,4, atm dan suhu 175 °C. Dari proses reaksi tersebut dihasilkan produk utama berupa etilen dengan konversi maksimal 99% (Gurgul., et al., 2011). Namun dalam perancangan pabrik etilen ini digunakan konversi sebesar 95% dan tekanan masuk ke reaktor sebesar 1,4 atm dengan mempertimbangkan penurunan tekanan yang terjadi.

3.1.3 Tahap Pemurnian Produk

Pada tahap ini hasil keluaran reaktor yang berupa etilen dan campuran sisa bahan baku akan dipisahkan dengan proses pengembunan parsial. Etilen merupakan gas *non-condensable* pada suhu ruangan. Sehingga pada saat pengembunan parsial di atas suhu ruangan etilen akan tetap menjadi gas sedangkan campuran air dan etanol akan mengembun. Kemurnian etilen yang di inginkan sebesar 99,9%

Hasil keluaran reaktor (R-01) selanjutnya didinginkan menggunakan *heat exchanger* (HE-01) dengan sistem pendingin yang digunakan merupakan aliran umpan berupa bahan baku etanol cair dengan tujuan memanfaatkan panas keluaran reaktor dan meminimalisir biaya produksi. Kondisi keluaran reaktor masuk HE-01 adalah bertekanan 1,4 atm dan suhu 175 °C, kemudian keluar dari HE-01 dengan tekanan 1,08 atm dan suhu 100 °C, Gas keluaran HE-01 dikondensasikan secara parsial menggunakan kondensor parsial (CP-01). Tekanan operasi yang digunakan sebesar 1,09 atm atau 824 mmHg. Tekanan uap campuran air dan etanol sebesar 795 mmHg dan tekanan uap etilen sangat tinggi yaitu 192.861 mmHg. Sehingga dengan dikondensasikan secara parsial, senyawa etilen akan tetap menjadi gas dan campuran senyawa etanol dan air akan mengembun.

Setelah dikondensasikan secara parsial, campuran uap dan cair dipisahkan dengan *separator gas-liquid*. Hasil atas adalah senyawa etilen dalam bentuk gas sedangkan hasil bawah etanol dan air dan dialirkan menuju menara destilasi (MD-01) untuk dilakukan pemurnian etanol dari air sebagai *recycle*.

Senyawa etilen yang berupa gas dikondensasikan menggunakan *condenser total* (CD-01) dan di alirkan menuju tangki penyimpanan produk (TP-02) dengan tekanan 20 atm dan suhu -32 °C, tangki penyimpanan produk etilen fase cair berupa tangki bola dengan di isolasi menggunakan bahan asbestos setebal 12,0053 cm untuk menjaga suhu produk etilen cair agar tetap pada suhu simpannya. Penyimpanan dalam bentuk cair untuk mempermudah dalam pengiriman senyawa etilen.

3.2 Spesifikasi Alat

3.2.1 Spesifikasi Alat Proses

1. Tangki Penyimpanan

Tabel 3.1 Spesifikasi Tangki Penyimpanan

		Tangki Penyimpanan Bahan Baku	Tangki Penyimpanan Produk
Kode		TP-01	TP-02
Fungsi		Menyimpan bahan baku etanol	Menyimpan produk etilen
Jenis tangki		Tangki silinder tegak	Tangki bola
Bahan		<i>Carbon Steel</i> jenis SA-285 Grade C	<i>Low Carbon steel</i> jenis SA-178 Grade A
Jumlah tangki		3	4
jenis head		<i>cone roof</i>	-
Fase		cair	cair
Tekanan (atm)		1	20
Suhu (°C)		30	-32,2106
Waktu tinggal (hari)		14	5
Dimensi tangki	Diameter <i>shell</i> (m)	21,33	10,22
	Tinggi <i>shell</i> (m)	5,48	10,22
	Tebal <i>shell</i> (m)		0,09
	<i>course 1</i>	0,011	-
	<i>course 2</i>	0,009	-
	<i>course 3</i>	0,007	-
	Tinggi <i>head</i> (m)	3,67	-
	Tebal <i>head</i> (m)	0,012	-
	Harga (\$)		307.860

2.Pompa Proses

Tabel 3.2 Spesifikasi Pompa Proses

		Pompa 1	Pompa 2	Pompa 3	Pompa 4	Pompa 5
Kode alat		P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
Fungsi		Memompa bahan baku etanol cair menuju ke <i>heat exchanger</i>	Mengalirkan produk dan menaikkan tekanan etilen dari CD-02 menuju tangki penyimpanan T-02	Memompa hasil bawah SP-01 menuju MD-01 untuk selanjutnya di recycle	Mengalirkan dan menaikkan tekanan dari keluaran MD-01 ke ejektor	Mengalirkan dan menaikkan tekanan dari keluaran MD-01 ke UPL
Jenis		<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>	<i>Centrifugal Pump</i>
Bahan Pipa		<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>	<i>Carbon Steel</i>
Jumlah		2	2	2	2	2
Laju alir (ft³/jam)		720	280,52	280,52	38,51	241,49
Spesifikasi pipa	<i>Schedule pipe (Sch N)</i>	40	40	40	40	40
	Diameter dalam (ID) (in)	2,06	23,15	1,38	1,38	1,38
	Diameter luar (OD) (in)	2,38	24	1,66	1,66	1,66
	Luas penampang dalam (in ²)	3,35	425	1,5	1,5	1,5
	Panjang pipa total (in)	4.997	1.453	4.997	4.997	4.997
Daya (hp)		2,80	24,5	1,17	0,13	2,44
Harga (\$)		5.712	5.712	5.712	5.712	5.712

3. Heat Exchanger

Tabel 3.3 Spesifikasi alat penukar panas

		<i>Heat exchanger 01</i>	Kondensor Parsial 1	<i>Vaporizer</i>	Kondensor 1	Reboiler 1	Kondensor 2
Kode alat		HE-01	CP-01	VP-01	CD-01	RB-01	CD-02
Fungsi		Memanaskan komponen bahan baku dari panas produk.	Mengembunkan secara parsial keluaran HE-01	Menguapkan dan memanaskan bahan baku etanol dengan menggunakan pemanas steam.	Mengembunkan uap hasil atas MD-01	Menguapkan fluida hasil bawah menara distilasi MD-01	Mengembunkan secara total keluaran SP-01
Jenis		<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>kettle reboiler</i>	<i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Aliran fluida	<i>Shell</i>	Bahan baku etanol fase cair	<i>water</i>	etanol fase cair	Etanol	<i>medium organic</i>	Etilen
	<i>Tube</i>	Gas output reaktor	keluaran HE-01	<i>steam</i>	H ₂ O	<i>steam</i>	<i>Refrigerant (R-32)</i>
Spesifikasi Tube	Jumlah <i>tube</i>	106	692	158	98	90	252
	Panjang <i>tube</i> (ft)	12	12	16	12	12	12

		<i>Heat exchanger 01</i>	<i>Kondensor Parsial 1</i>	<i>Vaporizer</i>	Kondensor 1	Reboiler 2	Kondensor 2
Spesifikasi Tube	OD, BWG, pitch	0,75 in, 16, triangular pitch 1 in	0,75 in, 16, triangular pitch 0,8375 in	1,25 in, 18, square pitch 1,3125 in	0,75 in, 16, triangular pitch 0,9375 in	0,75 in, 16, square pitch 0,1963 in	0,75 in, 16, triangular pitch, 0,9375 in
	<i>Pass</i>	2	2	4	2	2	4
Spesifikasi Shell	<i>ID shell (in)</i>	13,25	29	21,5	12	13,25	19,25
	<i>Baffle spacing (in)</i>	6,625	6	5	6	5	6
	<i>Pass</i>	1	1	1	1	1	1
Bahan		<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>	<i>carbon steel</i>
Harga (\$)		13.077	92.757	436.190	35.019	20.945	54.080

4. Reaktor *fixed bed multitube*

Kode	: R-01
Fungsi	: untuk mereaksikan etanol menjadi etilen dan alkohol
Jumlah	: 1
Jenis	: Reaktor <i>fixed bed multitubular</i>
Katalis	: Jenis : $\text{Ag}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$
	: Berat : 3900 kg
Kondisi operasi	: Suhu : 175 °C
	: Tekanan : 1,4 atm
	: Konversi : 95 %
Dimensi reaktor	: Diameter : 2,18 m
	: Tinggi reaktor : 4,66 m
	: Jumlah <i>tube</i> : 755
	: Tebal dinding <i>shell</i> : 0,02 m
	: Tinggi <i>head</i> : 0,73m
	: Tebal <i>head</i> : 0,004 m
	: Diameter <i>tube</i> : 0,08 m
Rancangan alat	: <i>Material</i> : Carbon Steel SA 283 grade C
	: <i>Posisi alat</i> : Vertical
Jumlah	: 1
Harga	: \$ 554.103

5. Alat Pemisah

Tabel 3.4 Spesifikasi alat pemisah

	Separator	Menara distilasi 1
Kode alat	SP-01	MD-01
Fungsi	Memisahkan campuran uap dan cair keluaran CP-01 dengan hasil atas berupa gas etilen dan hasil bawah berupa campuran air dan etanol	Memurnikan senyawa etanol yang keluar dari SP-01 untuk di recycle
Jenis	<i>Separator gas-liquid</i>	Menara distilasi <i>sieve tray</i>
Diameter (m)	1	0,95
Tinggi menara (m)	3	5,87
Jumlah plate	-	13
Tebal shell (m)	-	0,004
Tebal head (m)	-	0,004
Bahan	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Harga (\$)	13.596	777.745

6. Accumulator

Tabel 3.5 Spesifikasi Accumulator

		Accumulator 1
Kode alat		AC-01
Fungsi		Menampung kondensat yang berasal dari (CD-01)
Jenis		Tangki silinder horizontal
Jumlah		1
Volume (m³)		0,6019
Ukuran	Diameter (m)	0,49
	Tinggi (m)	2,96
	Tebal <i>Shell</i> (m)	0,004
	Tinggi <i>Head</i> (m)	0,15
	Panjang total (m)	3,26
Bahan		<i>Carbon Steel SA 283 grade C</i>
Harga (\$)		2.970

3.2.2 Spesifikasi Alat Utilitas

1. *Screening*

Kode	: FU-01
Fungsi	: menyaring kotoran berukuran besar, seperti ranting, daun, dll.
Bahan	: alumunium
Diameter lubang saringan	: 1 cm
Panjang <i>screening</i>	: 10 ft
Lebar <i>screening</i>	: 8 ft

2. *Boiler*

Kode	: BO-01
Fungsi	: Membentuk saturated steam
Luas perpindahan panas	: 1.481,26 ft ²
Kapasitas	: 45.245.086 Kj/jam

3, *Deaerator*

Kode	: DE-01
Fungsi	: Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler.
Jenis	: Tangki silinder tegak
Kapasitas	: 19,65 m ³ /jam
Dimensi	: Diameter : 3,10 m
	: Tinggi : 3,10 m
	: Volume : 23,58 m ³

4. *Cooling Tower*

Kode	: CT-01
Fungsi	: Mendinginkan air pendingin setelah di gunakan
Dimensi <i>cooling tower</i> : <i>Ground area</i>	: 1,23 m
	Panjang : 1,11 m
	Lebar : 1,11 m
	Tinggi : 3,59 m

5. *Blower cooling tower*

Kode	: BL-01
Fungsi	: Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan dengan air yang akan didinginkan.
Power motor	: 5 hp

6. *Mixed Bed*

Kode	: MB-01
Fungsi	: Menghilangkan kesadahan air yang disebabkan oleh kation seperti Ca dan Mg, serta anion seperti Cl,SO ₄ , dan NO ₃ .
Kapasitas	: 19,65 m ³ /jam
Luas penampang	: 17,31 ft ²
Dimensi	: Diameter : 1,43 m
	Tinggi <i>bed</i> : 1,01 m
	Tinggi tangki : 1,21 m
	Tebal : 0,25 in
	Volume : 1,63 m ³

7. Kompresor

Kode : KU

Fungsi : Mengompres udara menjadi udara bertekanan

Jenis : *Single Stage Reciprocating Compressor*

Daya kompresor : 5 hp

8. Pompa Utilitas

Spesifikasi pompa utilitas dapat dilihat pada tabel 3.1

9. Penyimpanan Air

Spesifikasi penyimpanan air dapat dilihat pada tabel 3.2

Spesifikasi Pompa Utilitas

Tabel 3.6 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04	PU-05	PU-06
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai menuju ke screening	Mengalirkan air dari screening ke reservoir	Mengalirkan air dari reservoir ke bak penggumpal	Mengalirkan air dari Tangki Alum (TU-01) menuju ke Bak penggumpal (FL-01)	Mengalirkan air dari Bak penggumpal (FL-01) menuju ke Bak Pengendap I (BU-01)	Mengalirkan air dari bak pengendap I (BU-01) menuju bak pengendap II (BU-02)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>
Jumlah	2	2	2	2	2	2
Laju alir (ft³/jam)	2.356,63	2.238,80	2.126,86	0,06	2.126,86	2.020,52
Daya (Hp)	1,10	2,04	1,80	0,0004	1,98	1,90

Tabel 3.6 Lanjutan

Kode	PU-07	PU-08	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
Fungsi	Mengalirkan air dari bak pengendap II (BU-02) menuju ke sand filter (F-01)	Mengalirkan air dari sand filter (SF-01) menuju ke bak Penampung Sementara (BP-01)	Mengalirkan air dari Bak Penampung Sementara (BP-01) menuju ke area kebutuhan air	Mengalirkan Kaporit dari Tangki Kaporit (TU-02) menuju bak klorinasi (BK-01)	Mengalirkan air dari bak klorinasi (BK-01) ke tangki air bersih (BP-02)	Mengalirkan air dari tangki air bersih menuju area domestik
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>
Jumlah	2	2	2	2	2	2
Laju alir (ft³/jam)	1919,49	1823,52	1823,52	0,002	436,65	436,65
Head (ft.lbf/lbm)	5,1464	10,04	10,46	18,04	27,96	27,96
Daya (Hp)	0,4737	0,86	0,86	0,21	0,82	0,82

Tabel 3.6 Lanjutan

Kode	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16	PU-17	PU-18
Fungsi	Mengalirkan air dari bak penampung <i>service water</i> (BP-03) Menuju ke Bak penampung Air bertekanan (BP-04)	Mengalirkan air dari bak penampung air bertekanan (BP-04) menuju ke area kebutuhan servis	Mengalirkan air dari bak air dingin (BP-05) menuju ke Cooling tower (CT-01)	Mengalirkan air dari cooling tower (CT-01) menuju recycle dari bak air dingin (BP-05)	Mengalirkan larutan NaCl dari tangki NaCl (TU-03 menuju ke <i>mixed-bed</i> (MB-01)	Mengalirkan air dari mixed bed (MB-01) menuju ke bak penampungan air Demin (BP-06)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>
Jumlah	2	2	2	2	2	2
Laju alir (ft³/jam)	29,01	29,01	543,04	543,04	4,01	814,81
Head (ft.lbf/lbm)	12,71	12,71	8,25	8,25	21,25	15,94
Daya (Hp)	0,29	0,29	0,21	0,21	0,21	0,84

Tabel 3.6 Lanjutan

Kode	PU-19	PU-20	PU-21
Fungsi	Mengalirkan air dari bak penampung air demin (BP-06) menuju ke Tangki Deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari tangki anion exchanger (TU-04) ke tangki deaerator (DE-01)	Mengalirkan air dari deaerator (DE-01) menuju ke Boiler (BO-01)
Jenis	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>	<i>Centrifugal pump</i>
Bahan	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>	<i>Comercial steel</i>
Jumlah	2	2	2
Laju alir (ft³/jam)	814,81	0,02	814,81
Head (ft.lbf/lbm)	15,94	18,04	15,94
Daya (Hp)	0,84	0,21	0,84

Penyimpanan Air

Tabel 3.7 Spesifikasi Penyimpanan air

Kode	SD-01	FL-01	B-01	B-02	BP-01	BP-06
Fungsi	Mengendapkan kotoran dengan cara sedimentasi	Menggumpalkan kotoran	Mengendapkan kotoran dengan proses flokulasi	Mengendapkan kotoran dengan proses flokulasi	menampung air bersih	Menampung air hasil demineralisasi
Jenis	Bak persegi panjang	Bak	Bak pengendap	Bak pengendap	Bak penampung	Bak penampung berbentuk
Panjang (m)	9,19	5,43	9,04	8,88	4,72	9,97
Lebar (m)	9,19	5,43	9,04	8,88	4,72	9,97
Tinggi (m)	4,59	2,71	4,52	4,44	2,36	4,98
Diameter (m)	-	-	-	-	-	-
Volume(m³)	389,219	61,574	369,758	351,27	52,79	566,14

Tabel 3.7 Lanjutan

Kode	TU-03	BK-01	BP-03	BP-05	BP-02	BP-04	TU-04
Fungsi	Tempat penampungan NaCl	Mencampur klorin dalam bentuk kaporit ke dalam air	Menampung air untuk keperluan layanan umum	Menampung kebutuhan air pendingin	Menampung air kebutuhan domestik	menampung air bertekanan	Menyimpan larutan N ₂ H ₄
Jenis	Tangki silinder	Bak	Bak	Bak persegi panjang	Bak	Bak	Tangki silinder tegak
Panjang (m)	-	2,93	3,42	3,1563	8,46	3,42	-
Lebar (m)	-	2,93	3,42	3,15626	8,46	3,42	-
Tinggi (m)	2,26	1,46	1,71	1,57	4,23	1,71	3,12
Diameter (m)	2,26	-	-	-	-	-	3,12
Volume(m³)	9,16	12,64	20,16	15,72	303,39	20,16	23,97

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

Pemilihan kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan etilen di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada di Indonesia, Kebutuhan bahan kimia dasar organik diperkirakan akan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Terlebih lagi di Indonesia hanya ada 1 pabrik besar yang memasok kebutuhan etilen.

Bahan baku etanol yang di gunakan dalam perancangan pabrik etilen ini di dapatkan dari 2 pabrik yang berbeda yaitu, PT. Indoacidatama yang berada di surakarta dengan kapasitas produksi etanol sebesar 39.450 ton/tahun dan PT. Molindo Raya Industrial yang berada di malang dengan produksi etanol sebesar 63.120 ton/tahun. Berdasarkan dari data produksi kedua pabrik tersebut kebutuhan etanol sebagai bahan baku pabrik etilen dapat terpenuhi.

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.