

BAB III

PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pembuatan etilen dari etanol terdiri atas tiga tahapan yaitu tahap persiapan bahan baku, tahap pembuatan etilen dan tahap pemurnian hasil (produk).

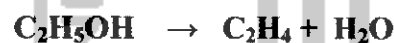
3.1.1 Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan adalah etanol yang didapatkan dari PT. Rajawali Nusantara Indonesia Group yang berlokasi di Yogyakarta dan Cirebon yang memproduksi 15 juta liter per tahun yang disimpan dalam tangki penampung bahan baku (T-01) berbentuk silinder tegak dari bahan *carbon steel* dengan tekanan 1 atm dan suhu 28 °C, kemudian dialirkan ke vaporizer (Vap-01) untuk diuapkan dengan asumsi 80 % menjadi fase uap dan 20 % tetap fase cair, setelah itu diumpankan ke separator (SP-01) untuk dipisahkan antara fase uap dan fase cair, dimana fase cair keluar dari hasil bawah separator (SP-01) yang akan direcycle kembali ke vaporizer (Vap-01), hasil atas separator akan dipanaskan untuk menaikkan suhunya menggunakan heater (HT) pada suhu 80,54 °C sampai suhunya mencapai suhu 102,624 °C dan tekanan 1 atm sesuai dengan kondisi masuk HE-01 kemudian ke HE-

02 setelah itu masuk ke HE-01, kondisi keluar HE-01 adalah 1 atm dengan suhu 385,09 °C sesuai dengan kondisi pada reaktor. Pada HE-01, HE-02, dan HE-03 menggunakan sistem *heat integration* yang mana pemanasnya menggunakan aliran keluar reaktor atau aliran produk dengan kondisi sebagai berikut yaitu dengan tekanan 1 atm dan suhu 400 °C.

3.1.2 Tahap Pembuatan Etilen

Bahan baku yang sudah siap, dimasukkan kedalam reaktor. Reaktor yang digunakan dalam perancangan pabrik ini adalah reaktor "*fixed bed multitubular*" dengan menggunakan katalis asam zeolit alam. Reaksi yang terjadi didalam reaktor bersifat *Endotermis*, reaksinya adalah sebagai berikut:



reaksi berjalan pada fase gas dengan tekanan 1 atm dan suhu umpan masuk reaktor 385,09 °C, reaktor beroperasi secara *Non adiabatic* dan *Non isothermal*. Reaksi yang berlangsung bersifat endotermis maka digunakan pemanas berupa steam yang bersuhu 450 °C. Produk utama adalah etilen.

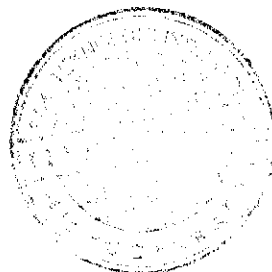
3.1.3 Tahap Pemurnian Hasil

Hasil keluar reaktor *fixed bed* kemudian didinginkan dengan menggunakan sistem *heat integration* yang mana pendinginnya menggunakan aliran umpan reaktor

itu terjadi pada HE-01, HE-02, dan HE-03 dengan kondisi aliran masuk bertekanan 1 atm dan suhu 40 °C kemudian kondisi aliran keluar HE-01 adalah 1 atm dan suhu 129,04 °C, kemudian gas keluar dari pendingin didinginkan sekaligus diembunkan sebagian dengan menggunakan condenser-01 dari suhu 129,04 °C sampai suhunya turun menjadi 98,9 °C, lalu dipisahkan di separator-02 hasil atas berupa campuran etilen dengan sedikit air dan etanol sedangkan hasil bawah dari separator-02 adalah campuran cairan sisa yang tidak bereaksi yaitu etanol dan air yang akan diumpankan ke unit pengolahan limbah. Kemudian hasil atas separator-02 akan dinaikan tekanannya agar titik didih etilen naik sehingga dapat dengan mudah untuk mencairkannya. Untuk mencairkannya gas etilen dimasukkan ke dalam *compressor* agar tekanan gas keluar dapat keluar menjadi 45 atm setelah itu gas campuran keluar separator-02 dimasukkan kedalam *cooler* untuk diturunkan suhunya menjadi 35°C kemudian didinginkan kembali dan diembunkan menggunakan condenser-02 dengan pendingin aseton yang bersuhu -85 °C sehingga suhu keluarannya menjadi 7,5 °C setelah itu kemudian cairan etilen dimasukkan kedalam tangki produk.

3.2 Neraca Massa Per Alat

Setting neraca massa alat terdiri atas neraca massa, separator, dan reaktor sebagaimana disajikan pada tabel 3.2.1 hingga tabel 3.2.4 Waktu setting operasi ditargetkan 1 tahun = 330 hari, 1 hari = 24 jam. Basis perhitungan : 1 jam operasi.



3.2.1 Neraca Massa Total

Tabel 3.2.1 Neraca Massa Total

Input (Kg/jam)		Output(Kg/jam)	
Vaporizer		Separator-02	
Etanol	11.038,8465	Etanol	453,6765
		Air	4272,0386
		Condenser-02	
		Etilen	6309,9747
		Etanol	0,6053
		Air	2,5512
Total	11.038,8465	Total	11.038,8465

3.2.2 Neraca Massa Separator-01

Tabel 3.2.2 Neraca Massa Separator-01 (S-01)

Komponen	Masuk	Keluar (kg/jam)	
	kg/jam	Atas	Bawah
C ₂ H ₅ OH	15553,3074	10816,2348	4737,0726
H ₂ O	445,2527	222,6117	222,6410
Total	15998,5601	11038,8465	4959,7136

3.2.3 Neraca Massa Separator-02

Tabel 3.2.3 Neraca Massa Separator-02 (S-02)

Komponen	Masuk kg/jam	Keluar (kg/jam)	
		Atas	Bawah
C ₂ H ₄	6309,9747	6309,9747	0
C ₂ H ₅ OH	454,2819	0,6053	453,6765
H ₂ O	4274,5899	2,5512	4272,0386
Total	11038,8465	6313,1313	4725,7151

3.2.4 Neraca Massa Reaktor

Tabel 3.2.4 Neraca Massa Reaktor

Komponen	Masuk (kg/jam)	Keluar (kg/jam)
C ₂ H ₄	0	6309,9747
C ₂ H ₅ OH	10816,2348	454,2819
H ₂ O	222,6117	4274,5899
Total	11038,8465	11038,8465

3.3 Neraca Panas Per Alat

Setting neraca panas untuk tiap alat disajikan pada tabel 3.3.1 hingga tabel

3.3.10. Waktu setting operasi ditargetkan 1 tahun = 330 hari, 1 hari = 24 jam. Basis perhitungan : 1 jam operasi dengan suhu referensi : 298°K (25°C Air).

3.3.1 Neraca Panas Vaporizer

Tabel 3.3.1 Neraca Panas Vaporizer

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Panas preheating	0	325574,8768
Beban Panas	2090803,3058	0
Panas Penguapan	0	1765228,4290
Total	2090803,3058	2090803,3058

3.3.2 Neraca Panas Reaktor

Tabel 3.3.2 Neraca Panas Reaktor

Komponen	Masuk (kkal/jam)	Keluar (kkal/jam)
Enthalpi Umpan	1865301.7194	0
Enthalpi Produk	0	1956292.6938
Beban Steam	91247.6779	0
Total	1956549.3973	1956292.6938

3.3.3 Neraca Panas Heater

Tabel 3.3.3 Neraca Panas Heater

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	132824.2624	0
Enthalpi Produk	0	189582.2341
Beban Panas	56757.9717	0
Total	189582.2341	189582.2341

3.3.4 Neraca Panas HE-01

Tabel 3.3.4 Neraca Panas HE-01

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	590618.1050	0
Enthalpi Produk	0	590618.1050
Beban Panas	0	0
Total	590618.1050	590618.1050

3.3.5 Neraca Panas HE-02

Tabel 3.3.5 Neraca Panas HE-02

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	540447.5210	0
Enthalpi Produk	0	540447.5210
Beban Panas	0	0
Total	540447.5210	540447.5210

3.3.6 Neraca Panas HE-03

Tabel 3.3.6 Neraca Panas HE-03

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	414309.1454	0
Enthalpi Produk	0	414309.1454
Beban Panas	0	0
Total	414309.1454	414309.1454

3.3.7 Neraca Panas Condenser-01

Tabel 3.3.7 Neraca Panas Condenser-01

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	469537.7343	0
Enthalpi Produk	0	327640.5316
Beban Panas	-141897.2027	0
Total	327640.5316	327640.5316

3.3.8 Neraca Panas Condenser-02

Tabel 3.3.8 Neraca Panas Condenser-02

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	250119.3448	0
Enthalpi Produk	0	172573.7299
Beban Panas	-77545.6150	0
Total	172573.7299	172573.7299

3.3.9 Neraca Panas Cooler

Tabel 3.3.9 Neraca Panas Cooler (CL)

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	469537.7343	0
Enthalpi Produk	0	327640.5316
Beban Panas	-141897.2027	0
Total	327640.5316	327640.5316

3.3.10 Neraca Panas Compressor

Tabel 3.3.10 Neraca Panas Compressor (K)

Komponen	Masuk kkal/jam	Keluar kkal/jam
Enthalpi Umpan	998406.4121	0
Enthalpi Produk	0	1190664.3911
Beban Panas	0	-192257.979
Total	998406.4121	998406.4121

3.4 Spesifikasi Alat

3.4.1 Reaktor (R)

Fungsi : Mereaksikan *Etanol* sebanyak 11038,8465 kg/jam

Jenis : Reaktor *Fixed Bed Multitubular*

Proses : *Non Adiabatic-Non Isothermal*

Pemanas : Steam

- Suhu : 450 °C

Kondisi Operasi : - Suhu : 385,09 - 400 °C

- Tekanan : 1 atm

Fase : Gas dengan katalis padat

Konversi : 95,8 %

Dimensi Reaktor

Tinggi Reaktor : 3,86 m

Diameter *shell* : 1,507 m

Tebal *shell* : 0,1875 in

Jumlah Tube : 1172 pipa

OD Tube : 1,32 in

ID Tube : 1,049 in

Jenis head : *Torispherical Dished Head*

Tebal head : 0,1692 in

Bahan : Stainless Steel SA-285 Grade C

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 24958,6030

Jenis Katalis : Asam Zeolit (*H-Zeolit*)

Bentuk : *Shperes* (hijau bulat)

Harga : US\$ 0,2/kg

3.4.2 Separator-01 (S-01)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair bahan baku etanol yang keluar dari *vaporizer* sebanyak 15998,5601 kg/jam

Tipe : *Vertical Drum*

Kondisi Operasi : - Suhu : 80,11 °C
 - Tekanan : 1 atm
 - Waktu tinggal : 4 menit

Kapasitas : 4,8566 m³

Ukuran : - Diameter : 1,1565 m
 - Tinggi : 4,4907 m
 - Tebal shell : 0,1875 in
 - Tebal head : 0,1875 in

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 12.707,26

3.4.3 Separator-02 (S-02)

Fungsi : Memisahkan campuran uap-cair produk *Ethylene* yang keluar dari *Condenser -01* sebanyak 11038,8464 kg/jam

Tipe : *Vertical Drum*

Kondisi Operasi : - Suhu : 98,9 °C
 - Tekanan : 1 atm
 - Waktu tinggal : 2 menit

Kapasitas : 1,3603 m³

Ukuran : - Diameter : 0,7567 m
 - Tinggi : 1,5631 m
 - Tebal shell : 0,1875 in

- Tebal head : 0,1875 in

Bahan : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 9.851,87

3.4.4 Vaporizer

Fungsi : Menguapkan sebagian umpan C_2H_5OH sebagai umpan *separator -01* sebanyak 15998,5601 kg/jam

Jenis : *Shell and Tube*

Pemanas : *Steam*

Aliran fluida : *Shell* : Larutan C_2H_5OH

Tube : *Steam*

Spesifikasi Tube

Jumlah Tube : 470 buah

Panjang Pipa : 12 ft

OD, BWG, Pitch : $\frac{3}{4}$ in, 16, triangular pitch 1 in

Pass : 2

Spesifikasi Shell

IDshell : 25 in

Baffle spacing : 7,5 in

Pass : 1

Bahan : Carbon Steel

Harga : US\$ 88.896,908

3.4.5 Heater (HT)

Fungsi : Memanaskan gas C_2H_5OH (*etanol*) sebelum masuk ke
HE-03 sebanyak 11038,8464 kg/jam

Jenis : *Double Pipe*

Pemanas : *Steam*

Aliran *fluida* : *Inner pipe* : Etanol (gas)

Outer pipe : Steam

Spesifikasi Inner pipe

NPS : 3 in

OD : 3,5 in

ID : 3,068 in

Panjang : 8 ft

Spesifikasi Outer pipe

NPS : 4 in

OD : 4,5 in

ID : 4,026 in

Jumlah : 1 buah

Bahan : Carbon steel

Harga : US\$ 2.396,0259

3.4.6 Heat Exchanger-01 (HE-01)

Fungsi : Memanaskan C_2H_5OH (*etanol*) yang keluar dari *HT* sebelum masuk ke *HE-02* sebanyak 11038,8464 kg/jam dan sekaligus mendinginkan produk reaktor yang keluar dari *HE-02*

Jenis : *Shell and Tube*

Pemanas : *Output dari Reaktor*

Aliran fluida : *Shell* : Gas Umpan Reaktor

Tube : Gas Output Reaktor

Spesifikasi Tube

Jumlah Tube : 244 buah

Panjang Tube : 16 ft

OD, BWG, Pitch : 3/4 in, 16, *triangular pitch* 15/16 in

Pass : 12

Spesifikasi Shell

IDshell : 19,25 in

Baffle spacing : 12,5 in
Pass : 6
Jumlah : 1 buah
Bahan : Carbon Steel
Harga : US\$ 34.143,3689

3.4.7 Heat Exchanger-02 (HE-02)

Fungsi : Memanaskan C_2H_5OH (*etanol*) yang keluar dari *HE-01* sebelum masuk ke *HE-03* sebanyak 11038,8464 kg/jam dan sekaligus mendinginkan produk reaktor yang keluar dari *HE-03*

Jenis : *Shell and Tube*

Pemanas : *Output dari Reaktor*

Aliran fluida : *Shell* : Gas Umpan Reaktor
Tube : Gas Output Reaktor

Spesifikasi Tube

Jumlah Tube : 378 buah
Panjang Tube : 16 ft



OD,BWG,Pitch : 3/4 in, 16, triangular pitch 15/16 in

Pass : 6

Spesifikasi Shell

IDshell : 23,25 in

Baffle spacing : 12,79 in

Pass : 12

Jumlah : 1 buah

Bahan : Stainless Steel

Harga : US\$100.932,5904

3.4.8 Heat Exchanger-03 (HE-03)

Fungsi : Memanaskan gas C_2H_5OH (*etanol*) yang keluar dari HE-02 sebelum masuk ke *Reaktor* sebanyak 11038,8464 kg/jam dan sekaligus mendinginkan produk reaktor yang keluar dari *Reaktor*

Jenis : *Shell and Tube*

Pemanas : *Output dari Reaktor*

Aliran fluida : *Shell* : Gas Umpan Reaktor

Tube : Gas Output Reaktor

Spesifikasi Tube

Jumlah *Tube* : 446 buah
 Panjang *Tube* : 16 ft
 OD, BWG, *Pitch* : 3/4 in, 16, *triangular pitch* 15/16 in
Pass : 6

Spesifikasi Shell

IDshell : 25 in
Baffle spacing : 12,5 in
Pass : 12
 Jumlah : 1 buah
 Bahan : Stainless Steel
 Harga : US\$ 76.872,4971

3.4.9 Condenser-01 (CD-01)

Fungsi : Mendinginkan dan mengembunkan hasil produk dari Reaktor yang keluar dari HE-03 sebanyak 11038,846 kg/jam

3.4.10	Jenis	: <i>Double Pipe</i>
Fu	Pendingin	: Air
	Aliran <i>fluida</i>	: <i>Inner pipe</i> : Etanol (gas)
Je		<i>Outer pipe</i> : Air
Pe	Spesifikasi Inner pipe	
Al	NPS	: 2 in
	OD	: 2,38 in
Spesi	ID	: 2,067 in
Ju	Panjang	: 16 ft
Pa	Spesifikasi Outer pipe	
O	NPS	: 3 in
Pa	OD	: 3,5 in
Spesi	ID	: 3,068 in
Il	Jumlah	: 1 buah
Ba	Bahan	: Carbon steel
Pa	Harga	: US\$ 4.797,9358
Ju		
Ba		

Harga : US\$ 11.852,8663

3.4.11 Cooler (CL)

Fungsi : Mendinginkan *Ethylene* yang keluar dari *compressor*
sebanyak 6313,1313 kg/jam

Jenis : *Shell and Tube*

Pendingin : Air

Aliran fluida : *Shell* : Etilen
Tube : Air

Spesifikasi Tube

Jumlah *Tube* : 177 buah

Panjang *Tube* : 10 ft

OD, BWG, *Pitch* : 1 ¼ in, 10, *square pitch* 1 in

Pass : 1

Spesifikasi Shell

IDshell : 21 in

Baffle spacing : 11 in

Pass : 2

Jumlah : 1 buah
 Bahan : Carbon steel
 Harga : US\$ 8.540,5574

3.4.12 Blower-01 (B-01)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku gas Etanol sebanyak
 10976.9401 kg/jam dari *Separator* ke *Heater*
 Jenis : *Centrifugal double stage*
 Kapasitas : 4216,19 ft³/detik
 BHP : 0,029 Hp
 Jumlah : 1 buah
 Harga : US\$ 8.585,76

3.4.13 Blower-02 (B-02)

Fungsi : Mengalirkan bahan baku gas Etanol sebanyak
 10976.9401 kg/jam dari *HE-03* ke *Reaktor*
 Jenis : *Centifugal double stage*
 Kapasitas : 7849,12 ft³/detik

BHP	:	0,045	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	US\$ 12.878,64	

3.4.14 Blower-03 (B-03)

Fungsi	:	Mengalirkan bahan baku gas Etanol sebanyak 10976.9401 kg/jam dari <i>HE-01</i> ke <i>Condenser</i>	
Jenis	:	<i>Centrifugal double stage</i>	
Kapasitas	:	4797,91 ft ³ /detik	
BHP	:	0,004	Hp
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	US\$ 9.284,60	

3.4.15 Pompa-01 (P-01)

Fungsi	:	Mengalirkan C ₂ H ₅ OH 95% dari tangki penampung (T-01) menuju <i>Vaporizer</i>	
Jenis	:	Pompa <i>centrifugal single stage</i>	
Putaran	:	10000	rpm

Effisiensi pompa	:	68	%
Effisiensi motor	:	80,5	%
BHP pompa	:	0,8522	Hp
Jenis Impeller	:	Axial Flow	
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	US\$ 72,69	

3.4.16 Pompa-02 (P-02)

Fungsi	:	Mengalirkan <i>Ethylene</i> dari <i>condenser-02</i> menuju tangki produk (T-02) untuk disimpan	
Jenis	:	<i>Pompa centrifugal single stage</i>	
Putaran	:	1800	rpm
Effisiensi pompa	:	68	%
Effisiensi motor	:	80	%
BHP pompa	:	0,7436	Hp
Jenis Impeller	:	Axial Flow	
Jumlah	:	1	buah
Harga	:	US\$ 143,29	

3.4.17 Tangki Bahan Baku (T-01)

Fungsi : Menampung bahan baku C_2H_5OH 95 % sebanyak 11038,8465 kg/jam selama 7 hari

Jenis : Tangki *Silinder Vertikal*, atap berbentuk *conical roof* dan dasar berbentuk datar

Kondisi Operasi : Tekanan : 1 atm

Suhu : 28 °C

Dimensi Tangki

Volume : 2994,765 m³

Diameter : 27,4320 m

Tinggi : 10,9728 m

Bahan Konstruksi : Carbon Steel SA-283 Grade C

Jumlah : 1 buah

Harga : US\$ 800.659,97

3.4.18 Tangki Produk (T-02)

Fungsi : Menampung produk Etilen sebanyak 303.030,303 kg/jam untuk 2 hari

Jenis	:	Tangki Bola
Kondisi Operasi	:	Tekanan : 45 atm
	:	Suhu : 7,5 °C

Dimensi Tangki

Volume	:	1.538,9480 m ³
Diameter	:	14,3549 m
Tebal Shell	:	6,7 in
Bahan Konstruksi	:	Low Alloy Steel SA-302 Grade B
Jenis Isolasi	:	Asbes
Tebal Isolasi	:	0,061 m
Jumlah	:	6 buah
Harga	:	US\$ 4.948.805,80

3.5 Perencanaan Produksi

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

3.5.1 Kemampuan Pasar

Dapat dibagi menjadi dua kemungkinan, kemungkinan pertama yaitu bila kemampuan pasar lebih besar dibandingkan kemampuan pabrik, maka rencana produksi disusun secara maksimal. Sedangkan kemungkinan kedua yaitu bila kemampuan pasar lebih kecil dibandingkan kemampuan pabrik. Bila yang terjadi adalah kemungkinan kedua maka ada dua alternatif yang dapat diambil yaitu rencana produksi sesuai dengan kemampuan pasar atau produksi diturunkan sesuai dengan kemampuan pasar dengan mempertimbangkan bahwa kelebihan produksi disimpan dan dipasarkan tahun berikutnya, atau alternatif kedua yaitu mencari daerah pemasaran lain.

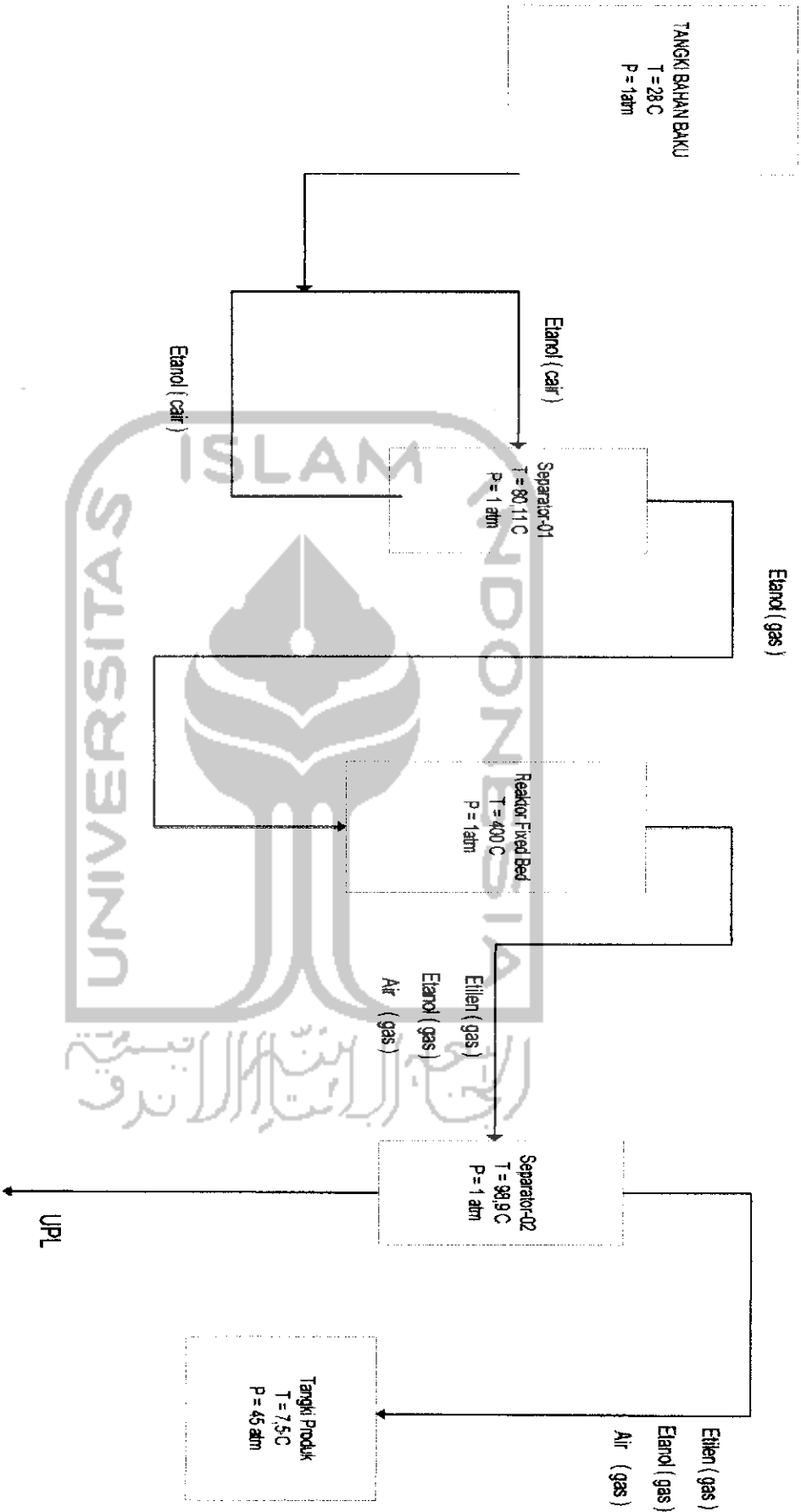
3.5.2 Kemampuan Pabrik

Pada umumnya kemampuan pabrik ditentukan oleh beberapa faktor antara lain yaitu material/bahan baku, manusia, dan mesin peralatan. Dengan pemakaian material yang memenuhi kualitas dan kuantitas maka akan mencapai target produksi yang diinginkan. Sementara itu untuk tenaga kerja, jika tenaga kerja kurang terampil maka akan menimbulkan kerugian pabrik, untuk itu perlu dilakukan pelatihan pada karyawan agar keterampilan meningkat.

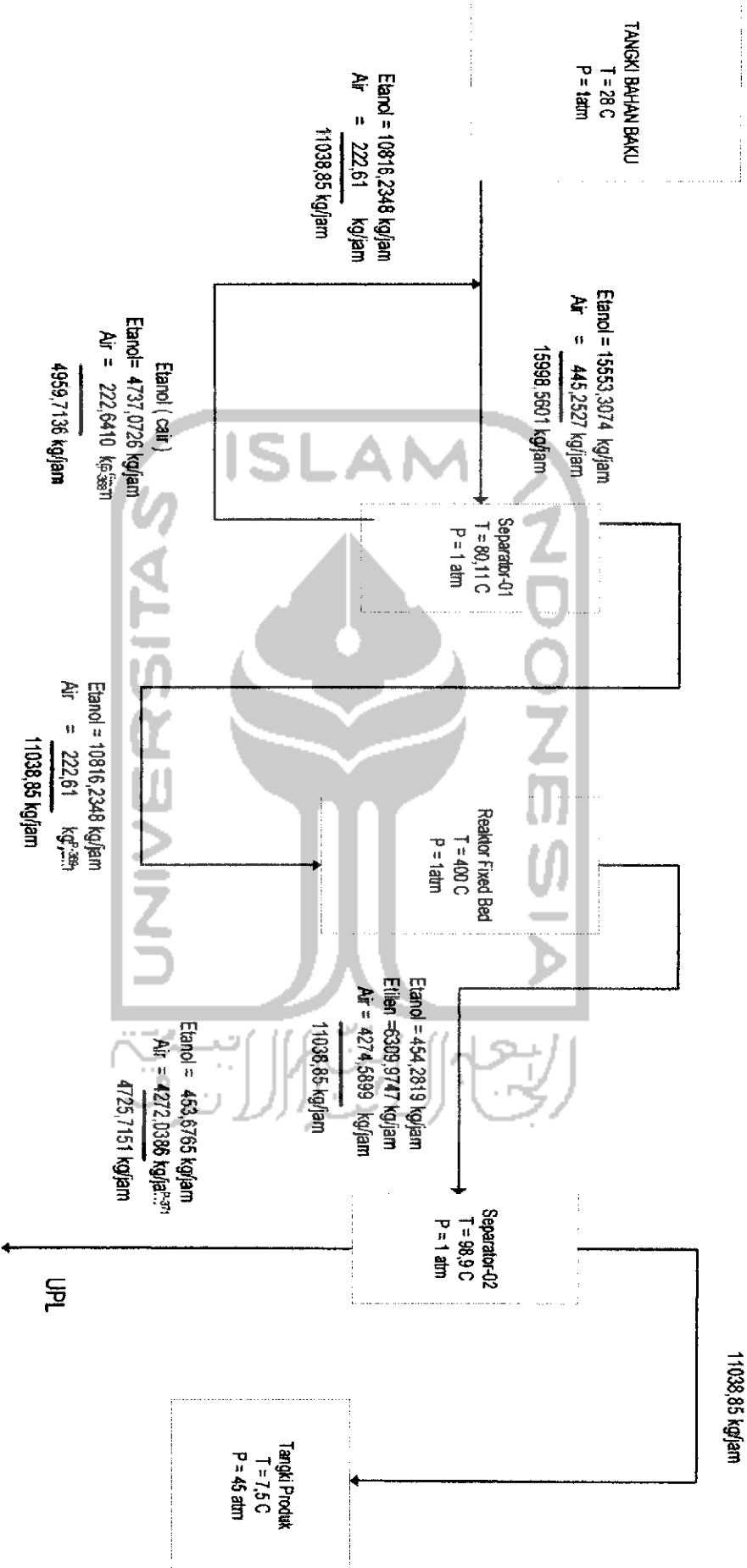
Ada dua hal yang mempengaruhi kehandalan dan kemampuan peralatan, yaitu jam kerja mesin efektif dan kemampuan mesin. Jam kerja mesin efektif adalah

kemampuan suatu alat untuk beroperasi pada kapasitas yang diinginkan pada periode tertentu.





Gambar 3.1. Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3.2. Diagram Alir Kuantitatif