

BAB 3

RANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

Pada sub bab uraian proses akan dijelaskan tahapan proses produksi etilen dari dehidrasi etanol, diagram alir kuantitatif massa yang menunjukkan ringkasan laju alir massa untuk setiap aliran proses (tidak termasuk utilitas), dan diagram alir kuantitatif energi yang menunjukkan ringkasan aliran energi untuk setiap unit yang memiliki proses perpindahan panas.

Proses pembuatan etilen dari dehidrasi etanol melalui beberapa tahap yaitu:

1. Tahap persiapan bahan baku
2. Tahap pembentukan Etilen
3. Tahap pemurnian etilen

3.1.1 Deskripsi Proses

Produksi etilen dilakukan dengan melalui beberapa tahapan, yaitu proses penguapan etanol, proses dehidrasi etanol dan proses pemurnian (purification).

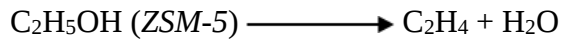
a. Perlakuan Awal Bahan Baku

Dalam pembuatan etilen digunakan bahan baku berupa etanol yang disimpan pada tangki penyimpanan etanol (TP-01) dengan suhu awal 30°C dan tekanannya 1 atm. Kandungan etanol yang digunakan dalam proses ini adalah etanol 99%. Sebelum dilakukan proses dehidrasi, etanol diencerkan sampai konsentrasi rendah dengan cara penambahan air dari (TP-02) sebagai medium pengencer, lalu dicampur menggunakan mixer (M-01) sampai konsentrasi 42%. Bahan baku etanol diperoleh dari daerah Lampung diantaranya PT Molindo Raya Plant Lampung.

b. Proses Utama

Larutan etanol encer dengan fraksi murni dialirkan ke vaporizer (VP-01) dan terjadi penguapan etanol dengan suhu masuk 30°C dan tekanannya 1 atm sehingga suhu keluaran naik menjadi 126°C dalam bentuk fase gas lalu dikompresi ke kompressor (K-01) agar tekanan uapnya naik pada tekanan 6 atm. Setelah fasenya sudah menjadi uap dan tekanan uap naik aliran dialirkan lagi menuju heater (H-01) dan dipanaskan suhunya menjadi 470°C sehingga pada saat masuk

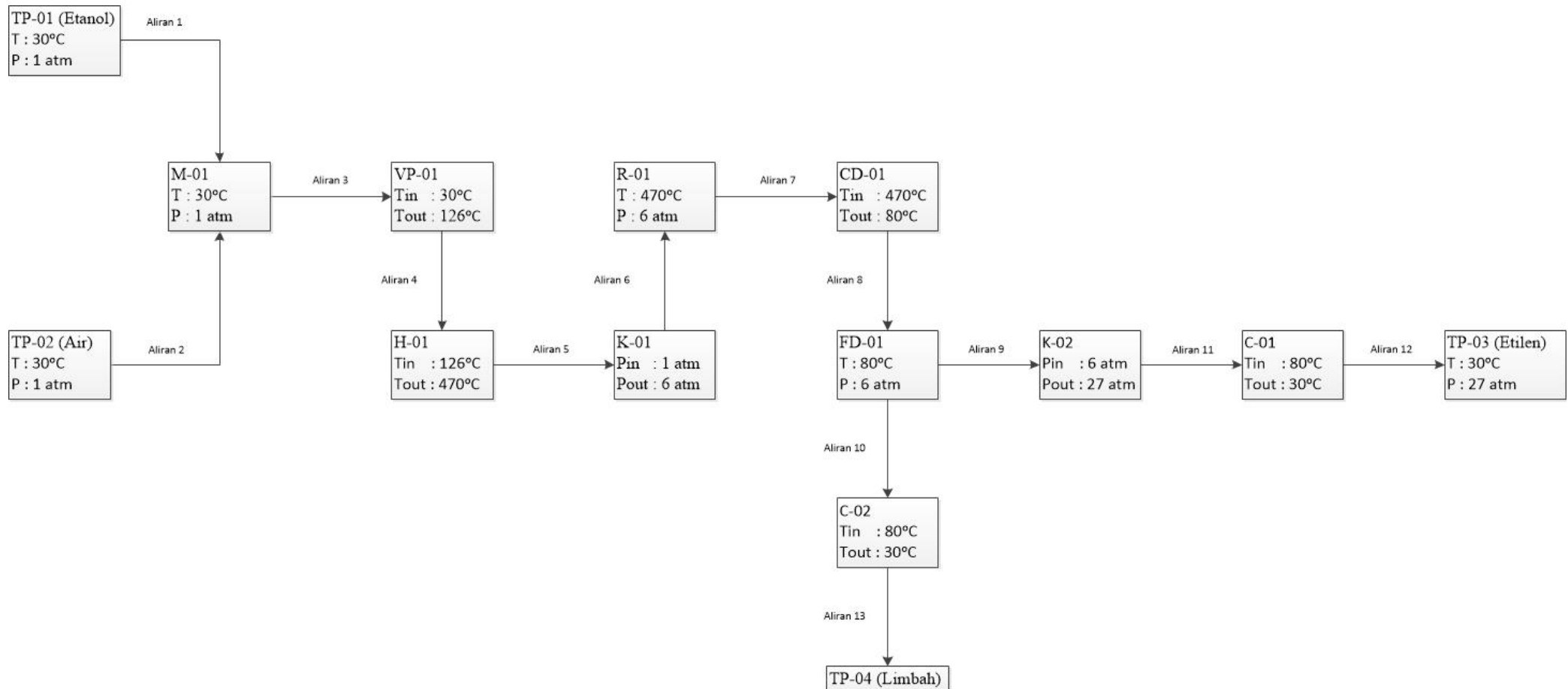
ke reaktor adiabatik (R-01) sehingga terjadi reaksi pada suhu tersebut yaitu 470°C yaitu suhu yang kompatibel dengan reaksi dehidrasi dan tekanannya 6 atm. Dimana reaksi yang terjadi berlangsung pada fase gas dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Selektivitas produk hasil dehidrasi etanol ini adalah *etilen* 99% dimana nilai konversi *etanol* adalah 99%.

c. Pemurnian Produk

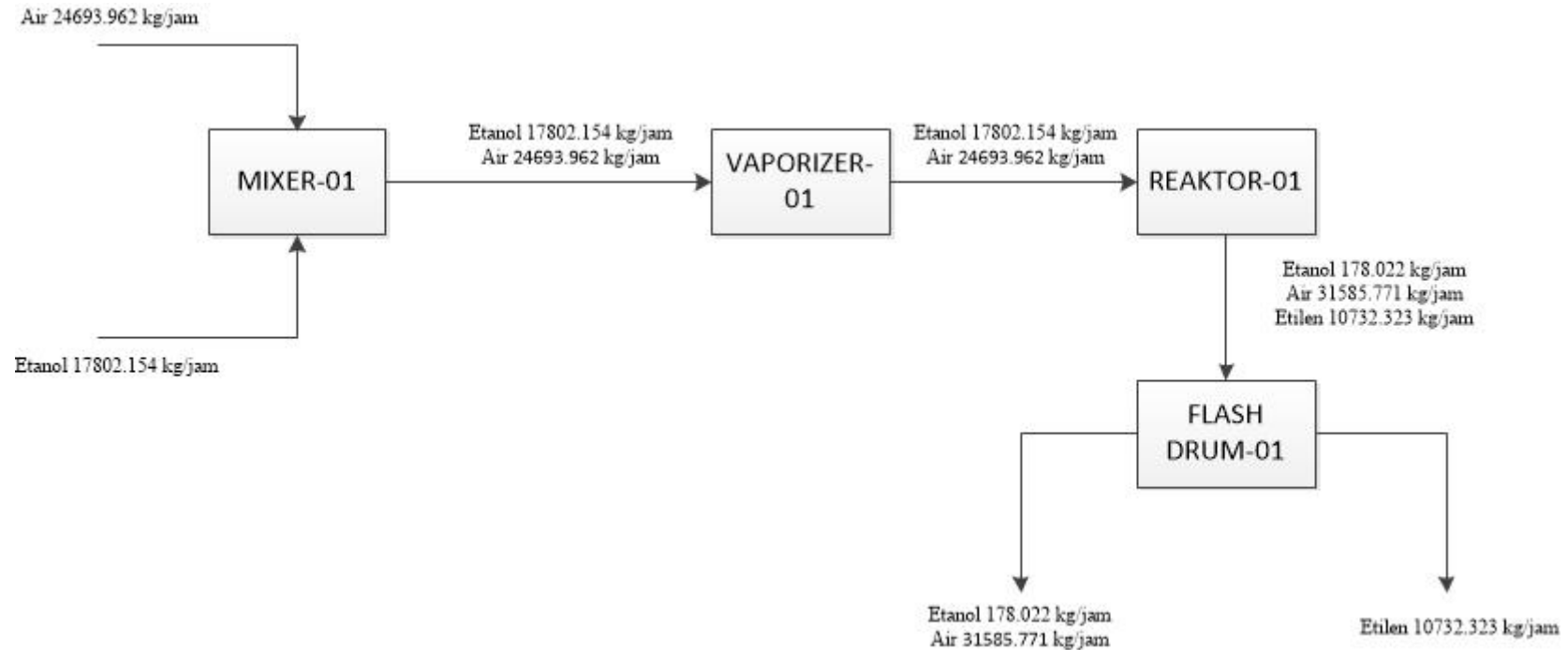
Efluen yang berasal dari reaktor (R-01) dialirkan ke kondensor parsial (CD-01) pada suhu 80°C untuk merubah fasenya dimana etilen tetap menjadi gas, sementara etanol dan air akan berubah menjadi fase cair sebelum masuk ke dalam kondisi operasi dari unit flash drum (FD-01) yang beroperasi pada suhu 80°C dan tekanan 6 atm, yang mana dalam proses pemisahan tersebut didapatkan 2 fasa yaitu fasa cair yang terdiri dari air dan etanol serta fasa gas etilen yang kemudian ditampung dalam tangki penampung etilen (TP-03) dengan tekanan 27 atm dan suhu 30°C.



GAMBAR 3.1 PROSES FLOW DIAGRAM PABRIK *ETHYLENE*

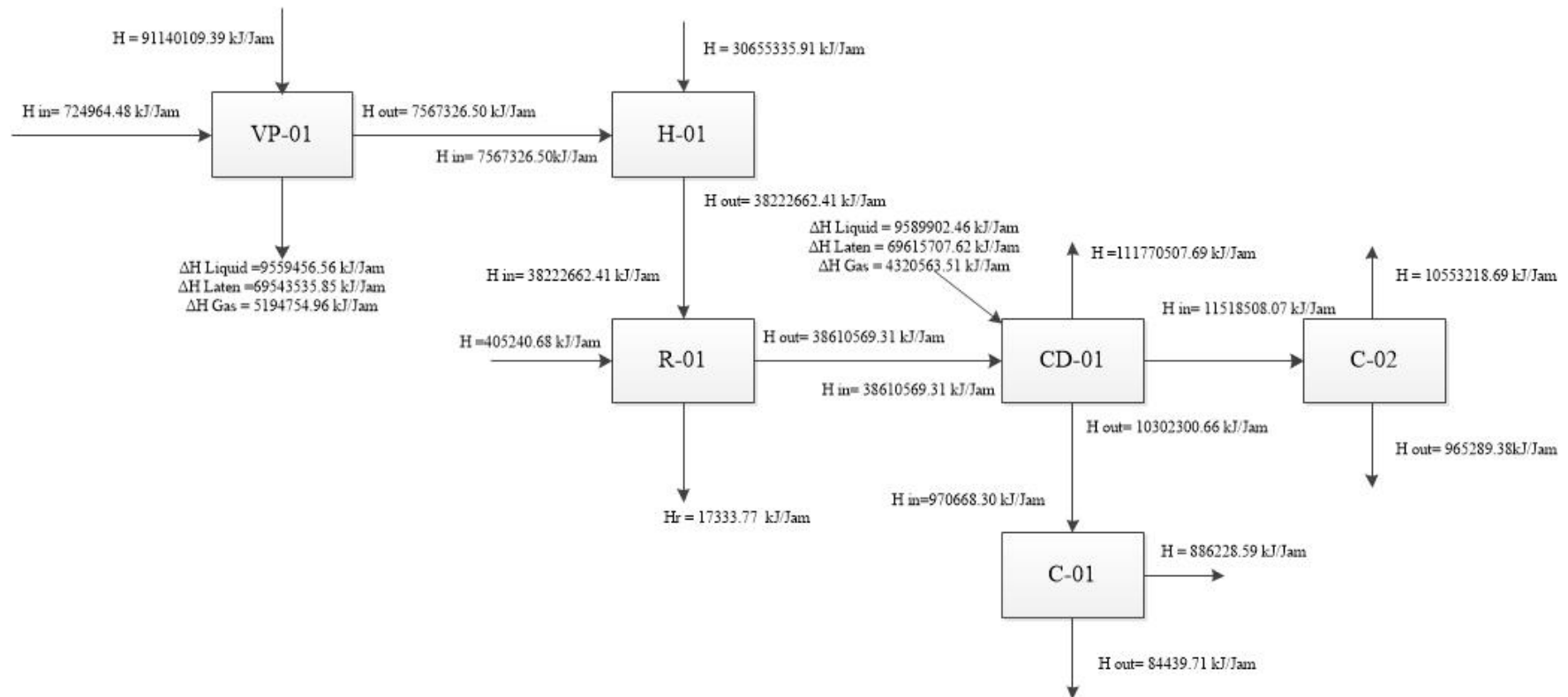
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif

Berikut merupakan diagram alir kuantitatif massa untuk setiap proses (tidak termasuk utilitas).



GAMBAR 3.2 BLOK FLOW NERACA MASA

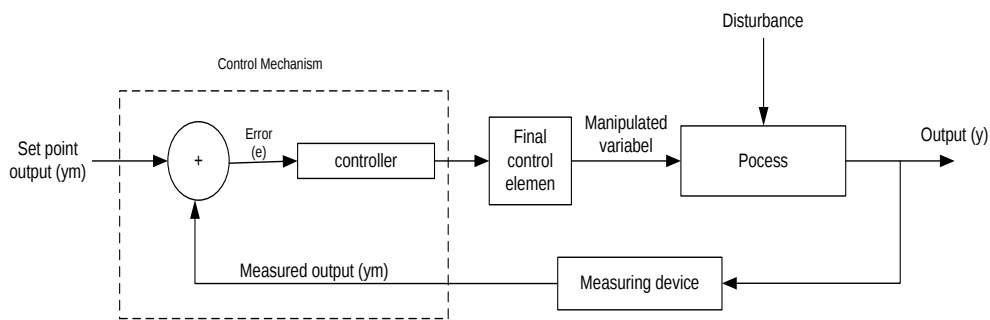
3.1.3 Diagram Alir Kuantitatif Energi



GAMBAR 3.3 BLOK FLOW NERACA ENERGI

3.1.4 Sistem Pengendalian Alat Utama

Tujuan pengendalian adalah untuk mempertahankan variabel yang dikendalikan pada harga yang diinginkan (setpoint). Pengendali yang digunakan pada rancangan awal pabrik etilen ini adalah pengendali yang menggunakan konfigurasi kendali umpan balik. Pengendalian dengan sistem ini mempunyai beberapa keunggulan: pengaturan sistem kontrol berbiaya rendah dan mudah. Selain itu, sistem ini dapat secara langsung mengukur variabel kontrol untuk menentukan harga variabel yang dimanipulasi. Gambar 3.4 menunjukkan konfigurasi sistem feedback.



GAMBAR 3.4 KONFIGURASI SISTEM PENGENDALIAN *FEEDBACK*

Dalam pengoperasian pabrik propionaldehida ini banyak gangguan dari luar yang bisa dialami. Ada lima persyaratan yang perlu dipenuhi dalam pengoperasian pabrik yaitu:

6. Terjaminnya keamanan.
7. Terpenuhinya spesifikasi produk.
8. Peraturan lingkungan.
9. Kendala-kendala operasional pada masing-masing alat pemroses.
10. Keekonomisan untuk memperoleh keuntungan maksimum.

Untuk memenuhi semua persyaratan tersebut diperlukan adanya pengawasan dan intervensi dari luar. Sistem pengendalian diharapkan dapat memenuhi tiga kelompok kebutuhan berikut:

4. Menekan pengaruh gangguan eksternal.
5. Memastikan kestabilan suatu proses.
6. Optimasi kinerja suatu proses.

Variabel-variabel yang terlibat dalam proses operasi pabrik adalah F (laju alir), T (temperatur), P (tekanan) dan L (level). Variabel-variabel tersebut dapat dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu variabel input dan variabel output.

3. Variabel input

Variabel input adalah variabel yang menandai efek lingkungan pada proses kimia yang dituju. Variabel ini juga diklasifikasikan dalam dua kategori, yaitu:

- *Manipulated (adjustable) variable*, jika harga variabel tersebut dapat diatur dengan bebas oleh operator atau mekanisme pengendalian.
- *Disturbance variable*, jika harga tidak dapat diatur oleh operator atau sistem pengendali, tetapi merupakan gangguan.

4. Variabel output

Variabel output adalah variabel yang menandakan efek proses kimia terhadap lingkungan yang diklasifikasikan dalam dua kelompok:

- *Measured output variables*, jika variabel dapat diketahui dengan pengukuran langsung.
- *Unmeasured output variables*, jika variabel tidak dapat diketahui dengan pengukuran langsung.

Berikut merupakan alat-alat utama yang variabelnya sangat di perhatikan dalam prarancangan ini.

3. Reaktor (R-01)

Reaksi dehidrasi etanol adalah sebagai berikut:



Reaksi *fixed bed multitube* dijalankan pada *temperature* 470°C dan tekanan 6 atm. Etanol diumpankan berlebih melalui aliran 5 setelah pemanasan untuk memastikan reaksi dehidrasi etanol terjadi sempurna dan menghindari terjadinya reaksi samping. Reaksi dehidrasi etanol berjalan selama 7 jam dan dengan *yield* diharapkan mencapai produk etilen terhadap etanol sebesar ±99%.

Reaksi tersebut bersifat eksotermis sehingga selama terjadinya reaksi *temperature* reaktor dan tekanan reaktor harus dijaga agar mencapai hasil produk akhir sesuai keinginan. Variabel-variabel yang mempengaruhi kondisi reaktor adalah *laju alir*, *temperature* dan tekanan reaktor. Untuk mengendalikan variable tersebut dipasang *controller* untuk mengetahui

dan mengendalikan variable tersebut. *Controller* yang digunakan pada reaktor antara lain adalah:

c. *Temperature Indicator Controller (TIC)*

- Fungsi :
- Untuk mengetahui kondisi temperatur di dalam reaktor.
 - Mencegah terjadinya perubahan temperatur di dalam reaktor.

Jenis kontrol yang digunakan adalah *fail open*. TIC dipasang di dalam reaktor. Besar kecilnya temperatur akan diterima berbentuk sinyal elektrik oleh TIC, dan akan diteruskan menuju *transduser* untuk diubah menjadi sinyal *pneumatic* yang akan menggerakkan valve steam.

Tindakan : Jika kondisi temperatur di dalam reaktor dibawah 470C, maka TIC akan meneruskan sinyal menuju *transduser* dan akan diubah menjadi sinyal *pneumatic* yang akan memperbesar bukaan *control valve* pada aliran steam pemanas. Sedangkan jika kondisi temperatur di dalam reaktor diatas 470°C, maka bukaan control valve pada aliran steam akan diperkecil.

d. *Flow Indicator Controller (FIC)*

- Fungsi : Sebagai alat pengontrol aliran di dalam reaktor.

Pada sistem ini valve yang digunakan yaitu jenis *Air to open*, dimana gas akan menekan valve sehingga memberikan bukaan lebih besar. FIC dipasang pada aliran *offgas*. Besar kecilnya *aliran* akan diterima berbentuk sinyal elektrik oleh FIC, dan akan diubah menjadi sinyal digital yang akan diteruskan ke ruang kontrol, kemudian ruang kontrol akan mengirim sinyal secara digital ke FIC untuk diubah menjadi sinyal *pneumatic* yang akan menggerakkan valve pada aliran *offgas*.

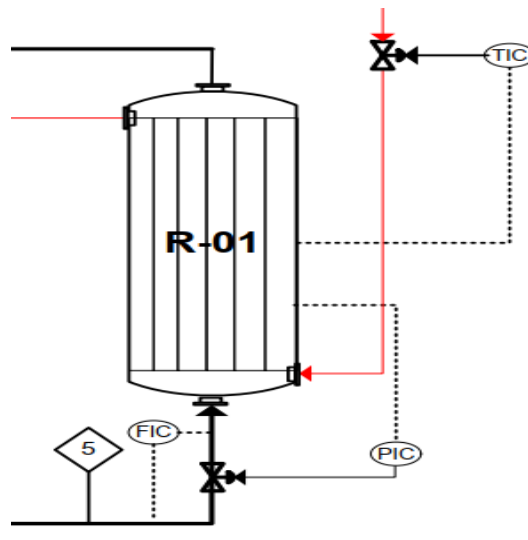
Tindakan : Jika kondisi aliran membuat tekanan operasi di dalam rektor lebih besar dari 6 atm maka bukaan *valve offgas* akan diperbesar. Sedangkan jika kondisi operasi tekanan di dalam reaktor lebih kecil dari 6 atm maka valve pada *offgas* akan ditutup.

d. *Pressure Indicator Controller (PIC)*

- Fungsi :
- Untuk mengetahui kondisi tekanan di dalam reaktor.
 - Mencegah terjadinya perubahan temperatur di dalam reaktor.

Jenis kontrol yang digunakan adalah pelampung dan lengan gaya. Prinsipnya adalah perubahan gaya apung yang dialami pelampung akibat perubahan level cairan. PIC dipasang pada aliran produk. Jenis kontrol yang digunakan adalah fail open. PIC dipasang di dalam reaktor. Besar kecilnya tekanan akan diterima berbentuk sinyal elektrik oleh PIC, dan akan diteruskan menuju transduser untuk diubah menjadi sinyal pneumatic yang akan menggerakkan valve steam .

Tindakan : Jika kondisi tekanan di dalam reaktor dibawah 6 atm, maka PIC akan meneruskan sinyal menuju transduser dan akan diubah menjadi sinyal pneumatic yang akan memperbesar bukaan control valve. Sedangkan jika kondisi tekanan di dalam reaktor diatas 6 atm, maka bukaan control valve akan diperkecil..

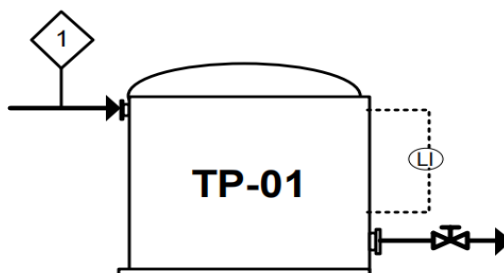


GAMBAR 3.5 ALAT KONTROL PADA REAKTOR (R-01)

4. Tangki (TP-01,02,03)

TP-01 dan TP-02 berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan baku. Oleh karena itu, Ketinggian cairan dalam TP-01 & TP 02 dijaga dengan bantuan Level Indicator Controller (LIC). Sedangkan TP-03 sebagai tempat penyimpanan produk utama, bekerja pada tekanan 27 atm. Oleh sebab itu, pressure dalam TP-03 dijaga tetap pada 27 atm dengan bantuan Pressure Indicator Controller (PIC) yang terhubung pada aliran utilitas steam. PIC akan mengirimkan sinyal pada control valve apabila tekanan dalam TP-03 kurang atau berlebih

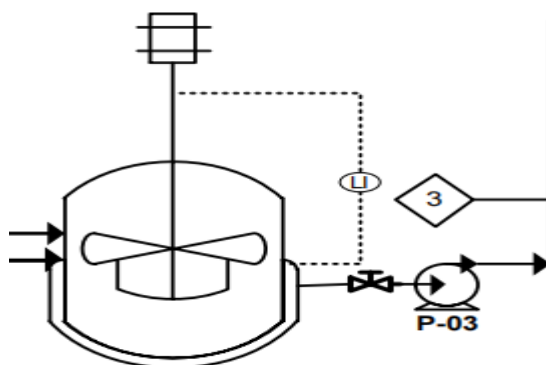
dan membuat valve membuka lebih lebar/lebih kecil sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan TP-03.



GAMBAR 3.6 ALAT KONTROL PADA TANGKI (TP-01)

4. Mixer (M-01)

Pada *mixer* utama ini terjadi pencampuran antara aliran bahan baku utama, dan aliran air. Kedua aliran inlet ini *temperature*nya telah di jaga melalui pendinginan agar saat masuk ke dalam M-01 *temperature* operasinya tetap pada 30 °C. Ketinggian cairan dalam M-01 dijaga dengan bantuan *Level Indicator Controller* (LIC) yang terhubung pada aliran keluar *mixer*.

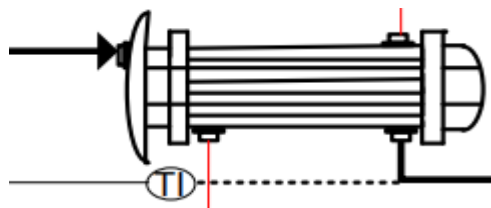


GAMBAR 3.7 ALAT KONTROL PADA MIXER (M-01)

5. Vaporizer (VP-01)

Vaporizer bekerja pada temperature 126°C, dimana, vaporizer berfungsi sebagai tempat penguapan bahan baku setelah dari proses mixer sebelum dialirkan ke proses berikutnya. Oleh karena itu, *temperature* dalam vaporizer dijaga tetap pada 126°C dengan bantuan *Temperature Indicator Controller* (TIC). TIC akan mengirimkan sinyal pada

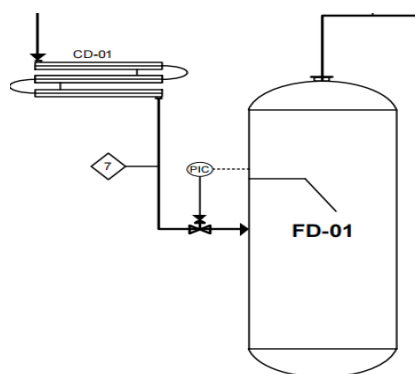
control valve apabila temperature dalam tangki kurang atau berlebih dan membuat *valve* membuka lebih lebar/lebih kecil sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan vaporizer.



GAMBAR 3.8 ALAT KONTROL PADA VAPORIZER (VP-01)

6. *Flash Drum* (FD-01)

Flash drum bekerja pada *tekanan* 6 atm. Flash drum bekerja memisahkan produk utama dari air berdasarkan prinsip kesetimbangan uap air. Oleh sebab itu, *pressure* dalam FD-01 dijaga tetap pada 6 atm dengan bantuan *Pressure Indicator Controller* (PIC) yang terhubung pada aliran utilitas *steam*. PIC akan mengirimkan sinyal pada *control valve* apabila tekanan dalam FD-01 kurang atau berlebih dan membuat *valve* membuka lebih lebar/lebih kecil sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan FD-01.



GAMBAR 3.9 ALAT KONTROL PADA FLASH DRUM (FD-01)

3.1.5 Kebutuhan Utilitas

Utilitas merupakan bagian penting dalam suatu kegiatan operasional pabrik yang bertujuan untuk membantu kelancaran proses unit produksi. Utilitas yang dibutuhkan dalam pabrik etilen berupa listrik, air, dan bahan bakar.

1. Unit Penyedia Air

Kebutuhan air pabrik meliputi kebutuhan air domestik, air untuk *steam*, air untuk pendinginan dan lain-lain. Pemasok kebutuhan air berasal dari PT Krakatau Tirta. Dengan beberapa dasar perhitungan sebagai berikut.

a. Kebutuhan Air Pemanas (*Steam*)

Steam dihasilkan dalam sebuah *boiler fire tube* yang menggunakan bahan bakar solar, dengan jenis *steam* yang dihasilkan adalah *superheated steam*. Spesifikasi *steam* yang digunakan dalam kegiatan proses pabrik etilen ini adalah sebagai berikut (TLV, 2024):

Temperature = 480.00°C

Tekanan (P_{steam}) = 600 kPa

Entalpi *steam* = 3457.79 Kj/Kg

- Kebutuhan *Steam* untuk peralatan pabrik adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Kebutuhan Steam Peralatan Pabrik Etilen

No	Alat	Kebutuhan (Kg/h)
1	Vaporizer (VP-01)	26357.9076
2	Heater (H-01)	8865.5864
3	Reaktor (R-01)	117.1964
	Total Kebutuhan Steam	35340.6904

Dengan asumsi faktor keamanan dan kehilangan panas dimasing-masing alat, setiap *steam* dialirkan ke unit proses di lebihkan 10% sehingga :

$$Total + FK 10\% = 1.1 \times 35340.6904 = 38874.7595 \frac{Kg}{jam}$$

Atau setara dengan 85703.29474 lb/jam.

- Boiler Untuk Mendapatkan *Steam*

Boiler untuk mendapatkan *steam* berjenis *Boiler fire tube* dengan jumlah 1 unit.

Penentuan daya *boiler* adalah sebagai berikut (Severn, 2004):

$$BHP = \frac{Ms \times (Hv - Hf)}{Cf \times (34.5)}$$

Keterangan :

M_s = Massa *Steam* = 85703.2947 lb/jam

H_v = Entalpi *vapor* pada temperature 480 °C = 1478.8836 Btu/lb

H_f = Entalpi *steam* pada suhu 30 °C = 54.0602 Btu/lb

Cf = Panas laten penguapan air pada 100 °C = 970.0999 Btu/lb

Konversi = $34.5 \frac{\text{Lb}}{\text{HP}}$

$$BHP = \frac{85703.2947 \times (1478.8836 - 54.0602)}{970.0999 \times (34.5)} = 3648.5725 \text{ HP}$$

Heating surface untuk boiler tiap 1 HP adalah 10 ft³/HP (Severn, 2004). Maka,

$$\text{Heating Surface Boiler} = 10 \times 3648.5725 = 36485.7254 \text{ ft}^3$$

- Kebutuhan Air Untuk Menghasilkan *Steam*

$$\text{Kebutuhan Air} = \frac{MS \times (H_v - H_f)}{C_f}$$

Keterangan :

Ms = Massa *Steam* = 85703.2947 lb/jam

Hv = Entalpi *vapor* pada *temperature* 480 °C = 1478.8836 Btu/lb

Hf = Entalpi *steam* pada suhu 30 °C = 54.0602 Btu/lb

Cf = Panas laten penguapan air pada 10 0°C = 970.0999 Btu/lb

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Air} &= \frac{85703.2947 \times (1478.8836 - 54.0602)}{970.0999} \\ &= 125875.7528 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

Atau setara dengan 57096.8669 kg/jam.

Densitas air pada 30 °C adalah = 1022.8753 kg/m³.

Sehingga debit air (Qa) yang dibutuhkan adalah,

$$Qa = \frac{57096.8669}{1022.8753} = 55.8200 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Kebutuhan Air Untuk *Make Up Boiler*

Kehilangan air dikarenakan *blowdown* dan hilang akibat penguapan diasumsikan sebesar 10%, maka jumlah air yang harus diumpankan sebagai *make up boiler* adalah = 10% x massa air.

$$\text{Volume yang dibutuhkan} = \frac{10\% \times 57096.8669}{1022.8753} = 5.5820 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Kebutuhan Bahan Bakar Untuk *Boiler*

Bahan bakar yang digunakan untuk *Boiler* adalah solar. Dimana,

$$\text{Solar yang dibutuhkan} = \frac{m_{\text{steam}} \times (h_v - h_f)}{\eta \times H_v}$$

Keterangan

m steam = massa steam = 85703.2947 kg/jam = 188941.4836 lb/jam

Hv = *Heating value* solar = 19200 btu/lb

h_v = Entalpi vapor pada suhu 480°C = 1478.8836 btu/lb

h_f = Entalpi steam pada suhu 30°C = 54.0602 btu/lb

η = efisiensi pembakaran = 85%

ρ bio solar = densitas solar = 850 kg/m³

$$Massa\ solar = \frac{188941.4836 \times (19200 - 54.0602)}{85\% \times 19200} = 16495.6029\ lb/jam$$

Atau setara dengan 7482.3564 kg/jam.

- **Perancangan *Cooling Tower*.**

Fungsi : Mendinginkan kembali air yang sudah digunakan sebagai media pendingin

Jenis : *Counter Flow Induced Draft*

Cara Kerja : Air yang sudah digunakan sebagai media pendingin dialirkan kedalam *Cooling tower*. Disini air akan mengalami pendinginan karena adanya panas yang hilang akibat penguapan dan adanya tiupan angin dari kipas (*fan*). Panas yang diperlukan untuk penguapan itu diambil dari bahan air itu sendiri sehingga sebagian sisanya yang tidak teruapkan (tidak menguap) menjadi dingin dan dapat disirkulasi kembali sebagai media pendingin.

Data :

Bahan masuk = 30017.3114 kg/jam

Densitas air (pada 30 °C) = 1022.8753 kg/m³

T air masuk = 50°C = 122 °F

T air keluar = 30°C = 86 °F

Laju alir, W_c = 29.3460 m³/jam

$$= (29.3460\ m^3/jam) \times (264.172\ gal/1\ m^3) \times (1\ jam/60\ menit)$$

$$= 107.4946 \text{ gpm}$$

Dari *psychometric chart* (fig.12-2 , Perrys) dengan temperatur rata-rata sekitar pabrik 30°C (86°F) dan kelembaban relatif sebesar 65 % diperoleh temperatur bola basah, $T_w = 75.2 \text{ }^\circ\text{F}$

Dari *Perry's* hal 12-15 dipilih *Cooling Tower* jenis *Induced Draft Cooling Tower* dengan pola aliran *counter current*.

$$\text{Cooling range} = T_1 - T_2 = 36 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$\text{Temp. approach} = T_2 - T_w = 10.8 \text{ }^\circ\text{F}$$

Diinginkan tinggi menara = 8 m

Dari fig 12-14 *Perry's* pada temperatur air panas, $T_1 = 122 \text{ }^\circ\text{F}$ Vs Temperatur air dingin, $T_2 = 86 \text{ }^\circ\text{F}$ dengan temperatur bola basah, $T_w = 75.2 \text{ }^\circ\text{F}$, diperoleh kandungan air = 2.7 gal/min.ft²

- Perhitungan Luas Menara

$$\text{Luas menara} = \frac{W_c}{\text{Kandungan air}} = 39.8128 \text{ ft}^2$$

Diperkirakan efisiensi menara = 90 %

$$\text{Maka luas menara aktual} = 39.8128 \text{ ft}^2 / 0.9 = 44.2364 \text{ ft}^2$$

- Menghitung daya *fan*.

Dari fig. 12-15 *Perry's* untuk efisiensi kerja *cooling tower* 90% diperoleh daya *fan* = 0.03 Hp/ft².

$$\text{Daya fan aktual} = 0.03 \text{ Hp/ft}^2 \times 44.2364 \text{ ft}^2 = 1.3271 \text{ Hp} \approx 3 \text{ Hp}$$

- Menghitung jumlah air *make up*.

$$\text{Make up water, } W_m = W_e + W_b + W_d \quad (\text{Perry's, pers. 12-9})$$

Menghitung jumlah air yang menguap, W_e : (Perry's, Pers 12-10)

$$W_e = 0.00085 \times W_c \times (T_1 - T_2)$$

$$\text{Maka } W_e = 32.8933 \text{ gpm}$$

Menghitung jumlah *blow down* dalam air, W_b : (Perry's, pers.12-12)

$$W_b = \frac{W_e}{\text{Siklus} - 1} ; \text{siklus} = 3 - 5 \text{ (diambil siklus} = 3) \\ = 1.0000 \text{ gpm}$$

Menghitung *drift loss*, W_d

$$W_d = 0.1 \text{ s/d } 0.2 \% W_c, \text{ (diambil } 0.2 \% W_c) \\ = 0.2 \times 32.8933 \text{ gpm} = 6.5787 \text{ gpm}$$

$$\text{maka, } W_m = W_e + W_b + W_d \\ = 32.8933 + 1.0000 + 6.5787 = 40.4720 \text{ gpm} \\ = 9.3086 \text{ m}^3/\text{jam} \\ = 9521.4959 \text{ kg/jam} \\ = 381267.3500 \text{ lb/jam}$$

b. Kebutuhan Air Pendingin (*Cooling Tower*)

Air pendingin yang digunakan memiliki kondisi sebagai berikut :

Temperature masuk = 10°C

Temperature keluar = 25°C

Tabel 3.2 Kebutuhan Cooling Tower Pabrik Etilen

No	Alat	Kebutuhan Cooling Tower (Kg/h)
1	Cooler (C-01)	1921.8838
2	Cooler (C-02)	22885.8115
Total Kebutuhan Cooling Tower		24807.6953

Dengan asumsi factor keamanan dan penyerapan panas dimasing-masing alat, setiap *cooling tower* yang dialirkan ke unit proses dilebihkan 10%, sehingga :

$$Total + FK 10\% = 1.1 \times 24807.6953 = 27288.4649 \frac{Kg}{jam}$$

c. Kebutuhan Air untuk *Dowtherm*

Air pendingin yang digunakan memiliki kondisi sebagai berikut :

Temperature masuk = 10°C

Temperature keluar = 25°C

Tabel 3.3 Kebutuhan Dowtherm Pabrik Etilen

No	Alat	Kebutuhan Dowtherm (Kg/h)
1	Kondenser Parsial (CS-01)	212971.8203
Total Kebutuhan Dowtherm		212971.8203

Dengan asumsi factor keamanan dan penyerapan panas dimasing-masing alat, setiap *dowtherm* yang dialirkan ke unit proses dilebihkan 10%, sehingga :

$$Total + FK 10\% = 1.1 \times 212971.8203 = 234269.0023 \frac{Kg}{jam}$$

d. Kebutuhan Air Domestik

- Air Sanitasi

Kebutuhan sir per orang = 120 L/hari

Jumlah karyawan = 146

Total = 17520 L/hari

- Air Laboratorium

Kebutuhan air lab = 95 -200 L/hari/staff

Permisalan = 95 L/hari/staff

Jumlah staff RnD & QC = 20 staff

Total = 1900 L/hari

- Hydrant

Kebutuhan = 20 L/jam

Total = 480 L/hari

$$Total Air Domestik = 17520 + 1900 + 480 = 19900 L/hari$$

Atau setara dengan 19.7800 m³/hari atau 0.8242 m³/jam.

Kondisi Air Domestik yang digunakan :

Temperature = 30°C
 ρ = 1022.8753 Kg/m³
 Massa air domestik = 848.1341 Kg/jam

Asumsi factor keamanan sebesar 10%, maka jumlah air domestik yang dibutuhkan adalah:

$$Total + FK\ 10\% = 1.1 \times 848.1341 = 932.9475\ Kg/jam$$

Maka kebutuhan Air Keseluruhan adalah ;

Tabel 3.4 Kebutuhan Keseluruhan Air Pabrik Etilen

No	Kebuthan Air	Star Up (Kg/jam)	Kontinyu (Kg/jam)
1	Air Umpan boiler	57096.8669	-
2	<i>Make Up boiler</i>	-	5709.6867
3	Air Pendingin	27288.4649	-
4	<i>Make Up cooling tower</i>	-	9521.4959
5	Air Pendingin (<i>Dowtherm</i>)	234269.0023	-
6	<i>Make up air pendingin</i>	-	234269.0023
7	Air Domestik	932.9475	932.9475
Total		319587.2816	250433.1324

Atau setara dengan 269.3158 m³/jam atau 275476.446 kg/jam.

2. Unit Penyedia Listrik

Penyediaan sarana listrik dibagi menjadi 2 golongan yaitu daya proses dan daya penunjang.

a. Daya Proses

Berikut rincian detail daya proses:

Tabel 3.5 Daya Proses Pabrik Etilen

Nama Alat/Kode Alat	Fungsi	Daya (HP)
Pompa Utilitas-01 (PU-01)	Memompa air dari badan sungai ke screen	2.95
Pompa Utilitas-02 (PU-02)	Memompa air dari screen ke reservoir	2.95

Nama Alat/Kode Alat	Fungsi	Daya (HP)
Pompa Utilitas-03 (PU-03)	Memompa air dari reservoir ke bak pengadukan cepat (BPC)	2.95
Pompa Utilitas-04 (PU-04)	Memompa air dari bak pengaduk cepat ke bak pengendap I	2.95
Pompa Utilitas-05 (PU-05)	Memompa air dari bak pengendap I ke bak pengendap II	2.95
Pompa Utilitas-06 (PU-06)	Memompa air dari bak pengendap II ke tangki filtrasi	2.95
Pompa Utilitas-07 (PU-07)	Memompa air dari tangki filtrasi ke bak air bersih	2.95
Pompa Utilitas-08 (PU-08)	Memompa air dari bak air bersih ke tangki demineralisasi	2.95
Pompa Utilitas-09 (PU-09)	Memompa air dari bak bersih ke bak penumpang cooling tower	2.01
Pompa Utilitas-10 (PU-10)	Memompa air dari tangki demineralisasi ke bak umpan boiler	2.01
Pompa Utilitas-11 (PU-11)	Memompa air dari bak air bersih ke bak domestik	0.54
Pompa Utilitas-12 (PU-12)	Memompa air dari bak air bersih ke bak limbah	2.01
Fan cooling tower	Mendinginkan fluida panas menjadi fluida dingin dengan prinsip "dehumineralisasi"	1.33
Total		31,4971

b. Daya Penunjang

- Peralatan bengkel

Dalam suatu pabrik diperlukan fasilitas pemeliharaan dan perbaikan pabrik.

Estimasi daya listrik yang dibutuhkan = 50 Kw/hari

- Instrumentasi

Alat instrumentasi yang digunakan berupa alat control dan alat pendeteksi.

Estimasi daya listrik yang dibutuhkan = 15 Kw/hari

- Penerangan lampu jalan, pendingin ruangan dan perkantoran

Alat penerangan yang dibutuhkan untuk pabrik, kantor dan lingkungan sekitar pabrik.

Estimasi daya listrik yang dibutuhkan = 45 Kw/hari

- Alat kantor seperti computer, intercom, pengeras suara dan lainnya

Estimasi daya listrik yang dibutuhkan = 30 Kw/hari

Total Daya Penunjang = 50 + 15 + 45 + 30 = 140 KW/hari

Atau setara dengan 7.8226 HP/jam.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Listrik Keseluruhan} &= \text{Daya Penunjang} + \text{Daya Proses} + \text{Daya Utilitas} \\ &= 7.8226 + 8086.9810 + 31.4971 \\ &= 8126.3007 \text{ HP/jam}\end{aligned}$$

Asumsi factor keamanan sebesar 10%, maka jumlah air domestik yang dibutuhkan adalah:

$$\text{Total} + \text{FK } 10\% = 1.1 \times 8126.3007 = 9751.5609 \frac{\text{HP}}{\text{jam}}$$

Atau setara dengan 7271.7389 KWH.

3. Unit Penyedia Bahan Bakar

Penyediaan bahan bakar untuk generator, boiler dan kendaraan

Bahan Bakar = Solar

Heating value = 19200 Btu/lb

ρ = 850 kg/m³

a. Penyediaan Solar untuk Generator

Diasumsikan:

- Efisiensi pembakaran solar pada generator = 85 %
- Pemadaman listrik = 1 jam/hari
- Generator yang digunakan = 7271.7389 KWH ~
24812195.0051 Btu/jam

$$\text{Massa Solar} = \frac{\text{Kebutuhan Listrik}}{h \times Hv}$$

Keterangan:

Hv = Heating value bio solar

h = Efisiensi pembakaran

$$\text{Massa Solar} = \frac{24812195.0051}{(85\% \times 19200)} = 1520.3551 \frac{\text{lb}}{\text{jam}} = 689.5034 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

Jika per hari perkiraan pemadaman 1 jam maka, 15858.5791 kg/hari. Oleh karena itu kebutuhan solar untuk generator per hari sebesar 19030.2950 kg/hari ~ 22388.5823 l/hari.

b. Penyediaan Solar untuk Boiler

Kebutuhan solar untuk boiler = 7482.3564 kg/jam

Kebutuhan solar per hari = 179576.5539 kg/hari

dimana bahan baku disuplai di satu ujung jalur dan bergerak dari satu operasi ke operasi berikutnya dengan cukup cepat dengan pekerjaan minimum dalam proses, penyimpanan dan penanganan bahan.

2. Tata Letak Proses atau Fungsional (*Process/Functional Lay Out*)

Dalam tata letak ini peralatan diletakan berdasarkan proses atau fungsi yang sama, peralatan tidak diatur sesuai dengan urutan operasi tetapi diukur dengan sifat atau jenis operasi pada ruang tertentu. Tata letak ini umumnya cocok untuk pekerjaan yang tidak berulang.

Pada saat merancang pabrik etilen, tata letak alat proses yang digunakan menjadi tata letak produk atau lini (*product layout/line layout*). Tata letak ini dipilih dengan mempertimbangkan fakta bahwa terdapat tiga tahap produksi yang berurutan (tahap persiapan - tahap produksi etilen - pemurnian etilen) dan fokus hanya pada satu produk utama (etilen) dimana artinya tidak perlu mengelompokkan tata letak pabrik tergantung fungsinya.

Pembangunan ekonomi dan pengoperasian pabrik pengolahan yang efisien sangatlah penting. Faktor-faktor berikut dipertimbangkan ketika merancang penyusunan tata letak alat proses:

1. Pertimbangan ekonomis

Biaya konstruksi dapat dioptimalkan dengan menempatkan peralatan yang membuat sistem perpipaan antar peralatan proses sesingkat mungkin, sehingga mengurangi daya tekan alat terhadap bahan/campuran dimana nantinya akan mengurangi biaya variable.

2. Kemudahan operasional

Letak tiap alat diusahakan agar dapat memberikan keleluasan bergerak pada para pekerja dalam melaksanakan aktifitas produksi.

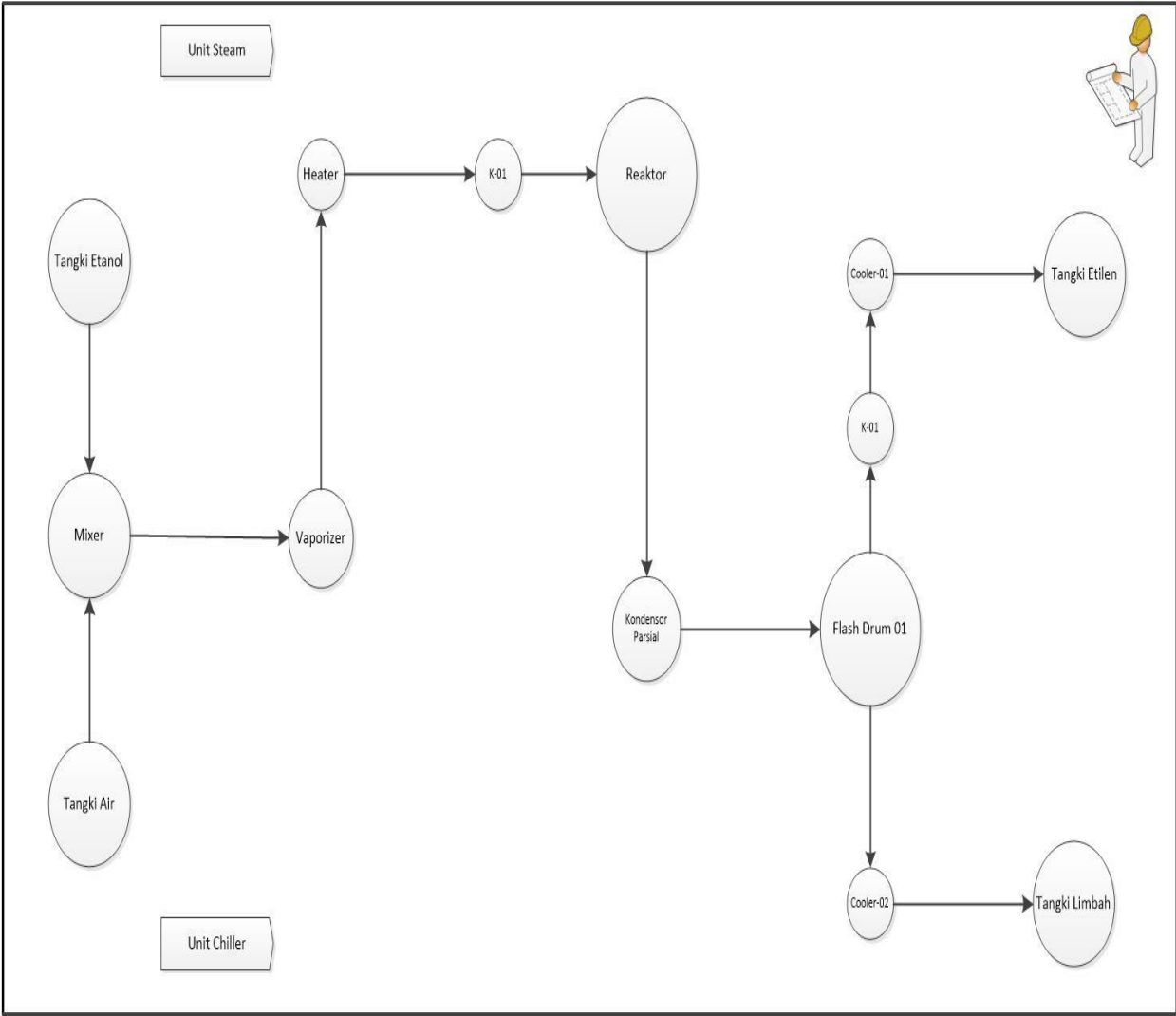
3. Kemudahan pemeliharaan

Kemudahan pemeliharaan merupakan pertimbangan penting ketika menemukan peralatan proses. Pemeliharaan peralatan proses memastikan bahwa peralatan berfungsi dengan baik dan memiliki masa pakai yang lama. Saat mencari peralatan proses, penting untuk memastikan ruang yang cukup untuk pemeliharaan dan perbaikan.

4. Keamanan operasional

Keselamatan pekerja dan operasional pabrik merupakan faktor yang sangat penting. Peralatan bersuhu tinggi diisolasi dengan insulasi untuk melindungi pekerja dari kerusakan.

Terdapat pintu keluar darurat sehingga pekerja dapat dengan mudah melindungi diri jika terjadi situasi yang tidak terduga.



GAMBAR 3.11 TATA LETAK ALAT

3.3 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan bagian dari perancangan pendirian pabrik yang perlu diperhatikan. Tata letak pabrik mengatur susunan letak bangunan untuk area proses, area perlengkapan, area kantor, area gudang, area utilitas dan area fasilitas lain demi kelancaran proses produksi dengan baik dan efisien serta menjaga keselamatan pekerja dan menjaga keamanan dari pabrik tersebut. Aliran proses dan aktifitas menjadi dasar pertimbangan pengaturan bangunan pabrik, sehingga proses dapat berjalan dengan efektif, aman dan kontinyu.

Berikut merupakan factor-faktor yang menjadi perhatian dan pertimbangan dalam menentukan tata letak pabrik (*Plant Lay Out*) antara lain :

- a. Kemudahan dalam operai dan proses yang disesuaikan dengan kemudahan memelihara peralatan serta kemudahan control hasil produksi.
- b. Distribusi utilitas yang tepat dan ekonomis.
- c. Kebebasan bergerak yang cukup di antara alat proses dan alat yang menyimpan bahan berbahaya dan atau alat penunjang lainnya.
- d. Antisipasi adanya kemungkinan perluasan pabrik.
- e. Penggunaan ruang yang efektif dan ekonomis.

Berdasarkan faktor pertimbangan di atas, pengaturan tata letak pabrik etilen, untuk penempatan bangunan dalam kawasan pabrik dirancang sebagai berikut:

1. Area proses

Area tempat berlangsungnya proses produksi etilen ditempatkan pada area yang memudahkan distribusi suplai bahan baku dari tangki penyimpanan dan pengiriman produk ke tangki penyimpanan produk serta tempat yang memudahkan pemantauan dan perbaikan alat-alat proses.

2. Area penyimpanan

Area tempat penyimpanan bahan baku dan produk yang dihasilkan diletakkan pada tempat yang mudah dijangkau alat pengangkut.

3. Area pemeliharaan dan perawatan pabrik

Area perbengkelan untuk melakukan perawatan dan perbaikan sesuatu kebutuhan pabrik.

4. Area utilitas/sarana Penunjang

Area alat-alat penunjang produksi berupa tempat penyediaan air, tenaga listrik, pemanas dan sarana pengolahan limbah.

5. Area administrasi dan perkantoran

Area pusat kegiatan administrasi pabrik untuk urusan-urusan dengan pihak - pihak luar maupun dalam.

6. Area laboratorium

Area *Quality Control* (QC) terhadap produk maupun bahan baku serta tempat penelitian dan pengembangan (R&D).

7. Fasilitas umum

Area yang terdiri dari kantin, klinik pengobatan, lapangan parkir serta tempat ibadah. Penempatan fasilitas umum diletakkan sedemikian rupa agar seluruh pekerja dapat memanfaatkannya.

8. Area Perluasan

Area yang dipersiapkan untuk perluasan pabrik dimasa yang akan datang dikarenakan peningkatan kapasitas produksi akibat adanya peningkatan produk.



GAMBAR 3.12 TATA LETAK PABRIK

BAB IV

SPESIFIKASI ALAT

4.1 Peralatan Proses

Peralatan proses yang terdapat pada pabrik etilen terdiri dari tangki penyimpanan bahan baku cair maupun gas, reaktor fixed bed multitube, mixer pencampuran, vaporizer untuk menguapkan dan kompresor untuk menaikkan tekanan. Alat penukar panas yang digunakan berupa *heater dan cooler*. Semua peralatan dirancang sesuai kebutuhan.

4.1.1 Tangki Penyimpanan Etanol TP-01

- a. Fungsi : Tempat penyimpanan bahan baku Etanol
- b. Kapasitas : 17802.15 Kg/jam
- c. Kondisi Operasi
 - Temperature : 30 °C
 - Tekanan : 1 atm
- d. Dimensi
 - Volume (V_t 20%) : 334.23 m³
 - Diameter
 - ID tangki : 5.04 m
 - OD tangki : 6.10 m
 - Tinggi : 13.33 m
- e. Material Konstruksi : *Stainless steel SA 167 type 304*
- f. Harga Satuan : Rp 6,100,113,028
- g. Jumlah Alat : 6 unit

4.1.2 Tangki Penyimpanan Air TP-02

- a. Fungsi : Tempat penyimpanan bahan baku air
- b. Kapasitas : 24693.96 Kg/jam
- c. Kondisi Operasi
 - Temperature : 30°C
 - Tekanan : 1 atm
- d. Dimensi