

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

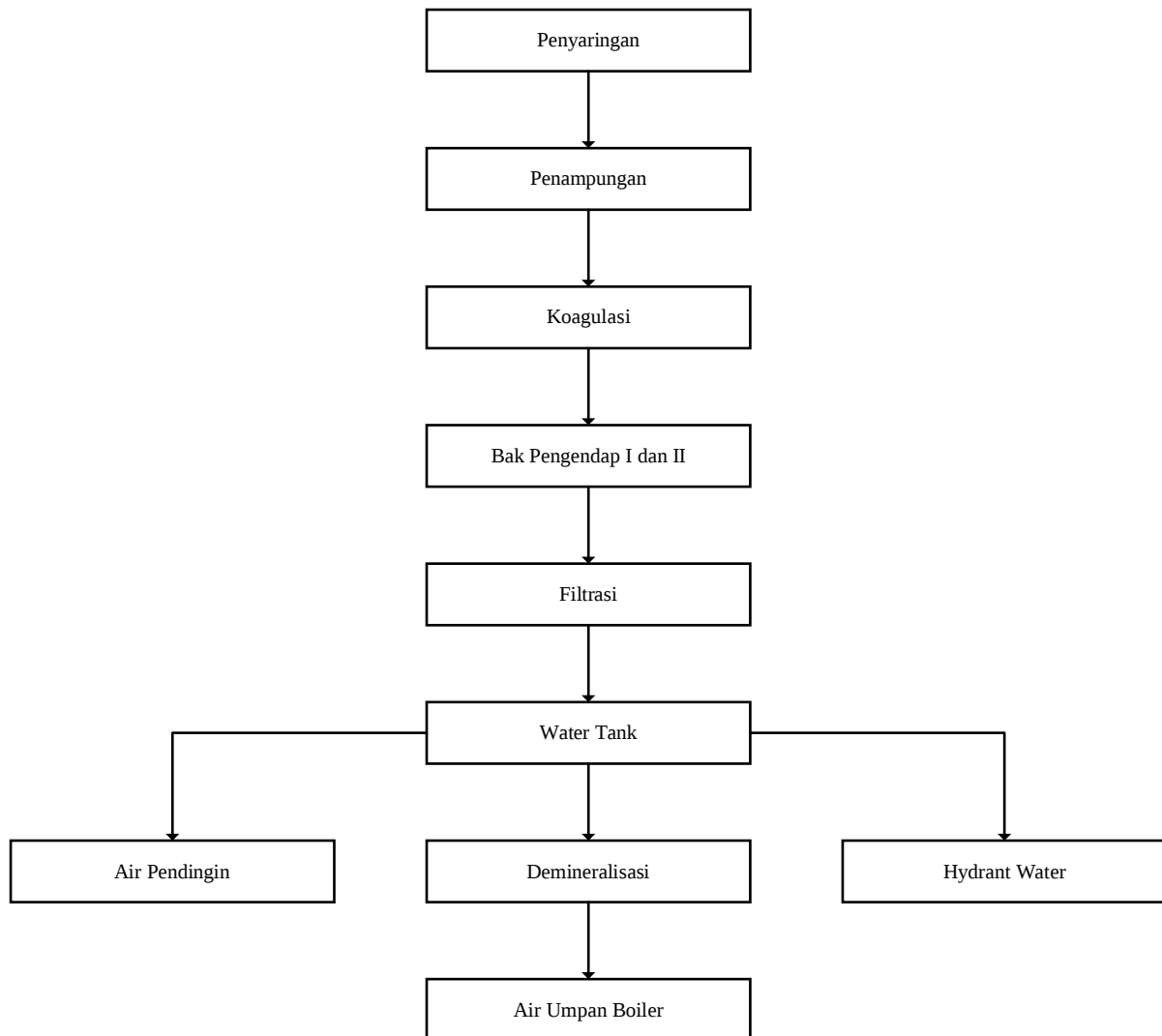
Unit pendukung proses adalah unit utilitas yang berfungsi sebagai penunjang unit-unit dalam industri dan berperan untuk menjalankan proses dari awal sampai akhir. Unit tersebut meliputi unit pengolahan dan penyediaan air, unit pembangkit uap, unit pembangkit listrik, unit penyediaan bahan bakar, unit udara instrument, unit laboratorium, dan unit pengolahan limbah.

4.1 Unit Pengolahan dan Penyediaan Air (*Water Treatment System*)

Untuk memenuhi kebutuhan pabrik akan air maka dibutuhkan unit pengolahan dan penyediaan air. Dimana air tersebut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air umpan, boiler, air sanitasi, air proses, air hidrant, serta cooling water.

4.1.1 Unit Pengolahan Air

Unit pengolahan air merupakan unit yang berfungsi untuk memurnikan air melalui berbagai proses sehingga akan didapatkan air yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Air baku akan didapatkan dari Sungai Cidanau, air ini akan dipompa menuju *water pond* yang akan digunakan untuk berbagai kebutuhan di pabrik seperti, air pendingin, air umpan boiler, dan *hydrant water* melalui beberapa tahapan pengolahan. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan untuk pengolahan air:



Gambar 4. 1 Blok Diagram Proses Pengolahan Air

1. Penyaringan

Air yang telah diperoleh dari Sungai Cidanau akan disaring untuk memisahkan kotoran atau padatan berukuran besar. Pada tahapan ini, air yang mengandung kotoran-kotoran berukuran besar akan disaring dan air yang mengandung partikel berukuran kecil akan dilanjutkan menuju ketahapan berikutnya.

2. Penampungan

Air yang telah disaring akan disimpan di bak penampungan untuk mengendapkan kotoran dan lumpur yang masih terbawa dari air sungai menggunakan proses sedimentasi.

3. Koagulasi

Pada tahap ini akan terjadi penggumpalan partikel koloid menggunakan penambahan senyawa kimia atau bahan koagulan kedalam air. Senyawa kimia yang digunakan adalah Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), air yang telah ditambahkan Aluminium Sulfat akan memiliki sifat basa sehingga mudah terhidrolisa. Untuk mempermudah proses penggumpalan maka akan ditambahkan kapur ke dalam air tersebut.

4. Bak Pengendap I dan II

Flok dan endapan yang berasal dari proses koagulasi akan diendapkan di dalam bak pengendap I dan II.

5. Filtrasi

Air hasil akan keluar dari bak pengendap II dan masih mengandung padatan tersuspensi sehingga akan dilewatkan filter untuk difiltrasi.

6. *Water Tank*

Air yang berasal dari proses filtrasi adalah air bersih sehingga dapat ditampung di dalam *water tank*. Air ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pendingin dan *hydrant water* dalam pabrik. Sedangkan, untuk air yang akan digunakan sebagai air domestik akan dilakukan proses demineralisasi terlebih dahulu.

7. Demineralisasi

Pada tahap demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung didalamnya, melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

a. Kation Exchanger

Kation exchanger merupakan resin penukar kation-anion yang berisi resin penukar kation dimana penggantian kation yang terkandung didalamnya menjadi ion H^+ dan air akan keluar dari kation echanger berupa kandungan anion dan ion H^+ .

b. Anion Exchanger

Anion akan terlarut dalam air dan dapat diikat dengan anion exchanger menggunakan resin yang memiliki sifat basa. Anion exchanger berfungsi untuk menghilangkan kandungan mineral yaitu, HCO_3^- , SiO_3^{2-} , Cl^- , NO^- , dan CO_3^{2-} . Sehingga mempunyai pH 7-8.

c. Deaerasi

Deaerasi berfungsi untuk menghilangkan gas oksigen (O_2) yang dapat terikat pada air umpan katel. Air yang sudah melewati proses demineralisasi

(*polish water*) akan dipompakan menuju deaerator dan diinjeksikan Hidrazin untuk mengikat oksigen yang terkandung dalam air karena dapat menyebabkan kerak pada tube boiler. Air yang sudah mengalami proses deaerasi akan dialirkan sebagai air umpan boiler.

4.1.2 Unit Penyediaan Air

1. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi untuk mendinginkan air sisa proses dan air limbah, namun akan dilakukan *pre-treatment* terlebih dahulu untuk menghindari terjadinya *fouling* pada *heat exchanger*. Air pendingin akan diproses di *cooling tower*. Pada prinsipnya, sisa air proses akan dialirkan dalam *basin cooling tower* kemudian akan disirkulasikan melalui *circulation pump*, setelah itu, akan terjadi penukaran panas melalui *heat exchanger*, sehingga air akan menjadi panas, air tersebut akan didinginkan di *cooling tower* menggunakan udara. Air panas akan keluar melalui *nozzle* dalam bentuk *spray* menuju *fill* untuk pertukaran panas antara air panas dan udara dingin di lingkungan, udara dingin akan masuk melalui *fan* dan berubah menjadi uap melalui *diffuser*. Pada *fill* akan terbentuk gelembung air yang akan dipecah oleh demister menjadi air. Berikut merupakan syarat air pendingin:

Tabel 4. 1 Syarat Air Pendingin (Kemenkes, 2010)

No.	Syarat	Kebutuhan
1.	pH	6-8
2.	Kesadahan CaCO_3	<500 ppm
3.	Alkalinitas CaCO_3	<500 ppm
4.	Silika	<150 ppm
5.	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	<2000 ppm

2. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler digunakan untuk menghasilkan *steam* selama proses berlangsung. Proses ini terjadi dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah uap murni dalam fase uap, konsentrasi ion akan berada dalam fase cair sehingga ion dalam air boiler tidak menguap, semakin lama maka semakin tinggi pergerakan pada pipa-pipa boiler. Output dari boiler ini merupakan *saturated steam* yang akan

dijadikan sebagai pemanas untuk *vaporizer*. Dalam pembuatan air boiler ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

1) Kandungan yang bersifat korosif

Kandungan yang dapat menyebabkan korosi di dalam boiler adalah gas CO_2 dan O_2 . Oksigen di dalam air dapat dihilangkan melalui tahapan deaerasi dan penambahan Hidrazin.

2) Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan kerak

Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan kerak adalah garam karbonat dan silika dikarenakan penggunaan suhu yang tinggi. Untuk mencegah hal tersebut dapat menambahkan phospat.

3) Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan pengotor

Kandungan yang dapat menyebabkan pembentukan pengotor adalah karena adanya zat-zat organik, anorganik, dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Untuk mencegah hal tersebut dapat dilakukan penambahan bahan antifoam.

Berikut merupakan syarat air umpan boiler:

Tabel 4. 2 Syarat Air Umpan Boiler (PT. Lotte Chemical Titan Nusantara, 2018)

No.	Parameter	Pengendalian Proses
1.	<i>Total Hardness</i>	<0,5 ppm as CaCO_3
2.	<i>pH</i>	8,5-9,5
3.	<i>Dissolved Oxygen</i>	0,01 ppm
4.	<i>Silica</i>	0,5 ppm as SiO_2

3. Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Pada pabrik selain air proses dibutuhkan juga air sanitasi untuk memenuhi kebutuhan umum sesuai dengan standar yang telah berlaku, meliputi standar fisik dan kimia. Standar fisik meliputi suhu air yang harus sama dengan suhu lingkungan, memiliki warna yang jernih, tidak berasa dan berbau. Sedangkan, untuk standar kimianya tidak mengandung zat beracun. Berikut merupakan standar baku mutu air sanitasi:

Tabel 4. 3 Parameter Fisik Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	30
5.	Rasa		Tidak Berasa
6.	Bau		Tidak berbau

Tabel 4. 4 Parameter Biologi Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100 ml	50
2.	E. coli	CFU/200 ml	0

Tabel 4. 5 Parameter Kimia Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Kemenkes, 2017)

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
1.	pH		6,5-8,5
2.	Besi dan Nitrat, sebagai N	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Sianida dan Pestisida total	mg/l	0,1
8.	Deterjen	mg/l	0,05

4) *Hidrant Water*

Hidrant water adalah air yang digunakan pada saat kebakaran terjadi, air ini harus selalu ada di pabrik. Apabila pabrik mengalami kebakaran maka air ini harus dapat digunakan dengan cepat dan mudah. Penyaluran air pemadam kebakaran ini melalui pipa *hidrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh pabrik, sehingga dapat dengan mudah mencapai seluruh area pabrik.

4.1.3 Kebutuhan Air

Kebutuhan air steam dalam pabrik ethylbenzene pada air pendingin, air untuk steam, air sanitasi, dan air hydrant. Berikut ini merupakan kebutuhan air di pabrik ethylbenzene:

1) Kebutuhan air pendingin

Berikut merupakan jumlah kebutuhan air pendingin di pabrik ethylbenzene yang dapat dilihat pada Tabel 4. 6

Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Reaktor R-01 (antara Bed I dan II)	56.907,058
2.	Reaktor R-01 (antara Bed II dan III)	10.309.808,443
3.	Kondensor CD-01	490.736,63
4.	Kondensor CD-02	2.970.973,36
5.	Heat Exchanger HE-101	30.258.773,50
6.	Heat Exchanger HE-102	1.026.175,43
Total		45.113.374,421

- Berdasarkan Tabel 4. 6 air pendingin yang dibutuhkan adalah 45.113.374,421 kg/jam.
- Sebagai faktor keamanan 10% sebagai tambahan, maka kebutuhan air pendingin menjadi 49.624.711,863 kg/jam.
- Pabrik ethylbenzene ini akan menggunakan *cooling tower* dengan sistem *open recirculating* sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air pendingin dimana air pendingin yang keluar proses akan didinginkan kembali di *cooling tower* dan dapat digunakan kembali untuk mendinginkan proses. Make-up untuk air pendingin dengan memperkirakan adanya kehilangan air yang disebabkan oleh:
 - a. Evaporation loss = 57.167,668 m³/hari
 - b. Windage loss = 238.198,617 m³/hari
 - c. Blowdown = 8.166,810 m³/hari

Dengan sistem ini pabrik hanya membutuhkan make-up air pendingin sejumlah total air yang hilang yaitu 303.533,095 m³/hari.

2) Kebutuhan air *steam*

Berikut merupakan jumlah kebutuhan air *steam* di pabrik ethylbenzene yang dapat dilihat pada Tabel 4. 7

Tabel 4. 7 Kebutuhan Air Steam

No.	Nama Alat	Jenis Steam	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Vaporizer VP-01	<i>Saturated Steam</i>	1.997,229
2.	Menara Distilasi MD-01	<i>Saturated Steam</i>	15.438,37
3.	Menara Distilasi MD-02	<i>Saturated Steam</i>	618,15
Total			18.053,749

- Berdasarkan Tabel 4. 7 air yang dibutuhkan untuk kebutuhan *steam* adalah 18.053,749 kg/jam.
- Sebagai faktor keamanan 10% tambahan, maka kebutuhan air menjadi 19.859,124 kg/jam.
- Berdasarkan Hall (2005), *blowdown* air umpan boiler adalah 4-8%. Apabila persentase *blowdown* sebesar 8%, maka *blowdown* adalah

$$\text{Blowdown} = 1.588,730 \text{ kg/jam}$$
- Umpan masuk boiler

$$= 19.859,124 + 1.588,730$$

$$= 21.447,854 \text{ kg/jam}$$
- Kondensat yang kembali

$$= 90\% \times 19.859,124$$

$$= 17.873,212 \text{ kg/jam}$$
- Kondensat yang hilang

$$= 19.859,124 - 17.873,212$$

$$= 1.985,912 \text{ kg/jam}$$
- *Make-up* air untuk boiler

$$= \text{kondensat yang hilang} + \text{blowdown}$$

$$= 3.574,642 \text{ kg/jam}$$

3) Kebutuhan air sanitasi

Kebutuhan air sanitasi di pabrik meliputi kebutuhan air karyawan, air laboratorium, air pembersih, dan sebagainya. Berikut merupakan jumlah kebutuhan air sanitasi di pabrik ethylbenzene:

- Menurut Linsley (1991), kebutuhan air untuk karyawan adalah 15 L/orang/hari.

$$\text{Kebutuhan air karyawan} = 224 \times 15 \text{ L/orang/hari}$$

$$= 3.360 \text{ L/hari}$$

$$= 3,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$
- Perkiraan kebutuhan air laboratorium adalah 2,5 m³/hari.
- Perkiraan kebutuhan air untuk pembersihan dan lain-lain adalah 10 m³/hari.
- Total kebutuhan air untuk sanitasi = 3,36 m³/hari + 2,5 m³/hari + 10 m³/hari

$$= 15,86 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4) Kebutuhan *hydrant water*

Menurut Nalco (1976), kebutuhan air pada *hydrant water* adalah 2.400 L/min dengan waktu kurang dari 30 menit dan mudah dicapai oleh unit mobil pemadam kebakaran, yang akan ditampung di dalam bak penampung dengan kebutuhan harian mencapai 72 m³/hari dan memiliki syarat baku mutu seperti air sanitasi.

4.2 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Unit pembangkit listrik adalah unit yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam pabrik, pada unit ini listrik akan dikonveersi menjadi tenaga mekanik. Sehingga, alat pada area proses dan utilitas dapat beroperasi. Listrik di pabrik ethylbenzene ini akan disuplai oleh PT. PLN dan untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan listrik akan disuplai oleh generator cadangan. Kebutuhan listrik pada pabrik dapat digolongkan sebagai berikut:

- Kebutuhan listrik untuk alat-alat proses, utilitas, dan pengolahan limbah.
- Kebutuhan listrik untuk alat-alat elektronik.
- Kebutuhan listrik untuk laboratorium.

4.2.1 Kebutuhan listrik untuk alat-alat proses, utilitas, dan pengolahan limbah

Berikut merupakan total daya yang diperlukan untuk alat-alat proses, utilitas, dan pengolahan limbah pada Tabel 4. 8 dan Tabel 4. 9

Tabel 4. 8 Total Daya Pada Alat-Alat Proses

Nama Alat	Hp	Jumlah	Σ HP
Compressor C-101	2.000	1	2.000
Pompa P-01	3	1	3
Pompa P-02	6	1	6
Pompa P-03	5	1	5
Pompa P-04	5	1	5
Pompa P-05	5	1	5
Total			2.024

Tabel 4. 9 Total Daya Pada Peralatan Utilitas

Nama Alat	Hp	Jumlah	Σ HP
Pompa <i>raw water</i>	15	1	15
Kompresor udara tekan	12	1	12
Pompa air pendingin	8	1	8
Pompa air lunak	3	1	3
Pompa air sanitasi	3	2	6
Pompa boiler	4	1	4
Pompa air limbah	3	1	3
<i>Fan cooling tower</i>	3	1	3
Pompa <i>boiler feed water</i>	3	1	3
Pompa <i>hydrant</i>	4	1	4
Total			61

Kebutuhan total = kebutuhan listrik proses + kebutuhan listrik utilitas
= 2.085 HP

Jika 1 HP = 0,7475 kW

Maka *power* yang dibutuhkan adalah 1.558,537 kW

4.2.2 Kebutuhan listrik untuk alat-alat elektronik

Perkiraan kebutuhan tenaga listrik pada alat-alat elektronik dapat dihitung menggunakan konsep *Luminous Efficacy*, yaitu tenaga radiasi Cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk *lumen*. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$Lumen = Area \times Lux$$

Dimana:

Area = Luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Nilai *lux* yang didapatkan akan berbeda tergantung pada *area* yang akan diberi penerangan. Nilai *lux* yang akan digunakan pada perancangan ini merupakan nilai *lux* menurut Sheldrake (2003).

Tabel 4. 10 Kebutuhan *Lumen Area Indoor*

Bangunan	Luas	<i>Lux</i>	<i>Lumen</i>
Pos Keamanan	35	80	2.800
Gedung Kantor Utama	1.100	200	220.000
Kantor dan Unit K3	200	200	40.000
Administrasi	200	200	40.000
Laboratorium	350	200	70.000
<i>Control Room</i>	350	150	52.500
Area Penyimpanan	200	150	30.000
Bengkel	400	100	40.000
Masjid	250	100	25.000
Kantin	150	100	15.000
Poliklinik	200	200	40.000
Aula	500	200	100.000
<i>Fire Station</i>	250	500	125.000
Total	4.185		800.300

Tabel 4. 11 Kebutuhan *Lumen Area Outdoor*

Bangunan	Luas	<i>Lux</i>	<i>Lumen</i>
Unit Pengolahan Limbah	750	60	45.000
Utilitas	1.600	100	160.000
Area Proses Produksi	5.000	100	500.000
Parkiran	850	100	85.000
Jalan dan Taman	1.200	100	120.000
Area Perluasan Pabrik	3.500	75	262.500
Total	12.900		1.172.500

Pada semua area di dalam bangunan akan direncanakan menggunakan lampu *Light-emitting diode* (LED) Philips 14 watt dengan *Lumen output* tiap lampunya 1.400 *lumen* dan untuk area di luar ruangan akan menggunakan lampu LED Philips 18 watt dengan *lumen output* tiap lampunya 2.000 *lumen*.

Jumlah lampu yang digunakan pada area dalam = $800.300/1.400$

= 572 buah lampu

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lampu yang digunakan pada area luar} &= 1.172.500/2.000 \\
 &= 586 \text{ buah lampu} \\
 \text{Total daya penerangan} &= (572 \times 14) + (586 \times 18) \\
 &= 18.556 \text{ W (18,556 kW)}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Ruang yang Menggunakan *Air Conditioner*

Bangunan	Luas
Gedung Kantor Utama	1.100
Kantor dan Unit K3	200
Administrasi	200
Laboratorium	350
<i>Control Room</i>	350
Masjid	250
Aula	500
Kantin	150
Poliklinik	200
Total	3.300

Air Conditioner yang direncanakan adalah AC Inverter. Sebuah AC I memerlukan daya listrik sebesar 520 Watt. Luas area yang membutuhkan AC adalah 3.300 m². Sebuah AC I diperkirakan akan cukup untuk memenuhi kebutuhan ruangan seluas 7 x 7 meter, sehingga AC yang dibutuhkan adalah 67 buah.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan listrik untuk 67 AC} &= 67 \times 520 \text{ Watt} \\
 &= 34.840 \text{ Watt (34,84 kW)}
 \end{aligned}$$

4.2.3 Kebutuhan listrik untuk laboratorium

Laboratorium akan menggunakan listrik sebesar 50 kW.

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan listrik} &= \text{Proses} + \text{Alat Elektronik} + \text{AC} + \text{Laboratorium} \\
 &= (1.558,537 + 18,556 + 34,84 + 50) \text{ kW} \\
 &= 1.661,933 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4.2.4 Generator

Untuk mengantisipasi apabila suplai listrik dari PLN terputus, generator akan digunakan sehingga aktivitas produksi tetap berjalan. Dengan menggunakan efisiensi sebesar 80%, maka:

$$\begin{aligned} \text{Input generator} &= 1.661,933 \text{ kW} / 0,8 \\ &= 2.077,416 \text{ kW} \end{aligned}$$

Output generator akan ditetapkan sebesar 3.500 kW = 11.942.497 BTU/jam, sehingga masih tersisa 1.422,584 kW untuk keperluan yang lain.

Spesifikasi generator:

- Tipe = AC generator
- Kapasitas = 3.500 kW
- Efisiensi = 80%
- Phase = 3
- Jumlah = 2 buah
- Bahan bakar = gas alam

4.3 Unit Penyedia Steam (*Steam Generation System*)

Pada proses produksi pabrik akan diperlukan steam untuk memenuhi kebutuhan panas pada saat proses produksi berlangsung, steam tersebut akan diproduksi di boiler. Berdasarkan Tabel 4. 7 dapat diketahui kebutuhan steam sebagai berikut:

- Kebutuhan air untuk steam = 135.598,891 kg/jam
- *Blowdown* = 10.847,911 kg/jam
- Umpan masuk boiler = 146.446,802 kg/jam
- Kondensat yang kembali = 122.039,002 kg/jam
- *Make up* air untuk boiler = 24.407,800 kg/jam

Kebutuhan steam akan dihasilkan dari boiler yang berjenis *fire tube boiler*.

4.3.1 Menghitung Kapasitas Boiler

- *Saturated steam* pada 483,15 K, 1.907,9 kPa memiliki $h_v = 1.143,76 \text{ BTU/lb}$.
Make up air pada $T = 300^\circ\text{C} = 86 \text{ F}$, diperoleh $h_L = 54,0554,05 \text{ BTU/lb}$ (Van Ness *et al.*, 2010).

- Kondensat yang kembali pada $T = 483,15 \text{ K} = 410 \text{ F}$, memiliki nilai $h_L = 248,16 \text{ BTU/lb}$ (Van Ness *et al.*, 2010).
- Maka,

$$Q = m_s (h - h_f)$$

Dimana:

Q = Kapasitas boiler (BTU/jam)

m_s = Massa *steam* (lb)

h = Entalpi *steam* pada P dan T tertentu (BTU/lb)

h_f = Entalpi *steam* pada 1 atm (BTU/lb)

Karena steam yang masuk terdiri dari 10% *fresh feed (make up water)* dan 90% kondensat, maka:

$$h_f = (10\% \times h \text{ fluid pada } 86 \text{ F}) + (90\% \times h \text{ fluid pada } 410 \text{ F})$$

$$h_f = (10\% \times 54,055) + (90\% \times 248,160)$$

$$h_f = 5,405 + 223,344$$

$$h_f = 228,749$$

$$Q = m_s (h - h_f)$$

$$Q = 228,749 (1.143,76 - 228,749)$$

$$Q = 209.307,851 \text{ BTU/jam}$$

4.3.2 Menentukan Luas Perpindahan Panas

- Sehingga,

$$Hp = \frac{Q}{970,3 \times 34,5}$$

$$Hp = \frac{209.307,851}{970,3 \times 34,5}$$

$$Hp = 6,253 \text{ H}$$

Ditentukan luas bidang pemanasan adalah $10 \text{ ft}^2/\text{HP}$

Jadi, total *heating surface* 62,526

4.3.3 Menentukan Kebutuhan Bahan Bakar

Gas yang akan digunakan oleh boiler berasal dari PT. Perusahaan Gas Negara, Tbk.

- *Heating Value* = 1.301,72 Btu/scf
- Efisiensi = 80%
- S.g = 0,865

Kebutuhan bahan bakar:

$$Vf = \frac{Q}{f \times efisiensi}$$

Dimana:

- Vf = Volume bahan bakar yang dibutuhkan lb/jam
- Q = kapasitas boiler, Btu/jam
- n = efisiensi boiler (80%)
- f = *heating value*, Btu/scf

$$Vf = \frac{209.307,851}{1.301,72 \times 0,80} \times 0,0417 \text{ scfd}$$

$$Vf = 8,381 \text{ scfd}$$

Volume masing masing boiler = 9,89 m³/jam

Spesifikasi boiler:

- Tipe = *Water tube boiler*
- Jumlah = 1 buah beroperasi, 1 buah *stand by*
- *Heating surface* = 62,526 ft²
- Tekanan = 1907 kPa
- Suhu = 485,15 K
- Bahan bakar = Gas alam
- Laju alir bahan bakar = 8,381 scfd

4.4 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar furnace dan generator pada proses produksi ethylbenzene. Bahan bakar yang digunakan merupakan gas alam yang berasal dari PT. Perusahaan Gas Negara, Tbk.

4.4.1 Bahan Bakar untuk Generator

Kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk generator adalah:

- Jenis bahan bakar = Gas alam
- *Heating value* = 1.301,72 Btu/scf
- Efisiensi = 80%
- Kapasitas *output* generator = 3.500 kW
= 3.500 kW x 3.412,142 BTU/jam
= 11.942.497 BTU/jam
- Kebutuhan gas alam = 11.942.497 BTU/jam / (80% x 1.301,72 Btu/scf)
= 11.467,997 scf/jam
= 275.231,932 scfd

4.4.2 Bahan Bakar untuk Furnace

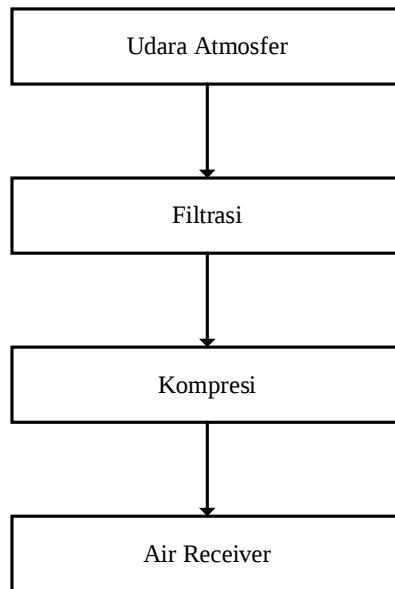
Dari perhitungan neraca panas didapatkan beban panas furnace adalah 74.091.954,463 kJ/jam atau 70.225.614 BTU/jam. Kebutuhan bahan bakar untuk furnace dapat dihitung sebagai berikut:

- Kebutuhan gas alam
$$= \frac{70.225.614 \frac{BTU}{jam}}{1.301,72 \frac{BTU}{scf}}$$

= 53.948,325 scf/jam
= 1.294.760 scfd
- Kebutuhan bahan bakar total = *boiler steam* + generator + furnace
= 8,381 + 275.231,932 + 1.294.760
= 1.570.000,313 scfd
= 1,57 mmscfd

4.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik akan udara tekan, udara akan dikonversi menjadi energi dengan cara memampatkan udara yang berada disekitar dengan menggunakan alat *pneumatic*. Berikut merupakan tahapan proses yang dilakukan untuk mendapatkan udara tekan.



Gambar 4. 2 Proses Udara Tekan

Pada prosesnya udara akan disaring untuk menghilangkan partikel debu. Kemudian, udara akan dikompresi menjadi udara bertekanan dengan tekanan 7 kg/cm². Dan udara bertekanan ini dimasukkan menuju *air receiver* sehingga siap digunakan untuk keperluan pada saat pabrik beroperasi.

4.6 Unit Laboratorium

Unit laboratorium digunakan untuk melakukan pencatatan, pelaporan, dan menganalisa faktor penyimpangan pada metode kerja, bahan baku, ataupun produk. Unit laboratorium juga bertanggung jawab dalam membantu mengurangi pencemaran lingkungan dengan cara melakukan penelitian mengenai bahan baku, proses, dan produksi.

1) Pengendalian bahan mutu produk

Pengendalian bahan mutu produk berfungsi untuk mengatur standar kualitas mutu bahan baku, proses produksi, bahan setengah jadi, dan produk. Pada proses pembuatan ethylbenzene akan dilakukan beberapa analisis sebagai berikut:

- Analisa bahan baku etilena dan benzene.
- Analisa bahan ethylbenzene dan bahan lain pada aliran proses.
- Analisa produk ethylbenzene

2) Pengendalian bahan mutu utilitas

Pengendalian bahan mutu utilitas digunakan untuk menganalisa kebutuhan utilitas dalam proses produksi ethylbenzene. Berikut ini merupakan beberapa analisa yang dilakukan:

- Analisa *feed water*, meliputi analisa *dissolved oxygen*, pH, *hardness*, *total solid*, *suspended solid*, *oil*, dan *organic matter*.
- Analisa air lunak dan air dari proses penjernihan termasuk pH, SiO_2 , kalsium sebagai CaCO_3 , sulfur sebagai SO_4^- , klorin sebagai Cl_2 , dan zat padat terlarut.
- Analisa *cooling water* meliputi pH jenuh, CaCO_3 , dan indeks *langlier*.
- Analisa air minum meliputi pH, sisa klorin, dan kekeruhan.

4.6.1 Alat Utama Laboratorium

Alat-alat utama yang digunakan dalam laboratorium di pabrik ethylbenzene, yaitu:

- 1) *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) untuk mengevaluasi hidrokarbon dan logam berat.
- 2) BOD meter untuk mengukur kadar BOD dalam air.
- 3) *Conductivity meter* untuk mengukur konduktivitas zat terlarut dalam air.
- 4) *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) untuk menganalisa produk ethylbenzene dan bahan organik lainnya.
- 5) *Hydrometer* untuk mengukur *specific gravity*.
- 6) pH meter untuk mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan cairan.
- 7) *Total Suspended Solid Analyzer* (TSS) untuk mengukur *total suspended solid*.
- 8) *Turbidity meter* untuk mengukur tingkat kekeruhan air.
- 9) *Water Content Tester* untuk menganalisa kadar air.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Limbah Cair

Pengolahan limbah cair merupakan proses pengolahan limbah cair hasil produksi ethylbenzene. Dalam limbah cair terdapat beberapa parameter yang digunakan sehingga limbah yang dibuang tidak menyebabkan bahaya terhadap lingkungan. Berikut merupakan parameter yang digunakan:

Tabel 4. 13 Parameter Limbah Cair (Kementrian LHK, 2016)

Parameter	Nilai
COD	Maks. 100 mg/L
BOD	Maks. 20 mg/L

TSS	Maks. 80 mg/L
Minyak	Maks. 5 mg/L
pH	6,5-8,5

1) Limbah Sanitasi

Limbah sanitasi merupakan limbah hasil pembuangan air yang tidak terpakai dalam Gedung dan pabrik. Air limbah sanitasi ini tidak berbahaya dan tidak mengandung bahan kimia sehingga untuk menanganinya tidak diperlukan perawatan khusus. Namun, perlu diperhatikan jumlah volume limbah yang akan dibuang.

2) Limbah Berminyak dari Pompa dan Kompresor

Limbah cair ini berasal dari pelumas yang keluar dari pompa dan kompresor, limbah ini akan dipisahkan berdasarkan perbedaan berat jenis antara air dan minyak. Minyak akan dialirkan menuju tungku pembakaran dan air akan dialirkan menuju ke unit *waste water treatment*.

3) Air Sisa Unit Demineralisasi dan Regenerasi Resin

Air sisa unit demineralisasi dan regenerasi resin merupakan air yang mengandung CH_3OH dan H_2SO_4 , selanjutnya akan dinetralkan oleh NaOH apabila bersifat asam dan H_2SO_4 apabila bersifat basa.

4.7.2 Limbah Gas

Untuk mencegah pencemaran udara dari bahan buangan gas akan dibuat cerobong asap (stack) dengan ketinggian tertentu. Contohnya fuel gas yang dihasilkan furnace yang akan dipasang cerobong asap setinggi 30 meter.

4.7.3 Limbah Padat

Limbah padat merupakan limbah padatan hasil dari proses produksi ethylbenzene, limbah padat ini akan dibuang ke landfill untuk mengisolasi limbah dari lingkungan, meminimalkan risiko pencemaran tanah, air tanah, dan udara.

4.7.4 Limbah B3

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan limbah yang dapat merusak dan mencemarkan lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung karena sifat, konsentrasi, atau jumlah limbahnya. Limbah B3 biasanya

berasal dari laboratorium dan limbah cair dari hasil proses produksi yang dapat menyebabkan infeksi dan korosif sehingga harus diolah melalui tahapan-tahapan berikut:

1) Equalisasi

Equalisasi merupakan proses penggabungan limbah cair sebelum diolah. Proses ini akan terjadi dalam bak yang bertujuan untuk mengurangi perubahan kualitas air buangan dan debit air limbah.

2) Netralisasi

Netralisasi merupakan proses pengendalian keasaman, keasaman akan diukur menggunakan pH meter dan penambahan H_2SO_4 atau $NaOH$ untuk membuat pH menjadi netral.

3) *Mixing*

Pada proses ini, limbah akan ditambahkan koagulan dan flokulan untuk mengendapkan limbah yang bereaksi dengan koagulan sehingga mudah dipisahkan.

4) Sedimentasi

Flok yang terbentuk pada saat proses pencampuran di bak sedimentasi akan diendapkan. Lumpur akan mengumpul di bawah karena bak ini memakai sistem pengendapan gravitasi. Air akan diambil melalui *gutter* dipermukaan atas, sedangkan lumpurnya akan dimasukkan ke *sludge collector*.

5) *Drying Bed*

Drying bed merupakan saringan pasir yang digunakan untuk menyaring lumpur dan akan dipompakan dari *sludge collector*. Lumpur akan tertahan di atas pasir dan airnya akan dikembalikan ke bak aerasi. Lumpur yang tertahan di permukaan pasir akan mengering dan membentuk padatan yang keras. Padatan ini akan mengering dan dibuang ke *landfill*.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

4.8.1 Kesehatan Kerja (*Health*)

Salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan untuk dunia industri modern terutama pabrik dengan standar internasional adalah kesehatan dan keselamatan kerja. Kesehatan dan keselamatan kerja berfungsi untuk mengurangi bahkan menghilangkan peluang terjadinya kecelakaan di tempat kerja. Kecelakaan

ini dapat mengakibatkan luka-luka, penyakit, hingga kematian pada pekerja yang dapat mengganggu operasional pabrik. Dengan adanya kesehatan dan keselamatan kerja dapat mencegah adanya kecelakaan serta menghindari kerugian bagi perusahaan.

4.8.2 Keselamatan Kerja (*Safety*)

Aktivitas yang dilakukan di pabrik dapat berpotensi mengakibatkan kecelakaan, terutama aktivitas proses produksi yang mengoperasikan alat dan mesin berkekuatan besar. Oleh karena itu, diperlukan adanya sistem keselamatan kerja untuk melindungi pekerja dari potensi bahaya selama beraktivitas di pabrik.

4.8.2.1 Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri adalah alat yang digunakan pekerja selama beraktivitas di pabrik untuk mengurangi risiko kecelakaan. Alat pelindung diri diantaranya adalah:

1. Helm

Helm adalah alat yang digunakan untuk melindungi kepala dari risiko kejatuhan benda tajam dan terbentur. Selama berada di pabrik para pekerja wajib menggunakan helm kecuali di daerah kantor.

2. Masker

Untuk melindungi pekerja dari paparan gas beracun, korosif, dan debu berbahaya, para pekerja diwajibkan menggunakan masker.

3. Sarung Tangan

Sarung tangan berfungsi untuk melindungi pekerja dari bahaya bahan yang dapat menyebabkan panas dan iritasi pada kulit.

4. *Safety Glass*

Safety glass digunakan oleh para pekerja di laboratorium, *maintenance*, dan *quality control* (QC). *Safety glass* ini berfungsi untuk melindungi mata dari bahan yang berbahaya.

5. *Safety Shoes*

Safety shoes wajib digunakan oleh semua pekerja di bagian produksi. *Safety shoes* ini digunakan untuk melindungi kaki dari potensi kejatuhan benda tajam, keras, dan kimia.

4.8.2.2 Pengaman Mesin

Proses produksi di pabrik menggunakan banyak mesin-mesin besar, mesin ini dapat berpotensi menyebabkan bahaya kecelakaan bagi pekerja. Oleh karena itu, diperlukan adanya pengaman mesin. Jenis pengaman mesin yang digunakan adalah *safety guard* dan *emergency stop button*.

4.8.2.3 Penanggulangan Kebakaran

Untuk menanggulangi kebakaran di pabrik diperlukan adanya sebuah tim pemadam kebakaran yang disesuaikan dengan jumlah pekerja di bagian produksi. Tanggung jawab penanggulangan kebakaran berada di bawah SHE (*Safety Health and Environment*). Untuk itu diperlukan adanya sistem penanggulangan sebagai berikut:

1. Sistem Isyarat Kebakaran

Sistem isyarat kebakaran yang digunakan adalah *Fire Alarm System*. Sistem ini akan ditempatkan di setiap unit dan di tempat yang mudah dilihat serta akan dipasang lampu *emergency* untuk memberikan petunjuk pintu darurat sehingga pada saat kebakaran terjadi maka *Fire Alarm System* akan berbunyi dan dapat dilihat oleh para pekerja.

2. Sistem Pemadam Kebakaran

a. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Jenis apar yang akan digunakan adalah jenis *Forer* dan *Powder*. Untuk melakukan pemasangan APAR diperlukan syarat-syarat yaitu:

- Tinggi APAR ± 150 cm dari lantai
- Pemasangan APAR antara satu dengan yang lain berjarak 15 meter
- Di setiap APAR yang dipasang terdapat WI (*Work Instruction*) yang berisi jenis APAR, tanggal pemeriksaan APAR, dan tanggal kadaluarsa APAR yang terlampir.
- Di setiap tempat yang digunakan untuk memasang APAR, diberi nomor dan keterangan mengenai kondisi APAR seperti kondisi APAR dan masa berlakunya.

b. Hydrant

Hydrant adalah salah satu sistem pemadam kebakaran yang ditempatkan di bagian strategis di sekitar pabrik. Air yang digunakan untuk *hydrant* berasal dari air tandon. Petugas *security* akan melakukan pemeriksaan *hydrant* setiap 2 minggu sekali untuk memastikan kondisi

sprayer, nozzle, tanggal kadaluarsa, tekanan air, dan kondisi *hydrant* dalam kondisi baik.

c. Regu Pemadam Kebakaran

Bagian keselamatan dan SHE akan bertanggung jawab atas masalah kebakaran. Untuk itu akan dibuat regu pemadam kebakaran yang bekerja dalam sistem *shift*, di mana setiap *shift* terdiri dari dua orang atau lebih.

4.8.2.4 Sistem Izin Kerja (*Work Permit System*)

Salah satu langkah yang dilakukan untuk mengantisipasi adanya kecelakaan dari pekerjaan berisiko tinggi adalah dengan melakukan sistem izin kerja. Untuk mendapatkan izin kerja pekerja dapat meminta kepada atasan yang akan ditunjukkan ke petugas *safety*. Sistem izin yang diterapkan di pabrik yaitu, sistem izin kerja panas, izin kerja pengelasan, izin kerja ketinggian, izin kerja ruang tertutup, dan izin kerja listrik. Selain itu, untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman diperlukan adanya pemasangan poster dan rambu K3 yang dapat dilihat oleh semua pekerja, meliputi poster-poster sebagai berikut:

1. Peringatan untuk mengutamakan K3.
2. Pemasangan instruksi kerja dan alat-alat kerja.
3. Peringatan bekerja dengan selamat.
4. Pemberian label bahan kimia berbahaya.
5. Pemasangan MSDS (*Material Safety Data Sheet*).

4.8.2.5 Behavior Based Safety Management (BBSM)

Behavior Based Safety Management (BBSM) merupakan sebuah program yang berfokus dalam merubah perilaku pekerja untuk mencegah kecelakaan dan meningkatkan keselamatan. Pada prosesnya, perusahaan akan membuat daftar perilaku pekerja yang bermasalah lalu memilih pengawas untuk memonitor dan mengikuti aktivitas kerja para pekerja. Kemudian monitoring tersebut akan dilanjutkan oleh rekan pekerja. Program ini akan melatih para pekerja untuk mengetahui semua risiko yang dapat terjadi selama bekerja sehingga para pekerja dapat bekerja dengan aman dan selamat.

4.8.3 Pertimbangan Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan

Pada saat merancang sebuah pabrik kimia ada beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan yaitu, aspek keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan. Sehingga dapat menjamin keselamatan dan kesehatan para pekerja serta masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik. Setiap alat, bahan, dan kondisi operasi selama proses produksi berlangsung memiliki hazard-nya masing-masing yang tidak dapat dirubah namun risikonya dapat diminimalkan.

Aspek lingkungan juga merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Aspek ini meliputi pengelolaan dan pembuangan limbah dari hasil produksi menuju ke lingkungan, limbah yang dihasilkan dari proses produksi perlu diolah terlebih dahulu sehingga nantinya tidak mencemari lingkungan dan mengganggu masyarakat yang tinggal di sekitar pabrik. Sehingga diperlukan pengolahan yang tepat untuk setiap limbah tersebut. Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat mengolah limbah adalah sebagai berikut:

1. Pertimbangan keselamatan dalam pabrik kimia yang meliputi identifikasi dan pengelolaan hazard yang berasal dari bahan kimia yang ditangani, kondisi proses, lokasi, dan tata letak pabrik.
2. Pertimbangan dampak terhadap lingkungan yang meliputi identifikasi dan pengelolaan hazard yang berasal dari emisi gas dan limbah (cair maupun padat) yang dihasilkan.
3. Pertimbangan kesehatan dan keselamatan kerja yang mencakup identifikasi potensi paparan bahan kimia dan paparan fisis.

4.9 Instrumentasi

Untuk mengendalikan proses produksi diperlukan adanya instrumentasi, instrumentasi digunakan untuk mengukur, menganalisa, dan mengendalikan proses produksi. Selain itu, instrumentasi berfungsi untuk memperingatkan operator ketika kondisi proses berada dalam situasi kritis dan berbahaya. Menurut Heriyanto (2010), berikut ini merupakan bagian-bagian instrumentasi:

1. Proses kimia

Proses ini meliputi peralatan proses dan kondisi operasi baik secara kimia maupun fisika yang berlangsung di peralatan tersebut.

2. Sensor atau alat ukur

Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan dalam parameter fisik.

3. *Transducer*

Transducer merupakan alat yang digunakan untuk mengubah hasil pengukuran menjadi sinyal listrik yang dapat diukur.

4. Jalur transmisi

Jalur transmisi merupakan media yang digunakan untuk menyampaikan informasi dari hasil pengukuran menuju alat *controller*.

5. Elemen pengendali

Elemen pengendali merupakan elemen yang menerima hasil pengukuran dan kemudian akan dibandingkan dengan *set point*.

6. Elemen pencatat

Elemen pencatat merupakan elemen yang berfungsi untuk mencatat kelakuan proses sehingga dapat didemonstrasikan secara *visual*.

Instrumentasi yang digunakan dalam perancangan pabrik ethylbenzene ini antara lain:

1. *Temperature Instrument*

Instrumentasi ini digunakan untuk mengatur dan mengontrol temperature pada *heat exchanger, gasifier, reformer, reaktor* dan menara distilasi. *Temperature instrument* terdiri dari:

- TC : *Temperature Controller*

Temperature controller merupakan alat yang berfungsi untuk mengatur suhu atau mengukur sinyal dalam bentuk panas menjadi sinyal mekanis atau listrik. Pengaturan suhu ini dilakukan dengan mengatur jumlah material proses yang perlu ditambahkan atau dikeluarkan pada saat proses berlangsung.

2. *Pressure Instrument*

Instrumentasi ini berfungsi untuk mengatur dan mengontrol tekanan. *Pressure instrument* terdiri dari:

- PC : *Pressure Controller*

Pressure controller merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan atau mengubah sinyal dalam bentuk tekanan menjadi sinyal mekanis. Pengaturan tekanan ini dilakukan dengan mengatur jumlah uap yang keluar dari suatu alat yang tekanannya ingin diukur.

- PI : *Pressure Indicator*

Pressure indicator berfungsi untuk menunjukkan tekanan pada alat.

3. *Flow Instrument*

Instrumentasi ini digunakan untuk mengatur dan mengontrol laju aliran keluaran pompa, tangki, dan reaktor. *Flow instrument* terdiri dari:

- FC : *Flow Controller*

Flow controller berfungsi untuk mengukur kecepatan aliran fluida pada aliran pipa atau unit proses lainnya. Pengukuran ini biasanya diatur dengan mengukur keluaran dari alat yang mengakibatkan fluida mengalir dalam aliran pipa.

- FR : *Flow Recorder*

Flow recorder merupakan alat yang berfungsi untuk merekam laju alir pada alat atau aliran proses.

- FRC : *Flow Rasio Controller*

Flow Rasio Controller merupakan alat yang digunakan untuk mengukur rasio kecepatan aliran antara dua atau lebih aliran fluida pada pipa atau unit proses lainnya.

4. *Level Instrument*

Instrumentasi ini berfungsi untuk mengatur dan mengontrol *level*. *Level instrument* terdiri dari:

- LC : *Level Controller*

Level controller merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tinggi cairan pada sebuah alat. Pengukuran ini dilakukan dengan mengatur laju alir fluida yang masuk dan keluar.

- LI : *Level Indicator*

Level indicator merupakan alat yang berfungsi untuk menunjukkan tinggi cairan dalam tangki.

Instrumentasi yang digunakan pada perancangan pabrik ethylbenzene ini dapat dilihat pada Tabel 4. 14

Tabel 4. 14 Instrumentasi Alat

No.	Alat (Kode Alat)		Jenis Instrument	Kegunaan
1.	Tangki	<i>Feed Benzene</i>	FR	Merekam laju alir yang masuk ke dalam tangki.
	(TP-01)		PI	Mengamati tekanan dalam tangki.

	LI	Mengamati ketinggian cairan dalam tangki.
2. Vaporizer (VP-01)	TC	Mengontrol suhu dalam alat.
3. Mixing Valve	RC	Mengukur rasio kecepatan aliran antara dua atau lebih fluida dalam aliran pipa.
	FC	Mengontrol laju alir yang masuk ke alat.
4. Furnace	FC	Mengontrol laju alir yang masuk ke furnace.
	TC	Mengontrol <i>temperature</i> dalam alat.
	RC	Mengukur rasio kecepatan aliran antara dua atau lebih.
5. Reaktor	PC	Mengontrol tekanan
	TC	Mengontrol <i>temperature</i> dalam alat.
6. <i>Heat Exchanger</i>	TC	Mengontrol <i>temperature</i> dalam alat.
7. Menara Distilasi	PC	Mengontrol tekanan.
	LC	Mengontrol tinggi cairan.
	FC	Mengontrol laju alir yang masuk ke alat.
	RC	Mengukur rasio kecepatan aliran antara dua atau lebih fluida dalam aliran pipa.
8. Kondensor	FC	Mengontrol laju alir yang masuk ke alat.
	RC	Mengukur rasio kecepatan aliran antara dua atau lebih fluida dalam aliran pipa.
9. Akumulator	PI	Mengamati tekanan dalam tangki.
	LC	Mengontrol tinggi cairan.
10. Reboiler	TC	Mengontrol <i>temperature</i> dalam alat.

11.	Tangki Ethylbenzene	Penyimpanan	LI	Mengamati ketinggian cairan dalam tangki.
			FR	Merekam laju alir yang masuk ke dalam tangki.