

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

4.1. Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang berlangsungnya suatu proses dalam pabrik. Unit pendukung proses antara lain adalah penyediaan air, steam, listrik, udara tekan, pengadaan bahan bakar dan pengolahan limbah.

Unit pendukung proses yang direncanakan terdapat dalam pabrik ammonium klorida ini antara lain:

a) Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit pengadaan dan pengolahan air berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari penyediaan dan pengolahannya sampai siap untuk digunakan.

b) Unit Pengadaan Steam

Unit pengadaan steam berfungsi sebagai penyedia steam untuk proses pemanasan pada *heat exchanger*, *reactor*, *evaporator* yang dihasilkan oleh *boiler*.

c) Unit Pengadaan Tenaga Listrik

Unit pengadaan tenaga listrik berfungsi untuk menyediakan listrik yang digunakan dalam peralatan proses, penerangan, kantor maupun laboratorium.

d) Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar berfungsi menyediakan bahan bakar untuk boiler dan generator

e) Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit pengadaan udara tekan berfungsi sebagai penyedia udara tekan yang diperlukan dalam proses, terutama untuk fasilitas instrumentasi dan udara pabrik.

f) Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi sebagai pengelola bahan buangan gas dan partikulat pabrik dan bahan buangan cair.

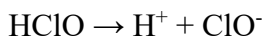
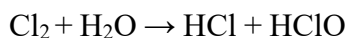
4.1.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam perancangan pabrik Amonium Klorida ini, sumber air yang digunakan berasal dari Air Sungai Bengawan Solo yang diolah di Kawasan Industri *Java Integrated Industrial Port Estate* (JIPE). Air yang diperlukan di lingkungan pabrik digunakan untuk berbagai kebutuhan diantaranya:

a) Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, kantor dan laboratorium. Untuk air minum setelah dari unit demineralisasi diltambahkan desinfektan yang bertujuan untuk

membunuh bakteri-bakteri yang ada dalam air. Sebagai desinfektan umumnya dipakai klorin. Klorin bereaksi dengan air membentuk asam klorida dan asam hipoklorida (Santoso & Purbaningtyas, 2017). Reaksinya:



Reaksi-reaksi tersebut diatas bergantung pada pH air, dimana pH tinggi (H^+ berkurang) reaksi bergeser ke kanan, berarti banyak terbentuk ClO^- dan dengan begitu juga sebaliknya (Rukminasari et al, 2014; Supriatna et al, 2020). Pada umumnya desinfektan akan efektif pada pH 7 atau sedikit diatasnya (Kurniati et al, 2020). Dosis klor untuk desinfektasi air sungai adalah 0,5 – 1,5 ppm. Syarat air sanitasi meliputi (Permenkes RI No 32 Tahun 2017):

- a. Syarat Fisik:
 - Suhu dibawa suhu udara luar
 - Warna jernih
 - Tidak berbau
 - Tidak mempunyai rasa
- b. Syarat Kimia:
 - Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
 - Tidak beracun
- c. Syarat Biologis
 - Tidak Mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pathogen

Tabel 4. 1 Syarat air bersih (Permenkes RI No 32 Tahun 2017)

No	Paramater	Satuan	Syarat-syarat max. dijjinkan	Keterangan
A. Fisika				
1	Bau			Tidak berbau
2	TDS	Mg/L	1.000	
3	Kekeruhan	Skala NTU	25	
4	Rasa			Tidak berasa
5	Suhu		Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
6	Warna	Skala TCU	50	
B. Kimia				
1. Kimia Organik				
1	Air raksa	mg/L	0,001	
2	Arsen	mg/L	0,05	
3	Besi	mg/L	1,0	
4	Flourida	mg/L	1,5	
5	cadmium	mg/L	0,005	
6	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500	
7	Klorida	mg/L	600	

8	Kromium, valensi 6	mg/L	0,05	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan minimum 5,5
9	Mangan	mg/L	0,5	
10	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11	Nitrit	mg/L	1	
12	pH		6,5-8,5	
13	Selenium	mg/L	0,01	
14	Seng	mg/L	15	
15	Sianida	mg/L	0,1	
16	Sulfat	mg/L	400	
17	Timbal	mg/L	0,05	
2. Kimia An-Organik				
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzene	mg/L	0,01	
3	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chlordane (total isomer)	mg/L	0,007	
5	Chloroform	mg/L	0,03	
6	2,4 D	mg/L	0,1	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2 Dichloroethene	mg/L	0,01	
10	1,1 Dichloroethene	mg/L	0,0003	
11	Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/L	0,003	
12	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001	
13	Gamma HCH (Lindane)	mg/L	0,004	
14	Methoxychlor	mg/L	0,1	
15	Pentachlorophenol	mg/L	0,01	
16	Pestisida total	mg/L	0,1	
17	2,4,6 trichlorophenol	mg/L	0,01	
18	Zat organik (KMNO ₄)	mg/L	10	

b) Air Pendingin

Air pendingin pada umumnya digunakan air sebagai media pendingin karena faktor-faktor berikut (Droste, 1997):

- Tidak terdekomposisi
- Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar
- Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air pendingin (Droste, 1997):

- a) Kesadahan yang dapat menyebabkan kerak
- b) Korosi yang disebabkan reaksi elektrokimia antara dinding logam dengan senyawa-senyawa dalam air yang mengakibatkan rusaknya permukaan logam pada alat yang digunakan

Air pendingin yang digunakan dalam proses sehari-hari berasal dari air pendingin yang telah digunakan dalam pabrik yang kemudian didinginkan pada *cooling tower*. Kehilangan air karena penguapan, terbawa tetesan oleh udara maupun dilakukannya *blow down* di *cooling tower* diganti dengan air yang disediakan oleh *filtered water storage*.

Air pendingin harus mempunyai sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut (Droste, 1997) Untuk mengatasi hal diatas, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia seperti (Droste, 1997):

- a. Trisodium phosphate, untuk mencegah timbulnya kerak
- b. Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- c. Zat dispersant, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan phosphate).

c) Air Proses

Air proses pada pabrik amonium klorida diperlukan pengenceran NaCl dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ serta untuk mencuci kristal NH_4Cl pada *centrifuge filter*. Air ini diambil dari air demineralisasi. Air demineralisasi masih mengandung mineral-mineral yang terikut dan padatan maksimal kandungan impuritasnya adalah 0,5 ppm. Dimaksudkan untuk mencegah terjadinya reaksi lain dalam reaktor, selain itu untuk tidak menambah impuritas yang terikut pada produk kristal amonium klorida (Kamala, 1988).

d) Air Umpan Boiler

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler dalam perancangan pabrik antara lain (Hutchler, 1998):

- a. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi didalam boiler disebabkan karena air mengandung larutan asam dan gas-gas terlarut. Dapat disebabkan juga oleh pH air yang terlalu asam dan adanya gas-gas korosif. Gas-gas penyebab korosi adalah CO_2 dan O_2 yang masuk ke dalam air karena aerasi ataupun kontak dengan udara luar.

b. Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat. Untuk mencegah kerak akibat kesadahan yang masih tersisa, ditambahkan Trisodium Phosphat.

c. Zat penyebab *foaming*

Air dari proses pemanasan dapat menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi. *Foam* merupakan gelembung-gelembung pada permukaan air *boiler* akibat adanya kontaminasi minyak pada air boiler. Pencegahan *foam* selain dengan *blow down* yang tepat, dapat juga dengan penambahan anti *foam* yakni polyamida atau polyglycol.

4.1.1.1. Pengolahan Air

Kebutuhan air suatu pabrik dapat diperoleh dari sumber air sungai yang ada disekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memenuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisik dan kimia dengan menambahkan desinfektan maupun penggunaan *ion exchanger*. Proses pengolahan air secara lengkap disajikan pada gambar 4.1 dan 4.2. Mula-mula *raw water* dari air sungai dilewatkan pada *screen* untuk menyaring kotoran/sampah yang terikut, lalu diumpankan ke dalam tangki koagulasi flokulasi kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil diinjeksikan bahan-bahan kimia (Kemmer, 1988):

- Pemberian tawas dan FeSO_4 berfungsi sebagai koagulan. Tawas dan FeSO_4 dalam air akan membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang merupakan endapan tak larut yang akan menarik partikel-partikel dalam air untuk membentuk flok-flok yang menggumpal sehingga berat jenisnya lebih besar dari air. Flok akan mengendap secara gravitasi.
- Kalsium Hipoklorit atau Cl_2 cair yang berfungsi sebagai desinfektan.

Keluar dari tangki koagulasi flokulasi, air dimasukan ke dalam *clarifier* dimana flok-flok yang terbentuk diendapkan secara gravitasi sambil diaduk dengan putaran rendah. Lumpur yang diendapkan di *blow down*, sedangkan air yang keluar dari bagian atas secara *over flow* dan dialirkan dengan pompa *sand filter*. Di *sand filter* ini, air dari tangki *clarifier* yang kemungkinan masih mengandung flok-flok tersaring pada *sand filter*, kemudian ditampung dalam dua buah tangki yaitu:

- *Filtered water storage tank*, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan *make up* air pendingin, air *hydrant* dan umpan unit demineralisasi.

- *Portable water storage tank*, berfungsi menampung air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan pemukiman.

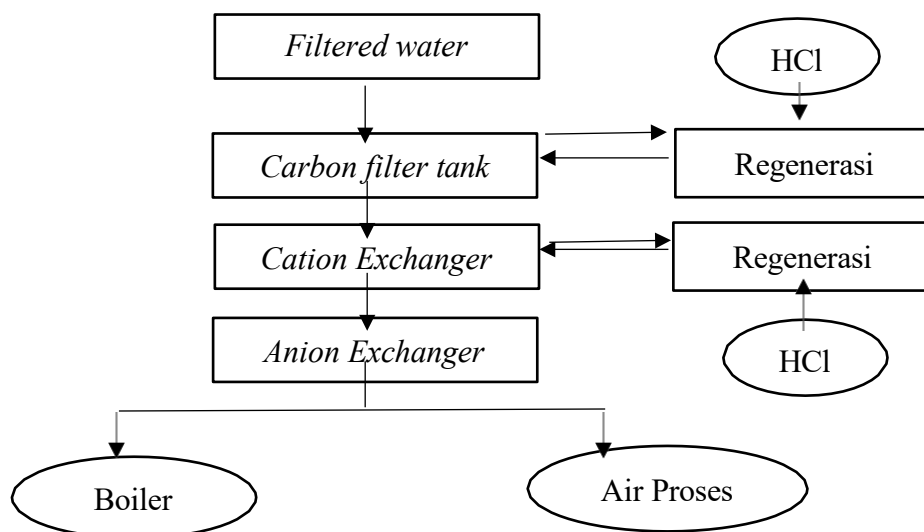
1. Unit Demineralisasi Air

Menurut Baruth (1998) unit demineralisasi berfungsi untuk menghilangkan mineral-mineral yang terkandung di dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+} , HCO_3^{3+} , SO_4^{2-} , Cl^- dan lainnya dengan menggunakan resin. Air yang diperoleh adalah air bebas mineral yang akan diproses lebih lanjut menjadi air umpan ketel (*boiler feed water*).

Demineralisasi air diperlukan karena *boiler feed water* harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Tidak menimbulkan kerak pada kondisi *steam* yang dikehendaki maupun pada *tube heat exchanger*, jika *steam* digunakan sebagai pemanas. Hal ini akan mengakibatkan turunnya efisiensi operasi, bahkan bisa mengakibatkan tidak beroperasi sama sekali.
- Bebas dari gas yang dapat menimbulkan korosi terutama gas O_2 dan CO_2 .

Air dari *filtered water storage* diumpankan unit demineralisasi sebagian dan sebagian lagi diumpankan sebagai *make up water*.



Gambar 4.1 Diagram Alir Proses Demineralisasi

2. Unit Dearasi

Untuk air umpan boiler harus mengalami proses *eksternal treatment* yaitu menghilangkan kandungan gas-gas terlarut dalam air terutama karbondioksida dan oksigen. Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut oksigen dan karbondioksida.

Gas-gas tersebut dihilangkan dari air karena dapat menimbulkan korosi. Gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. *Eksternal treatment* untuk air umpan boiler adalah dengan menginjeksikan pada daerator bahan-bahan kimia berikut (Asyrofa, 2019):

- Hidrazin berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



Nitrogen sebagai hasil reaksi bersama-sama dengan gas lain dihilangkan melalui *stripping* dengan uap bertekanan rendah.

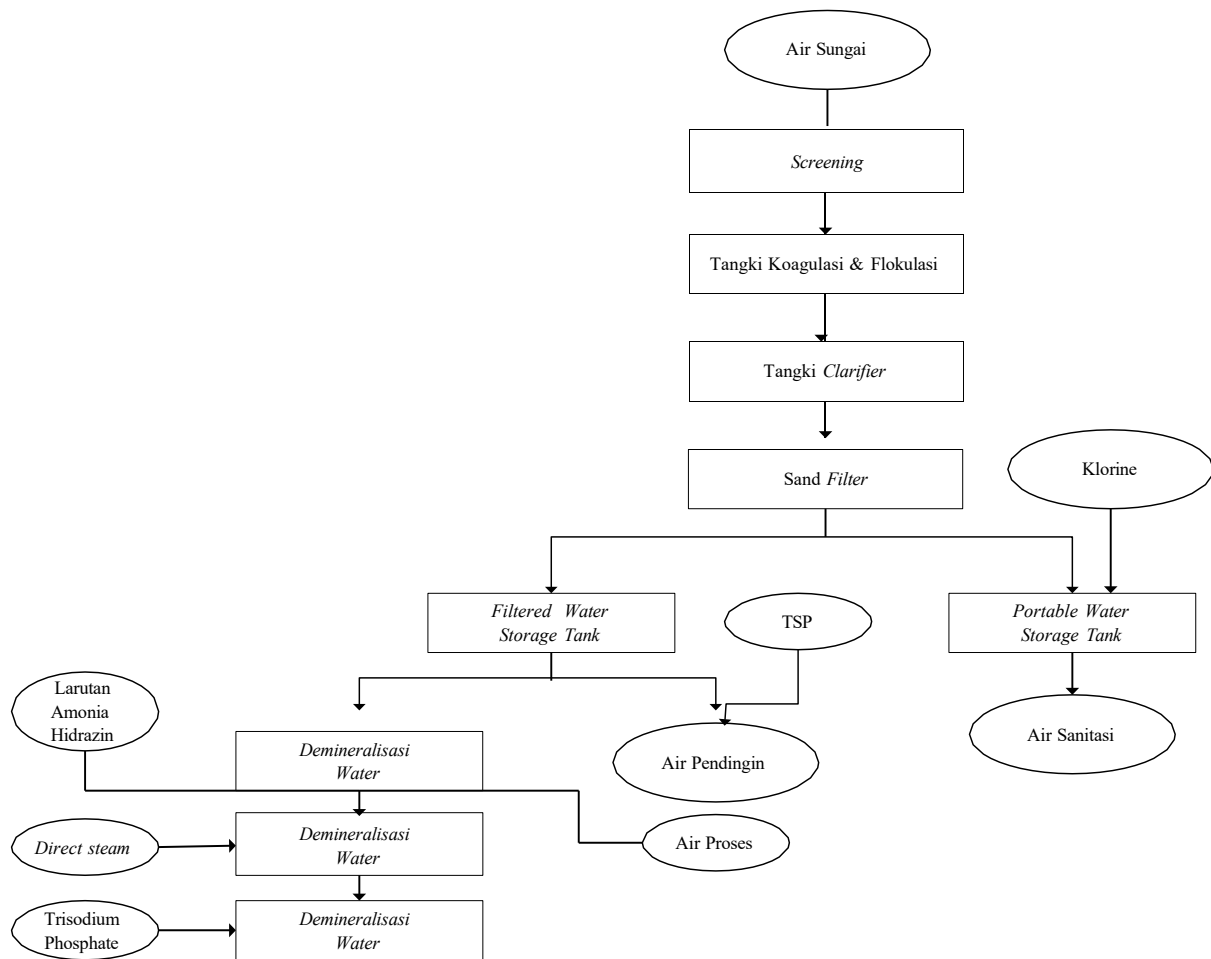
- Larutan ammonia yang berfungsi mengontrol pH

Air yang keluar dari deaerator mempunyai pH sekitar 8,5-9,5.

- *Live / Direct Steam*

Air pada deaerator dipanaskan dengan *steam* langsung dengan maksud menguapkan gas-gas tersebut.

Untuk *internal treatment* yaitu *treatment* didalam *boiler* dimaksudkan untuk mencegah terbentuknya kerak dalam *boiler* maka keluar dari deaerator, ke dalam air umpan ketel kemudian diinjeksikan larutan *trisodium phosphate* ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$).



Gambar 4.2 Blok Diagram Proses Pengolahan Air

4.1.1.2. Kebutuhan Air

a) Kebutuhan air steam

Tabel 4. 2 Kebutuhan Air Untuk *Steam*

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1	HE-01	<i>Heat Exchanger</i> 01	1.404,05
2	HE-02	<i>Heat Exchanger</i> 02	1.801,57
3	HE-03	<i>Heat Exchanger</i> 03	2.781,58
4	R-01	Reaktor	2.773,32
5	E-01	<i>Evaporator</i>	16.722,52
Total			25.483,03

Jadi total kebutuhan air untuk *steam* = 25.483,03 kg/jam = 611,34 m³/hari. Diperkirakan air yang hilang 20% sehingga kebutuhan *make up water* untuk *steam* = (0,2 x 611,34 m³/hari=) 122,27 m³/hari.

b) Kebutuhan air pendingin**Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pendingin**

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1.	CR-01	Kristalizer	25.207,67
Total			25.207,67

Total kebutuhan air pendingin = 25.207,67 kg/jam = 604,98 m³/hari. Air pendingin hilang 20% sehingga kebutuhan *make up* air pendingin = 120,99 m³/hari

Jadi total kebutuhan air pendingin = 725,98 m³/hari

c) Kebutuhan air proses**Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Proses**

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (Kg/jam)
1.	M-01	Tangki Pengenceran (NH ₄) ₂ SO ₄	16.751,48
2.	M-02	Tangki Pengenceran NaCl	31.841,12
Total			48.592,60

Kebutuhan air untuk proses = 48.592,60 kg/jam = 48,59 m³/jam
= 1166,22 m³/hari

Diperkirakan air yang hilang 20%, kebutuhan *make up* air untuk air proses

= 0,2 x 48,59 m³/jam
= 9,71 m³/jam

Total air untuk proses = 1399,47 m³/hari

d) Kebutuhan air perkantoran

- Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 35 lt/orang/hari (*Linsley, hlm.93*)

Sehingga untuk 229 orang diperlukan air sebanyak :

= 35 x 229 = 8.015 lt/hari
= 8,015 m³/hari

- Diperkirakan air untuk laboratorium = 2500 lt/hari = 2,5 m³/hari

- Air untuk pembersih, pertamanan dan lain-lain:

Diperkirakan sebesar = 5.000 lt/hari = 5 m³/hari

Total kebutuhan air bersih = 15,52 m³/hari

- Total air bersih yang disuplai dari tangki air adalah:

= *make up* air untuk *steam* + *make up* air pendingin + air proses + air untuk sanitasi
= (122,27 + 120,99 + 1399,46 + 15,52) m³/hari
= 1658,25 m³/hari

- Kehilangan akibat kebocoran diperkirakan 10% sehingga *make up water* dari sumber air
 $= 1,1 \times 1658,25 \text{ m}^3/\text{hari} = 1824,07 \text{ m}^3/\text{hari}$.

4.1.2. Unit Pengadaan Steam

4.1.2.1. Kebutuhan Steam

Untuk menghasilkan uap air yang digunakan untuk proses pabrik adalah dengan *boiler* atau ketel uap. Pemilihan ketel uap biasanya ditentukan oleh kapasitas dan tekanan uap yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan, keawetan instalasi, biaya perawatan dan operasi faktor-faktor ekonomi lainnya.

Pabrik amonium klorida ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat *heat exchanger*, *evaporator* dan pemanas udara. *Steam* yang dibutuhkan ini dihasilkan oleh boiler. Sebagian air untuk keperluan umpan digunakan air umpan ketel. Kebutuhan *steam* yaitu 25.483,03 kg/jam. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran pada saat distribusi jumlah *steam* dilebihkan sebanyak 10%.

Sehingga kebutuhan *steam* = 28.031,34 kg/jam = 61.949,26 lbm/jam.

4.1.2.2. Perhitungan Kapasitas Boiler

Menurut Severn (1959) halaman 140 perhitungan kapasitas boiler dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

Q : kapasitas *boiler*

m_s : massa *steam*

h : enthalpi *steam* pada P dan T tertentu (Btu/lb)

h_f : enthalpi *steam* pada 1 atm (Btu/lb).

Kondisi *steam* keluar (uap jenuh):

$$T = 120^\circ\text{C}, P = 1,05 \text{ atm}$$

Karena *steam* yang dihasilkan berasal dari 18,18% *fresh feed* (*make up water*) dan 81,81% kondensat untuk *steam* yang berasal dari *heat exchanger*, maka:

$$h_f = 0,2 \times H_{\text{liq } 30^\circ\text{C}} + 0,8 \times H_{\text{liq } 120^\circ\text{C}}$$

$$h_f = (0,2 \times 54,03) + (0,8 \times 216,56)$$

$$h_f = 184,06 \text{ Btu/lb.}$$

$$h = \text{entalpi } \textit{steam} \text{ pada suhu } 120^\circ\text{C} \text{ dan tekanan } 1,05 \text{ atm}$$

$$= 1163,14 \text{ Btu/lb}$$

Kapasitas *boiler*:

$$\begin{aligned} Q &= ms \times (h-h_f) \\ &= 61.949,26 \times (1.163,14-184,06) \\ &= 60.653.277,26 \text{ Btu/jam.} \end{aligned}$$

4.1.2.3. Menentukan Luas Perpindahan Panas

Dari Severn (1959) halaman 140, konversi panas menjadi daya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Hp} &= Q / (970,3 \times 34,5) \\ \text{Hp} &= 60.653.277,26 / (970,3 \times 34,5) \\ \text{Hp} &= 1.811,88 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Ditentukan luas bidang pemanasa adalah $10 \text{ ft}^2/\text{Hp}$ (Severn, 1959, hal.126)

$$\text{Jadi total heating surface} = 10 \text{ ft}^2/\text{Hp} \times 1.811,88 \text{ Hp} = 18.118,79 \text{ ft}^2$$

Perhitungan kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah solar

Dari Severn table V, halaman 97:

$$\text{Heating value} = 19.440 \text{ Btu/lb, Massa jenis solar} = 54,26 \text{ lb/ft}^3$$

$$mf = Q / (\eta \times f)$$

Dimana:

$$mf = \text{massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam}$$

$$Q = \text{kapasitas boiler, Btu/jam}$$

$$\eta = \text{efisiensi boiler (85\%)}$$

$$f = \text{heating value, Btu/lb}$$

$$mf = 60.653.277,26 / (0,85 \times 19.440) = 3.670,62 \text{ lb/jam}$$

$$vf = mf / \rho$$

$$= 67,65 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.1.2.4. Spesifikasi Boiler

Spesifikasi *Boiler*:

Tipe : *fire tube boiler*

Jumlah : 3 buah

Heat Surface : $18.118,79 \text{ ft}^2$

Tekanan : 28,82 psia

Temperatur : 120°C

Bahan bakar : solar

Rate bahan bakar : $67,65 \text{ ft}^3/\text{jam}$

4.1.3. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik suatu industri dapat diperoleh dari:

- Suplai dari PT Pembangkitan Jawa-Bali Pembangkit Gresik
- Pembangkit Tenaga Listrik Sendiri (*Generator Set*)

4.1.3.1. Kebutuhan Listrik

Listrik merupakan sumber daya utama dalam suatu pabrik, karena tenaga listrik digunakan untuk menggerakkan pompa, pesawat-pesawat proses, instrumentasi dan penerangan. Untuk penyediaan tenaga listrik digunakan listrik utama dari PLN dan cadangan diambil dari generator. Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

- Listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air
- Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
- Listrik untuk penerangan dan AC.

1. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Keperluan Pengolahan Air

Kebutuhan listrik untuk peralatan proses dan keperluan pengolahan air dapat diperkirakan sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik untuk Proses

No	Kode	Nama Alat	Hp
1	P-01	Pompa dari <i>feed</i> M-01 ke R-01 1 buah @ 1Hp	1
2	P-02	Pompa dari <i>feed</i> M-02 ke R-01 1 buah @ 1Hp	1
3	P-03	Pompa larutan produk dari Reaktor 1 buah @ 1Hp	1
4	P-04	Pompa larutan dari RF-01 1 buah @ 1Hp	1
5	P-05	Pompa larutan dari EV-01 1 buah @ 1 Hp	1
6	P-06	Pompa <i>recycle</i> 1 buah @ 1Hp	1
7	M-01	Pengaduk M-01 1 buah @ 3Hp	3
8	M-02	Pengaduk M-02 1 buah @ 3Hp	3
9	R-01	Pengaduk R-01 1 buah @ 6Hp	6
10	RD-01	<i>Rotary Dryer</i> -01 1 buah @ 2Hp	2
11	RD-02	<i>Rotary Dryer</i> -02 1 buah @ 2Hp	2
12	CR-01	Pengaduk CR-01 3 buah @ 1Hp	3
13	RF-01	<i>Motor</i> RF-01 1 buah @ 2Hp	2
14	CF-01	<i>Motor Centrifuge</i> -01 1 buah @ 3Hp	3
15	BC-01	<i>Belt Conveyor</i> 6 buah @ 2Hp	12
16	SC-01	<i>Screw Conveyor</i> 1 buah @ 2Hp	2
17	BE-01	<i>Bucket Elevator</i> 4 buah @ 3Hp	12
Total			56

2. Keperluan Utilitas

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Nama Alat	Hp	Jumlah	Total Hp
Pompa <i>Raw Water</i>	2	2	4
Pompa <i>Softener</i>	2	1	3
Pompa <i>Daerator</i>	2	1	2
Pompa Sanitasi	2	2	4
Pompa Pendingin	2	1	2
Pompa <i>Boiler</i>	5	2	10
Pompa Kondensat	2	1	2
Pompa Pengolahan Limbah	3	1	3
Pompa Bahan Bakar	2	2	4
<i>Draft Fan Cooling Tower</i>	10	1	10
Kompresor Udara Tekan	10	5	50
Total			94

Kebutuhan total listrik = Kebutuhan listrik (proses + utilitas)
= (56 + 94) Hp
= 150 Hp

Jika diketahui 1 Hp = 0,746 kW

Maka power yang dibutuhkan = 150 x 0,746 kW
= 111,90 kW

3. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC

Besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan disesuaikan dengan luas ruangan dan disesuaikan dengan kegunaan ruangan.

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Bangunan	Luas (m ²)	Ft ²	Cd(ft)	Lumen
Pos Keamanan	50	538,2	10	5382
Masjid	400	4305,6	10	107640
Laboratorium	400	4305,6	15	64584
Kantor	1000	10764	10	107640
Bengkel	300	3229,2	10	32292
Gudang <i>raw material</i>	900	9687,6	10	96876
Gudang produk	600	6458,4	10	64584
Pengolahan limbah	800	8611,2	10	86112
Kantin	300	3229,2	10	32292
Aula	800	8611,2	10	86112
<i>Power Plant</i>	300	3229,2	10	32292
Pemadam Kebakaran	300	3229,2	10	32292
<i>Control Room</i>	400	4305,6	5	21528
Poliklinik	300	3229,2	5	16146
Total	6850	73733,4	135	721188

Lampu yang direncanakan untuk semua area dalam bangunan menggunakan *fluorescent* 40 watt. Lumen output tiap lampu *instant starting daylight* 40 W adalah 1960 Lumen (Perry, 3rd edition, hal 1.758).

Jumlah lumen dalam ruangan = 540891 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $540891/1960$
= 277 buah

Area diluar ruangan digunakan lampu Mercury 250 watt. Output tiap lampu adalah 10000 lumen (Perry, 3rd edition, hal, 1.758).

Jumlah lumen di luar ruangan = 180297 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $180297/10.000$
= 19 buah

Total daya penerangan = $(40 \times 277) + (250 \times 19)$
= 15.836,01 Watt
= 15,84 kW

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 15.000 watt = 15 kW.

4. Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi diperkirakan 15 kW

Total kebutuhan listrik = $(111,90 + 15,84 + 15 + 15)$ kW
= 157,74 kW

Faktor keamanan dipilih 10% dari total kebutuhan

Jadi total kebutuhan listrik = $1,1 \times 157,74$ kW
= **173,51 kW**

4.1.3.2. Generator

Generator menyediakan listrik dari peralatan-peralatan yang tidak boleh terputus atau berubah-ubah teganganya. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik (AC) sistem 3 phase.

Digunakan generator dengan efisiensi 80%, maka input generator:

= $173,51 \text{ kW}/0,8$
= 216,89 kW

Ditetapkan input generator 300 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia:

= $(300 - 216,89 \times 0,8)$
= 66,49 kW

Spesifikasi generator:

- Tipe : AC Generator
- Kapasitas : 300 kW
- Tegangan : 220/360 volt
- Efisiensi : 80%
- Phase : 3
- Jumlah : 2 buah
- Bahan bakar : solar

4.1.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Untuk menjalankan generator tersebut digunakan bahan bakar:

- Jenis bahan bakar : solar
- Net Heating value : 19440 Btu/lb
- Efisiensi bahan bakar : 80%
- sg. Solar : 0,8691
- ρ solar : 54,26 lb/ft³

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas input generator: } 300 \text{ kW} &= 300.000/0,29407 \\ &= 1.020.165,27 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan solar} &= 1.020.165,27 / (0,8 \times 0,8691 \times 19440) \\ &= 75,48 \text{ lb/jam} \\ &= 1,39 \text{ ft}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

4.1.5. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini mempunyai tugas dan tanggung jawab untuk menyediakan kebutuhan udara yang diperlukan dalam berbagai proses, terutama untuk fasilitas instrumentasi dan udara pabrik diperalatan proses, seperti untuk menggerakkan *control valve* yang dikendalikan dengan sistem komputerisasi serta untuk pembersihan peralatan pabrik.

Peralatan utama pada unit ini adalah:

- a) IA/PA *Compressor*
- b) IA/PA *Reservoir*
- c) *Filter Air*
- d) *Instrument Air Dryer*

4.1.5.1 Plant Air (PA)

Plant air (udara pabrik) merupakan udara bertekanan yang digunakan untuk berbagai keperluan pabrik, dalam keadaan normal sumber udara pabrik berasal dari kompressor udara

(kusumawardani, 2005). Keperluan pabrik seperti aerasi, *mixing* air, *flushing* udara *purging*, pengadukan dan lain sebagainya. *Plant air* mempunyai udara tekanan sebesar 5 kg/cm² dan temperatur *ambient*.

Pembuatan *Plant Air*

- Udara dari sekeliling mengalir melalui filter udara dan selanjutnya dikompresi oleh kompresor udara yang digerakan oleh penggerak motor atau turbin. Udara bertekanan selanjutnya didinginkan oleh *after cooler*.
- Udara yang telah didinginkan akan mengalir melewati *filter air* dan dialirkan ke receiver udara.

4.1.5.2 *Instrument Air* (IA)

Udara instrumen merupakan udara bertekanan yang telah dikeringkan atau dihilangkan kandungan airnya. Udara instrumen diperoleh dari sumber yang sama dengan udara pabrik namun dilakukan proses penghilangan kandungan uap airnya dengan cara pengeringan (*drying*) menggunakan silika gel dan actived alumina dalam air dryer (kusumawardani, 2005). Udara instrument digunakan untuk menggerakkan peralatan instrumentasi seperti *control valve*, *transmitter* dan lain-lain. Selain itu, *instrument air* dikirim ke laboratorium untuk pengering peralatan laboratorium.

Pembuatan *Instrument Air*:

- *Plant air* dari *receiver* udara dialirkan ke *instrument air dryer*, dimana kandungan air diturunkan oleh bahan pengering sehingga memenuhi *dew point* -40°C pada tekanan 7 kg.cm². *Instrument air dryer* adalah tipe *pressure swing heatless* yang terdiri dari dua *vessel* yang masing-masing berisi *alumina ball* dan *silica gel*. Selama normal operasi, salah satu *vessel* beroperasi dan yang lain regenerasi atau *standby*.
- Udara kering dari *instrument air dryer* dikirim ke pemakai melewati *instrument air header*.

4.1.6. Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari Pabrik amonium klorida dapat diklasifikasi sebagai berikut:

1. Bahan buangan gas dan partikulat
2. Bahan buangan cair

1. Limbah Gas dan Partikulat

Limbah gas berasal dari unit penyedia *steam/boiler* berupa gas buang yang mengandung partikel debu, sehingga perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Gas tersebut akan dialirkan pada alat *elektrostatik presipitator* dimana gas buang *boiler* akan dilewatkan pada kamar yang berisi plat-plat elektroda, yang terbuat dari tembaga, kuningan

ataupun arang. Elektroda yang terpasang pada konstruksi presipitator diberi arus listrik searah (DC) dengan muatan positif dan negatif. Antara batang-batang elektroda yang bermuatan negatif dan plat-plat pengumpul yang bermuatan positif dialirkan arus dengan tegangan sebesar 70-90 kV. Butiran-butiran debu yang melewati batang-batang elektroda akan terinduksi oleh muatan negative sehingga butiran debu yang bermuatan negatif akan tertarik oleh plat-plat elektroda positif.

Getaran (*rapping*) yang menyentuh plat-plat pengumpul mengakibatkan debu akan jatuh ke tempat penampungan (*dust hopper*), sehingga debu akan terpisah dari gas asap di dalam presipitator tersebut. Mengalirkan arus listrik statis untuk mengendapkan debu sangat efektif dan polusi udara sangat sedikit pengaruhnya. Udara yang telah dihilangkan partikulatnya kemudian dibuang melalui *stack* ke udara bebas.

2. Limbah Cair

a. Unit Pengolahan Air Buangan Sanitasi

Air buangan sanitasi yang berasal dari seluruh toilet di kawasan pabrik dan limbah proses dikumpulkan kemudian diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi dan desinfektan Ca-hipoklorit.

b. Air Berminyak dari Mesin Proses

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat lain. Pemisahan dilakukan didasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak di bagian atas dialirkan ke penampung minyak lalu pengolahannya dengan pembakaran didalam tungku pembakar, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke unit pengolahan menggunakan lumpur aktif sebelum dibuang ke lingkungan.

c. Air Sisa Proses

Limbah air proses merupakan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan proses produksi, seperti air sisa regenerasi. Air sisa regenerasi dari unit penukar ion dan unit demineralisasi dinetralkan dalam kolam penetralan. Penetralan dilakukan dengan menggunakan HCl jika pH air buangnya lebih dari 7,0 dan dengan menggunakan NaOH jika pHnya kurang dari 7,0. Air yang netral dialirkan ke kolam penampungan akhir bersama-sama dengan aliran air dari pengolahan yang lain.

4.2. Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang proses produksi dan menjaga mutu produk yaitu untuk memperoleh data-data yang diperlukan. Fungsi dari data ini sebagai evaluasi dari unit-unit yang ada, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk

meningkatkan efisiensi mutu dan mengendalikan mutu (Sembodo, 2008). sedangkan peran yang lain yakni untuk mengendalikan pencemaran lingkungan. Tugas laboratorium:

- a) Memeriksa bahan baku dan bahan pendukung yang akan digunakan
- b) Menganalisa produk yang akan dipasarkan
- c) Melakukan riset yang berkaitan dengan proses produksi

4.2.1 Program Kerja Laboratorium

Dalam upaya pengendalian mutu produk Pabrik Amonium Klorida ini mengoptimalkan aktivitas laboratorium untuk pengujian mutu.

Adapun Analisa untuk unit utilitas, meliputi:

- Air bersih mineral, analisis sama dengan penukar ion
- Air dalam boiler, yang dianalisa meliputi pH, jumlah zat padat terlarut, kadar Fe, kadar CaCO_3 , SO_3 , PO_4^- dan SiO_2 .
- Air minum yang dihasilkan meliputi pH, chlor sisa dan kekeruhan.

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di pabrik ini dibagi menjadi 3 bagian.

1. Laboratorium Pengamatan
2. Laboratorium Analitik
3. Laboratorium Penelitian Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

4.2.1.1 Laboratorium Pengamatan

Laboratorium ini berfungsi untuk melakukan analisa secara fisik dan mengamati semua *steam* yang berasal dari proses produksi maupun tangki serta mengeluarkan “*Certificate of Quality*” untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan produk akhir dan utilitas.

4.2.1.2 Laboratorium Analitik

Laboratorium ini berfungsi untuk melakukan analisa terhadap sifat-sifat dan kandungan kimiawi bahan baku dan produk akhir dan utilitas.

4.2.1.3 Laboratorium Penelitian Pengembangan dan Perlindungan Lingkungan

Laboratorium ini berfungsi untuk melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan hal-hal baru untuk keperluan pengembangan. Dalam pelaksanaanya melakukan juga penelitian terhadap kondisi lingkungan serta mengadakan pengembangannya.

4.3. Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan kerja merupakan hal penting dari perlindungan tenaga kerja yang berkaitan dengan alat kerja, mesin, bahan, proses pengolahan, tempat kerja dan lingkungannya serta cara pengerjaannya. Keselamatan kerja menyangkut keseluruhan proses produksi, distribusi baik barang maupun jasa dan sasarannya ke segala tempat kerja. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan sebagai dasar hukum penerapan K3 di Indonesia telah diperkuat dengan keluarnya Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang kesehatan dimana pada Pasal 164-165 tentang Kesehatan Kerja dinyatakan bahwa semua tempat kerja wajib menerapkan upaya kesehatan baik sektor formal maupun informal.

Tujuan keselamatan kerja antara lain:

- a. Agar setiap pegawai mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja yang baik secara fisik, sosial, dan psikologis.
- b. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya selektif mungkin.
- c. Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya.
- d. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai.
- e. Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f. Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan/kondisi kerja.
- g. Agar setiap pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja.

Izin keselamatan kerja dibuat agar meyakinkan bahwa setiap pekerjaan yang dapat menimbulkan bahaya dapat dikerjakan dengan nyaman tanpa menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan. Jenis-jenis pekerjaan yang memerlukan izin keselamatan kerja:

1. Pekerjaan yang mengandung unsur radiasi/radioaktif
2. Pekerjaan yang bertekanan tinggi, seperti:
 - a. Pembongkaran peralatan (*dissassembly*)
 - b. Pembersihan peralatan (*cleaning*)
3. Pekerjaan yang menimbulkan panas atau api seperti *welding, grinding, cutting, drilling* dan lain-lain.
4. Pekerjaan untuk memasuki *vessel tank*.

Adapun tindakan pencegahan yang dilakukan oleh perusahaan adalah:

- a. Penyediaan alat pencegah kebakaran dan kebocoran

Fasilitas pemadam kebakaran seperti *fire hydrant* perlu ditempatkan pada tempat-tempat strategis, disediakan juga *portable fire fighting equipment* pada setiap ruangan dan tempat-tempat yang mudah dijangkau.

- b. Pemberian penerangan, latihan dan pembinaan agar setiap pekerja yang ada ditempat kerja dapat mengetahui cara melakukan pencegahan jika terjadi kecelakaan, kebakaran, peledakan dan kebocoran pipa yang berisi zat berbahaya.
- c. Pemberian penerangan mengenai pertolongan pertama pada kecelakaan.

Menurut Yuliandi dan Ahman (2019) perusahaan sebagai penyelenggara kerja dapat menjamin Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan cara:

1. Menyediakan kebutuhan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai standar
Perlengkapan safety yang harus dipakai antara lain:
 - a) *Safety google*
 - b) *Safety shoes*
 - c) *Bar muff ear plug*
 - d) *Safety helmet*
 - e) Masker
2. Melakukan pelatihan maupun sosialisasi mengenai prosedur kerja, prosedur tanggap darurat, pertolongan pertama pada kecelakaan, wawasan mengenai bahaya dan resiko kerja yang dihadapi, dsb.
3. Memberikan sarana ataupun fasilitas yang mampu mendukung kesehatan fisik dan mental pekerja.

4.4. Instrumentasi

4.4.1 Pengertian dan Tujuan Instrumentasi

Instrumentasi merupakan perangkat/alat yang termasuk ke dalam pengendalian proses berperan dalam mengamati, dan mengendalikan proses produksi. Pengendalian proses dalam proses produksi harus dilakukan dengan cermat dan akurat sehingga kapasitas produksi dapat sesuai dengan yang diharapkan dan kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal (Perry, 1999).

Menurut Timmerhaus (2004), fungsi instrumen adalah sebagai pengontrol (*regulator*), penunjuk (*indicator*), pencatat (*recorder*) dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Instrumen bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis:

1. Manual, dimana proses pengamatan yang terpasang pada alat proses tersebut dipasang sebagai petunjuk atau pencatat berupa petunjuk (*indicator*) ataupun perekam (*recorder*) yang tidak diperlukan adanya ketelitian tertentu.

2. Otomatis, dimana alat instrumentasi yang terpasang pada alat proses berupa *controller* yang memerlukan ketelitian tertentu, sehingga ketika adanya perubahan kondisi proses akan memengaruhi produk yang dihasilkan baik secara kualitas dan kuantitasnya.

Adapun tujuan dari pemasangan alat instrumentasi pada alat-alat proses tertentu adalah sebagai berikut:

- a. Menjaga variabel proses agar dalam operasi proses yang aman dan mendeteksi situasi bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya serta memutus hubungan secara otomatis
- b. Menjaga kualitas produk
- c. Mempermudah pengoperasian alat
- d. Menggunakan *rate* atau laju alir produksi sesuai dengan yang diinginkan
- e. Keselamatan dan efisiensi kerja lebih terjamin.

4.4.2 Jenis Peralatan Instrumentasi

Pabrik Ammonium Klorida memiliki beberapa jenis peralatan instrumentasi berupa indikator dan *controller* yang perlu dipasang, antara lain:

- a. *Level Indikator (LI)*
Merupakan penunjuk ketinggian cairan dalam suatu tangki.
- b. *Level Controller (LC)*
Merupakan pengendali ketinggian cairan pada reaktor.
- c. *Temperature Controller (TC)*
Merupakan pengendali suhu proses, dilakukan dengan mengatur jumlah material proses yang harus ditambahkan/dikeluarkan dari dalam suatu proses yang sedang bekerja.
- d. *Flow Controller (FC)*
Merupakan pengendali laju aliran pada suatu alat proses. Pengukuran kecepatan aliran fluida dalam pipa biasanya diatur dengan mengatur *output* dari alat, yang mengakibatkan fluida mengalir dalam *pipe line*.
- e. *Pressure Controller (PC)*
Instrumen yang dapat digunakan sebagai alat pengatur tekanan atau pengubah sinyal dalam bentuk gas menjadi sinyal mekanis. Pengatur tekanan dapat dilakukan dengan mengatur jumlah uap/gas yang keluar dari suatu alat, dimana tekanannya ingin dideteksi. Prinsip kerjanya adalah terjadi akibat tekanan uap keluar akan membuka/menutup diafragma valve, sehingga valve memberikan sinyal kepada PC untuk mengukur dan mendeteksi tekanan pada set point.