

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 Pengelolaan 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

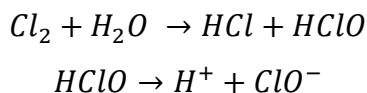
4.1.1.1 Unit Pengadaan Air

Dalam perancangan pabrik amonium klorida, 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 merupakan air yang digunakan untuk keperluan pemeliharaan kebersihan perorangan seperti air minum, mencuci, mandi, laboratorium, kantor, dan perumahan. Air yang digunakan untuk kebutuhan umum dan sanitasi harus memenuhi standar yang berlaku. Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan air minum, kantor dan laboratorium. Untuk air minum setelah dari unit demineralisasi ditambahkan desinfektan yang bertujuan untuk membunuh bakteri-bakteri yang ada dalam air. Menurut Santoso & Purbani (2017) menyatakan bahwa klorin bereaksi dengan air membentuk asam klorida dan asam hipoklorida dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi-reaksi 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). Menurut peraturan Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 dosis klor untuk desinfektasi air sungai adalah 0,5-1,5 ppm. Adapun syarat air sanitasi sebagai berikut:

1. Syarat Fisik:

- a. Suhu dibawah suhu udara luar
- b. Warna jernih
- c. Tidak berbau
- d. Tidak mempunyai rasa

2. Syarat Kimia:

- a. Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
- b. Tidak beracun

3. Syarat Biologis:

- a. Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pathogen

Tabel 4.1. Parameter Fisika dan Kimia dalam Standar Baku Mutu Air Sanitasi (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

No	Parameter	Satuan	Syarat-syarat	Keterangan
. 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	
. Kimia				
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.	Kadmium	mg/L	0,005	
6.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500	
7.	Klorida	mg/L	600	
8.	Kromium, valensi 6	mg/L	0,05	
9.	Mangan	mg/L	0,5	
10.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
11.	Nitrit	mg/L	1	
12.	pH		6,5-8,5	5,5 (khusus air hujan)
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	
Kimia Anorganik				
1.	Aldrin dan Diedrin	mg/L		0,0007

2.	Benzene	mg/L	0,01
3.	Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001
4.	Chlrodane (total isomer)	mg/L	0,07
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 Dischloroethene	mg/L	0,01
10.	1,1 Dischloroethene	mg/L	0,0003
11.	Heptachlor dan heptachlor epoxide	mg/L	0,003
12.	Hexachlorobenzene	mg/L	0,00001
13.	Gamma HCl (Lindane)	mg/L	0,004
14.	Methoxychlor	mg/L	0,1
15.	Pentachlorophanol	mg/L	0,01
16.	Pestisida total	mg/L	0,1
17.	2,4,6 trichlorophenol	mg/L	0,01
18.	Zat Organic (KMNO ₄)	mg/L	10

➤ KEBUTUHAN AIR SANITASI

Kebutuhan air sanitasi terdiri dari 3 macam yaitu air untuk karyawan, laboratorium, pemeliharaan taman, kebakaran dan cadangan air.

1. Air untuk Karyawan

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002 tentang persyaratan air bersih untuk kebutuhan karyawan adalah kapasitas minimal 120 liter/hari x orang. Sehingga untuk 223 karyawan, kebutuhan air sanitasinya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air} &= \frac{120 \text{ L}}{24 \text{ jam/orang}} \times \text{Jumlah Karyawan} \times \frac{\text{jam kerja}}{24 \text{ jam}} \\
 &= \frac{120 \text{ L}}{24 \text{ jam/orang}} \times 211 \times \frac{8 \text{ jam}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 351,667 \text{ L/jam} \\
 &= 351,667 \text{ Kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$= 0,35167 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Air untuk Laboratorium

Berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal No. 113 Tahun 2000, kebutuhan minimal air sanitasi untuk laboratorium adalah $2 \text{ m}^3/\text{hari}$.

3. Air untuk Pembersihan dan Pemeliharaan Taman

Kebutuhan air untuk pembersihan dan pemeliharaan taman adalah $20 \text{ m}^3/\text{hari}$.

4. Air untuk tamu, kontraktor, pekerja lepas

Diasumsikan air untuk kebutuhan dari eksternal sebanyak 50 orang.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 50 \times 60 \text{ L/orang/hari} \\ &= 3000 \text{ L/hari} \\ &= 3 \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air sanitasi sebanyak} &= 0,35 + 2 + 20 + 3 \\ &= 25,3517 \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

b. Air Pendingin

Menurut Droste (1997) menjelaskan bahwa air pendingin pada umumnya menggunakan air sebagai media pendingin sesuai faktor-faktor yang disebutkan, antara lain:

- 1) Tidak terdekomposisi
- 2) Air merupakan materi yang dapat diperoleh dalam jumlah besar
- 3) Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi
- 4) Konduktivitas untuk mengindikasikan jumlah total *Dissolve* (TDS) mineral dalam air dan total *suspended solid* (TSS) lumut yang menyebabkan *fouling* (pengotor).
- 5) pH untuk mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan air.
- 6) Kandungan minyak yang dapat menyebabkan adanya lapisan film sehingga dapat mengganggu koefisien transfer panas dan menimbulkan endapan.
- 7) Alkalinitas berupa ion karbonat dan ion bikarbonat.
- 8) *Hardness* atau kesadahan untuk menunjukkan jumlah ion kalsium, magnesium, *silica* yang ada dalam air yang dapat menyebabkan kerak.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air pendingin, sebagai berikut:

- 1) Kesadahan yang dapat menyebabkan fouling/kerak
- 2) Korosi yang disebabkan reaksi elektrokimia antara dinding logam dengan senyawa-senyawa dalam air yang mengakibatkan rusaknya permukaan logam pada alat yang digunakan
- 3) Air harus jernih dan air harus bersih, tidak terdapat partikel-partikel kasar seperti batu dan kerikil, atau partikel halus seperti pasir, tanah, dan lumut, serta tidak mengandung bahan kimia.

Persyaratan air sebagai *cooling water* yaitu:

Tabel 4.2. Syarat Air Pendingin (*ASME Water Quality Standard, 1994*)

Parameter	<i>Circulating Water</i>	<i>Make Up Water</i>
pH (25°C)	6,5-8,2	6,0-8,0
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	< 80	< 30
Klorin (mg/l)	< 200	< 50
Sulfat (Cfu/ml)	< 200	< 50
Alkali (mg/l)	< 100	< 50
Total <i>Hardness</i> (mg/l)	< 200	< 70
Silica (mg/l)	< 150	< 50
Parameter	<i>Circulating Water</i>	<i>Make Up Water</i>
Ca ²⁺ (mg/l)	< 40	< 30
Turbidinitas (NTU)	10-500	10-500

Sistem air pendingin dibagi dalam dua jenis, yaitu:

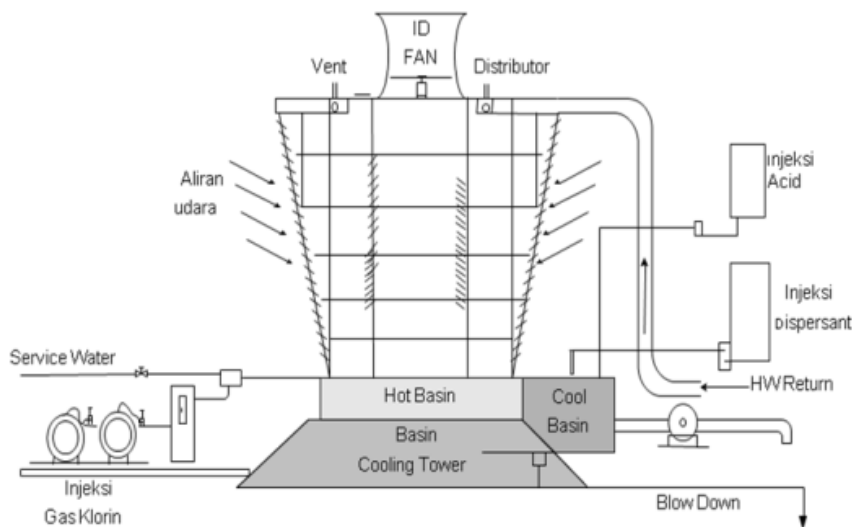
1. Jenis resirkulasi tertutup (semua air didaur ulang)
2. Jenis resirkulasi terbuka (semua air langsung dibuang)

Perlu diperhatikan *total dissolve solid* (TDS) akibat menguapnya sebagian air saat didinginkan di *cooling tower*. Jika nilai *Total dissolved solid* (TDS) ng tinggi akan menimbulkan terbentuknya kerak, maka diperlukan sistem *blowdown* dan pemberian *make-up water*. Sedangkan pada sistem resirkulasi terbuka, air yang telah digunakan langsung dibuang.

Pabrik amonium klorida ini menggunakan air pendingin sistem resirkulasi terbuka. Sistem ini dipilih karena memiliki beberapa keuntungan yaitu biaya operasinya lebih rendah dan peralatan yang digunakan lebih sedikit. Sistem yang digunakan juga adalah sekali pakai (*once-through*),

artinya setelah air digunakan sebagai pendingin, air tersebut akan dikembalikan ke lingkungan. Air yang hilang perlu diganti dengan menambahkan *make up water*.

Adapun rangkaian proses pengolahan air pendingin menggunakan *cooling tower* untuk mensuplai kebutuhan air pendingin pada pabrik amonium klorida ini, yaitu:



Gambar 4.1. Cooling Tower

Menara *cooling water* dirancang untuk mendinginkan air dari temperatur 70-90°C menjadi 35°C dengan *wet bulb* temperature 29,1°C pada tipe *counter flow* dengan sistem terbuka. *Cooling tower* ini terdiri dari *draft fan* beserta masing-masing motornya dan dua buah *header supply* utama untuk pendistribusian ke *onsite* dan *utility area*. Pompa cadangan digunakan untuk mengantisipasi dari gangguan saat pompa satunya bermasalah.

Air dari sirkulasi proses dengan suhu sekitar 70-90°C masuk menara pendingin dari bagian atas lalu jatuh ke dalam basin melalui distributor dan *splashing cup* (cawan pemercik) dalam bentuk butiran hujan. Udara luar masuk melalui sirip-sirip kayu yang terhisap oleh *fan* di puncak *cooling tower* dan berkontak langsung dengan air yang turun ke basin, sehingga temperatur air turun hingga 35-30°C.

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

- 1) Trisodium phosphate, untuk mencegah timbulnya kerak
- 2) Klorin, untuk membunuh mikroorganisme

- 3) Zat dispersant, untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan phosphate).

➤ **KEBUTUHAN AIR PENDINGIN**

Tabel 4.3. Kebutuhan Air Pendingin pada Proses

Alat	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
Kristaliser	CR-01	321,1559472
Total		321,1559472

Total kebutuhan air untuk pendingin saat *start up*:

$$= 321,1559472 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 0,001 \text{ kg/m}^3$$

$$= 7,707742732 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total kebutuhan air untuk pendingin saat normal operasi (*make up*):

$$= 2\% \times 7,707743 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,154154855 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tangki *Cooling Water* = Kebutuhan air pendingin + 2% kebutuhan air pendingin (*make up*)

$$= 7,707742732 \text{ m}^3/\text{hari} + 0,154154855 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 7,861897587 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Air Proses

Air proses pada pabrik amonium klorida diperlukan untuk pengenceran NaCl dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ serta untuk mencuci kristal NH_4Cl pada *centrifuge filter* dan air pencuci pada *rotary vakum filter*. Air ini diambil dari air demineralisasi, air demineralisasi yang digunakan masih mengandung mineral-mineral yang terikut dan padatan memiliki kandungan maksimal impuritasnya sebesar 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, 1998).

➤ **KEBUTUHAN AIR PROSES**

Tabel 4.4. Kebutuhan Air Proses

Alat	Kode	Kebutuhan Air (kg/jam)
Mixer	M-01	18959,05066
Mixer	M-02	36246,96525
Rotary Vakum Filter	RF-01	8394,775238

Centrifuge	CF-01	133,8367054
Total		63734,62786

Total kebutuhan air untuk proses saat *start up*:

$$= 63734,63 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 0,001 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1529,631 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total kebutuhan air untuk proses saat normal operasi (*make up*):

$$= 2\% \times 1529,631 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 30,59262 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Tangki Air Proses : Kebutuhan air proses + 2% kebutuhan air proses (*make up*)

$$= 1529,631069 \text{ m}^3/\text{hari} + 30,59262137 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1560,22369 \text{ m}^3/\text{hari}$$

d. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler (*Boiler Feed Water*) merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* atau uap pada boiler guna keberlangsungan proses. Pada proses penguapan dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah uap murni dalam fasa uap (H_2O) dimana ion-ion yang terkandung dalam air boilernya tidak turut menguap sehingga konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air boiler) semakin lama semakin tinggi yang menyebabkan terjadinya pergerakan pada pipa-pipa boiler.

Pada pra-rancangan pabrik amonium klorida ini digunakan *low pressure steam* (LP *steam*) sebagai media pemanas pada alat penukar panas untuk memenuhi kebutuhan panas. *Output* dari boiler ini adalah *saturated steam* yang nantinya akan dijadikan sebagai pemanas pada *heat exchanger*, *evaporator*, *reaktor* dan *rotary dryer*. Untuk menghasilkan *steam*, air akan dipanaskan hingga suhu diatas 100°C . Input dari boiler ini harus diolah kembali.

Sumber air yang digunakan di pabrik amonium klorida untuk menjadi air umpan boiler diambil dari air Bengawan Solo.

Tabel 4.5. Buku Mutu Air Umpan Boiler (ASME, 1982)

<i>Drum Pressure</i> (Psi)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Total Hardness (ppm CaCO_3)
0-300	0,1	0,05	0,3
301-450	0,05	0,025	0,3

451-600	0,03	0,02	0,2
<i>Drum Pressure (Psi)</i>	<i>Fe (ppm)</i>	<i>Cu (ppm)</i>	<i>Total Hardness (ppm CaCO₃)</i>
751-900	0,02	0,015	0,1
901-1000	0,02	0,015	0,05
1001-1500	0,01	0,01	0
1501-2000	0,01	0,01	0

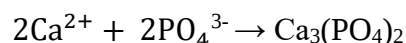
Menurut Hutchler (1998) menjelaskan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler dalam perancangan pabrik, antara lain:

1. Zat-zat yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam 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 CO₂ dan O₂ yang masuk ke dalam air karena aerasi ataupun kontak dengan udara luar.

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

Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, biasanya berupa garam-garam kabronat dan silikat. Untuk mencegah adanya kerak akibat kesadahan yang masih tersisa dengan menambahkan *Trisodium Phospat*. Reaksi:



Endapan-endapan yang terbentuk bersifat ringan, tidak menempel pada *tube* boiler, sehingga endapannya yang terbentuk dalam *disperse suspense* dalam air dan dapat mudah dikeluarkan lewat *blowdown* dari boiler. Selain menggunakan phospat, perlu ditambahkan polimer seperti lignin tannin atau *polyelectrolyte* ke dalam boiler yang berfungsi untuk mengontrol pengendapan dengan cara menghambat pertumbuhan kristal agar tetap berukuran kecil, dan dapat mencegah terjadinya penggumpalan.

3. 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. Penyebab terjadinya *Priming*

Priming merupakan tetesan air (buih atau kabut) yang terbentuk di dalam *steam* yang dapat menurunkan efisiensi energi *steam* dan menghasilkan deposit kital garam. Hal ini disebabkan karena konstruksi boiler yang kurang baik, kecepatan laju alir yang berlebihan dan fluktuatif, oleh karena itu perlu diperhatikan dalam pengendalian proses dan kondisi operasi pada boiler.

Tabel 4.6. Persyaratan Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*) (*Boiler Feed Water Characteristic as per IS: 10392-1982*)

Parameter	Satuan	Pengendalian Batas
<i>Total Hardness</i>	ppm as CaCO_3	< 0,5
pH	Unit	8,9 – 9,5
<i>Dissolved Oxygen</i>	ppm	0,01
Silica	ppm as SiO_2	0,5

➤ KEBUTUHAN AIR UMPAN BOILER

Pabrik amonium klorida ini menggunakan *steam* untuk memenuhi kebutuhan panas pada *heat exchanger*, *evaporator*, *reaktor* dan *rotary dryer*. *Steam* yang dibutuhkan dihasilkan oleh boiler. Air umpan boiler untuk menghasilkan *steam* atau uap diambil dari *Boiler Feed Water* (BFW). *Steam* yang digunakan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*).

Boiler Feed Water (BFW) yang hilang dapat diakibatkan karena adanya *blowdown*, *boiler traps*, dan *condensate losses*. Pada *deaerator* juga ditambahkan *makeup Boiler Feed Water* (BFW) untuk menutupi kekurangan air umpan boiler akibat *boiler traps* dan *condensate losses*.

Adapun kehilangan ini disebabkan beberapa hal diantaranya:

a. *Blowdown*

Blowdown berfungsi untuk menghilangkan impuritas air yang dapat terakumulasi pada boiler. Impuritas yang tidak teruapkan dapat membentuk *sludge*. Jika air umpan memiliki impuritas yang tinggi, maka jumlah air yang di *blowdown* juga tinggi.

b. *Boiler traps*

Boiler traps digunakan untuk menghilangkan kondensat yang terbentuk selama pada pipa boiler. Kondensat ini terbentuk akibat penurunan suhu selama di pipa boiler keluaran boiler yang disebabkan oleh perpindahan panas dari arus boiler yang memiliki suhu tinggi ke udara lingkungan yang memiliki suhu lebih rendah.

c. *Condensate losses*

Condensate losses terjadi karena terdapat beberapa kondensat yang ikut menguap di *deaerator* akibat kontak dengan boiler. Diperkirakan jumlah BFW yang hilang selama proses baik dari ketiga penyebab ini sejumlah 30%-80% dari jumlah *Boiler Feed Water* (BFW) yang seharusnya.

Air umpan boiler disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan total *steam* yaitu sebesar 215242,1952 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka ditambahkan 20% untuk faktor kehilangan pada *steam* (Nalco,1998). Sehingga *steam* yang dibutuhkan adalah sebesar 258290,6343 kg/jam.

- **Kebutuhan *steam*** = 258290,6343 Kg/jam

- ***Blowdown* pada air umpan boiler sebesar 4-5%. Persentase *blowdown* 5% maka:**

$$\begin{aligned}\text{Blowdown} &= 5\% \text{ steam} \\ &= 5\% \times 258290,6343 \text{ Kg/jam} \\ &= 12914,53171 \text{ Kg/jam}\end{aligned}$$

-**Umpan air masuk boiler**

$$\begin{aligned}\text{Blowdown} + \text{steam yang dihasilkan} &= 12914,53171 \text{ kg/jam} + 258290,6343 \text{ kg/jam} \\ &= 271205,166 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- **Kondensat yang kembali**

$$\begin{aligned}\text{Kondensat yang kembali} &= 80\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\ &= 80\% \times 258290,6343 \text{ kg/jam} \\ &= 206632,5074 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- **Kondensat yang hilang**

$$\begin{aligned}\text{Kondensat yang hilang} &= \text{umpan air masuk boiler} - \text{kondensat yang kembali} \\ &= 271205,166 \text{ kg/jam} - 206632,5074 \text{ kg/jam} \\ &= 64572,65857 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

-***Make up boiler***

$$\begin{aligned}\text{Make up boiler} &= \text{Kondensat yang hilang} + \text{blowdown} \\ &= 64572,65857 \text{ kg/jam} + 12914,53171 \text{ kg/jam} \\ &= 77487,19028 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- **% *Make up boiler***

$$\text{Make up boiler} = \frac{\text{make up boiler}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$$

$$= \frac{77487,19028 \text{ kg/jam}}{271205,166 \text{ kg/jam}} \times 10$$

$$= 28,57142857 \%$$

- % Kondensat kembali

$$\% \text{ Kondensat kembali} = \frac{\text{Kondensat kembali}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$$

$$= \frac{206632,5074 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{271205,166 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}} \times 100\%$$

$$= 76,19047619 \%$$

Tabel 4.7. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Kebutuhan <i>steam</i>	258290,6343
<i>Blowdown</i>	12914,53171
Umpan air masuk boiler	271205,166
Kondensat yang kembali	206632,5074
Kondensat yang hilang	64572,65857
<i>Make Up</i> Boiler	77487,19028
Total	891102,6882
Kebutuhan Normal (30%)	77487,19028

4.1.1.2. Pengolahan Air

Air yang digunakan dalam suatu pabrik diperoleh dari sumber air sungai yang berada disekitar pabrik dengan mengolah terlebih dahulu agar memnuhi syarat untuk digunakan. Pengolahan tersebut meliputi pengolahan fisik dan kimia dengan menambahkan desinfektan maupun penggunaan *ion exchanger*. Proses pengolahan air secara lengkap disajikan pada **gambar 4.2. dan 4.3.** 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 dan diinjeksikan bahan-bahan kimia (Kemmer, 1998).

- 1) 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.

2) Kalsium Hipoklorit atau Cl_2 cair berfungsi sebagai desinfektan.

Keluar dari tangki koagulasi-flokulasi, air dimasukkan 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 pomp *sand filter*. Di *sand filter* ini, air dari tangki *clarifier* kemungkinan masih mengandung flok-flok tersaring pada *sand filter*, kemudian ditampung dalam dua buah tangki:

- *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 untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan pemukiman.

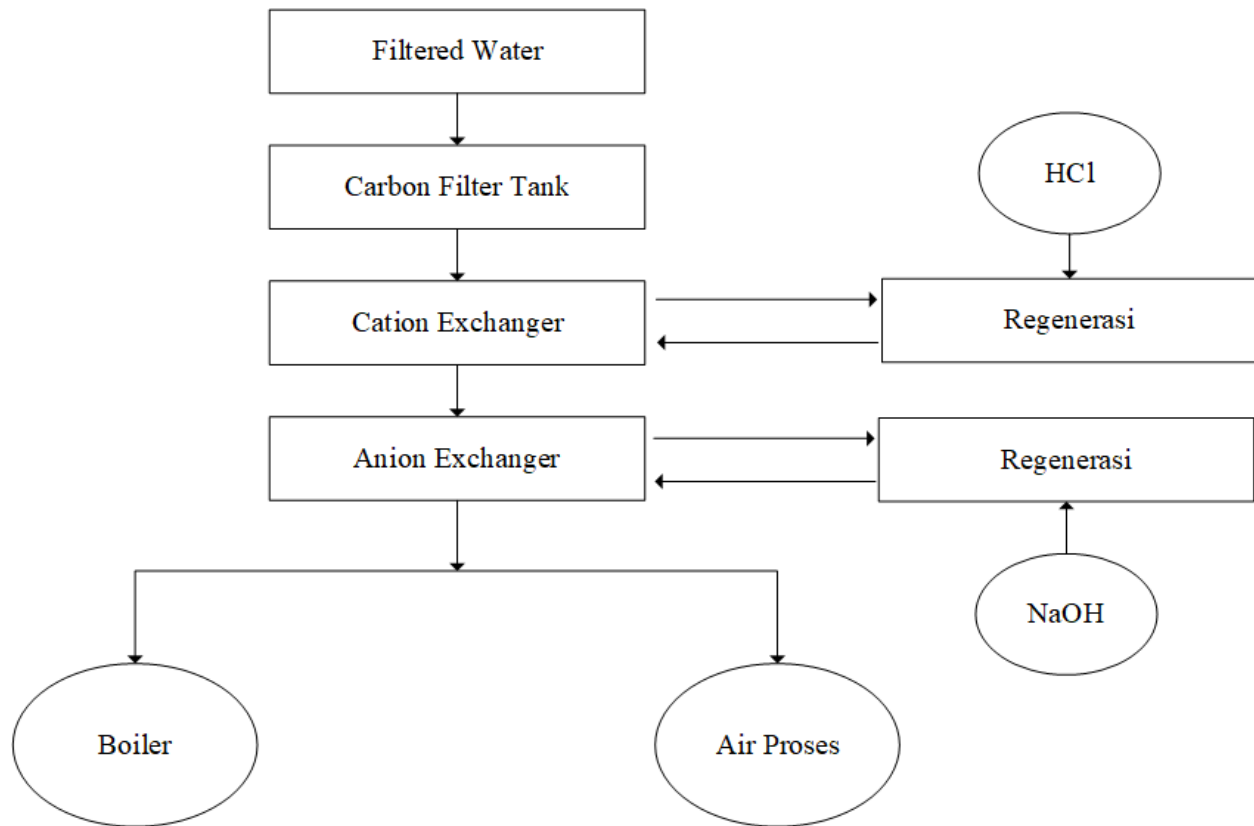
a. Unit Demineralisasi Air

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

Demineralisasi 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*.

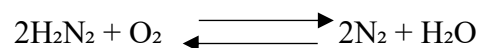


Gambar 4.2. Diagram Alir Proses Demineralisasi

b. 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*. Menurut Asyrofa (2019) menjelaskan bahwa *eksternal treatment* untuk air umpan boiler dengan menginjeksikan pada daerator bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Hidrazin berfungsi mengikat oksigen berdasarkan reaksi berikut:



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

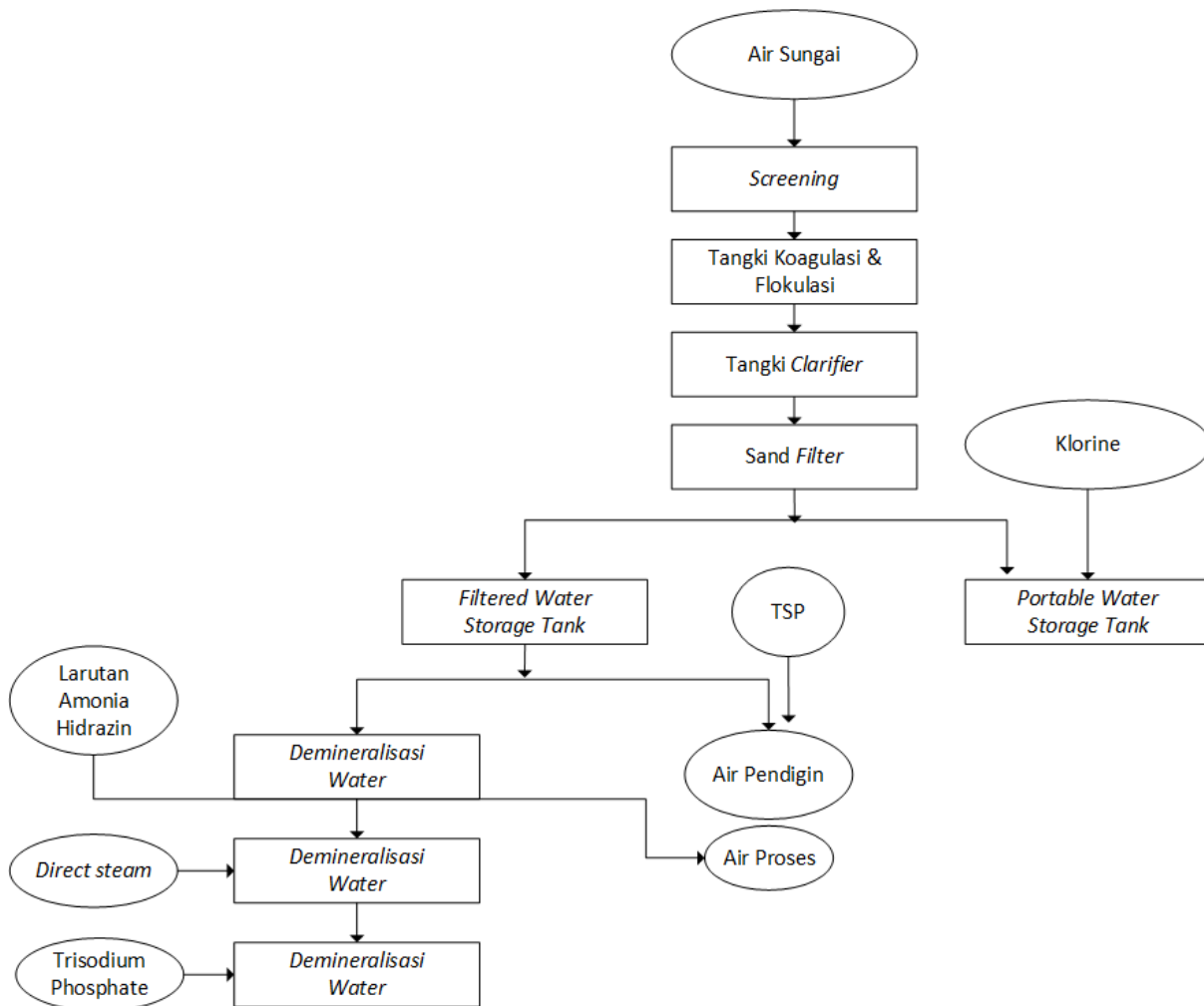
- Larutan ammonia yang berfungsi mengontrol pH

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* di dalam *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 4.3. Blok Diagram Proses Pengolahan Air

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*, *reaktor* dan *rotary dryer*. *Steam* yang dibutuhkan sebagai pemanas adalah *steam* jenuh (*saturated steam*) yaitu *steam low pressure* pada suhu 120°C dan tekanan 1 bar. Berikut data kebutuhan *steam* untuk mendukung jalannya proses produksi:

Tabel 4.8. Kebutuhan Steam Alat Proses

Alat	Kode	Kebutuhan <i>Steam</i>
Heat Exchanger	HE-01	11228,05726
Heat Exchanger	HE-02	20925,52239
Reaktor	R-01	922,4470836
Heat Exchanger	HE-03	78625,97611
Evaporator	EV-01	33570,40549
Evaporator	EV-02	34337,17172
Evaporator	EV-03	34872,12881
Rotary Dryer	RD-01	552,6663097
Rotary Dryer	RD-02	207,8200595
Total		215242,1952

Air umpan boiler disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan total *steam* yaitu sebesar 215242,1952 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan *steam* maka ditambahkan 20% untuk faktor kehilangan pada *steam* (Nalco, 1998). Sehingga *steam* yang dibutuhkan adalah sebesar 258290,6344 kg/jam.

- **Kebutuhan *steam*** = 258290,6343 Kg/jam

- **Blowdown pada air umpan boiler sebesar 4-5%. Persentase blowdown 5% maka:**

Blowdown = 5% *steam*
= 5% X 258290,6343 Kg/jam
= 12914,53171 Kg/jam

- **Umpan air masuk boiler**

Blowdown + *steam* yang dihasilkan
= 12914,53171 kg/jam + 258290,6343 kg/jam
= 271205,166 kg/jam

- **Kondesat yang kembali**

Kondesat yang kembali = 80% dari *steam* yang dihasilkan

$$= 80\% \times 258290,6343 \text{ kg/jam}$$

$$= 206632,5074 \text{ kg/jam}$$

- Kondensat yang hilang

$$\text{Kondensat yang hilang} = \text{umpan air masuk boiler} - \text{kondensat yang kembali}$$

$$= 271205,166 \text{ kg/jam} - 206632,5074 \text{ kg/jam}$$

$$= 64572,65857 \text{ kg/jam}$$

-Make up boiler

$$\text{Make up boiler} = \text{Kondensat yang hilang} + \text{blowdown}$$

$$= 64572,65857 \text{ kg/jam} + 12914,53171 \text{ kg/jam}$$

$$= 77487,19028 \text{ kg/jam}$$

- % Make up boiler

$$\text{Make up boiler} = \frac{\text{make up boiler}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$$

$$= \frac{77487,19028 \text{ kg/jam}}{271205,166 \text{ kg/jam}} \times 100\%$$

$$= 28,57142857 \%$$

- % Kondensat kembali

$$\% \text{ Kondensat kembali} = \frac{\text{Kondensat kembali}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\%$$

$$= \frac{206632,5074 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{271205,166 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}} \times 100\%$$

$$= 76,19047619 \%$$

Tabel 4.9. Total Air Umpan Boiler

Keterangan	Jumlah (kg/jam)
Kebutuhan <i>Steam</i>	258290,6343
<i>Blowdown</i>	12914,53171
Umpan air masuk boiler	271205,166
Kondensat yang kembali	206632,5074
Kondensat yang hilang	64572,65857
<i>Make Up</i> boiler	77487,19028
Total	891102,6882

4.1.2.2. Perhitungan Kapasitas Boiler

1. Total *Boiler Feed Water* (BFW)

Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat *start up* adalah = 891102,6882 kg/jam

Saat pabrik sudah normal beroperasi, maka besar BFW yang dibutuhkan hanya untuk memenuhi water losses dan pada boiler losses sekitar 30-80% dari total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan (Nalco, 1988).

Jadi total *Boiler Feed Water* (BFW) yang dibutuhkan saat normal operasi adalah:

$$= 30\% \times \text{steam kg/jam}$$

$$= 30\% \times 258290,6 \text{ kg/jam}$$

$$= 77487,19028 \text{ kg/jam}$$

2. Perhitungan Kapasitas Boiler

$$H_f \text{ make up air} = 54,03 \text{ Btu/lb}$$

$$H_f = 806,8972 \text{ kJ/kg} = 346,9034 \text{ Btu/lb}$$

$$H_v = 2785,1993 \text{ kJ/kg} = 1197,42 \text{ Btu/lb}$$

$$H_f = (\%ff \times H \text{ liquid } 30^\circ\text{C}) + (\%kond \times H \text{ saturated liquid } 190^\circ\text{C})$$

$$H_f = (24\% \times 54,03 \text{ Btu/lb}) + (80\% \times 346,90335 \text{ Btu/lb})$$

$$H_f = 290,48988 \text{ Btu/lb}$$

-Kapasitas boiler saat *start up*

$$\text{Massa boiler} = 271205,166 \text{ kg/jam} = 597904,3 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= \text{massa boiler} \times (H_v - H_f) \\ &= 597904,333 \times 1197,42 - 290,48988 \\ &= 542257508,3 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

-Kapasitas boiler saat normal operasi

$$\text{Massa boiler} = 258290,6343 \text{ Kg/jam} = 569432,7 \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned} Q &= \text{massa boiler} \times (H_v - H_f) \\ &= 569432,6981 \times 1197,42 - 290,48988 \\ &= 516435722,2 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

3. Menentukan Luas Perpindahan Panas

Boiler Saturated Steam

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

$$= \frac{516435722,2}{970,3 \times 34,5}$$

$$= 15427,34347 \text{ Hp}$$

$$\text{Nilai A} = 10 \text{ ft}^2/\text{Hp}^3$$

$$\text{A} = 10 \times 15427,34$$

$$= 154273,4347 \text{ ft}^2$$

4. Spesifikasi Bahan Bakar

$$\text{Heating value} = 19440 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas bahan bakar} = 54,26 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{Specific gravity} = 0,08691$$

$$\text{Efisiensi bahan bakar} = 80\%$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Solar} &= \frac{Q}{(\eta \times SG \times \text{Heating Value})} \\ &= \frac{516435722,2 \text{ Btu/hr}}{(0,8 \times SG \times \text{Heating Value})} \\ &= 382085,2544 \text{ lb/hr} \\ &= 5777129,047 \text{ liter/hari} \\ &= 7041,748146 \text{ ft}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

4.1.2.3. Spesifikasi Boiler

Spesifikasi Boiler

$$\text{Tipe} = \text{Fire tube boiler}$$

$$\text{Jumlah} = 6 \text{ buah}$$

$$\text{Heat Surface} = 154273,4347 \text{ ft}^2$$

$$\text{Tekanan} = 28,82 \text{ psia}$$

$$\text{Temperature} = 120^\circ\text{C}$$

$$\text{Bahan bakar} = \text{Solar}$$

$$\text{Rate bahan bakar} = 7041,748146 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

4.1.3. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik pabrik amonium klorida diperoleh dari:

- Suplai dari PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) / PT. PLN Nusantara Power (PLN NP)
- Pembangkit tenaga listrik sendiri (*Generator Set*)

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. Adapun kebutuhan listrik untuk pabrik amonium klorida ini meliputi:

1. Listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air

Kebutuhan listrik untuk

2. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
3. Listrik untuk penerangan dan AC

4.1.3.1. Kebutuhan Listrik

a. Keperluan Proses Produksi

Tabel 4.10. Kebutuhan Listrik unit Proses

No.	Kode Alat	Nama alat	Jumlah	Hp
1	P-01	Pompa dari <i>feed</i> M-01 ke R-01	1	10
2	P-02	Pompa dari <i>feed</i> M-02 ke R-01	1	10
3	P-03	Pompa larutan dari M-03 ke HE-02	1	10
4	P-04	Pompa dari EV-1 ke EV-02	1	10
5	P-05	Pompa dari EV-2 ke EV-03	1	10
6	P-06	Pompa dari EV-3 ke CR-01	1	10
7	P-07	Pompa recycle	1	10
8	M-01	Pengaduk M-01	1	60
9	M-02	Pengaduk M-02	1	60
10	R-01	Pengaduk R-01	1	145
11	RD-01	<i>Rotary Dryer</i> 01	1	8
12	RD-02	<i>Rotary Dryer</i> 02	1	8
13	CR-01	Pengaduk CR-01	1	40
14	RF-01	Motor RF-01	1	10
15	CF-01	Motor Centrifuge 01	1	40
16	BC-01	<i>Belt Conveyor</i>	4	160
17	SC-01	Screw Conveyor	2	40

18	SP-01	Screw Pump	2	40
Total				681

Kebutuhan listrik keperluan proses produksi = 681 Hp
= 507,8216125 kW

b. Keperluan Utilitas

Tabel 4.11. Kebutuhan Listrik unit Utilitas

No.	Nama Alat	Jumlah	Hp	Total
1	Pompa <i>Raw Water</i>	2	2	4
2	Pompa <i>Softener</i>	1	2	2
3	Pompa <i>Daerator</i>	1	2	2
4	Pompa Sanitasi	2	2	4
5	Pompa Pendingin	1	2	2
6	Pompa <i>Boiler</i>	2	5	10
7	Pompa Kondensat	1	2	2
8	Pompa Pengolahan Limbah	1	3	3
9	Pompa Bahan Bakar	2	2	4
10	<i>Draft Fan Cooling Tower</i>	1	10	10
11	Kompresor udara Tekan	5	10	50
Total				93

Kebutuhan listrik keperluan utilitas = 93 Hp
= 69,35008806 kW

c. Pengolahan Limbah

Kebutuhan listrik keperluan pengolahan limbah = 30 Hp
= 22,37099615 kW

d. Laboratorium, bengkel dan instrumentasi

Kebutuhan listrik keperluan laboratorium, bengkel dan instrumentasi = 35 Hp

$$= 26,09949551 \text{ kW}$$

Total kebutuhan daya energi listrik untuk proses produksi yaitu :

$$= (507,82+69,35+22,37+26,09) \text{ kW}$$

$$= 625,6421923 \text{ kW}$$

4.1.3.2. Listrik untuk Kegiatan Operasional

a. Listrik untuk Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *Luminous Efficacy*, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{Lux}$$

Dimana:

Area = Luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m^2)

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m^2)

Besarnya kebutuhan energi cahaya atau nilai lux berbeda-beda tiap ruangan yang akan diberi penerangan, tergantung kebutuhan efisiensi penggunaan cahaya. Dalam perancangan pabrik amonium klorida ini digunakan nilai lux standar pada tempat kerja *indoor* dan *outdoor* berdasarkan

⁴. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan berikut:

Tabel 4.12. Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

No.	Penggunaan Lahan	Luas (m^2)	Lux (lumen/m^2)	Lumen	Jumlah Lampu
1	Pos Keamanan	50	200	10000	6,896552
2	Masjid	400	200	80000	55,17241
3	Laboratorium	400	500	200000	137,931
4	Kantor	1000	300	300000	206,8966
5	Bengkel	300	200	60000	41,37931
6	Gudang Penyimpanan	1500	100	150000	103,4483
7	Kantin	300	200	60000	41,37931
8	Poliklinik	300	500	150000	103,4483

9	Gedung Serbaguna	800	350	280000	193,1034
10	Pemadam Kebakaran	300	100	30000	20,68966
11	<i>Control Room</i>	400	500	200000	137,931
12	Area Produksi	3000	200	600000	413,7931
Total Ruangan Indoor		8750		2120000	1462,069
1	Power Plant	300	100	30000	11,32075
2	Utilitas	900	100	90000	33,96226
3	Jalan	3000	75	225000	84,90566
4	Taman dan lahan parkir	1500	20	30000	11,32075
5	Pengolahan Limbah	800	100	80000	30,18868
6	Daerah Perluasan Pabrik	3000	20	60000	22,64151
Total Ruangan Outdoor		9500		515000	194,3396
Total Luas Pabrik		18250			

Lampu yang direncanakan untuk semua area di dalam bangunan (*indoor*) menggunakan lampu jenis *Light-Emitting Diode* (LED) Philips (*helix spiral energy saving bulb*) 24 Watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 1.450 lumen (www.philips.co.id).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen indoor} &= 2120000 \quad \text{lumen jumlah lampu} \\
 &= \frac{2120000 \text{ (lumen)}}{1450 \text{ (lumen/lampu)}} \\
 &= 1462,068966 \quad \text{lampu} \\
 \text{Total daya penerangan} &= 1.462 \text{ lampu} \times 24 \frac{\text{watt}}{1000} \\
 &= 35,08965517 \quad \text{kW}
 \end{aligned}$$

Lampu yang direncanakan untuk semua area di luar bangunan (*outdoor*) menggunakan lampu jenis *Light-Emitting Diode* (LED) Philips (*helix spiral energy saving bulb*) 42 Watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 2.650 lumen (www.philips.co.id).

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah lumen outdoor} &= 515000 \quad \text{lumen jumlah lampu} \\
 &= \frac{515000 \text{ (lumen)}}{2650 \text{ (lumen/lampu)}} \\
 &= 194,3396226 \quad \text{lampu} \\
 \text{Total daya penerangan} &= 194,34 \text{ lampu} \times 42 \frac{\text{watt}}{1000}
 \end{aligned}$$

$$= 8,162264151 \text{ kW}$$

Total daya listrik yang dibutuhkan untuk penerangan pabrik adalah = 43,25191932 kW

b. Listrik untuk AC

Kebutuhan listrik untuk AC terlebih dahulu menghitung jumlah luas ruangan yang akan menggunakan AC. Adapun jumlah luas ruangan sebagai berikut:

Tabel 4.13. Jumlah Luas Ruangan yang Memakai AC

No.	Bangunan	Luas (m ²)
1	Gedung Serbaguna	800
2	Kantor	1000
3	Laboratorium	400
4	Poliklinik	300
5	Masjid	400
6	<i>Controlroom</i>	400
Total		3300

Menghitung jumlah total beban kalor ruangan dengan asumsi bahwa standar beban kalor ruangan per m² adalah 500 Btu/hr.m². Diketahui kapasitas *cooler* 1,5 PK = 12.000 Btu/hr⁵.

$$\begin{aligned} \text{Total beban kalor ruangan} &= 3300 \text{ m}^2 \times 500 \text{ Btu/hr.m}^2 \\ &\text{Btu/h} \\ &= 1650000 \text{ r} \end{aligned}$$

Air Conditioner (AC) direncanakan menggunakan AC *inverter* LG *Split Wall* T13EV4 dengan 1,5 PK. Dengan dimensi (HxWxD) (mm) *indoor* 837 x 308 x189 dan *outdoor* 720 x 500 x 230 dengan data konsumsi listriknya sebesar 1.030 watt. Diketahui bahwa kapasitas *cooler* AC 1,5 PK = 12.000 Btu/hr (www.lg.com). Sehingga dapat dihitung jumlah AC yang akan digunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah AC yang digunakan} &= \text{Total beban kalor/kalor per 1 unit AC} \\ &= 1650000 \text{ Btu/hr} / 12000 \text{ Btu/hr} \\ &= 137,5 \text{ Buah} \\ &\text{jumlah AC yang dibutuhkan X daya listrik per} \\ \text{Total daya listrik AC} &= \text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 137,5 \text{ Buah} \times 1030 \text{ watt/buah} \\
&= 141625 \text{ watt} \\
&= 141,625 \text{ kWatt}
\end{aligned}$$

c. Listrik untuk peralatan lain

Penggunaan listrik untuk peralatan kantor seperti printer, server komputer, dan alat komputer untuk *Distribute Control System* (DCS) di *control room*.

- Asumsi untuk total daya penggunaan listrik pada peralatan tersebut = 25 kWatt

➤ TOTAL KEBUTUHAN DAYA LISTRIK

Tabel 4.14. Total Kebutuhan Daya Listrik

No.	Kegunaan Listrik	Daya (kWatt)
1	Listrik Untuk Kegiatan Produksi	
	a. Proses Produksi	507,8216
	b. Proses Utilitas	69,35009
	c. Pengolahan Limbah	22,371
	d. Laboratorium, Bengkel dan Instrumentasi	26,0995
2	Listrik untuk Kegiatan Operasional	
	a. Listrik untuk penerangan	43,25192
	b. Listrik untuk AC	141,625
	c. Listrik untuk peralatan lain	25
Jumlah		835,5191

Faktor keamanan 10% maka:

$$\begin{aligned}
\text{Total kebutuhan listrik} &= 1,1 \times 835,5191 \text{ kWatt} \\
&= 919,0710227 \text{ kWatt}
\end{aligned}$$

4.1.3.3. Generator

Untuk memenuhi kebutuhan daya listrik di atas, maka digunakan generator untuk cadangan sumber energi listrik apabila listrik dari PT. PLN Nusantara Power mengalami gangguan. Generator diesel yang digunakan memiliki efisiensi 80%.

$$\begin{aligned}
 \text{Input Generator} &= \text{Total listrik kWatt} / 80\% \text{ efisiensi} \\
 &= 1148,839 \quad \text{kWatt} \\
 \text{Kapasitas generator} &= \text{Kapasitas generator} - \text{Input Generator} \\
 &= 1200 \text{ kWatt} - 1148,839 \text{ kWatt} \\
 &= 51,16122
 \end{aligned}$$

Spesifikasi Generator

$$\begin{aligned}
 \text{Engine Brand} &= \text{YUCHAI} \\
 \text{Engine Model} &= \text{YC6C1020L-D20} \\
 \text{Tipe generator} &= \text{AC Generator} \\
 \text{Kapasitas generator} &= 600 \quad \text{kW} \\
 \text{Tegangan} &= 400/230 \text{ V} \\
 \text{Frekuensi} &= 50 \text{ Hz} \\
 \text{Jumlah} &= 2 \quad \text{buah} \\
 \text{Phase} &= 3 \\
 \text{Jenis bahan bakar} &= \text{Solar} \\
 \text{Kapasitas generator} &= 600 \text{ kW} \times 0,95 \frac{\text{Btu/s}}{1 \text{ kW}} \times 3600 \frac{\text{s}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 2052000 \quad \text{Btu/hr}
 \end{aligned}$$

4.1.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

$$\begin{aligned}
 \text{Heating value} &= 19440 \quad \text{Btu/lb} \\
 \text{Densitas bahan bakar} &= 54,26 \quad \text{lb/ft}^3 \\
 \text{Specific gravity} &= 0,08691 \\
 \text{Efisiensi bahan bakar} &= 80\% \\
 \text{Kebutuhan Solar} &= \frac{Q}{(\eta \times SG \times \text{Heating Value})} \\
 &= \frac{2052000 \text{ Btu/hr}}{(0,8 \times SG \times \text{Heating Value})} \\
 &= 1518,173 \quad \text{lb/hr} \\
 &= 22954,78 \quad \text{liter/hari} \\
 &= 27,9796 \quad \text{ft}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

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

4.1.2.1. 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 temperature *ambient*.

- 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.

4.1.2.2. Instrument Air (IA)

Udara instrumen merupakan udara bertekanan yang telah dikeringkan atau dihilangkan kandungan airnya. Menurut Kusumawardani (2005), menjelaskan bahwa 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*. Udara instrumen 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.cm^2 . *Instrument air dryer* yang digunakan dengan tipe *pressure swing heatless* yang terdiri dari dua *vessel* yang masing-masing berisi *alumina ball* dan *silica gel*. Selama operasi normal. 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:

- a. Bahan buangan gas dan partikulat
- b. 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 negative. Antara batang-batang elektroda yang bermuatan negative 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 negatif 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 di dalam tangki 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. Penetralkan 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

Menurut Sembodo (2008), menjelaskan bahwa 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, sedangkan peran yang lain yaitu untuk mengendalikan pencemaran lingkungan. Adapun tugas dari laboratorium, sebagai berikut:

- 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 perlunya mengoptimalkan aktivitas laboratorium sebagai acuan dan standar untuk pengujian mutu.

Adapun analisa untuk unit utilitas, meliputi:

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

Untuk mempermudah pelaksanaan program kerja laboratorium, maka laboratorium di bagi menjadi 3 bagian, antara lain:

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

4.2.1.1. Laboratorium Pengamatan

Laboratorium pengamatan 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 analitik 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 penelitian pengembangan dan perlindungan lingkungan 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 pelaksanaannya 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 No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebagai dasar hukum penerapan K3 di Indonesia yang telah diperkuat dengan keluarnya Undang-undang No. 36 Tahun 2009 tentang kesehatan dimana pada Pasal 164-165 tentang Kesehatan Kerja dinyatakan bahwa semua tempat kerja wajib menerapkan upaya kesehatan baik sector formal maupun informal.

Menurut Mangkunegara (2013:162), 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 diperlihara 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 nyawan 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 (*disassembly*)
 - 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 penyelenggaraan kerja dapat menjamin keselamatan dan kesehatan kerja, dengan cara:
 1. Menyediakan kebutuhan Alat Pelindung Diri (APD) yang sesuai standar, antara lain:
 - a. *Safety google*

- b. *Safety shoes*
 - c. *Bar muff ear plug*
 - d. *Safety helmet*
 - e. Masker
2. Melakukan pelatihan maupun sosialisai 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

Menurut Perry (1999), menjelaskan bahwa 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.

Fungsi instrument 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

Pada pabrik amonium klorida ini menggunakan beberapa jenis peralatan instrumentasi berupa indicator dan *controller*, antara lain:

a. *Level* Indikator (LI)

LI merupakan penunjuk ketinggian cairan dalam suatu tangki.

b. *Level Controller* (LC)

LC merupakan pengendali ketinggian cairan pada reaktor.

c. *Temperature Controller* (TC)

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)

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)

PC merupakan instrument 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 terjadi akibat tekanan uap keluar akan membuka/menutup diafragma *valve*, sehingga *valve* memberikan sinyal kepada PC untuk mengukur dan mendeteksi tekanan pada set point.