

BAB IV

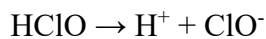
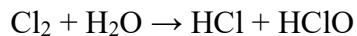
UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Pada proses perancangan pabrik Amonium Klorida ini, kebutuhan air dipenuhi dari Air Sungai Bengawan Solo yang telah diolah di kawasan Java Integrated Industrial Port Estate (JIPE). Air yang digunakan di area pabrik dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti:

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. 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):

- Syarat Fisik:
 - Suhu dibawah suhu udara luar
 - Warna jernih
 - Tidak berbau
 - Tidak mempunyai rasa
- Syarat Kimia:
 - Tidak mengandung zat organik maupun anorganik
 - Tidak beracun
- Syarat Biologis
 - Tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri pathogen

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

No	Parameter	Satuan	Syarat-syarat max. diijinkan	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 $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
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.	Fluorida	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	
9.	Mangan	Mg/L	0.5	
10.	Nitrat, sebagai N	Mg/L	10	
11.	Nitrit	Mg/L	1	
12.	pH		6.5-8.5	Merupakan batas minimum dan maksimum, khusus air hujan minimum 5,5.
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

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	0.0007
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 heprachlor epoxide	Mg/L	0.003
12.	Hexachlorobenzeme	Mg/L	0.00001
13.	Gamma0 HCl	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):

- Kesadahan yang dapat menyebabkan kerak
- 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 di atas, maka ke dalam air pendingin diinjeksikan bahan-bahan kimia seperti (Droste, 1997):

- Trisodium phosphate, untuk mencegah timbulnya kerak
- Klorin, untuk membunuh mikroorganisme.
- 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):

- 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.
- 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.
- 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. 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 *overflow* 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.

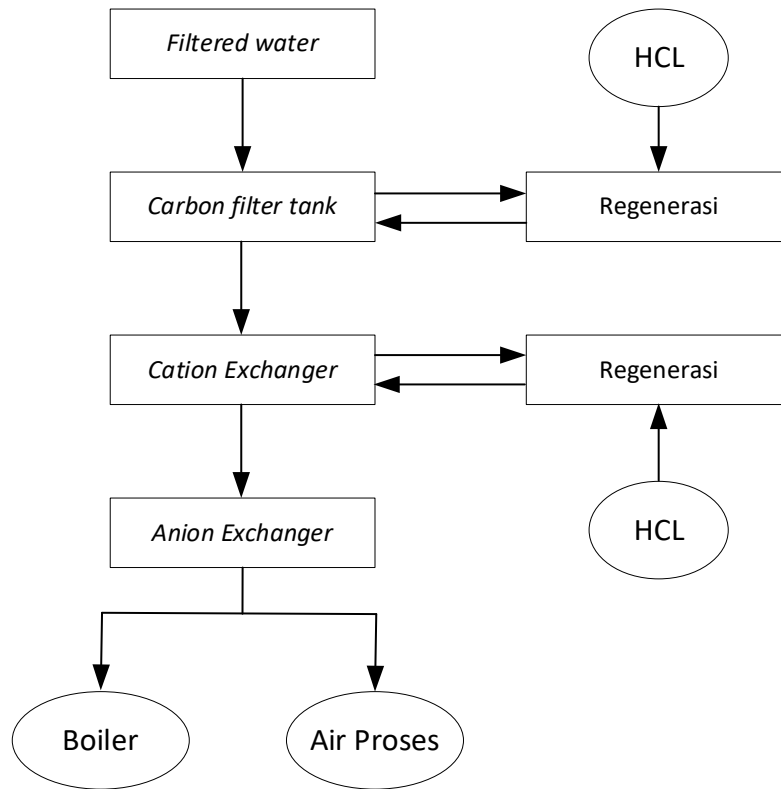
1. Unit Demineralisasi Air

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.

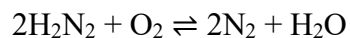


Gambar 1. Diagram Alir Proses Demineralisasi

2. Unit Deaerasi

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.

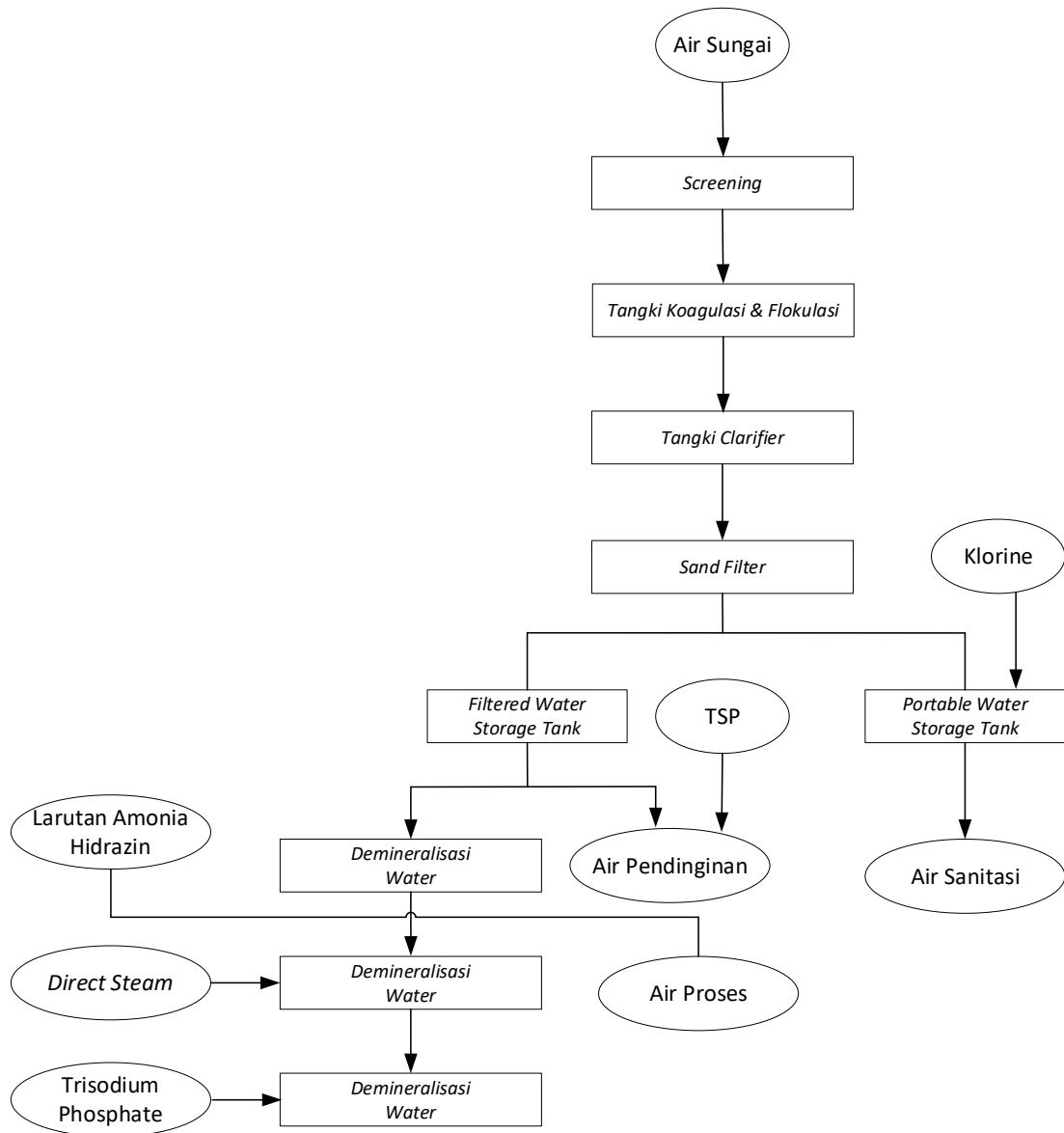
- Larutan ammonia yang berfungsi mengontrol pH

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 2. Blok Diagram Proses Pengolahan Air

4.1.2. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan air steam

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Untuk Steam

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	HE-101	Heat Exchanger 01	4174.20478
2.	HE-102	Heat Exchannger 02	5350.65211
3.	HE-401	Heat Exchanger 03	3890.79609
4.	R-201	Reaktor	5833.4524
5.	EV-501	Evaporator	16411.2622
Total			35660.3676

Jadi total kebutuhan air untuk steam = 35.660,36 kg/jam = 855,84 m³/hari.
Diperkirakan air yang hilang 20% sehingga kebutuhan make up water untuk steam
= (0,2 x 855,84 m³/hari=) 171,16 m³/hari.

b. Kebutuhan air pendingin

Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	CR-601	Kristalizer	255702.289
Total			255702.289

Total kebutuhan air pendingin = 255.702,28 kg/jam = 6136,85 m³/hari.

Air pendingin hilang 10% sehingga kebutuhan make up air pendingin = 613,68 m³/hari.

Jadi total kebutuhan air pendingin = 6750,54 m³/hari

c. Kebutuhan air proses

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Proses

No	Kode	Nama Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	M-101	Tangki Pengenceran (NH ₄) ₂ SO ₄	49751.8824
2.	M-102	Tangki pengenceran NaCl	94568.1381
Total			144320.021

Kebutuhan air untuk proses = $144.320,02 \text{ kg/jam} = 144,32 \text{ m}^3/\text{jam} = 3463,68 \text{ m}^3/\text{hari}$

Diperkirakan air yang hilang 20%, kebutuhan make up air untuk air proses = $0,2 \times 144,32 \text{ m}^3/\text{jam} = 28,86 \text{ m}^3/\text{jam} = 692.73 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Total air untuk proses = $4156,41 \text{ m}^3/\text{hari}$.

d. Kebutuhan air perkantoran

- Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan = 35 lt/orang/hari

Sehingga untuk 305 orang diperlukan air sebanyak:

$$= 35 \times 305 = 10.675 \text{ lt/hari}$$

$$= 10,675 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Diperkirakan air untuk laboratorium = $2.500 \text{ lt/hari} = 2,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Air untuk pembersih, pertamanan dan lain-lain:

Diperkirakan sebesar = $5.000 \text{ lt/hari} = 5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Total kebutuhan air bersih = $18,17 \text{ m}^3/\text{hari}$

- Total air bersih yang disuplai dari tangki air adalah: $4959,44 \text{ m}^3/\text{hari}$.

- Kehilangan akibat kebocoran diperkirakan 10% sehingga make up water dari sumber air = $1,1 \times 4959,44 \text{ m}^3/\text{hari} = 5455,39 \text{ m}^3/\text{hari}$.

4.2. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik suatu industri dapat diperoleh dari:

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

4.2.1. 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 2. Kebutuhan Listrik untuk Proses

No	Kode	Nama Alat	Hp
1.	P-101	Pompa dari feed M-101 ke R-201 1 buah	1
2.	P-102	Pompa dari feed M-102 ke R-201 1 buah	1
3.	P-201	Pompa larutan produk dari Reaktor 1 buah	1
4.	P-04	Pompa larutan produk dari EV-501 1 buah	1
5.	P-05	Pompa larutan dari EV-502 1 buah	1
6.	P-06	Pompa <i>recycle</i> 1 buah	1
7.	M-101	Pengaduk M-101 1 buah	3
8.	M-102	Pengaduk M-102 1 buah	3
9.	R-201	Pengaduk R-201 1 buah	6
10.	RD-401	Rotary Dryer-401 1 buah	2
11.	RD-801	Rotary Dryer -801 1 buah	2
12.	CR-601	Pengaduk CR-601 3 buah	3
13.	RF-301	Motor RF-301 1 buah	2
14.	CF-701	Motor Centrifuge -01 1 buah	3
15.	BLC	Belt Conveyor 6 buah	12
16.	SC	Screw Conveyor 1 buah	2
17.	BE	Bucket Elevator 4 buah	12
Total			56

2. Keperluan Utilitas

Tabel 3. Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Hp	Jumlah	Total Hp
Pompa Raw Water	2	2	4
Pompa Softener	2	1	3

Pompa Daerator	2	1	2
Pompa Sanitasi	2	2	4
Pompa Pendingin	2	1	2
Pompa Boiler	5	2	10
Pompa Kondensat	2	1	2
Pompa Pengolahan	3	1	3
Limbah			
Pompa Bahan	2	2	4
Bakar			
Draft Fan Cooling	10	1	10
Tower			
Kompresor Udara	10	5	50
Tekan			
Total			94

Kebutuhan total listrik = Kebutuhan listrik (proses + utilitas)

$$= (56+94) = 150 \text{ Hp}$$

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. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Bangunan	Luas (M ²)	Ft ²	Cd (ft)	Lumen
Pos Keamanan	100	1.076,4	10	10.764
Masjid	600	6.458,4	10	64.584
Laboratorium	700	7.534,8	15	113.022
Kantor	1.500	16.146,0	10	161.460
Bengkel	600	6.458,4	10	64.584
Gudang raw material	2.000	21.528,0	10	215.280

Gudang produk	1.500	16.146,0	10	161.460
Pengolahan limbah	1.700	18.298,8	15	182.988
Kantin	500	5.382,0	10	53.820
Aula	1.200	12.916,8	10	129.168
Power Plant	700	7.534,8	10	75.348
Pemadam Kebakaran	500	5.382,0	10	53.820
Control Room	600	6.458,4	5	32.292
Poliklinik	500	5.382	5	26.910
Total	12.700	136.702,8	135	1.345.500

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

Jumlah lumen dalam ruangan= 1.009.125 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $1.009.125/1960 = 515$ 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= 336.375 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan= $336.375/10.000 = 34$ buah

Total daya penerangan = $(40 \times 515) + (250 \times 34) = 29.100$ Watt = 29,10 kW

Listrik untuk AC diperkirakan sebesar 25.000 watt = 25 kW.

4. Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi diperkirakan 25 kW

Total kebutuhan listrik = $(235,78+29,10+25+25)$ kW= 314,88 kW

Faktor keamanan dipilih 10% dari total kebutuhan

Jadi total kebutuhan listrik = $1,1 \times 314,88$ kW= 346,37 kW

4.2.2. Generator

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

Digunakan generator dengan efisiensi 80%, maka input generator:

$$= 346,37 \text{ kW} / 0,8$$

$$= 432,96 \text{ kW}$$

Ditetapkan input generator 600 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia:

$$= (600 - 432,96) \times 0,8 = 133,63 \text{ kW}$$

Spesifikasi generator:

- Tipe : AC Generator
- Kapasitas : 600 kW
- Tegangan : 220/360 volt
- Efisiensi : 80%
- Phase : 3
- Jumlah : 2 buah
- Bahan bakar : solar

4.3. Unit Pengadaan Steam

4.3.1. 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 75.684,60 kg/jam. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran pada saat distribusi jumlah steam diletakkan sebanyak 10%.

Sehingga kebutuhan steam = 83.253,06 kg/jam = 183.989,26 lbm/jam.

4.3.2. 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):

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

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:

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

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

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

$$h = \text{entalpi steam pada suhu } 120\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ dan tekanan } 1,05\text{ atm} = 1.163,14\text{ Btu/lb}$$

Kapasitas boiler:

$$Q = m_s \times (h - h_f) = 183.989,26 \times (1.163,14 - 184,06) = 180.141.304,95\text{ Btu/jam.}$$

4.3.3. Menentukan Luas Perpindahan Panas

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

$$H_p = 180.141.304,95 / 970,3 \times 34,5$$

$$H_p = 5.381,31\text{ Hp}$$

Ditentukan luas bidang pemanasa adalah 10 ft²/Hp (Severn, 1959, hal.126)

$$\text{Jadi total heating surface} = 10\text{ ft}^2/\text{Hp} \times 5.381,31\text{ Hp} = 53.813,12\text{ Ft}^2$$

Perhitungan kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah solar

Dari Severn table V, halaman 97:

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

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

Dimana:

m_f = massa bahan bakar yang dipakai, lb/jam

Q = kapasitas boiler, Btu/jam

η = efisiensi boiler (85%)

f = heating value, Btu/lb

$m_f = 180.141.304,95 / (0.85 \times 19.440) = 10.901,80 \text{ lb/jam}$

$v_f = m_f / \rho = 200,92 \text{ ft}^3/\text{jam}$

4.3.4. Spesifikasi Boiler

Spesifikasi Boiler:

Tipe: fire tube boiler

Jumlah: 3 buah

Heat Surface: 53.813,12 ft²

Tekanan: 28,82 psia

Temperatur: 120 °C

Bahan bakar: solar

Rate bahan bakar: 200,92 ft³/jam

4.4. 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

Kapasitas input generator: 600 kW = 600.000/0,29407 = 2.040.330,53 Btu/jam

Kebutuhan solar = 2.040.330,53 / (0,8 x 0,8691 x 19440) = 150,95 lb/jam = 2,78 ft³/jam

4.5. 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 Dyer

4.5.1. 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.

4.5.2. Instrumrnt 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 isntrumentasi 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 dyer, dimana kandungan air diturunkan oleh bahan pengering sehingga memenuhi dew point -40oC 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.

4.6. 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

4.6.1. 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

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.

2. Laboratorium Analitik

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

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 pelaksanaannya melakukan juga penelitian terhadap kondisi lingkungan serta mengadakan pengembangannya.

4.7. Unit Pengolahan Limbah

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

1. Bahan buangan 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 elektrostatis 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. Bahan buangan 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.

4.8. Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

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 keselamat 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 firefighting 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,
- 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.

4.9. Instrumentasi

1. FC (Flow Control)

Flow Control (FC) merupakan sistem pengendalian yang berfungsi untuk mengatur dan mempertahankan laju alir fluida baik cair maupun gas agar tetap sesuai dengan nilai yang ditetapkan atau set point (Coughanowr, 1991). Sistem pengendalian ini bekerja secara otomatis dengan menggunakan flow transmitter sebagai sensor utama yang bertugas mengukur laju alir aktual secara kontinyu di dalam pipa atau saluran proses. Sinyal yang diterima dari flow transmitter kemudian dikirimkan ke flow controller, di mana nilai aktual dibandingkan dengan set point yang telah ditetapkan oleh operator. Apabila terdapat penyimpangan antara nilai aktual dan set point, flow controller akan menghasilkan sinyal koreksi yang diteruskan ke control valve untuk memperbesar atau memperkecil bukaan valve sehingga laju alir kembali ke nilai yang diinginkan (Stephanopoulos, 1984). Dalam proses produksi Ammonium Klorida (NH_4Cl), pengendalian laju alir sangat penting diterapkan terutama pada aliran umpan masuk reaktor R-201, karena perbandingan mol antara $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dan NaCl harus dijaga tepat sesuai rasio stoikiometri reaksi 1:2. Apabila laju alir salah satu reaktan menyimpang dari nilai yang ditetapkan, maka akan terjadi kelebihan atau kekurangan reaktan yang berdampak langsung pada penurunan konversi reaksi dan kemurnian produk NH_4Cl yang dihasilkan. Selain itu, Flow Control juga diterapkan pada aliran air pencuci di Rotary Filter RF-301 dan aliran steam pada Heat Exchanger HE-101 dan HE-102 untuk memastikan kebutuhan utilitas terpenuhi secara tepat dan efisien selama proses berlangsung secara kontinyu.

2. LC (Level Control)

Level Control (LC) merupakan sistem pengendalian yang berfungsi untuk menjaga tinggi permukaan cairan dalam suatu vessel, tangki, atau alat proses agar tetap berada pada rentang nilai yang ditetapkan sehingga operasi proses dapat berjalan secara aman

dan stabil (Stephanopoulos, 1984). Sistem ini bekerja dengan menggunakan level transmitter sebagai sensor yang mengukur ketinggian cairan secara kontinyu di dalam alat proses. Sinyal pengukuran dikirimkan ke level controller yang kemudian membandingkan nilai aktual dengan set point. Jika tinggi cairan menyimpang dari nilai yang ditetapkan, controller akan mengirimkan sinyal koreksi ke control valve pada aliran masuk atau aliran keluar untuk menyesuaikan laju alir sehingga level cairan kembali stabil (Coughanowr, 1991). Penerapan Level Control dalam proses produksi NH_4Cl sangat penting terutama pada tangki pelarutan M-101 dan M-102, di mana tinggi permukaan larutan harus dijaga agar tangki tidak mengalami kondisi overflow yang dapat menyebabkan tumpahan bahan berbahaya maupun kondisi dry running yang dapat merusak pompa dan peralatan di hilir. Selain itu, Level Control juga diterapkan pada crystallizer CR-601 untuk memastikan volume larutan jenuh NH_4Cl yang mengkristal selalu terjaga pada kondisi yang optimal, sehingga efisiensi kristalisasi sebesar 90% yang telah ditetapkan sebagai parameter desain dapat tercapai secara konsisten selama operasi berlangsung.

3. RC (Ratio Control)

Ratio Control (RC) merupakan sistem pengendalian khusus yang berfungsi untuk mempertahankan perbandingan atau rasio antara dua aliran fluida secara konstan sesuai dengan nilai yang telah ditetapkan, tanpa memperhatikan besarnya laju alir masing-masing aliran secara individual (Stephanopoulos, 1984). Sistem Ratio Control bekerja dengan cara mengukur laju alir aliran pertama yang disebut sebagai "*wild stream*" atau aliran bebas yang tidak dikendalikan secara langsung, kemudian secara otomatis menghitung dan menyesuaikan laju alir aliran kedua yang disebut "*controlled stream*" agar rasio antara keduanya selalu terjaga sesuai set point yang ditetapkan (Coughanowr, 1991). Komponen utama sistem ini terdiri dari dua buah flow transmitter untuk mengukur masing-masing aliran, sebuah ratio station atau ratio controller yang menghitung rasio aktual dan membandingkannya dengan set point, serta control valve pada aliran yang dikendalikan. Dalam proses produksi NH_4Cl melalui reaksi metatesis antara Ammonium Sulfat dan Natrium Klorida, penerapan Ratio Control sangat kritis karena reaksi berlangsung sesuai stoikiometri yang ketat yaitu 1 mol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ berbanding 2 mol NaCl . Apabila rasio umpan menyimpang dari perbandingan

stoikiometri tersebut, salah satu reaktan akan berada dalam kondisi berlebih sehingga tidak ikut bereaksi dan terbuang sebagai limbah, sementara reaktan yang kurang akan menjadi faktor pembatas yang menurunkan konversi reaktor secara signifikan dari nilai desain $X_A = 90\%$ yang telah ditetapkan.

4. TC (Temperature Control)

Temperature Control (TC) merupakan sistem pengendalian yang berfungsi untuk menjaga suhu operasi suatu alat proses atau aliran fluida agar tetap berada pada nilai set point yang telah ditetapkan, mengingat suhu merupakan variabel proses yang paling kritis dan paling banyak mempengaruhi kinerja seluruh unit operasi dalam suatu pabrik kimia (Coughanowr, 1991). Sistem ini bekerja menggunakan sensor suhu berupa *thermocouple* atau *resistance temperature detector* (RTD) yang dipasang langsung pada alat proses atau pada pipa aliran untuk mengukur suhu aktual secara real-time dan kontinyu. Sinyal suhu yang terukur kemudian dikirimkan ke *temperature controller*, di mana nilai aktual dibandingkan dengan *set point* dan apabila terdapat deviasi maka controller akan menghasilkan sinyal koreksi yang diteruskan ke control valve untuk mengatur laju alir media pemanas berupa steam atau media pendingin berupa air pendingin sesuai kebutuhan (Stephanopoulos, 1984). Dalam proses produksi NH_4Cl , pengendalian suhu diterapkan pada hampir seluruh unit proses mengingat setiap alat beroperasi pada suhu yang berbeda-beda dan sangat spesifik. Pada reaktor CSTR R-201 yang beroperasi pada suhu 100°C , *Temperature Control* berfungsi menjaga kestabilan suhu agar nilai konstanta laju reaksi $k = 64,71 \text{ m}^3/\text{kmol}\cdot\text{jam}$ tetap terpenuhi sehingga konversi $X_A = 90\%$ dapat tercapai, karena perubahan suhu yang signifikan akan mengubah nilai k sesuai persamaan Arrhenius dan berdampak langsung pada volume reaktor yang dibutuhkan. Pada evaporator EV-501 yang beroperasi pada suhu 100°C , *Temperature Control* memastikan penguapan air berlangsung optimal sehingga konsentrasi larutan NH_4Cl mencapai target 43% yang diperlukan agar proses kristalisasi di CR-601 dapat berlangsung dengan efisiensi 90% . Pada crystallizer CR-601 yang beroperasi pada suhu 70°C , pengendalian suhu sangat menentukan kelarutan jenuh NH_4Cl yang menjadi dasar terbentuknya kristal, sehingga kestabilan suhu pada nilai set point mutlak diperlukan untuk menghasilkan kristal NH_4Cl dengan kemurnian $99,5\%$ sesuai spesifikasi produk akhir yang ditetapkan.