

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

4.1.1 Unit Pengadaan Air

Unit pengadaan air memiliki fungsi untuk menyediakan kebutuhan air pada pabrik, mulai dari air pendingin, air proses, air umpan boiler dan air hydrant dan air sanitasi. Pabrik Sodium Nitrat menggunakan air yang didapatkan dari perusahaan yang terletak di Cilegon yaitu Krakatau Tirta Industri (KTI). Pengadaan air yang bersumber dari PT. KTI ini mempertimbangkan letak pabrik yang berada dekat dengan sumber airnya yaitu PT. KTI dan jumlah air yang dibutuhkan dapat terpenuhi.

1. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin atau *Cooling water* merupakan air yang dilewatkan melalui alat penukar panas dengan maksud untuk menyerap atau memindahkan panasnya. Air pendingin digunakan untuk media pendingin pada alat seperti reaktor dan *crystallizer*.

Persyaratan air sebagai air pendingin ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Syarat Air Pendingin (ASME, 2017)

Parameter	Circulating Water	Make Up Water	Transient Water
pH	6,5-8,2	6,0-8,0	8,8-80
Konduktivitas Elektrik (mS/m)	< 80	< 30	< 40
Klorin (mg/l)	< 200	< 50	< 50
Sulfat (mg/l)	< 200	< 50	< 50
Alkali (mg/l)	< 100	< 50	< 50
Total Hardness (mg/l)	< 200	< 70	< 70
Ca ²⁺ (mg/l)	< 150	< 50	< 50
Silica (mg/l)	< 40	< 30	< 30

2. Air Proses

Air proses didapatkan dari air yang dilakukan pengolahan sebelumnya. Air proses merupakan air yang bebas dari mineral pengotor dan memiliki pH netral sehingga dapat digunakan untuk melarutkan atau mengencerkan zat dalam proses reaksi kimia. Air proses biasanya digunakan sebagai pelarut, pencampur, pengencer, media pencuci dan lain-lain. Air proses akan digunakan sebagai air pencuci kristal NaNO₃ pada

centrifuge. Parameter yang menjadi pertimbangan dalam pengolahan air pendingin yaitu sebagai berikut :

- a. Konduktivitas (mengindikasikan jumlah *dissolve* mineral dalam air).
- b. pH (mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan air).
- c. Alkalinitas (berupa ion karbonat dan ion bikarbonat).
- d. Hardness/Kesadahan (menunjukkan jumlah ion kalsium dan magnesium yang ada dalam air).

3. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler atau Boiler Feed Water (BFW) merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam untuk kelangsungan proses. Uap yang dihasilkan adalah air 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 akan semakin tinggi. Air yang masih mengandung larutan garam dan asam dapat merusak peralatan pada boiler. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

- a. Zat penyebab korosi

Korosi terjadi karena adanya proses oksidasi logam material pada boiler yang disebabkan karena air mengandung larutan asam dan gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S , dan NH_3 . Oleh sebab itu, oksigen harus dihilangkan. Ada dua tahap dalam menghilangkan oksigen yaitu deserasi dan penambahan Hidrazin.

- b. Zat penyebab pembentukan kerak (*Scallining*)

Scalling terjadi karena terbentuknya kerak pada permukaan *boiler* yang disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika. Kerak akan menghalangi perpindahan panas sehingga menyebabkan *overheating* yang memusat dan menyebabkan pecahnya pipa.

- c. Zat penyebab busa (*Foaming*)

Foaming adalah proses pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam *drum boiler*. Penyebab terjadinya *Foaming* karena adanya kontaminasi oleh zat organik atau zat kimia yang ada dalam air umpan boiler yang tidak terkontrol dengan baik. *Foaming* yang terjadi akan mempersempit ruang pelepasan uap panas dan menyebabkan terbawanya air serta kotoran ke dalam uap air. *Foaming* akan menyebabkan endapan dan korosi pada logam dalam boiler. Untuk mencegah hal itu terjadi, *foaming* adalah dengan membuang sejumlah air dengan tepat dan juga penambahan anti foam seperti polyamida atau poliglikol.

4. Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, air laboratorium, air pertamanan, air hidran dan cadangan. Air sanitasi harus memenuhi syarat meliputi syarat fisik, kimia, dan bakteriologis. Syarat tersebut mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 yang dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 2 Parameter dalam Standar Baku Mutu untuk Air Sanitasi

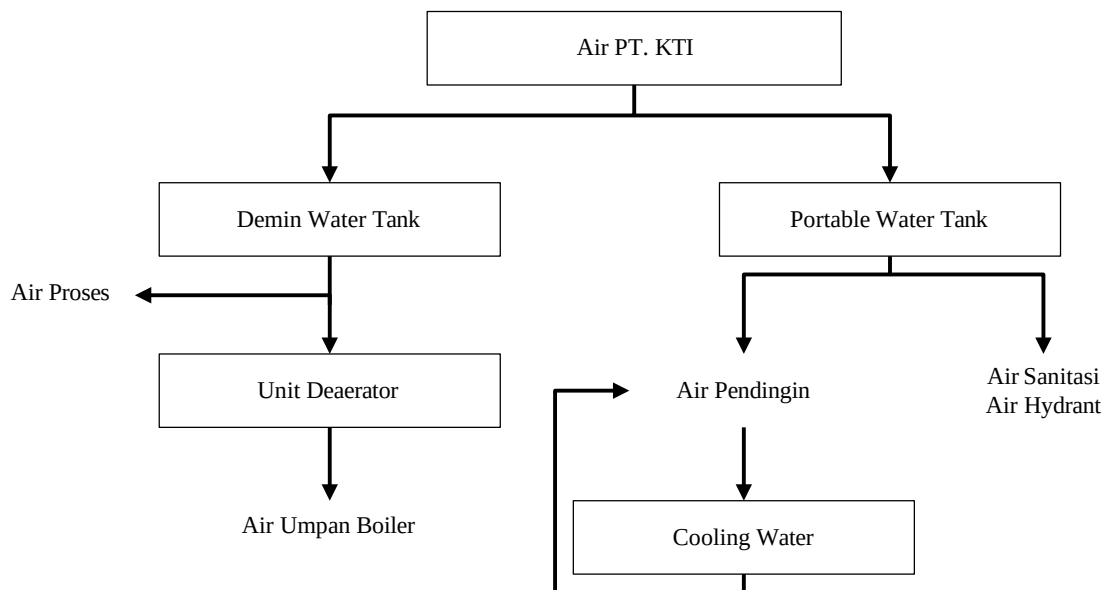
No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
A. FISIK			
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (TDS)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu Udara $\pm$ 30
5.	Rasa		Tidak Berasa
6.	Bau		Tidak Berbau
B. KIMIA			
1.	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat	mg/l	10
7.	Nitrit	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Detergen	mg/l	0,05
10.	Pestisida Total	mg/l	0,1
C. BIOLOGI			
1.	Total <i>Coliform</i>	CFU/100 mL	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100 mL	0

5. Air Hydrant

Air hydrant adalah air untuk mencegah kebakaran. Air jenis ini biasanya tidak memerlukan persyaratan khusus. Kebutuhan air hydrant diperlukan untuk pencegahan jika terjadi kebakaran dalam pabrik. Air ini tidak menyangkut dalam proses produksi sehingga tidak membutuhkan spesifikasi khusus. Hydran ditempatkan dalam tempat penting yang melalui seluruh lokasi di pabrik.

4.1.2 Unit Pengolahan Air

Air yang akan digunakan diambil dari PT. Krakatau Tirta Industri yang sudah sesuai dengan spesifikasi air yang digunakan. Air ini dapat dijadikan air pendingin, air sanitasi, dan air hydrant, sedangkan air proses menggunakan air demin dan air umpan boiler menggunakan air demin yang sudah melalui proses deaerasi agar sesuai dengan spesifikasi. Setelah melewati proses, air akan melewati *cooling tower* untuk digunakan kembali. Air dari PT. KTI ditampung dalam 2 buah tangki yang digunakan untuk menampung air yang digunakan untuk air sanitasi, air hydran, dan air pendingin, dan tangki lainnya digunakan untuk menampung air yang akan difungsikan untuk air proses dan air umpan boiler. Tahapan pengolahan air akan ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 1 Diagram Alir Pengolahan Limbah

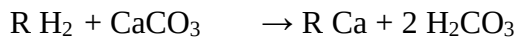
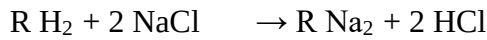
4.1.3 Unit Demineralisasi

Unit demineralisasi memiliki fungsi untuk menghilangkan mineral yang terkandung dalam air seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} dan lainnya dengan bantuan resin. Air yang akan didapatkan adalah air yang sudah bebas mineral dan digunakan

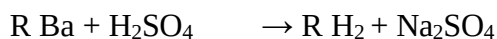
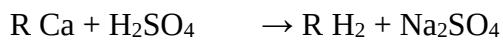
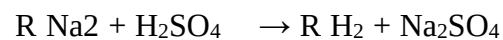
sebagai air umpan boiler dan air proses. Proses pada Unit demineralisasi adalah sebagai berikut :

- Kation Exchanger

Air dimasukan dari atas kedalam kation Exchanger. Didalam kation exchanger, garam-garam Na, Ca, Mg, Ba diikat oleh resin kation dengan reaksi sebagai berikut:

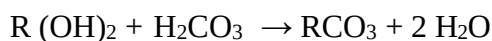
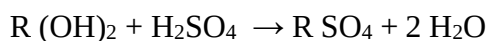


Kemampuan untuk menangkap ion dipengaruhi oleh resin yang digunakan yaitu kemampuan menyerap $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+$. Pada kondisi tertentu resin kation tersebut dapat jenuh dan perlu diregenerasi dengan larutan H_2SO_4 sebagai berikut :

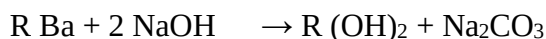
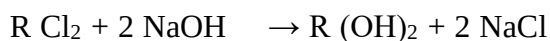
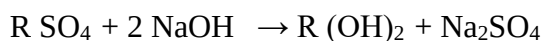


- Anion Exchanger

Dari bagian bawah kation exchanger, air dipompa masuk ke anion exchanger. Dalam anion exchanger yang berisi resin anion yang berfungsi untuk mengikat sisa asam dengan reaksi sebagai berikut :



Sama dengan kation exchanger, pada kondisi tertentu anion exchanger akan jenuh dengan indikasi adalah kadar silika lebih dari 0,1 ppm, pH air yang keluar akan turun, serta konduktivitas akan turun drastis. Anion yang sudah jenuh perlu diregenerasi dengan larutan *Caustic Soda* (NaOH) 4% dengan reaksi sebagai berikut:



4.1.4 Unit Deaerator

Air demin akan dipompa ke Deaerator untuk menghilangkan kandungan gas yang ada pada air umpan boiler dan dimasukan ke penginjeksi *chemical hydrazine* ke dalam deaerator untuk mengikat oksigen yang terlarut dalam air umpan boiler. Selanjutnya air dipompa ke dalam drum atas boiler. Air didalam *tube boiler* dipanasi sehingga terbentuk

steam. *Steam* yang terbentuk akan ditampung pada tangki penampung *steam* dan digunakan untuk kebutuhan pabrik.

1. *Cooling Water*

Cooling water digunakan untuk mensirkulasikan air pendingin. Air pendingin yang berasal dari alat atau dari sistem penukar panas didinginkan pada *cooling tower*. *Cooling tower* menggunakan kipas untuk menghisap udara hangat. Udara dingin akan mengalami kontak langsung dengan air yang jatuh dari bak atas menuju bak bawah, sehingga panas keluar dari *heat exchanger* dipompa menuju *cooling tower* lalu didinginkan dengan udara.

4.1.5 Kebutuhan Air

1. Kebutuhan Air Pendingin dan Air Proses

Kebutuhan air untuk pendingin dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
Mixer	9.309,33
Cristalizer	19.296,59
Kondensor	12.995,46
Total	41.601,37

Jumlah kebutuha air untuk pendingin = kg/jam

Densitas air pada 30°C = 995,647 kg/m³ (Perry & Green, 1997)

Jadi Total kebutuhan air untuk air pendingin :

$$= 41.601,37 \text{ Kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1/995,647 \text{ kg/m}^3$$

$$= 998,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Diperkirakan air yang menguap sebesar 20% sehingga *make up* air untuk pendingin :

$$= 0,2 \times 998,43 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 199,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total kebutuhan air pendingin:

$$= (\text{air untuk pendingin} + \text{make up air pendingin})$$

$$= 998,43 \text{ m}^3/\text{hari} + 199,69 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 1.198,12 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Kebutuhan air untuk steam dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Umpan Boiler (Steam)

Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
Evaporator-01	12.300,25
Heater-01	401,42
Heater-02	744,18
Heater-03	174,43
Heater-04	152,20
Reactor-01	9.354,59
Total	23.127,06

Jumlah kebutuhan air untuk steam = 23.127,06 kg/jam. Untuk menjaga kekurangan steam akibat kondensasi steam saturated pada saat distribusi, maka jumlah steam diletakkan 20%.

Kebutuhan air untuk steam:

$$= 0,2 \times 23.127,06 \text{ kg/jam}$$

$$= 4.625,41 \text{ kg/jam}$$

Total kebutuhan air umpan boiler (BFW) adalah:

$$= 23.127,06 \text{ kg/jam} + 4.625,41 \text{ kg/jam}$$

$$= 666,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3. Kebutuhan Air Sanitasi

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

a. Air karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan kantor adalah 40 liter/orang/hari (Linsley, 1974).

Sehingga untuk karyawan sebanyak 197,33 orang diperlukan air sebanyak:

$$= 40 \text{ liter/orang/hari} \times 197,33 \text{ orang}$$

$$= 7.893,33 \text{ liter/hari}$$

$$= 7,89$$

b. Air untuk perumahan

Perumahan karyawan pabrik sebanyak 20 rumah. Bila masing-masing rumah dihuni sebanyak m^3/hari 4 orang, dan kebutuhan air untuk perumahan diperkirakan 250 liter/orang/hari (Linsley hal 92, 1974) maka diperlukan air untuk perumahan sebanyak:

$$= 250 \text{ liter/hari} \times 4,00 \times 20,00$$

$$= 20.000,00 \text{ liter/hari}$$

$$= 20,00 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c. Air untuk laboratorium dan kebersihan

Diperkirakan kebutuhan air untuk laboratorium sebanyak:

$$= 1,58 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Total kebutuhan untuk air sanitasi:

$$= (7,89 + 20 + 1,58) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 38,06 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4. Kebutuhan Air Hydrant dan air cadangan

Perkiraan jumlah air yang dibutuhkan untuk air hydrant adalah 140% dari air sanitasi yang akan ditampung dalam bak penampung sehingga air hydrant sebanyak 41,26 m³/hari

5. Total Kebutuhan Air

a. Total kebutuhan air yang digunakan pada saat start up:

$$= (\text{air pendingin \& air proses} + \text{air umpan boiler} + \text{air sanitasi} + \text{air hydrant})$$

$$= 1.934,91 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b. Total kebutuhan air yang digunakan pada saat beroperasi normal:

$$= (\text{make up air pendingin} + \text{make up air umpan boiler} + \text{air sanitasi} + \text{air hydrant})$$

$$= 913,35 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.2 Unit Pengadaan Listrik

Unit ini memiliki fungsi untuk menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, kebutuhan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau listrik AC, maupun penerangan. Kebutuhan tenaga listrik pada pabrik ini dipenuhi dari dua sumber yaitu suplai dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) setempat sebagai sumber listrik utama dan pembangkit tenaga listrik sendiri sebagai pembangkit listrik cadangan yang berasal dari generator.

Jenis generator yang digunakan adalah generator berjenis arus bolak-balik dengan pertimbangan:

a. Tenaga listrik yang dapat dihasilkan cukup besar

b. Tegangan yang dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator

Generator AC digunakan generator AC 3 *phase* yang memiliki keuntungan:

a. Tegangan listrik dapat stabil

b. Daya kerja besar/efisiensi dari tenaga listrik besar

c. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit

d. Motor 3 phase harganya relative lebih murah dan sederhana

1. Kebutuhan Listrik untuk Proses dan Utilitas

Kebutuhan listrik diperkirakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik untuk Proses

Nama Alat	Hp	Jumlah	Σ Hp
Pompa HNO ₃	5	1	5
Pompa NaCl	5	1	5
Pengaduk CSTR	264	1	264
Pompa NaNO ₃	5	1	5
Pompa NaNO ₃ Pekat	5	1	5
Blower	3	1	3
Vibrating Steam	10	1	10
Motor Ball Mill	8	1	8
Belt Conveyor	1	4	4
Bucket Elevator	1	2	2
Total	332	1	310,87

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses = 310,87 HP

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Nama Alat	Hp	Jumlah	Σ Hp
Pompa Portable Tank	1	1	1
Pompa Cooling Tower	2	2	4
Pompa Demineralisasi	2	1	2
Pompa Air Hydrant	2	1	2
Pompa Air Steam	3	2	6
Pompa Umpan Boiler	3	2	6
Pompa Air Sanitasi	2	2	4
Pompa Kondensat	2	1	2
Kipas Cooling Tower	3	2	6
Kompresor	2,00	1,00	2
Pompa Bahan Bakar	3	2	6
Total	332		41

Kebutuhan listrik untuk utilitas = 41 HP

Kebutuhan Total listrik = 310,87 + 41

= 351,87 HP

= 262,39 kW

2. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC

Perkiraan tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *LLuminous Efficacy*, yaitu tenaga

radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

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

Dimana:

Luas : luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m^2)

Lux : kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m^2)

Besarnya lux nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan.

Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut SNI 03-6197-2000

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

No.	Bangunan	Luas (m^3)	Lux (Lumen m^2)	Lumen
1	Pos Keamanan	30	80	2.400
2	Kantin	150	80	12.000
3	Koperasi Karyawan	70	160	11.200
4	Poliklinik	70	40	2.800
5	Aula	200	80	16.000
6	Kantor K3	150	80	12.000
7	Tempat Ibadah	100	320	32.000
8	Kantor Pusat	400	320	128.000
9	Laboratorium dan Pengendalian Mutu	100	320	32.000
10	Gudang	250	80	20.000
11	Ruang Kontrol	150	320	48.000
Total Ruangan Indoor				316.400
12	Power Station	70	160	11.200
13	Pemadam Kebakaran	150	320	48.000
14	Taman/Jalan	700	320	224.000
15	Area Proses	2.000	320	640.000
16	Utilitas	1.500	160	240.000
17	Area Pengolahan Limbah	400	160	64.000
18	Area Perluasan	2.500	240	600.000
19	Area Parkir	300	40	12.000
Total Ruangan Outdoor				1.839.200

Untuk semua area dalam bangunan (*indoor*) direncanakan menggunakan lampu *light emitting diode (LED) Philips* 20 W. Lumen Output tiap lampu adalah 2100 lumen.

Jumlah lumen di dalam ruangan adalah = 316.400,00 Lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = 150,67 buah

Jumlah daya lampu = 3.013 Watt

Untuk halaman, jalan dan tempat parker (*outdoor*) digunakan lampu Mercury 250 W.

Lumen output tiap lampu adalah 10.000 lumen.

Jumlah lumen di dalam ruangan adalah = 1.839.200 Lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = 183.200 Buah

Jumlah daya lampu = 45.980 W

Total daya penerangan = 48,99 kW

Ruangan dalam pabrik sodium nitrat menggunakan pendingin berupa *air conditioner* (AC) dengan tipe AC LG *Hybrid Maxima Series E13CMV* – 1 PK yang memerlukan daya listrik sebesar 520 Watt dan diperkirakan cukup untuk memenuhi kebutuhan pendingin ruangan seluas 7×7 meter (49 m²). Berikut tabel daftar ruangan yang membutuhkan pendingin ruangan.

Tabel 4. 8 Kebutuhan AC dalam ruangan

No	Ruangan yang butuh AC	Luas (m2)
1	Kantor	400
2	Ruang Kontrol	150
3	Poliklinik	70
4	Laboratorium	150
5	Kantin	150
6	Kantor K3	100
7	Tempat Ibadah	100
Total		1.020

Maka jumlah kebutuhan pendingin ruangan (AC) dan listrik yang digunakan adalah:

Jumlah AC yang dibutuhkan = 21 Buah

Daya AC = 521 Watt

Total daya pendingin AC = 10,92 kW

Total kebutuhan listrik untuk penerangan dan AC =

3. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan dan Kantor

Listrik juga dibutuhkan untuk peralatan kantor seperti printer, monitor, komputer pegawai, dan komputer untuk sistem di ruang kontrol. Kebutuhan listrik yang digunakan untuk peralatan kantor diperkirakan sebesar 20 kW

4. Kebutuhan Listrik untuk Bengkel, Laboratorium dan Instrumentasi

Listrik untuk bengkel, laboratorium dan instrumentasi diperkirakan sebesar 30 kW

Total kebutuhan listrik dapat dilihat pada tabel berikut

Untuk faktor keamanan, kebutuhan listrik dilebihkan 10% dari Total kebutuhan, sehingga

Total kebutuhan listrik sebesar

$$\begin{aligned}\text{Total} &= 110\% \times 392,30 \text{ kW} \\ &= 431,53 \text{ kW}\end{aligned}$$

Digunakan generator dengan efisiensi 80%, maka *input* generator dapat dihitung:

$$\begin{aligned}\text{Input generator} &= 431,53 / 0,8 \\ &= 539,42 \text{ kW}\end{aligned}$$

Ditetapkan input generator 600 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia 60,58 kW. Adapun untuk sumber listrik utama di rencanakan akan di suplai dari PLN

Spesifikasi Generator

Tipe	: AC Generator
Tegangan	: 380 volt
Efisiensi	: 80%
Phase	: 3 phase
Jumlah	: 1 buah (Berkapasitas 600 kW)
Bahan bakar	: Solar

4.3 Unit Pengadaan Steam

Steam dalam pabrik sodium nitrat digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan media pemanas pada evaporator, reboiler, dan heater. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, digunakan boiler. Steam yang digunakan berjenis saturated steam dengan tekanan 2 atm pada suhu 121 °C.

Berdasarkan perhitungan air umpan boiler didapatkan:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan BFW (umpan boiler)} &= 67.313,628 \text{ lb/jam} \\ \text{Kebutuhan BFW (make up air untuk boiler)} &= 12.238,841 \text{ lb/jam} \\ \text{\% make up air} &= \frac{\text{make up air}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\% \\ &= 18,18 \text{ \%} \\ \text{\% kondensat} &= 100\% - \text{\% make up air} \\ &= 100\% - 18,18 \text{ \%} \\ &= 81,82 \text{ \%}\end{aligned}$$

1. Perhitungan Kapasitas Boiler

Kondisi steam didapat pada tabel F.1 (Smith et al, 2001) hal 668:

$$\text{Temperature} = 121^{\circ}\text{C} = 394,15 \text{ K}$$

$$H_v = 2707,4 \text{ kJ/kg} = 1164,18 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Tekanan} = 2,03 \text{ atm} = 29,82 \text{ psia}$$

Tekanan < 23,8 atm, boiler yang digunakan berjenis “fire tube boiler”

Kondensat kembali pada suhu 394,15 K

$$H = 508,0 \text{ kJ/kg} = 218,4185 \text{ Btu/lb}$$

Kondensat kembali pada suhu 303,15K

$$h = 125,7 \text{ kJ/kg} = 54,051 \text{ Btu/lb}$$

Karena umpan boiler campuran kondensat dan *make up*, maka:

$$\begin{aligned} H_r &= (\%make\ up \times (h\ 30^\circ\text{C})) + (\%kondensat \times (h\ 190^\circ\text{C})) \\ &= (0,1818 \times 54,051) + (0,818 \times 218,4185) \\ &= 205,757 \text{ Btu/lb} \end{aligned}$$

Berdasarkan literatur Severn (1964) hal 140

$$Q_1 = m_s (h - h_r)$$

Dimana,

Q = kapasitas boiler

M_s = Massa steam

H = entalphy saturated steam pada P, T tertentu (Btu/lb)

H_r = entalphy umpan (Btu/lb)

maka,

$$\begin{aligned} Q_1 &= 61.194,207 \times (1163,985 - 118,53) \\ &= 59.692.030 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Kapasitas boiler dengan efisiensi 80% :

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 \times 80\% \\ &= 47.753.624 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

2. Menentukan Luas Penampang Perpindahan Panas

(Severn et al., 1964) hal 140, konversi panas menjadi daya yaitu :

Boiler Saturated Steam

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

Dimana,

H_p = konversi panas menjadi daya (hp)

Q = kapasitas boiler

Sehingga,

$$H_p = 47.753.624 / 970,3 \times 34,5$$

$$= 1.783,164 \text{ HP}$$

Dari severn hal. 126 ditentukan luas bidang pemanasan $10 \text{ ft}^2/\text{HP}$
sehingga total heating surace $= 17.831,6373 \text{ ft}^2$

3. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah solar, data solar (Flagan & seinfeld 1988).

$$\text{Heating value Solar} = 2219.561 \text{ Btu/lb}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 54,26 \text{ lb/ft}^3$$

$$\text{mf} = \frac{22,950 \times 278,03}{0,8 \times 22.446}$$

$$= 3.814 \text{ lb/jam}$$

$$\text{vf} = \frac{1.597,603}{48,51}$$

$$= 70,30 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4. Spesifikasi Boiler

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

$$\text{Heat surface} = 17.831,6373 \text{ ft}^2$$

$$\text{Jumlah} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Tekanan} = 2,03 \text{ atm}$$

$$\text{Suhu} = 121^\circ\text{C}$$

$$\text{Rate steam} = 61.194 \text{ lb/jam}$$

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

$$\text{Rate bahan bakar} = 70,30 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada boiler dan generator. Bahan bakar yang digunakan ada;ah IDO (*Industrial Diesel Oil*) yang diperoleh dari PT. Pertamina atau distribusinya. Pemilihan IDO sebagai bahan bakar didasarkan pada alasan :

- Mudah didapat
- Keseimbangan yang terjamin
- Mudah dalam penyimpanan
- Lebih ekonomis

Bahan bakar IDO yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Jenis bahan bakar : IDO (*Industrial Diesel Oil*)
- Heating Value : 19.561 Btu/lb

- Efisiensi bahan bakar : 80%
- Sg. Solar : 0,8124
- ρ solar : 54,264 lb/ft³

Kapasitas input generator :

$$600 \text{ kW} = 600.000 \text{ W} = 2.047.316,4 \text{ Btu/jam}$$

Kebutuhan solar untuk generator :

$$= 2.047.316,4 / (0,8 \times 54,264 \times 19.561)$$

$$= 2,788 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

4.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Udara tekan pada perncangan pabrik sodium nitrat digunakan untuk menjalankan sistem instrumentasi diseluruh pabrik dan utilitas. Penyediaan udara tekan menggunakan alat berupa kompresor yang nanti didistribusikan melalui pipa-pipa. Untuk memenuhi kebutuhan digunakan 2 kompresor, dengan kapasitas masing-masing yaitu 25 m³ /menit dan mempunyai tekanan 8 kg/cm². Untuk udara instrumen, udara dari kompresor harus dikeringkan terlebih dahulu pada silica gel dryer sehingga bebas dari uap air, minyak dan debu agar cukup aman untuk menggerakkan alat-alat instrumentasi. Kandungan air harus dihilangkan untuk mencegah korosi.

4.6 Laboratorium

Laboratorium adalah salah satu bagian inti dalam pabrik Sodium Nitrat ini. Laboratorium dapat memperoleh data-data yang menunjang proses produksi karena akan selalu dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu juga dapat digunakan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dari unit pengolahan limbah yang ada di pabrik.

4.6.1 Bagian – Bagian Laboratorium

Dalam laboratorium terdapat 3 bagian pokok, yaitu :

1. Laboratorium Pengendalian Mutu (*Quality Control*)

Bagian laboratorium ini memiliki tugas untuk menganalisa spesifikasi komposisi bahan baku dan juga produk. Selain itu juga menganalisa sifat fisik dan kimia produk yang dihasilkan, serta menganalisa komposisi dari tiap arus produksi yang dapat menentukan kualitas produk yang dihasilkan.

2. Laboratorium Pengendalian Baku Mutu Lingkungan

Bagian laboratorium ini memiliki tugas untuk menganalisa limbah hasil proses produksi seperti limbah cair dan limbah gas. Selain itu menganalisa limbah yang telah diolah melalui unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

3. **Laboratorium Penelitian dan Pengembangan (Research and Development)**

Bagian laboratorium ini memiliki tugas untuk melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material dalam proses untuk meningkatkan kualitas produk. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal baru untuk keperluan pengembangan, serta melakukan penelitian untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul sebagai akibat dari adanya proses pabrik.

4.6.2 Alat – Alat Utama Laboratorium

1. **Gas Chromatography**

Alat yang digunakan untuk mengukur komposisi bahan baku yaitu asam nitrat dan sodium clorida serta komposisi produk yaitu sodium nitrat.

2. **Hidrometer**

Alat yang digunakan untuk mengukur spesifik gravitasi.

3. **pH Meter**

Alat yang digunakan untuk mengetahui derajat keasaman larutan.

4. **Spektrofotometer**

Alat yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu senyawa yang terlarut dalam air.

5. **Conductivity Meter**

Alat yang digunakan untuk mengukur konduktivitas zat terlarut dalam air.

6. **Viskometer**

Alat yang digunakan untuk mengukur viskositas.

7. **Turbidimeter**

Alat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan pada limbah yang dihasilkan pabrik.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah memiliki fungsi untuk mengendalikan pencemaran sehingga akan berdampak positif bagi lingkungan dan kesehatan. Dalam pabrik sodium nitrat menghasilkan limbah yang perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Sodium Nitrat antara lain adalah limbah hasil sisa utilitas seperti regenerasi resin, *blowdown cooling water*, bocoran-bocoran pabrik (*back wash filter*) dari

kompresor dan limbah air buangan sanitasi. Pengolahan limbah berdasarkan pada jenis buangnya.

1. Pengolahan Limbah Gas

Gas hasil reaksi berupa NOCl dan Cl₂ terlebih dahulu menjadi 11 atm menggunakan Compressor (K-01 dan K-02) kemudian diturunkan suhunya dengan Condenser (CD-01) dan selanjutnya diumpankan ke Menara Distilasi (MD-01). Hasil atas MD-01 adalah cairan Cl₂ dengan kemurnian 95.54% berat dan akan disimpan dalam tangki penyimpanan Cl₂. Sedangkan hasil bawah MD-01 adalah cairan NOCl dengan kemurnian 99.66% berat dan akan disimpan dalam tangki penyimpanan NOCl. Kemudian akan dilakukan tahapan selanjutnya di pengolahan limbah cair.

2. Pengolahan Limbah Cair

a. Netralisasi

Limbah cair pada pabrik Sodium Nitrat dihasilkan dari air buangan akhir proses yang mengandung sedikit Komponen Sodium Nitrat, buangan air sanitasi serta sisa *blowdown* boiler yang ditampung dalam *waste water tank* lalu dialirkan menuju kolam netralisasi. Netralisasi dilakukan dengan cara mengukur pH dari limbah menggunakan *converter*. Jika pH berada pada 6-9 maka dilakukan pengujian BOD dan COD. Jika pH diluar rentang tersebut maka pH dilakukan *chemical injection*. Jika pH < 6 akan diinjeksi kapur atau Ca(OH)₂ dalam kolam netralisasi untuk menjaga pH sekitar 6,5 - 8,5 yang merupakan pH ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu dalam pengendapan *sludge*.

b. Aerasi

Setelah melalui proses netralisasi, kemudian limbah dialirkan menuju kolam aerasi untuk mengurangi kadar COD dan BOD yang terdapat pada air limbah yaitu dengan cara aerob. Penambahan kapur pada proses netralisasi menyebabkan pH menjadi basa, yang membuat kotoran dapat mudah mengendap. Selain itu penambahan kapur juga bertujuan untuk mengurangi bau pada air limbah. Setelah itu air limbah dikondisikan dengan suhu dibawah 40°C. Lalu lumpur yang terdapat pada air limbah dipisahkan terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan mengalirkan air limbah ke kolam aerasi. Dalam kolam aerasi dilakukan pengadukan dengan alat deaerator dan ditambahkan nutrisi secara kontinyu pada kolam tersebut. Setelah proses aerasi, air limbah dialirkan menuju *clarifier* untuk memisahkan air jernih dan lumpur yang mengendap. Air yang akan masuk *clarifier* tidak boleh mengandung daun, plastik, dan lainnya karena dapat menghambat pompa. Kotoran yang mengapung pada tangki

clarifier harus dibersihkan. Lalu air jernih mengalir pada talang *clarifier* sebagai *outlet*. Endapan lumpur aktif akan dipindahkan kedalam tangki penyimpanan *slurry*. Air limbah yang sudah melewati proses harus dianalisis berdasarkan pH, warna, bau, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*). Sedangkan lumpur akan dipompa kembali ke kolam aerasi. Jika air limbah yang telah dianalisa sudah memenuhi baku mutu air limbah cair, maka limbah dialirkan menuju sungai.

3. Bahan buangan padatan

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik dan unit pengolahan limbah. Limbah domestik berupa sampah-sampah dari keperluan sehari-hari seperti kertas dan plastik, sampah tersebut ditampung didalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA). Limbah yang berasal dari unit pengolahan limbah diurug didalam.

4. Limbah B3

Pengolahan limbah B3 diatur dalam PP No. 101 tahun 2014 tentang pengelolaan Bahan Berbahaya dan beracun, limbah B3 didefinisikan sebagai bahan yang karena sifatnya dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Limbah yang kedalam limbah B3 disini kebanyakan merupakan zat kimia karena bersifat *toxicity*, *flammability*, *reactivity* dan *corrosivity* serta konsentrasi atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan atau membahayakan kesehatan manusia. Limbah B3 diperlukan penanganan khusus dalam pengolahannya sebelum dibuang ke lingkungan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, baku mutu air limbah B3 dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 4. 9 Baku Mutu Air Limbah B3

Konsentrasi	Nilai	Satuan
pH	6-9	
Besi terlarut (Fe)	5	mg/L
Mangan Terlarut(Mn)	2	mg/L
Barium (Ba)	2	mg/L
Tembaga (Cu)	2	mg/L

Seng (Zn)	5	mg/L
Krom valensi 6 (Cr ⁶⁺)	0,1	mg/L
Krom total (Cr)	0,5	mg/L
Kadmium (Cd)	0,05	mg/L
Merkuri (Hg)	0,002	mg/L
Timbal (Pb)	0,1	mg/L
Stanum (Sn)	2	mg/L
Arsen (As)	0,1	mg/L
Selenium (Se)	0,05	mg/L
Nikel (Ni)	0,2	mg/L
Kobalt (Co)	0,4	mg/L
Sianida (CN)	0,05	mg/L
Sulfida (S ⁼)	0,05	mg/L
Fluorida (F ⁻)	2	mg/L
Klorin bebas (Cl ₂)	1	mg/L
Amoniak bebas (NH ₃ -N)	1	mg/L
Nitrat (NO ₃ -N)	20	mg/L
Nitrit (NO ₂ -N)	1	mg/L
Senyawa aktif biru metilen (MBAS)	5	mg/L
Fenol	0,5	mg/L
AOX	0,5	mg/L
PCBs	0,05	mg/L
PCDFs	10	mg/L
PCDDs	10	mg/L

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI, 2021)

Berdasarkan definisi limbah B3 diatas, limbah yang paling berpotensi menjadi limbah B3 dalam pabrik ini adalah limbah yang berasal dari kegiatan laboratorium. Menurut Peraturan Pemerintah No 101 Tahun 2014 Pasal 1 Ayat 18, pengelola limbah B3 adalah badan usaha yang melakukan kegiatan pengolahan Limbah B3.

4.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan Hidup

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan unsur penting yang perlu diperhatikan dan harus dilaksanakan dalam suatu perusahaan maupun industri. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir resiko dan potensi kecelakaan yang menghasilkan kerusakan, dan cedera, menghindari kerugian harta benda dan nyawa, serta menghindari kerugian bagi perusahaan. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menerangkan bahwa Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Tujuan dari Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah sebagai berikut:

- a. Agar setiap pegawai/tenaga kerja mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja 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/tenaga kerja.
- e. Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f. Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja.
- g. Agar setiap pegawai/tenaga kerja merasa aman dan terlindungi dalam bekerja.

Adapun pelayanan kesehatan yang dapat atau wajib disediakan dalam suatu pabrik antara lain:

1. Kotak P3K

Kotak P3K disediakan di setiap unit produksi dan ditempatkan di kantor unit, pemeriksaan kotak P3K dilakukan setiap satu bulan sekali untuk memeriksa kelengkapan isi kotak P3K. Pemeriksaan ini dilakukan oleh petugas poliklinik dan *safety*. Isi dari kelengkapan kotak P3K terdiri dari *oxygen spray*, celemek, *tongue spantel*, tourniquet, kasa steril, perban, sarung tangan karet, dan kaca mata *safety*.

2. Petugas P3K

Petugas P3K merupakan anggota dari tiap-tiap unit yang bertanggung jawab pertama kali terhadap kejadian gawat darurat yang akan membahayakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja bagi karyawan. Petugas ini bertanggung jawab penuh

memberikan pertolongan pertama terhadap karyawan yang mengalami cedera sebelum dibawa ke rumah sakit.

3. Kendaraan Gawat Darurat

Kendaraan Gawat Darurat merupakan salah satu fasilitas yang sangat diperlukan dalam keadaan *emergency*. Kendaraan harus selalu ada dalam kondisi apapun bila diperlukan sewaktu-waktu untuk memberikan pertolongan pertama selama korban dalam perjalanan ke rumah sakit. Perawatan mobil, pengoperasian dan perlengkapan pada mobil ditugaskan pada sopir yang bekerja berdasarkan shift.

4. Asuransi Kesehatan

Perusahaan sebaiknya memberikan asuransi kesehatan kepada pekerja contohnya seperti Jamsostek, Jamsostek di perusahaan ini meliputi jaminan hari tua, jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian dan jaminan pemeliharaan kesehatan.

5. Poliklinik

Poliklinik mempunyai tugas untuk memberikan pelayanan kesehatan secara lengkap dan terpadu untuk karyawan di perusahaan dan keluarga baik terhadap penyakit akibat kerja maupun umum lainnya.

6. Tenaga Kesehatan

Untuk menjalankan fungsi kesehatan dari berbagai fasilitas kesehatan dalam sebuah perusahaan, dibutuhkan tenaga kerja kesehatan yang dapat memberikan pertolongan bagi karyawan. Tenaga kesehatan terdiri dari dokter umum dan pegawai yang bertugas untuk membantu pekerjaan dari dokter.

7. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu upaya perusahaan untuk memberikan fasilitas kesehatan bagi pekerja dan keluarga. Adapun pelayanan kesehatan yang diberikan antara lain:

- Pelayanan pencegahan

Pelayanan pencegahan ialah memberikan imunisasi pada bayi dan ibu hamil dan pemeriksaan bayi sehat serta konsultasi keluarga berencana

- Rawat jalan dokter umum

Pelayanan pencegahan ialah memberikan imunisasi pada bayi dan ibu hamil dan pemeriksaan bayi sehat serta konsultasi keluarga berencana

- Pelayanan kesehatan pada masa kehamilan, persalinan dan nifas

- Pemeriksaan kesehatan kerja, meliputi pemeriksaan kesehatan berkala, serta penanganan kecelakaan kerja.

8. Gizi Kerja

Pemenuhan nilai kalori dari suatu pabrik pada tenaga kerja sangat diperhatikan. Perusahaan sebaiknya mempunyai kantin khusus yang digunakan untuk karyawan, dan untuk makanan dalam kantin dikelola oleh pihak catering dimana kebersihannya sangat dijaga oleh pihak catering maupun petugas kantin. Semua pekerja akan mendapatkan asupan gizi yang lengkap dengan memperhatikan faktor 4 sehat 5 sempurna (Pertiwi, 2010).

Adapun keselamatan kerja pada desain pabrik Sodium Nitrat ini pada masing-masing area dilengkapi oleh sistem keamanan yang meliputi:

a. Tangki Penampung

Pada tangki penampung bahan yang korosif, harus dilengkapi dengan sistem keamanan:

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

b. Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

c. Sistem Perpipaan

Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

d. Heat Exchanger

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada Boiler mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

e. Area Pabrik Secara Umum/ Keseluruhan

- Disediakan jalan diantara plant-plant yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misalnya: kebakaran)
- Disediakan hydrant disetiap plant (unit) untuk menanggulangi/pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/peledakan.

- Memasang alarm disetiap plant (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.

4.9 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk mengamati dan mengendalikan proses produksi industri secara cermat, dan akurat sehingga kapasitas produksi dapat sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan proses kerjanya, instrumentasi terbagi menjadi dua jenis yaitu:

1. Manual atau *Indicator*

Merupakan alat pengamatan yang dipasang pada alat proses dimana kondisi prosesnya tidak memerlukan ketelitian. Dalam hal ini berperan sebagai penunjuk (*indicator*) atau pencatat (*recorder*) saja.

2. Otomatis

Merupakan *controller* yang dipasang pada alat proses dimana selama kondisi prosesnya memerlukan ketelitian. Adanya perubahan kondisi proses sedikit saja akan mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari produk sehingga perlu dipasang pengendali (*controller*).

Pada desain pabrik sodium nitrat ini diperlukan beberapa indikator maupun *controller* untuk kelancaran proses produksi. Beberapa indikator dan *controller* yang perlu dipasang diantaranya:

- *Level indicator*, untuk menjaga ketinggian liquid pada tangki
- *Level controller*, untuk mengendalikan ketinggian liquid pada reaktor
- *Flow indicator*, untuk mengendalikan laju aliran pada reaktor
- *Temperatur controller*, untuk mengendalikan suhu proses pada reboiler
- *Pressure indicator*, untuk menjaga tekanan pada evaporator