

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam pemenuhan kebutuhan air yang digunakan dalam suatu industry biasanya menggunakan beberapa sumber air yang digunakan dalam pemenuhan kebutuhan tersebut, contohnya air yang berasal dari sumur, alir sungai maupun air laut. Nantinya dalam pemenuhan kebutuhan utilitas air yang digunakan untuk pemenuhan di pabrik Sodium Nitrat ini akan melakukan kerjasama dengan pabrik Krakatau Tirta Industri (KTI) sebagai pihak yang menyediakan kebutuhan air untuk pabrik Sodium Nitrat.

Alasan pendukung dalam pemilihan pabrik Krakatau Tirta Industri (KTI) yakni jika dilihat dari faktor jarak dari PT Krakatau Tirta Industri dengan lokasi perancangan pabrik Sodium Nitrat yang berlokasi di Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC) tidak terlalu jauh, kemudian PT KTI mampu memberikan pasokan air guna memenuhi kebutuhan pada pabrik Sodium Nitrat yang masih dalam jumlah terjangkau (tidak terlalu besar). Adanya penyediaan atau pengadaan air yang ada di pabrik Sodium Nitrat digunakan untuk beberapa kebutuhan diantaranya:

1. Air Pendingin (*Cooling Water*)

Air pendingin (*Cooling water*) ialah salah satu unit pengadaan air yang digunakan untuk proses pendinginan dari suatu instrumen yang terdapat pada industry. Unit ini bertanggung jawab untuk menyediakan air pendingin yang memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk operasi reaktor dan kristalizer. Spesifikasi air pendingin yang dibutuhkan tercantum dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Cooling Water (ASME, 2017)

Parameter	Circulating water	Make Up Water	Transient Water
pH	6,5-8,2	6,0-8,0	6,8-8,0
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	<50
---------------	-----	-----	-----

2. Air Proses

Air proses ialah satu dari sekian jenis air yang digunakan dalam beberapa proses yang terdapat pada suatu industri. Dalam reaksi kimia, air proses berperan sebagai pelarut yang efektif karena kemurniannya. Air ini bebas dari mineral dan memiliki pH netral, sehingga tidak mengganggu reaksi yang berlangsung. Fungsi dari air proses ini biasanya digunakan untuk media pelarut, pengencer, pencucian kristal NaNO_3 yang menggunakan *centrifuge*.

3. Air Umpan Boiler (*Boiler Feed Water*)

Air umpan boiler merupakan jenis air yang digunakan untuk penghasil steam pada boiler, dimana air ini akan berubah fase menjadi uap didalam boiler. Air yang digunakan untuk umpan boiler dilakukan beberapa perlakuan seperti penjernihan dan proses pelunakan, hal ini bertujuan untuk menekankan kandungan garam-garam yang mampu membuat boiler atau ketel mengalami korosi. Sejumlah faktor krusial perlu dipertimbangkan saat menjalankan proses pengolahan air umpan boiler, termasuk :

- Zat-zat yang bersifat korosif, dimana korosi yang timbul disebabkan oleh air umpan yang digunakan mengandung beberapa senyawa yang memiliki pH asam dan juga gas-gas terlarut seperti O_2 dan CO_2 . Selain itu terjadinya korosi dapat disebabkan karena penggunaan kembali air kondensat yang didalamnya banyak kandungan senyawa-senyawa bersifat korosif.
- Zat-zat yang mudah mengendap dan menghasilkan kerak, kerak yang terjadi dapat disebabkan karena air umpan yang digunakan memiliki nilai kesadahan yang tinggi seperti garam-garam karbonat. Apabila permukaan boiler berkerak dapat menyebabkan terhalangnya proses perpindahan panas sehingga akan mengalami *overheating* dan juga bisa menyebabkan pipanya pecah.
- Zat-zat yang mampu menyebabkan pembusaan, terjadinya *foaming* pada boiler dikarenakan air umpan yang digunakan mengandung zat-zat yang sukar larut baik berupa zat organik maupun anorganik dalam jumlah yang besar.

Untuk menghindari hal-hal yang berpotensi merusak boiler maka air umpan perlu dilakukan beberapa *pre-treatment* sebelum digunakan untuk proses yang terjadi pada boiler. Air umpan untuk boiler harus memiliki beberapa persyaratan yang dijelaskan pada Tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4. 2 Syarat-syarat Air Umpan Boiler pada industry (ASME,2017)

Tekanan Boiler (Psig)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Total Hardness (ppm CaCO ₃)	TDS (mg/l)	Padatan Tersuspensi (mg/l)	Silika (ppm)
0-300	0,1	0,05	0,3	3500	300	150
301-450	0,05	0,025	0,3	3000	250	90
451-600	0,03	0,2	0,2	2500	150	40
601-750	0,025	0,2	0,2	2000	100	20
751-900	0,2	0,15	0,1	1500	60	20
901-1000	0,2	0,15	0,05	1250	40	8
1001-1500	0,1	0,1	0	1000	20	2
1501-2000	0,1	0,1	0	750	10	1

4. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dari suatu industri biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan harian dari karyawan, perkantoran dan laboratorium. Air sanitasi berbeda dengan air proses dimana air ini hanya dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga pabrik, sehingga harus memenuhi beberapa persyaratan yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia sebagai baku mutu air sanitasi yang harus digunakan pada suatu industry, diantaranya dapat dijelaskan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Baku Mutu Air Sanitasi

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diizinkan	Keterangan
A. FISIKA			
Bau			Tidak Berbau
TDS	Mg/l	500	
Kekeruhan	Skala NTU	5	
Rasa			Tidak berasa
Suhu		Suhu udara $\pm 30^{\circ}\text{C}$	
Warna	Skala TCU	15	
B. KIMIA			

1. Kimia Anorganik		
Air Raksa	mg/l	0,001
Alumunium	mg/l	0,2
Arsen	mg/l	0,01
Balium	mg/l	0,7
Besi	mg/l	0,3
Flourida	mg/l	1,5
Kadmium	mg/l	0,003
Kesadahan	mg/l	500
Klorida	mg/l	250
Kromium	mg/l	0,05
Mangan	mg/l	0,4
Natrium	mg/l	200
Nikel	mg/l	0,07
Nitrat	mg/l	50
Nitrit	mg/l	3
pH	mg/l	6,5-8,5
Selenium	mg/l	0,01
Seng	mg/l	3
Sianida	mg/l	0,07
Sulfat	mg/l	250
Uranium	mg/l	0,015
Tembaga	mg/l	2
Timbal	mg/l	0,01
2. Kimia Organik		
Aldrin dan diedrin	mg/l	0,00003
Benzena	mg/l	0,7
Cholrite	mg/l	0,0002
Chlorodane	mg/l	0,03
Chloroform	mg/l	0,03
2,4D	mg/l	0,001
DDT	mg/l	0,05
1,2 Dichloroethane	mg/l	0,0005

1,1 Dichloroethane	mg/l	0,009
Fenoprop	mg/l	0,00006
Hexachlorobenzene	mg/l	0,002
Lindane	mg/l	0,01
Metolachlor	mg/l	0,009
Styrene	mg/l	0,02
2,4,6 trichlorophenol	mg/l	0,2
Zat orgaik	mg/l	10

3. Mikroorganisme

E. Coli	CFU/100ml	0
Total Koliform	CFU/100ml	0

4. Radio Aktivitas

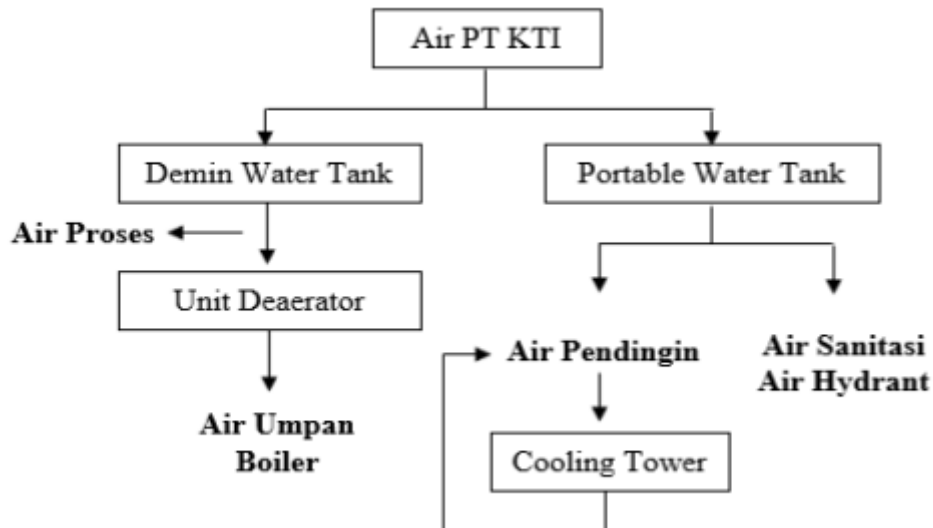
Aktivitas Alpha	mg/l	0,1
Aktivitas Beta	mg/l	0

5. Air Hydrant

Air Hydrant merupakan jenis air yang dipergunakan untuk membantu apabila terjadi kebakaran di suatu industri. Berdasarkan proses penggunaannya jenis air ini berbeda dengan air-air yang lain, karena air ini hanya digunakan apabila terjadi kebakaran di area pabrik. Air ini hanya difungsikan dalam terjadinya proses kebakaran sehingga jenis air yang digunakan tidak memiliki ketentuan yang spesifik dalam pemilihan airnya.

4.1.1 Pengolahan Air

Dalam pemenuhan kebutuhan air pada rancang pabrik Sodium Nitrat bekerja sama dengan PT Krakatau Tirta Industri sebagai agen yang memasok kebutuhan air di pabrik. Dalam operasional, air bersih dimanfaatkan sebagai air pendingin, air sanitasi, dan air hidran yang disimpan pada *portable water tank*. Untuk kebutuhan proses produksi, digunakan air demin. Sementara itu, air umpan boiler memerlukan air demin yang telah diolah melalui proses deaerasi untuk mencapai spesifikasi yang sesuai. Setelah digunakan, air didinginkan di cooling tower agar dapat digunakan kembali. Gambaran umum tahapan pengolahan air ditampilkan dalam gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan Air

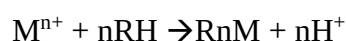
A. Deskripsi Pengolahan Air

Pabrik Sodium Nitrat menggunakan 2 tangki yaitu *portable water tank* dan *demineralized water tank* yang digunakan sebagai tangki untuk penampungan sumber air dari PT Krakatau Tirta Industri. *Portable water tank* memiliki fungsi tangki penyimpanan sementara untuk air kemudian *demineralized water tank* digunakan sebagai tangki yang penyimpanan air umpan boiler dan air yang digunakan sebagai air proses.

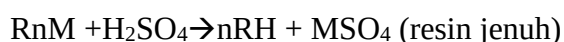
1) Unit Demineralisasi

Unit demineralisasi berfungsi sebagai unit pengolahan air yang bertujuan dalam penghilangan kadar mineral yang terkandung didalam air tersebut seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- dan lainnya. Hasil dari proses pada unit demineralisasi dihasilkan jenis air yang terbebas dari kandungan mineral-mineral sehingga dapat dijadikan sebagai air umpan boiler dan air proses.

Penggunaan *ion exchanger* menjadi unit pembantu dalam pemisahan ion-ion yang terkandung didalam air baik ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Proses yang terjadi pada ion exchanger dimulai dengan pertukaran kation yang berada dalam suatu silinder tegak dan didalamnya terdapat resin R-H yakni senyawa polimer yang memiliki rantai karbon R dan akan mengikat ion H^+ dengan reaksi sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi diatas terjadi pergantian ion dari ion logam M^{n+} yang tergantikan dengan ion H^+ sehingga menghasilkan air yang bersifat asam yakni memiliki pH antara 3,2-3,3. Apabila nilai pH melebihi batas yang ditentukan artinya resin tersebut telah mengalami kejenuhan sehingga perlu dilakukan regenerasi yakni dengan menggunakan larutan asam sulfat yang kemudian dialirkan pada tiga tahapan diantaranya tahapan *back wash*, regenerasi dan pembilasan resin menggunakan air demin. Regenerasi dalam konteks ini adalah proses yang berlawanan dengan operasi yang telah dilakukan.



Setelah mengalami pertukaran ion positif kemudian air akan keluar dari alat kation exchanger akan dialirkan menuju *anion exchanger* untuk dilakukan proses penghilangan kadar mineral yang bermuatan negatif seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- dan SiO_3^{2-} . Proses penghilangan mineral negatif yang terkandung dalam air menggunakan bejana yang bertekanan dan didalamnya terdapat resin sebanyak 3 buah resin. Resin-resin yang terdapat pada proses pertukaran ion negatif dapat disimbolkan dengan ROH, sehingga reaksinya dapat ditulis menjadi:



Ketika proses berlangsung terjadi pertukaran ion negatif antara X^{n-} menjadi ion OH^- yang terdapat dari resin ROH, kemudian air yang keluar dari proses ini akan memiliki nilai pH antara 8,6-8,9. Setelah itu dilakukan proses regenerasi dengan cara menambahkan larutan jenuh pada ROH, sehingga reaksinya dapat dituliskan menjadi sebagai berikut: (Biyantoro, Basuki, & Subagiono, 2006)

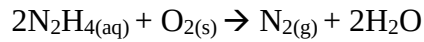


2) Unit Dearator

Air yang sudah dilakukan proses demineralisasi terkadang masih mengandung sejumlah gas yang bersifat korosif seperti gas O_2 dan CO_2 , sehingga dilakukan proses dearator yang berfungsi dalam penurunan kadar gas-gas korosif yang terkandung dalam air sehingga kadar yang terkandung dalam air kurang dari 5 ppm. Proses ini dapat dilakukan secara mekanis dan kimiawi.

Dalam proses mekanis, air umpan boiler didekontaminasi dengan cara dihubungkan dengan uap bertekanan rendah, yang menyebabkan pelepasan dan pembuangan sebagian besar gas terlarut ke udara. Kemudian untuk proses

kimia dilakukan dengan cara menyuntikkan bahan kimia berupa hidrazin (N_2H_4) yang berfungsi sebagai agen pengikat oksigen sehingga dapat dituliskan reaksinya sebagai berikut:



Sebelum dialirkan ke boiler, air keluaran deaerator diberi larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$) untuk mencegah pembentukan kerak silika dan kalsium pada *steam drum* dan pipa. Selain itu, *dispersant* ditambahkan terlebih dahulu ke dalam air untuk menghindari adanya penggumpalan fosfat..

3) *Cooling Water*

Cooling water merupakan jenis air yang digunakan pada proses pendinginan yang berada pada menara pendingin dan berasal dari proses pertukaran panas yang dikontakkan dengan udara dan dilewatkan secara berlawanan arah. Di dalam *cooling water* terdiri dari unit pemipaan dengan banyak nozzle, fan/blower dan basin.

B. Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air umpan pendingin dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini:

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Pendingin

Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
Reaktor	13.586,86
Kondenser	475,81
Kristalizer	3,09
Jumlah	14.065,77

Jumlah kebutuhan air untuk pendingin = 14.065,77 kg/jam

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

Jadi total kebutuhan air untuk pendingin:

$$\begin{aligned}
 &= 14065,77 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1/995,647 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 339,054485 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Diperkirakan air yang menguap sebesar 5% sehingga make up air untuk pendingin:

$$\begin{aligned}
 &= (0,05 \times 339,054485 \text{ m}^3/\text{hari}) \\
 &= 16,9527242 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Total kebutuhan air pendingin:

$$\begin{aligned}
 &= (\text{air untuk pendingin} + \text{make up air pendingin}) \\
 &= 339,054485 + 16,9527242 \\
 &= 356,0072 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan Air Proses

Kebutuhan air untuk air proses dapat dilihat pada Tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4. 5 Kebutuhan Air Proses

Alat	Kebutuhan Air (kg/jam)
<i>Centrifuge</i>	71,881
Jumlah	71,881

Densitas air pada 30°C = $995,647 \text{ kg/m}^3$ (Perry, 1997)

Jadi total kebutuhan air proses:

$$\begin{aligned}
 &= 71,881 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam/hari} \times 1/995,647 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 1,7326754 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Kebutuhan air untuk steam dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini:

Tabel 4. 6 Kebutuhan Air Umpan Boiler (Steam)

Alat	Kebutuhan Air
Evaporator	3.298,437
Heater	35,774
Jumlah	3.334,21

Jumlah kebutuhan air untuk steam = 3.334,21 kg/jam. Untuk menjaga kekurangan steam akibat kondensasi steam saturated pada saat distribusi, maka jumlah steam dilebihkan 20%.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air untuk steam} &= 120\% \times 3.334,21 \text{ kg/jam} \\
 &= 4.001,05 \text{ kg/jam} \\
 &= 96,4451 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan *water make-up* untuk *blow-down* boiler dan kehilangan air akibat terkondensasi pada *steam trap* adalah sebesar 10% dari kebutuhan air untuk steam, maka:

$$= 10\% \times 3334,21 \text{ kg/jam}$$

$$= 333,421 \text{ kg/jam}$$

$$= 8,03709 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air umpan boiler} &= (96,4451 + 8,03709) \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 104,482 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

d. Kebutuhan Air Sanitasi

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

a) Air untuk karyawan kantor

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

Sehingga untuk karyawa sebanyak 187 orang diperlukan air sebanyak:

$$= 40 \text{ liter/orang/hari} \times 187 \text{ orang}$$

$$= 7480 \text{ liter/hari}$$

$$= 7,48 \text{ m}^3/\text{hari}$$

b) Air untuk laboratorium

Diperkirakan kebutuhan air untuk laboratorium sebanyak:

$$= 5500 \text{ liter/hari}$$

$$= 5,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

c) Air untuk pembersihan, pemeliharaan taman dan lain-lain sebanyak

Diperkirakan kebutuhan air untuk pembersihan, pemeliharaan taman dan lain-lain sebanyak:

$$= 25000 \text{ liter/ hari}$$

$$= 25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Jadi, total kebutuhan untuk air sanitasi:

$$= (7,48 + 5,5 + 25) \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 37,98 \text{ m}^3/\text{hari}$$

e. Kebutuhan Air Hydrant

Estimasi kebutuhan air untuk pemadam kebakaran diperkirakan sebesar 1 m³/hari. Guna memenuhi kebutuhan ini, akan disediakan bak penampung dengan kapasitas harian sebesar 24 m³/ hari.

f. Total Kebutuhan Air

Total kebutuhan air yang digunakan saat start up:

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

$$= (339,054485 + 1,7326754 + 96,4451 + 37,98 + 24) \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 524,20208 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Total kebutuhan air yang digunakan saat beroperasi normal} \\
& = (\text{make-up air pendingin} + \text{make-up air umpan boiler} + \text{air sanitasi} + \text{air hydrant}) \\
& = (16,9527242 + 8,03709 + 37,98 + 24) \text{ m}^3/\text{jam} \\
& = 48,989816 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

4.2 Unit Penyedia Listrik

Unit pengadaan listrik peran penting dalam penyediaan kebutuhan listrik yang digunakan pada pabrik baik digunakan dalam proses produksi pabrik maupun proses rumah tangga pabrik (penerangan, kebutuhan listrik AC, peralatan-peralatan elektronik dan sebagainya). Untuk mencukupi kebutuhan listrik yang digunakan pabrik Sodium Nitrat bekerja sama dengan Pembangkit Listrik Negara (PLN) di wilayah setempat sebagai agen utama yang memasok kebutuhan listrik pabrik. Selain itu pabrik Sodium Nitrat juga membuat pembangkit listrik sendiri yang berasal dari generator dengan memanfaatkan steam yang dihasilkan dari proses produksi.

Jenis generator yang digunakan berupa generator dengan arus bolak-balik, hal ini digunakan dengan beberapa pertimbangan diantaranya:

1. Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar sehingga mampu menjadi cadangan sumber listrik dalam pemenuhan kebutuhan.
2. Tegangan yang bersifat fleksibel artinya dapat diturunkan dan dinaikkan sesuai dengan kebutuhan menggunakan transformator.

Generator AC digunakan menggunakan jenis generator AC 3 fase, hal ini dikarenakan generator jenis ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

1. Tegangan listrik yang dihasilkan stabil
2. Daya kerja lebih besar/ efisien dari tenaga listrik besar
3. Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
4. Motor 3 phase harganya yang relatif lebih murah dan sederhana

Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

a. Kebutuhan Listrik untuk Proses dan Utilitas

Kebutuhan listrik diperkirakan sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan

Alat	HP	Jumlah	Total HP
Pompa HNO ₃	1,14	1	1,14
Pompa NaOH	1,14	1	1,14
Pengaduk CSTR	41,37	1	41,37
Pompa NaNO ₃	1,14	1	1,14
Pompa NaNO ₃ pekat	1,14	1	1,14
<i>Blower</i>	3	1	3
<i>Vibrating Screen</i>	10	1	10
<i>Cyclone</i>	1	1	1
<i>Belt Conveyor</i>	1	4	4
<i>Bucket Elevator</i>	1	2	2
Jumlah			65,9296 HP

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses = 65,9296 HP = 49,1835 KW

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik untuk Utilitas

Alat	HP	Jumlah	Total 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 Pendingin	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	1	2
Pompa Bahan Bakar	3	2	6
Jumlah			41 HP

Kebutuhan listrik untuk utilitas = 41 HP = 30,586 KW

Kebutuhan total Listrik = (65,9296 + 41) HP = 79,77 KW

b. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dan AC

Estimasi kebutuhan daya listrik untuk penerangan dapat dilakukan dengan memanfaatkan konsep Luminous Efficacy, yang mengukur efisiensi lampu dalam menghasilkan cahaya (lumen) per satuan daya. Perhitungan kebutuhan pencahayaan berdasarkan luas area dapat ditentukan sebagai berikut:

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

Dimana:

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

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

Kebutuhan intensitas cahaya (dalam lux) berbeda-beda tergantung pada jenis area yang butuh penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut SNI 03-6197-2000.

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Bangunan	Luas (m^2)	Lux (lumen/m^2)	Lumen
Pos keamanan	40	80	3.200
Gedung Kantor Utama	400	350	140.000
Kantin	200	200	40.000
Laboratorium	150	200	30.000
Unit Pemadam Kebakaran	200	200	40.000
Gudang	250	100	25.000
Kantor K3	150	200	30.000
Kantor RnD dan Perpustakaan	250	250	62.500
Bengkel	300	200	60.000
CCR (Ruang Kontrol)	200	350	70.000
Masjid	150	200	30.000
Aula Pertemuan	300	200	60.000
Poliklinik	200	250	50.000
Total Ruangan Indoor			640.700
Bangunan	Luas (m^2)	Lux (lumen/m^2)	Lumen
Unit Penyimpanan Bahan Baku	700	200	140.000
Unit Penyimpanan Produk	700	200	140.000

Unit Proses	3000	200	600.000
Unit Utilitas	1200	200	240.000
Unit Pengolahan Limbah	1000	200	20.000
Lapangan Parkir	500	60	30.000
Jalan, Taman	800	60	48.000
Daerah Perluasan Pabrik	2500	60	150.000
Total Ruang Outdoor			1.548.000

Untuk seluruh area yang ada dalam bangunan (*indoor*) direncanakan menggunakan lampu *light emitting diode (LED) Philips* 20 W. Lumen output tiap lampu adalah 2.100 lumen.

Jumlah lumen didalam ruangan adalah 640700

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $640.700 / 2100$ lumen
= 305,095 buah lampu
= 305 buah lampu

Jumlah daya lampu = $305,095 \times 20$ Watt
= 6101,9 Watt
= 6,1019 kW

Untuk halaman, jalan dan tempat parker *outdoor* digunakan lampu LED Philips 40 Watt. Lumen output tiap lampu adalah 5000 lumen.

Jumlah lumen di dalam ruangan adalah 154800

Jumlah lampu yang dibutuhkan = $154.900 / 5000$ lumen
= 309,6 buah lampu
= 310 buah lampu

Jumlah daya lampu = $309,6 \times 40$ Watt
= 12384 Watt
= 12,384 kW

Total daya penerangan = $(6,1019 + 12,384)$ kW
= 18,485905 kW

Ruangan dalam pabrik sodium nitrat menggunakan pendingin berupa *Air Conditioner (AC)* dengan tipe AC LG *Hybrid Maxima series E13CMW* – 1,5 PK yang memerlukan daya listrik sebanyak 1.095watt dan diperkirakan memadai untuk memenuhi kebutuhan pendinginan ruangan dengan luas 7x7 meter (49m²). Berikut tabel daftar ruangan yang membutuhkan pendingin ruangan.

Tabel 4. 10 Kebutuhan AC dalam Ruangan

Bangunan	Luas (m ²)
Gedung kantor	400
Unit K3	150
Poliklinik	100
Laboratorium	200
Ruang Kontrol	200
Aula	200
Kantin	150
Masjd	150
Jumlah	1.550

Berdasarkan perhitungan/analisis, total kebutuhan AC dan daya listrik yang akan digunakan adalah :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah AC yang dibutuhkan} &= 1550 \text{ m}^2 / 49 \text{ m}^2 \\ &= 31,632653 \text{ buah} \\ &= 32 \text{ buah AC}\end{aligned}$$

$$\text{Daya AC} = 1.095 \text{ watt/buah}$$

$$\begin{aligned}\text{Total daya pendingin AC} &= 32 \text{ buah} \times 1.095 \text{ watt} \\ &= 35040 \text{ watt} \\ &= 35,04 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik penerangan dan AC} &= (18,485905 + 35,04) \text{ kW} \\ &= 53,5259 \text{ kW}\end{aligned}$$

c. Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor

Kebutuhan energi listrik juga mencakup pengoperasian perangkat kantor seperti printer, monitor, komputer bagi pegawai, serta sistem komputerisasi di ruang kontrol. Estimasi kebutuhan daya untuk peralatan kantor adalah sebesar 20 kW.

d. Kebutuhan Listrik untuk Bengkel, Laboratorium dan Instrumentasi

Listrik untuk bengkel, laboratorium dan instrumentasi diperkirakan sebesar 30 kW.

Total kebutuhan listrik disajikan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Total Kebutuhan Listrik

Kebutuhan Listrik	Tenaga Listrik (kW)
Listrik untuk Proses dan Utilitas	79,77
Listrik untuk Penerangan dan AC	53,53
Listrik untuk Peralatan Kantor	20
Listrik untuk Bengkel, Laboratorium dan Instrumentasi	30
Total Kebutuhan Listrik	263,06

Untuk faktor keamanan, kebutuhan listrik dilebihkan 20% dari total kebutuhan, sehingga kebutuhan listrik sebesar

$$\begin{aligned}\text{Total} &= 120\% \times 263,06 \text{ kW} \\ &= 315,678 \text{ kW}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Input generator} &= 80\% \times 315,678 \text{ kW} \\ &= 394,5972 \text{ kW}\end{aligned}$$

Ditetapkan input generator 600 kW, sehingga untuk keperluan lain masih tersedia 205,4077 kW. Adapun untuk sumber listrik utama direncanakan akan disuplai dari PLN.

Spesifikasi Generator

Tipe	= AC Generator
Tegangan	= 380 volt
Effisiensi	= 80%
Phase	= 3 phase
Jumlah	= 1 buah (@ berkapasitas 600 kW)
Bahan bakar	= solar

4.3 Unit Penyedia *Steam*

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

Berdasarkan perhitungan air umpan boiler diatas, didapatkan:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan BFW (umpan boiler)} &= 104,482 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 6907,45 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan BFW (makeup air untuk boiler)} &= 8,03709 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 531,342 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Make-up air} &= \frac{\text{make-up air}}{\text{air masuk boiler}} \times 100\% \\ &= \frac{531,342}{6.907,45} \times 100\% \\ &= 7,7 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Kondesat} &= 100\% - \% \text{ make-up air} \\ &= 100\% - 7,69231\% \\ &= 92,3 \%\end{aligned}$$

a. Perhitungan Kapasitas Boiler

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

$$\begin{aligned}\text{Temperature} &= 121^\circ\text{C} &= 394,15 \text{ K} \\ H_v &= 2707,4 \text{ kJ/kg} &= 1164,18 \text{ btu/lb} \\ \text{Tekanan} &= 2,03 \text{ atm} &= 29,82 \text{ psia}\end{aligned}$$

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

Kondensat kembali pada suhu 394,15 K

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

Kondensat kembali pada suhu 303,15 K

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

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

$$\begin{aligned}h_f &= (\% \text{make-up} \times (h_f 30^\circ\text{C})) + (\% \text{kondensat} \times (h_f 190^\circ\text{C})) \\ &= (0,0769 \times 54,051 \text{ Btu/lb}) + (0,923 \times 218,44 \text{ Btu/lb}) \\ &= 205,777 \text{ Btu/lb}\end{aligned}$$

Berdasarkan literatur Severn (1964) hal 140

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

Dimana,

Q = kapasitas boiler

m_s = massa steam

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

h_f = entalphy umpan (Btu/lb)

Maka,

$$\begin{aligned}Q_1 &= 6907,45 \text{ lb/jam} \times (1164,18 - 205,777) \text{ Btu/lb} \\ &= 66.201.135 \text{ Btu/jam}\end{aligned}$$

Kapasitas boiler dengan efisiensi 80%

$$Q = Q_1 \times 80\% \\ = 5.296.108 \text{ Btu/jam}$$

b. Menentukan Luas Penampang Perpindahan Panas

Severns *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,

$$H_p = \frac{5.296.108}{970,3 \times 34,5} \\ = 158,209 \text{ Hp}$$

Dari Severns *et al.* (1964) hal.126, ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft² sehingga,

$$\text{Total heating surface} = 10 \text{ ft}^2 \times 158,209 \\ = 1.582,09 \text{ ft}^2$$

c. Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Natural Gas* dari *engineering toolbox*

Heating value natural gas = 22.446 Btu/lb

Densitas = 48,51 lb/ft³

$$mf = \frac{Q}{\eta \times f}$$

dimana,

mf = massa bahan bakar yang dipakai (lb/jam)

Q = kapasitas boiler (Btu/jam)

f = heating value (Btu/lb)

Maka,

$$mf = \frac{5.296.108}{0,8 \times 22.446} \\ = 368,67 \text{ lb/jam} \\ vf = \frac{368,67}{48,51} \\ = 7,59988 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

d. Spesikasi Boiler

Tipe = *fire tube boiler*

<i>Heat Surface</i>	= 158,09 ft ²
Jumlah	= 1 buah
Tekanan	= 2,02945 atm
Suhu	= 121°C
<i>Rate steam</i>	= 6907,45 lb/jam
Bahan bakar	= <i>natural gas</i>
<i>Rate bahan bakar</i>	= 7,59988 ft ³ /jam

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar berperan sebagai suatu agen yang menyediakan kebutuhan bahan bakar yang digunakan dalam proses misalnya pada proses boiler dan generator. Dalam penyediaan bahan bakar pabrik Sodium Nitrat bekerjasama dengan PT PERTAMINA yang berperan sebagai agen penyupply bahan bakar berupa *Industrial Diesel Oil* (IDO). Penggunaan bahan bakar jenis IDO ini didasarkan pada beberapa alasan yakni bahan bakar jenis IDO ini merupakan jenis bahan bakar yang mudah untuk didapatkan, harganya yang ekonomis, dalam hal perawatan dan penyimpanan mudah dilakukan serta memiliki kesetimbangan yang terjamin. Selain itu bahan bakar jenis IDO memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis bahan bakar : *Industrial Diesel Oil* (IDO)
- Effisiensi bahan bakar : 80%
- Heating value : 16,779 Btu/lb
- Sg. Solar : 0,8124
- p solar : 50,5664 lb/ft³

4.5 Unit Penyedia Udara Tekan

Dalam desain pabrik sodium nitrat, udara tekan memiliki peran penting dalam mengoperasikan sistem instrumentasi dan utilitas di seluruh area pabrik. Kebutuhan udara tekan dipenuhi oleh dua unit kompresor dengan kapasitas masing-masing 25 m³/menit dan tekanan 8 kg/cm², yang nantinya udara tekan ini dialirkan melalui sistem pemipaan. Untuk aplikasi pada instrumen, kualitas udara dari kompresor ditingkatkan menggunakan *silica gel dryer* yang berfungsi menghilangkan kontaminan seperti uap air, minyak, dan partikel debu. Proses pengeringan ini krusial untuk menjaga kinerja optimal dan keandalan alat-alat instrumentasi serta mencegah risiko korosi.



Gambar 4. 2 Diagram Alir Penyedia Udata Tekan

4.6 Laboratorium

Laboratorium memiliki fungsi vital dalam mendukung produksi dan menjalankan pengendalian mutu. Aktivitas pengendalian mutu ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas bahan baku, jalannya proses produksi, serta mutu produk akhir agar sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Apabila terdapat ketidaksesuaian dalam produk yang dihasilkan maka akan dengan mudah diketahui dan diatasi, selain itu laboratorium berperan dalam pengendalian pencemaran lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi. Laboratorium memiliki beberapa tugas pokok sebagai berikut:

- Berperan sebagai unit yang mengontrol kualitas dari bahan baku dengan tujuan sesuai spesifikasi yang dibutuhkan
- Berperan sebagai unit yang mengontrol kualitas dari produk yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi
- Melakukan analisa dan kontrol terhadap mutu air, air pendingin, air umpan boiler dan lainnya yang berkaitan dengan proses produksi

Dalam menjalankan tugasnya laboratorium akan bekerja selama 24 jam dalam sehari dengan pembagian kelompok kerja shift dan non shift. Kelompok kerja shift memiliki tugas untuk memastikan pengawasan dan analisis produk produksi secara rutin terhadap produk yang dihasilkan, dalam menjalankan tugasnya dilakukan proses bergiliran dengan pembagian 3 shift dalam sehari dan setiap shift memiliki durasi waktu selama 8 jam.

Kelompok kerja non shift memiliki tugas dalam menganalisa yang sifatnya tidak rutin dan melakukan penyediaan reagen kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Kelompok kerja non shift memiliki tugas yang harus dijalankan diantaranya melakukan penyediaan reagen-reagen kimia yang dibutuhkan untuk proses analisa di laboratorium, menganalisa bahan-bahan buangan atau limbah yang akan menyebabkan pencemaran dan polusi serta melakukan pengujian mutu baik dari bahan baku ataupun produk jadi dari proses produksi. Laboratorium yang terdapat pada pabrik dibagi menjadi dua yakni:

a. Laboratorium Analitik

Laboratorium analitik berperan sebagai unit yang melakukan proses analisa bahan baku, bahan penunjang serta produk yang dihasilkan dari proses produksi baik secara

kimiawi dan fisika. Laboratorium ini juga berperan dalam pengamatan aliran-aliran yang terdapat pada suatu alat untuk mengetahui kinerja dari alat tersebut.

b. Laboratorium Penelitian Pengembangan dan Lingkungan

Laboratorium ini memiliki tanggung jawab untuk meneliti dan mengembangkan solusi terkait isu kualitas material dalam proses produksi dengan tujuan utama meningkatkan hasil akhir. Kegiatan laboratorium bersifat non-rutin dan berfokus pada penelitian eksploratif dan inovatif, dengan penekanan pada penemuan hal-hal baru untuk tujuan pengembangan. Selain itu, laboratorium juga aktif dalam meneliti dan mengembangkan aspek-aspek yang berkaitan dengan kondisi lingkungan.

4.6.1 Alat-Alat Utama Laboratorium

a. Hydrometer

Alat yang memiliki fungsi untuk mengukur berat jenis suatu sampel cair secara cepat. Dengan mengukur berat jenis, maka dapat menentukan konsentrasi natrium nitrat dalam larutan. Pengukuran dilakukan dengan membaca nilai pada skala hidrometer yang mengapung di dalam sampel cairan.

b. pH meter

Alat yang digunakan untuk mengukur pH dari suatu sampel uji. Natrium nitrat memiliki pH netral hingga sedikit basa, maka diperlukan pH yang tepat agar produk akhir memenuhi standar.

c. *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS)

Alat yang berfungsi untuk mengetahui takaran komposisi dari bahan baku dan menganalisis kemurnian produk yang dihasilkan. GC-MS menggabungkan dua teknik analisis, yaitu kromatografi gas (GC) dan spektrometri massa (MS). GC untuk menganalisis kandungan gas-gas dalam proses produksi, seperti gas nitrogen oksida, sedangkan MS mengidentifikasi senyawa-senyawa yang terpisah berdasarkan massa molekul.

d. Viskometer

Alat yang digunakan untuk mengetahui kadar kekentalan dari larutan produk. Jenis viskometer yang digunakan ialah viskometer tabung kapiler, menentukan waktu tempuh fluida saat melewati sebuah tabung kapiler dengan ukuran diameter yang telah ditentukan.

e. Spektrofotometer

Alat ini berperan dalam penentuan konsentrasi suatu senyawa yang dianalisa. Selain itu, alat ini digunakan untuk mengukur kadar nitrat dan nitrit dalam limbah cair pabrik

f. Turbidimeter

Alat ini berperan dalam menganalisa tingkat kekeruhan dari larutan sampel yang digunakan. Turbidimeter membantu dalam memantau efisiensi proses kristalisasi dan filtrasi. Turbidimeter bekerja dengan mengukur jumlah cahaya yang tersebar oleh partikel-partikel dalam cairan. Semakin banyak partikel yang ada dalam cairan, semakin banyak cahaya yang tersebar, dan semakin tinggi tingkat kekeruhan.

4.6.2 Program Kerja Laboratorium

Pada pabrik Sodium Nitrat upaya yang dilakukan oleh laboratorium dalam langkah pengendalian baku mutu baik dari bahan baku hingga produk hasil jadi meliputi beberapa analisa yakni sebagai berikut:

- a. Analisa bahan baku yang digunakan yakni berupa Asam Nitrat beserta impuritasnya. Analisa yang dilakukan yakni dengan menggunakan titrasi secara langsung untuk menentukan kadar dari asam nitrat, pada prosesnya menggunakan natrium hidroksida dan sindur metil sebagai indikator. Kadar HNO_3 teknis minimum adalah 61%
- b. Bahan baku Sodium Hidroksida yang dianalisa kadar Sodium Hidroksida dan impuritasnya. Sodium hidroksida dianalisa dengan menggunakan metode titrasi asam basa. Sodium hidroksida dititrasi dengan larutan standar asam klorida dengan indikator phenolptalein. Kadar NaOH cair minimum adalah 48%.
- c. Produk Sodium Nitrat, yang dianalisa kadar kemurnian produk tersebut menggunakan serangkaian alat spektrofotometri.

Sedangkan analisa untuk unit utilitas, meliputi:

- a. Analisis kualitas air lunak hasil proses kapur dan air proses penjernihan meliputi pengukuran pH, kandungan kalsium (dinyatakan sebagai CaCO_3), kadar sulfur (dinyatakan sebagai SO_4^-), kadar klorin (dinyatakan sebagai Cl_2), dan jumlah zat padat terlarut.
- b. Air bebas mineral, yang di analisis menggunakan alat penukar ion.
- c. BFW, analisa yang dilakukan meliputi kadar pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut dan kadar Fe.

- d. Air dalam boiler, analisis air dalam boiler mencakup pengukuran pH, total padatan terlarut (TDS), serta kadar besi (Fe), kadar CaCO_3 , SO_3 , PO_4^- .

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Pengolahan limbah merupakan aspek krusial dalam desain pabrik, bertujuan untuk meminimalkan dampak pencemaran lingkungan sehingga limbah yang dihasilkan aman untuk dibuang. Kewajiban ini juga ditegaskan dalam UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Pengolahan limbah yang efektif berkontribusi positif pada lingkungan dengan meningkatkan kesehatan masyarakat, kenyamanan hidup di sekitar pabrik, dan mengurangi potensi kerusakan lingkungan.

Selama produksi sodium nitrat, pabrik menghasilkan berbagai jenis limbah yang memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah-limbah ini meliputi buangan utilitas (seperti sisa regenerasi resin dan *blowdown cooling water*), kebocoran operasional pabrik (misalnya, *backwash filter* dari pompa dan kompresor), serta air buangan sanitasi. Secara umum, limbah dari pabrik sodium nitrat dapat dikategorikan menjadi :

A. Limbah Cair

Pabrik ini menghasilkan berbagai jenis limbah cair, yaitu limbah yang berasal dari proses produksi, air buangan sanitasi dan limbah cair utilitas. Penanganan setiap jenis limbah ini berbeda, dimana limbah domestik berupa air mandi dan cucian akan langsung dialirkan menuju saluran pembuangan, limbah toilet ditampung dalam *septic tank*, limbah proses diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sedangkan limbah cair utilitas, khususnya oli bekas, dikumpulkan dalam tangki khusus sebelum dihancurkan dengan menggunakan *incinerator*.

IPAL adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengumpulkan dan mengolah air limbah cair. Air buangan dari proses produksi yang memiliki kandungan bahan organik, BOD rendah, COD tinggi, pH tinggi, dan karakteristik lainnya akan diproses melalui tiga tahapan pengolahan meliputi :

- Equalisasi dan Netralisasi

Limbah yang dihasilkan akan dikumpulkan dalam bak penampung (*equalizer*). Di dalam *equalizer* akan dilakukan penstabilan meliputi, laju alir, konsentrasi, dan pH limbah. Tahap selanjutnya adalah penetralan limbah dengan penambahan asam klorida (HCl).

- Pengolahan secara biologis

Usai melewati tahap equalisasi dan netralisasi, limbah kemudian diolah secara biologis menggunakan sistem aerob. Metode ini bertujuan untuk menurunkan kadar bahan organik dalam limbah menggunakan mikroorganisme. Tahap ini diperlukan karena karakteristik limbah yang mengandung bahan organik/minyak, memiliki BOD rendah, namun COD tinggi. Dalam pengolahan biologis, terdapat dua jenis proses yang diterapkan, yaitu:

- Proses penambahan oksigen

Salah satu metode untuk menurunkan kadar polutan dalam air limbah adalah melalui penambahan oksigen. Proses ini dilakukan dengan menginjeksikan udara ke dalam air limbah menggunakan nozel yang ditempatkan di dasar bak aerasi. Penempatan nozel di tengah bertujuan untuk mengoptimalkan kecepatan kontak antara gelembung udara yang kaya akan oksigen dengan air limbah, yang pada akhirnya mempercepat dan meningkatkan efisiensi proses pemberian oksigen.

Untuk memastikan kinerja unit aerasi yang optimal, kadar oksigen terlarut perlu dipertahankan pada kisaran 0,5 – 1,0 mg/l. Proses ini melibatkan penginjeksian udara lingkungan ke dalam air limbah dengan tekanan 6-8 psi selama periode aerasi 5-6 jam.

- Proses pertumbuhan mikroorganisme

Sumber mikroorganisme yang digunakan adalah lumpur aktif, yang kaya akan berbagai jenis mikroba seperti bakteri dan protozoa. Organisme-organisme mikroskopis ini berperan penting untuk mendekomposisi senyawa organik yang terkandung dalam air limbah sebelum memasuki tahap aerasi.

Awalnya, mikroorganisme beradaptasi dengan lingkungan baru air limbah, menyebabkan pertumbuhan yang lambat. Namun, setelah beberapa jam, mikroorganisme mulai memperbanyak diri secara signifikan (fase akselerasi), yang kemudian diikuti oleh fase logaritmik di mana sebagian populasi stabil dan sebagian lainnya terus bertambah. Untuk mendukung pertumbuhan pesat selama fase logaritmik, penambahan nutrisi berupa pupuk urea dan amonium sulfat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan. Namun, pertumbuhan mikroorganisme yang cepat menyebabkan penurunan ketersediaan makanan, mengakibatkan ketidakseimbangan antara jumlah mikroorganisme dan sumber nutrisi.

Seiring dengan menipisnya sumber makanan, laju kematian mikroorganisme akan melampaui tingkat pertumbuhannya. Setelah seluruh nutrisi habis, mikroorganisme akan memanfaatkan cadangan energi internalnya untuk mempertahankan diri hingga akhirnya kehabisan dan mati. Proses degradasi ini sangat efektif dalam menurunkan BOD, dengan potensi mencapai pengurangan sebesar 90%.

- **Proses sedimentasi**

Limbah cair dialirkan ke bak pengendapan untuk memisahkan padatan mikroorganisme mati dalam bak pengendapan bertingkat. Hasil pengendapan berupa lumpur yang aman dapat dimanfaatkan sebagai pupuk, sementara lumpur berbahaya dimusnahkan dengan cara pembakaran di dalam *incinerator*. Air yang telah dijernihkan kemudian melewati bak bio kontrol sebelum dilepaskan ke sungai.

B. Limbah Padat

Pengelolaan limbah padat di lokasi ini melibatkan dua jenis limbah, yaitu limbah rumah tangga dan limbah dari unit pengolahan limbah. Sisa-sisa kegiatan rumah tangga berupa material bekas pakai sehari-hari semacam kertas dan plastik akan dihimpun dan selanjutnya diangkut ke TPA, sedangkan limbah pengolahan limbah langsung ditimbun di lokasi dan juga melibatkan pihak ketiga dalam pengolahan lebih lanjut.

C. Limbah B3

Sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 tahun 2014 tentang pengelolaan Bahan Berbahaya dan beracun, limbah B3 didefinisikan sebagai bahan yang karena karena karakteristik atau jumlahnya, berpotensi mencemari atau merusak lingkungan, serta membahayakan kesehatan dan keberlangsungan hidup manusia dan makhluk lainnya.

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), yang seringkali berupa senyawa kimia, menimbulkan ancaman serius karena sifat-sifatnya yang meliputi sifat toksik, mudah terbakar, reaktivitas, dan korosif. Oleh karena itu, penanganannya memerlukan prosedur khusus sebelum pembuangan untuk mencegah pencemaran lingkungan dan risiko bagi kesehatan manusia.

D. Limbah Gas

Untuk mencegah pencemaran udara, limbah gas harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang. Penggunaan cerobong asap (*stack*)

dengan ketinggian yang sesuai merupakan salah satu teknik yang diterapkan untuk membuang asap hasil pengolahan.

4.8 Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan Hidup

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan suatu ketentuan yang berperan penting dalam menjaga, meminimalkan resiko kecelakaan kerja yang mampu menyebabkan kerusakan, cedera, kerugian hingga kematian. 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 serta kesehatan pekerja melalui upaya pencegahan kecelakaan dan penyakit yang diakibatkan baik oleh pekerjaan atau tidak. Adapun tujuan dari dilaksanakannya program K3 diantaranya yaitu:

- Menjamin keselamatan dan kesehatan kerja karyawan secara menyeluruh, meliputi aspek fisik, sosial, dan psikologis di lingkungan pabrik.
- Memanfaatkan dalam penggunaan perlengkapan dan peralatan kerja dengan benar serta sesuai dengan ketentuan
- Menjamin keamanan dari produk hasil proses produksi
- Menjamin pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi bagi para pegawai dan karyawan yang bekerja di pabrik.
- Meminimalisir adanya potensi kecelakaan kerja yang diakibatkan dari proses kerja
- Meningkatkan semangat, keserasian kerja dan partisipasi kerja
- Menjamin keamanan dan perlindungan bagi para pegawai yang bekerja di pabrik.

4.8.1 Fasilitas Kesehatan

Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan kerja bagi para pekerja/pegawai, perusahaan harus menerapkan aturan K3 dengan baik dan benar selain itu perusahaan harus menyediakan unit-unit yang mendukung dalam pelaksanaan program keselamatan dan kesehatan kerja diantaranya sebagai berikut:

1. Kotak P3K

Kotak P3K menjadi peralatan keselamatan yang wajib ada pada setiap tempat yang ada di pabrik baik di setiap unit operasi maupun di kantor, biasanya kotak P3K akan dilakukan inspeksi rutin setiap bulannya untuk melakukan pengecekan

isi kotak P3K. biasanya isi dari kotak P3K yakni berisikan *Oxygen Spray*, kasa steril, perban, sarung tangan karet, kaca mata *safety*, tourniquet dan lainnya.

2. Petugas P3K

Petugas P3K bertanggungjawab dalam pengecekan dan pemenuhan kelengkapan dalam pemberian pertolongan pertama terhadap semua karyawan yang mengalami kecelakaan kerja ataupun cedera sebelum dibawa ke rumah sakit. Setiap unit atau department dalam pabrik memiliki petugas P3K yang akan menangani apabila terjadi kegawat darurat.

3. Kendaraan Gawat Darurat

Kendaraan gawat darurat merupakan suatu fasilitas yang dipergunakan untuk menangani suatu kejadian yang berpotensi terjadinya kecelakaan kerja. Kendaraan gawat darurat terdiri dari mobil *ambulance* yang berperan untuk mengevakuasi apabila terdapat pekerja yang mengalami kecelakaan kerja. Semua kendaraan gawat darurat harus siap sedia kapan pun apabila dibutuhkan sewaktu terjadi suatu insiden di pabrik. Pemeliharaan mobil, penggunaannya, dan semua fasilitas di dalamnya merupakan tugas pengemudi yang bekerja berdasarkan jadwal *shift*.

4. Asuransi Kesehatan

Semua pekerja atau pegawai pabrik harus terdaftar dalam asuransi kesehatan yang diberikan oleh pabrik misalkan Jamsostek. Jamsostek ini akan memberikan jaminan hari tua, jaminan kecelakaan kerja, jaminan kematian dan jaminan pemeliharaan kesehatan.

5. Poliklinik

Unit poliklinik di perusahaan memiliki tanggung jawab untuk menyelenggarakan pelayanan kesehatan yang komprehensif dan terpadu bagi para pekerja dan keluarganya, baik untuk masalah kesehatan yang timbul akibat pekerjaan maupun kondisi medis umum lainnya.

6. Tenaga Kesehatan

Tenaga kesehatan berperan dalam menjalankan proses pertolongan bagi karyawan atau tenaga kerja yang mengalami kecelakaan ataupun gangguan kesehatan. Tenaga kesehatan sendiri bisa berupa seorang dokter umum dan perawat yang bertugas untuk membantu dokter dalam tugasnya.

7. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan Kesehatan merupakan bentuk upaya yang dilakukan oleh suatu pabrik atau perusahaan dalam menjalankan dan menjamin fasilitas kesehatan bagi

para pegawai atau tenaga kerja. Pelayanan kesehatan yang diberikan oleh perusahaan berupa di antaranya:

- Pelayanan pencegahan yang bertujuan untuk memberikan pemeriksaan secara rutin bagi para pegawai dan keluarganya, misalkan imunisasi bagi bayi dan ibu hamil
- Rawat jalan dokter umum
- Pelayanan kesehatan pra masa kehamilan, persalinan dan nifas
- Pemeriksaan kesehatan kerja, meliputi pemeriksaan kesehatan berkala, serta penanganan kecelakaan kerja.

8. Gizi Kerja

Dalam upaya peningkatan dan pemenuhan gizi bagi para pegawai atau tenaga kerja maka perusahaan harus memberikan pelayanan kantin khusus yang diperuntukan bagi pegawai atau tenaga kerja. Kantin tersebut harus memberikan makanan dan minuman sehat dengan cara menjaga keseimbangan kalori, vitamin, protein dan karbohidrat disetiap makanan dan minuman yang diberikan kepada para pegawai.

4.8.2 Sistem Keamanan Kerja

Pada perancangan pabrik Sodium Nitrat yang akan dibangun diberikan kelengkapan pada masing-masing area proses dilengkapi sistem keamanan yang meliputi:

a. Tangki penampungan

Pada tangki penampungan yang bersifat korosif harus dilengkapi dengan sistem keamanan:

- Pemberian label dan spesifikasi bahannya
- Pengecekan secara berkala oleh petugas K3

b. Pompa

Unit pompa yang terdapat di pabrik harus memiliki penutup dan harus dilakukan pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

c. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan yang terdapat pada pabrik sodium nitrat harus dilakukan pengecatan atau pemberian warna sesuai dengan fungsi masing-masing, misalnya fluida panas dengan pipa yang dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin dicat dengan warna biru. Selain itu harus dilakukan pemeriksaan secara berkala

guna mencegah adanya penyumbatan yang terjadi pada pipa, dan harus dilakukan inspeksi atau pengecekan secara rutin oleh petugas K3.

d. *Heat Exchanger*

Pada area dekat unit pertukaran panas dipasang sebuah *heater* yang dilengkapi oleh isolator sehingga dapat meredam apabila terjadi radiasi panas yang tinggi, kemudian untuk bagian unit boiler harus mempunyai level suara dengan batas 85dB.

e. Alat Pelindung Diri (APD)

Guna menjamin perlindungan pekerja dari potensi bahaya, perusahaan mengimplementasikan sistem keselamatan kerja yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas keselamatan bagi tenaga kerja, antara lain:

- Helm

Helm adalah alat pelindung kepala yang dirancang untuk mencegah cedera akibat benturan atau benda jatuh.

- *Safety Glass*

Kacamata pengaman dirancang khusus untuk melindungi mata dari potensi bahaya di tempat kerja. Alat ini sangat penting bagi karyawan yang bekerja di area perawatan, bengkel, dan ruang kontrol kualitas atau laboratorium.

- Sarung Tangan

Sarung tangan untuk melindungi tangan pekerja dari kontak langsung dengan bahan berbahaya atau kondisi yang menyebabkan panas atau iritasi.

- *Safety Shoes*

Sepatu keselamatan atau *safety shoes*, adalah pelindung kaki yang dirancang untuk mencegah cedera akibat benda berat yang jatuh dan tumpahan bahan kimia.

- *Earplug*

Penyumbat telinga berfungsi untuk melindungi indra pendengaran pekerja dari suara bising yang berlebihan.

- Masker

Sebagai alat pelindung diri, masker berfungsi untuk mencegah tenaga kerja menghirup debu, gas beracun, dan zat korosif yang terdapat di udara.

- *Wearpack*

Baju keselamatan kerja memiliki fungsi untuk memberikan perlindungan kepada pekerja dari berbagai risiko dan bahaya yang mungkin timbul selama aktivitas pekerjaan, seperti terjatuh, terkena benda tajam, dan melindungi dari suhu ekstrem.

f. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Untuk proteksi kebakaran, pabrik dilengkapi dengan APAR jenis *Foam and Powder*. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam pemasangan APAR adalah:

- Tinggi APAR harus berada 150 cm dari lantai
- Standar jarak penempatan antar APAR yang satu dengan yang APAR yang lain sekitar 15 meter
- Setiap APAR memiliki Instruksi Kerja (IK) terlampir yang memuat informasi penting seperti jenis APAR, tanggal dilakukannya pemeriksaan, serta batas waktu penggunaannya (tanggal kedaluwarsa).
- Lokasi pemasangan APAR wajib memiliki penomoran yang jelas serta keterangan tertulis mengenai status APAR, seperti kondisi fisik (baik)

g. Sistem Izin Kerja

Guna meminimalisir potensi kecelakaan pada pekerjaan dengan tingkat risiko tinggi, penerapan sistem izin kerja sangat penting di lingkungan pabrik. Sistem ini mencakup berbagai jenis pekerjaan, seperti pekerjaan yang melibatkan panas, pengelasan, ketinggian, ruang terbatas, dan instalasi listrik. Sebelum memulai pekerjaan, pekerja wajib mengajukan izin kepada atasan atau pengawas yang kemudian akan diteruskan ke petugas keselamatan.

h. Area pabrik secara umum atau keseluruhan

- Pada setiap *plant* diberikan *hydrant* yang berguna untuk mencegah atau menanggulangi potensi terjadinya kebakaran.
- Memberikan alarm peringatan pada setiap *plant* sebagai tanda peringatan apabila terjadi keadaan gawat darurat
- Setiap *plant* atau *department* diberikan tangga darurat yang berfungsi untuk jalan evakuasi pegawai apabila terjadi kebakaran
- Disetiap *plant* diberikan jalan yang cukup untuk dilewati oleh kendaraan sehingga mudah dilalui kendaraan apabila terjadi insiden.

4.8.3 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Proses produksi di pabrik ini menunjukkan adanya potensi bahaya yang kompleks, meliputi kondisi lingkungan kerja, tahapan produksi, dan peran penting faktor manusia dalam menjalankan operasi. Beberapa potensi bahaya tersebut meliputi:

a. Terjatuh

Jatuh dari ketinggian merupakan ancaman serius bagi keselamatan pekerja, dengan potensi menyebabkan cedera berat, disabilitas permanen, bahkan kematian. Pekerjaan yang memiliki risiko tinggi terjatuh meliputi aktivitas di ketinggian, penggunaan tangga, dan inspeksi material yang dimuat di atas truk.

b. Percikan Bahan Kimia

Dalam operasional pabrik Sodium Nitrat, penting bagi seluruh tenaga kerja untuk selalu waspada terhadap berbagai risiko kecelakaan. Ini meliputi bahaya percikan akibat tumpahan bahan kimia, kebocoran dari pipa, tangki, maupun alat produksi, serta ancaman paparan gas-gas sisa reaksi yang mungkin terlepas ke lingkungan.

c. Tertabrak

Pabrik merupakan area dengan lalu lintas kendaraan berat yang padat, di mana truk dan forklift bergerak secara terus-menerus, menciptakan potensi risiko kecelakaan yang tinggi.

d. Terpapar Bahan Panas

Dalam konteks ini, sumber panas yang dimaksud merujuk pada suhu tinggi yang dihasilkan oleh pembakaran atau peralatan kerja, bukan yang berasal dari sifat bahaya kimia suatu zat.

e. Kebakaran

Percikan api dari aktivitas pengelasan dan pemotongan logam di area pemeliharaan, serta bahan mudah terbakar di gudang, adalah penyebab utama risiko kebakaran. Korsleting listrik juga berperan signifikan dalam memicu kebakaran.

4.9 Instrumentasi

Instrumentasi berperan dalam pengendalian proses yang terjadi didalam suatu pabrik secara teliti dan cermat dengan harapan mencapi kapasitas produksi yang sesuai dengan yang diharapkan. Pengendalian proses dalam industri merupakan serangkaian kegiatan

yang bertujuan untuk memastikan bahwa proses operasi produksi dapat berjalan secara lancar dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Pengendalian proses melibatkan penggunaan alat, teknik, dan sistem untuk mengatur, mengontrol, dan memonitor proses agar menghasilkan produk yang berkualitas dan menjaga keselamatan operasional. Pada pabrik ini pengendalian proses mencakup aspek suhu, tekanan, aliran, dan komposisi bahan dalam proses industri. Sistem pengendalian proses memiliki 3 fungsi utama, yakni sebagai alat pengukur, alat menganalisa, dan alat pengendali. Instrumentasi dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan proses kerjanya yaitu:

1. Manual atau *indicator*

Indicator merupakan suatu alat yang dipasang pada *instrument* proses dengan tujuan untuk mengetahui kondisi proses tidak memerlukan ketelitian, kemudian berperan sebagai petunjuk (*indicator*) dan pencatat (*recorder*).

2. Otomatis atau *controller*

Controller merupakan suatu alat yang dipasang pada *instrument* proses dengan tujuan untuk mengatur jalannya proses serta memerlukan ketelitian. Dengan dilakukan pemasangan *controller* diharapkan mampu mengendalikan kondisi operasi sehingga proses berjalan sesuai dengan *set point* hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas dan kuantitas dari produk yang dipasang.

Pada desain pabrik Sodium Nitrat memerlukan beberapa *indicator* maupun *controller* guna untuk menjaga kondisi operasi dari suatu proses produksi dari pabrik tersebut. Beberapa *indicator* dan *controller* yang dipasang diantaranya:

- *Level indicator*, digunakan menjaga ketinggian dari suatu fluida atau cairan yang berapa dalam tangki agar tidak terjadi *overload*.
- *Level controller*, digunakan mengendalikan ketinggian liquid pada reaktor
- *Flow indicator*, digunakan untuk mengendalikan laju aliran pada reaktor
- *Temperature controller*, digunakan untuk mengendalikan suhu pada *reboiler*
- *Pressure indicator*, digunakan untuk menjaga tekanan pada evaporator