

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses, atau yang sering disebut sebagai utilitas, merupakan bagian penting yang berfungsi memastikan seluruh kegiatan produksi di pabrik dapat berjalan secara efisien dan berkelanjutan. Tanpa keberadaan unit ini, operasi utama pabrik akan sulit dipertahankan karena sebagian besar proses kimia memerlukan pasokan energi, air, udara, serta sistem pengendalian lingkungan yang stabil. Dalam konteks perancangan pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), unit pendukung proses yang harus disediakan meliputi berbagai sistem penunjang, seperti:

1. Unit penyediaan dan pengolahan air

Unit ini memiliki peran utama dalam penyediaan seluruh kebutuhan air di pabrik, mencakup berbagai keperluan seperti air umpan boiler (*boiler feed water*), air sanitasi, air untuk sistem pemadam kebakaran (*hydrant*), serta air pendingin (*cooling water*). Setiap jenis penggunaan tersebut menuntut kualitas air yang berbeda, sehingga pada unit ini dilakukan proses pengolahan untuk memperbaiki mutu air agar sesuai dengan standar spesifik yang dibutuhkan. Proses pengolahan tersebut dapat meliputi penyaringan, sedimentasi, demineralisasi, ataupun penyesuaian pH, tergantung pada kebutuhan sistem yang dilayani.

2. Unit penyediaan tenaga listrik

Unit penyedia tenaga listrik memiliki fungsi vital dalam menjamin kelangsungan operasional pabrik, baik pada aspek produksi maupun kegiatan pendukung lainnya. Listrik digunakan sebagai sumber energi utama untuk menggerakkan berbagai peralatan proses, sistem instrumentasi, mesin-mesin industri, serta fasilitas pendukung seperti penerangan, peralatan kantor, dan sistem keamanan. Dalam perancangan pabrik *ferrous sulphate heptahydrate*, pasokan listrik umumnya diperoleh dari jaringan utama PT. PLN sebagai sumber utama karena kestabilan dan keandalannya dalam menyediakan energi listrik dalam jumlah besar dan berkelanjutan.

Namun, untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya gangguan pasokan dari PLN, pabrik juga dilengkapi dengan sistem pembangkit listrik cadangan berupa

generator (genset). Generator ini dioperasikan secara otomatis ketika terjadi pemadaman atau gangguan suplai listrik eksternal, sehingga proses produksi tetap dapat berjalan tanpa hambatan.

3. Unit penyediaan *steam*

Unit penyedia uap (*steam generation unit*) berfungsi utama untuk menghasilkan steam yang digunakan dalam berbagai tahapan proses pemanasan di pabrik, seperti pada *heater*, *vaporizer*, dan *reboiler*. *Steam* berperan penting dalam mentransfer energi panas ke sistem proses, sehingga kualitas dan kontinuitas pasokannya harus dijaga agar operasi pabrik tetap efisien dan stabil. Oleh karena itu, pengelolaan *boiler* sebagai penghasil uap memerlukan perhatian khusus terhadap kondisi operasional dan kualitas air umpan yang digunakan. Agar umur *boiler* tetap panjang dan performanya optimal, dilakukan berbagai tindakan pemeliharaan, seperti pengaturan *blow down* untuk mengeluarkan endapan padatan terlarut yang dapat menimbulkan kerak, serta penambahan bahan kimia *inhibitor* guna mencegah terbentuknya kerak dan korosi pada permukaan logam. Selain itu, sistem *boiler* juga dilengkapi dengan instrumen pengaman, seperti *safety valve*, *pressure gauge*, dan *water level indicator*, untuk memastikan operasi berjalan.

4. Unit penyediaan udara tekan

Unit penyedia udara tekan (*compressed air unit*) memiliki peranan penting dalam menunjang sistem kontrol dan instrumentasi di pabrik. Udara bertekanan yang dihasilkan digunakan terutama untuk mengoperasikan berbagai peralatan otomatis, seperti *control valve*, *aktuator pneumatik*, serta instrument lain yang dikendalikan oleh sistem komputerisasi atau *Distributed Control System* (DCS). Ketersediaan udara tekan yang stabil dan bersih sangat berpengaruh terhadap keandalan sistem kontrol proses, karena fluktuasi tekanan atau kualitas udara yang buruk dapat menyebabkan gangguan pada peralatan kendali dan menurunkan efisiensi operasi.

5. Unit laboratorium

Unit laboratorium memiliki peran yang sangat vital dalam menjamin kelancaran proses produksi sekaligus menjaga mutu produk yang dihasilkan. Laboratorium berfungsi sebagai pusat pengujian dan pengawasan kualitas, baik terhadap bahan

baku yang masuk, produk antara, maupun produk akhir sebelum dipasarkan. Dari analisis di laboratorium, setiap parameter mutu dapat dipantau dan dikendalikan agar tetap sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Selain itu, laboratorium juga berperan penting dalam mendukung upaya pengendalian pencemaran lingkungan, misalnya dengan melakukan uji kualitas air limbah, udara buang, dan residu proses, sehingga pabrik dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan regulasi lingkungan yang berlaku.

Laboratorium kimia juga menjadi sarana penelitian dan pengembangan (*research and development*). Di tempat ini dilakukan berbagai pengujian dan eksperimen untuk mengoptimalkan penggunaan bahan baku, meningkatkan efisiensi proses produksi, serta mengembangkan inovasi dalam formulasi produk. Peralatan laboratorium yang modern dan tenaga analis yang kompeten menjadi faktor kunci dalam menjamin keakuratan hasil pengujian.

6. Unit pengolahan limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi untuk menangani seluruh buangan yang dihasilkan dari proses produksi sebelum dilepaskan ke lingkungan, dengan tujuan utama untuk meminimalkan dampak pencemaran dan memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan yang berlaku. Limbah yang dihasilkan dari pabrik *ferrous sulphate heptahydrate*, berbentuk cair dan padatan. Setiap jenis limbah memiliki karakteristik kimia dan fisika yang berbeda, sehingga memerlukan metode pengolahan yang spesifik agar zat pencemar dapat dinetralisasi atau diendapkan sebelum air buangan dibuang ke lingkungan.

7. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit penyediaan bahan bakar berperan penting dalam memastikan ketersediaan energi yang dibutuhkan untuk mendukung operasi peralatan pabrik, khususnya *reboiler* dan genset. *Reboiler* memerlukan bahan bakar sebagai sumber panas untuk menghasilkan uap atau mempertahankan suhu proses pada level tertentu, sedangkan genset membutuhkan bahan bakar untuk menghasilkan listrik cadangan saat pasokan dari jaringan utama (seperti PT.PLN) mengalami gangguan. Dengan demikian, unit ini menjadi bagian yang esensial dalam menjaga keberlangsungan dan stabilitas operasional pabrik secara keseluruhan.

4.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Air merupakan salah satu komponen penting di dalam industri, karena hampir seluruh tahapan proses produksi memerlukan air dalam berbagai fungsi. Umumnya, sumber air yang digunakan oleh industri berasal dari sumur dalam, sungai, danau, maupun air laut, tergantung pada lokasi pabrik. Namun, semua air dari sumber tersebut tidak dapat langsung digunakan, sehingga diperlukan unit penyediaan dan pengolahan air yang berfungsi untuk mengadakan sekaligus mengolah air agar memenuhi kebutuhan masing-masing penggunaan di pabrik.

Unit penyediaan air ini bertanggung jawab mulai dari tahap pengambilan air baku, proses penyaringan, pengendapan, hingga pengolahan lanjutan seperti demineralisasi atau pendinginan, tergantung pada peruntukannya. Air hasil olahan kemudian disalurkan untuk berbagai kebutuhan, seperti air proses, air sanitasi, air umpan *boiler* (*boiler feed water*), dan air pendingin (*chilled water*). Dengan sistem pengolahan yang terencana dengan baik, unit ini tidak hanya memastikan ketersediaan air memadai, tetapi juga menjamin kualitas air yang sesuai standar sehingga mendukung efisiensi, keselamatan, dan keberlanjutan operasi industri.

Dalam perancangan pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* ini, sumber air yang digunakan berasal dari Instalasi Pengolahan air Bersih Kawasan Industri Krakatau Cilegon sebagai berikut:

- Jenis : *hard water*
- pH : 7,5 – 8,5
- Total Hardness : max 220 ppm sebagai CaCO_3
- Turbidity : max 3 ppm
- Residual Chlorine : 0,4 – 1 ppm

Kebutuhan air pada pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* meliputi:

4.1.1 Air Proses

Air proses pada pabrik ini digunakan sebagai air pada tangki *Pre-Treatment*, tangki pencucian, tangki fermentasi dan pada *Centrifuge*. Pemenuhan kebutuhan air proses berasal dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan Industri Krakatau Cilegon. Umumnya air yang digunakan untuk air proses adalah air demineralisasi.

Air demineralisasi merupakan air bebas dari ion-ion mineral, sehingga digunakan sebagai air proses agar tidak menghasilkan reaksi samping. Kualitas air proses dijelaskan pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Parameter Kualitas Air Proses

No	Parameter	Jumlah
1	pH	6,8 – 7,0
2	Turbiditas	-
3	<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	-
4	Oksigen	-
5	Konduktivitas	< 0,2 μ S/cm
6	Silica	< 0,02 mg/L
7	<i>Hardness</i>	-

4.1.2 Chilled Water

Air pendingin merupakan jenis air yang digunakan untuk menjaga suhu agar tetap stabil selama proses produksi berlangsung. Air pendingin berfungsi sebagai media utama pada alat *Heat Exchanger* yang digunakan untuk mentransfer panas antara dua fluida tanpa mencampurkannya secara langsung. Pemilihan air sebagai media pendingin didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis, antara lain:

- A. Ketersediaan air dalam jumlah besar sehingga mudah diakses untuk kebutuhan industri.
- B. Proses pengaturan aliran dan pengolahannya relatif sederhana serta efisien.
- C. Air bersifat stabil dan tidak mengalami dekomposisi selama proses berlangsung.
- D. Memiliki kapasitas panas spesifik yang tinggi, sehingga mampu menyerap panas dalam jumlah besar per satuan volume.

Kriteria mutu atau standar industri yang berlaku terhadap air pendingin yang digunakan dapat dilihat secara rinci pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Parameter Kualitas Air Pendingin

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Konduktivitas	mhos/cm	< 1000
2	Turbiditas	ppm	< 10

3	Suspended Solid	ppm	< 10
4	Total hardness	ppm as CaCO ₃	< 100
5	Total Iron	ppm as Fe	< 1,0
6	Residual Chlorine	ppm as Cl ₂	0,5 – 1,0
7	Silicate	ppm as SiO ₂	< 150
8	Total Chromate	ppm as CrO ₄	1,5 – 2,5
9	pH	-	6,5 – 7,5

4.1.3 Air Umpan Boiler

Air yang digunakan sebagai umpan boiler harus memenuhi sejumlah persyaratan tertentu untuk mencegah timbulnya berbagai permasalahan operasional, antara lain:

- Pembentukan Kerak

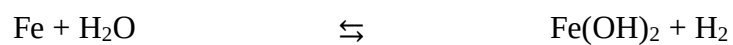
Pembentukan kerak pada boiler umumnya terjadi akibat tingginya tingkat kesadahan air serta pengaruh suhu yang tinggi. Kesadahan ini biasanya disebabkan oleh adanya garam-garam karbonat, silikat, atau senyawa mineral lain yang tidak larut sempurna dalam air. Ketika air mengalami pemanasan, zat-zat pengotor tersebut akan mengendap secara langsung pada permukaan perpindahan panas atau berasal dari partikel tersuspensi yang menempel pada dinding logam dan kemudian mengeras membentuk lapisan kerak. Lapisan ini bersifat isolatif sehingga menghambat proses perpindahan panas antara air dan dinding boiler. Akibatnya, suhu logam meningkat secara lokal (*local over heating*), yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan deformasi material, retakan, hingga kegagalan fungsi (*failure*) pada komponen boiler. Oleh sebab itu, pengendalian kesadahan dan pengolahan air umpan menjadi hal yang sangat krusial untuk mencegah terjadinya kerak.

- Korosi pada boiler

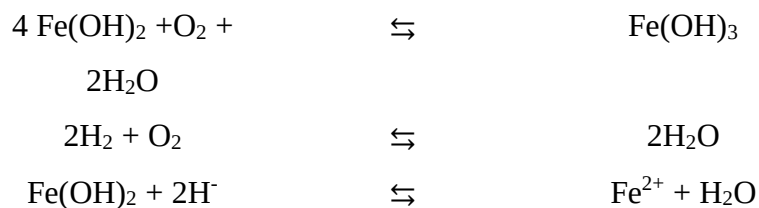
Korosi yang terjadi di dalam sistem *boiler* umumnya disebabkan oleh adanya kandungan zat-zat korosif dalam air, seperti larutan asam dan gas-gas terlarut, antara lain oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂), hidrogen sulfida (H₂S), serta amonia (NH₃). Gas-gas tersebut dapat bereaksi dengan logam penyusun boiler dan membentuk senyawa korosif yang mempercepat kerusakan permukaan logam. Selain itu, terbentuknya kerak pada permukaan perpindahan panas juga dapat

memperparah kondisi tersebut karena lapisan kerak menghambat perpindahan panas secara efisien. Akibatnya, terjadi pemanasan berlebih pada area tertentu (*local over heating*), yang dapat mengubah sifat mekanik logam, menyebabkan deformasi, hingga berujung pada kegagalan fungsi (*failure*) pada komponen boiler. Oleh karena itu, proses deaerasi dan pengendalian kimia air umpan sangat penting untuk mencegah korosi serta menjaga keandalan operasi boiler.

Kontak antara permukaan logam dengan air yang menyebabkan terjadinya reaksi korosi sebagai berikut :



Reaksi di atas pada suatu saat akan mencapai keadaan kesetimbangan dan korosi tidak akan berlanjut, akan tetapi adanya oksigen dan pH air yang rendah akan mengakibatkan terganggunya kesetimbangan dan reaksi bergeser ke sebelah kanan. Reaksi yang terjadi akibat adanya oksigen dan pH yang rendah adalah sebagai berikut:



Pergeseran arah reaksi korosi ke sebelah kanan yang menyebabkan berlanjutnya peristiwa korosi pada logam boiler.

- Pembentukan busa

Air hasil proses pemanasan berpotensi menimbulkan pembusaan (*foaming*) karena kandungan zat organik, anorganik, serta partikel tak larut yang cukup tinggi. Fenomena pembusaan ini umumnya lebih sering terjadi pada air dengan tingkat alkalinitas yang tinggi, sehingga dapat mengganggu efisiensi kerja boiler. Untuk mencegah hal tersebut, air umpan boiler harus melalui tahap pengolahan lanjutan guna menurunkan kadar zat-zat pengotor tersebut. Secara umum, proses pengolahan dilakukan melalui metode demineralisasi dengan bantuan *ion exchanger*, yang berfungsi menghilangkan ion-ion pengotor dalam air. Tahap berikutnya adalah proses deaerasi dan *stripping*, yang bertujuan untuk mengeluarkan gas-gas terlarut seperti oksigen dan karbon dioksida yang dapat

menyebabkan korosi pada sistem boiler. Persyaratan pengolahan ini sangat bergantung pada tekanan kerja boiler, sebagaimana dijelaskan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter Kualitas Air Boiler

Parameter	Pengendalian batas
<i>Total Hardness</i>	0,1 mg/l
pH	7,5-10
Oksigen Terlarut	0,04 mg/l
Silika	150 mg/l
Fe	0,1 mg/l

4.1.4 Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan jenis air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan dasar dan fasilitas bagi para pegawai di suatu lingkungan kerja. Air ini dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, antara lain air minum, kegiatan laboratorium, kebutuhan perkantoran, serta kebutuhan rumah tangga di area perumahan pegawai. Agar kualitas air tersebut memenuhi standar yang layak dan aman digunakan, diperlukan proses pengolahan khusus yang dikenal dengan *Water Treatment*. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa air bebas dari kontaminan kimia, biologis, maupun fisik yang dapat membahayakan kesehatan atau merusak peralatan. Standar mutu dan kriteria kualitas yang harus dipenuhi oleh air sanitasi dijabarkan secara rinci pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Parameter Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1. E. Coli	Jumlah per 100 ml sample	0

2. Total bakteri koliform	Jumlah per 100 ml sample	0
b. Kimia Anorganik		
1. Arsen	mg/L	0,01
2. Flourida	mg/L	1,5
3. Total Kromium	mg/L	0,05
4. Kadmium	mg/L	0,003
5. Nitrit (sebagai NO ₂)	mg/L	3
6. Nitrit (sebagai NO ₃)	mg/L	50
7. Sianida	mg/L	0,07
8. Selenium	mg/L	0,01
2. Parameter yang tidak langsung Berhubungan dengan kesehatan		
a. Parameter Fisik		
1. Bau	-	Tidak berbau
2. Warna	TCU	15
3. Total Dissolved Solid	Mg/L	500
4. Kekeruhan	NTU	5
5. Rasa	-	Tidak berasa
6. Suhu	°C	25-30
b. Parameter Kimiawi		
1. Alumunium	mg/L	0,2
2. Besi	mg/L	0,3
3. Kesadahan	mg/L	500
4. Klorida	mg/L	250
5. Mangan	mg/L	0,4
6. pH	mg/L	6,5 – 8,5
7. Seng	mg/L	3

8. Sulfat	mg/L	250
9. Tembaga	mg/L	2
10. Amonia	mg/L	1,5

4.1.5 Total Kebutuhan Air

a. Kebutuhan Air Proses dan Pendingin

Total kebutuhan air proses dan pendingin dalam proses pembentukan *ferrous sulphate heptahydrate* dijabarkan secara rinci pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kebutuhan Air Proses dan Pendingin

No	Keperluan	Kebutuhan	Satuan
1	Reaktor (R-01)	1.162,6552	Kg/jam
2	Barometric Condenser (BC-01)	73.581,829	Kg/jam
3	Crystallizer (CR-01)	7.022,946	Kg/jam
TOTAL		81.767,4302	Kg/jam

Kebutuhan Air Proses = 81.767,4302 kg/jam

Asumsi jika 10% dari total massa kebutuhan air kehilangan selama sirkulasi sehingga:

Massa air kehilangan saat proses = $10\% \times 81.767,4302$
= 8.176,74302 kg/jam

Massa air yang masuk kedalam *cooling tower* = $81.767,4302 - 8.176,74302$
= 73.590,68718 kg/jam

Massa air yang kehilangan saat pendinginan = $81.767,4302 - 73.590,68718$
= 8.176,74302 kg/jam

Kebutuhan air pendingin = $81.767,4302 + 8.176,74302$
= 89.944,17322 Kg/jam

b. Kebutuhan Air Untuk Steam

Total kebutuhan air untuk *steam* dalam proses pembentukan *ferrous sulphate heptahydrate* dijabarkan secara rinci pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kebutuhan Air Untuk Steam

No	Keperluan	Kebutuhan	Satuan
1	Evaporator (EV-01)	1.821,6446	kg/jam

2	Heat Exchanger (HE-01)	6.998,4607	kg/jam
TOTAL		8.820,1053	kg/jam
Kebutuhan <i>Steam</i>		= 8.820,1053 kg/jam	
Asumsi jika 10% dari total massa kebutuhan air kehilangan selama sirkulasi sehingga:			
Massa air kehilangan saat proses		= 10% × 8.820,1053 = 882,01053 kg/jam	
Massa steam yang kembali ke <i>boiler</i>		= 8.820,1053 - 882,01053 = 7.938,09477 kg/jam	
Massa steam <i>make up</i>		= 8.820,1053 - 7.938,09477 = 882,01053 kg/jam	
Total Massa <i>Steam</i>		= 8.820,1053 - 882,01053 = 7.938,09477 kg/jam	
Asumsi jika massa steam blow down dari 10% dari massa steam total sehingga:			
Massa <i>steam blow down</i>		= 10% × 7.938,09477 = 793,809477 kg/jam	
Massa steam umpan dearator		= 7.938,09477 + 793,809477 = 8731,904247 kg/jam	

c. Kebutuhan Air Sanitasi

- Air untuk karyawan kantor

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010

Kebutuhan air tiap karyawan = 60 L/orang = 60 kg/hari

Jumlah karyawan = 130 orang

Jam kerja tiap karyawan = 8 jam

Jumlah kebutuhan air = $60 \text{ kg/hari} \times 130 \text{ orang}$

= 7800 kg/hari

= 325 kg/jam

- Air untuk laboratorium & air taman

Diperkirakan kebutuhan air untuk laboratorium & taman sebanyak 25 % kebutuhan karyawan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air} &= 25\% \times 7800 \text{ kg/hari} \\ &= 1.950 \text{ kg/hari} \\ &= 81,25 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- Air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Kebutuhan air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air direncanakan sebesar 120% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Air} &= 120\% \times 7800 \text{ kg/hari} \\ &= 9.360 \text{ kg/hari} \\ &= 390 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- Kebutuhan air total

a. air proses dan pendingin	89.944,17322	kg/jam
b. air untuk steam	8.731,904247	kg/jam
c. Air sanitasi	796	kg/jam
d. Air laboratorium dan taman	81,25	kg/jam
e. Air untuk hydrant dan cadangan air	390	kg/jam

Total	99.943,57747	kg/jam
--------------	---------------------	---------------

- Total air yang dapat di *recycle*

a. Air keluaran pendingin	73.590,68718	kg/jam
b. Air steam	7.938,09477	kg/jam

Total	81.528,78195	kg/jam
--------------	---------------------	---------------

- Total kebutuhan make up water

Kebutuhan air untuk make up water dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned}\text{Make up Water} &= 99.943,57747 - 81.528,78195 \\ &= 18.414,79552 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

- Total kebutuhan air secara keseluruhan

Total kebutuhan air secara keseluruhan dapat dihitung dengan:

$$q_{\text{kebutuhan air}} = \frac{\text{Total air keseluruhan}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$q \text{ kebutuhan air} = \frac{99.943,57747}{1.000}$$

$$q \text{ kebutuhan air} = 99,94357747 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 2.398,645859 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 875.505,7386 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4.1.6 Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Dalam perancangan awal pabrik *ferrous sulphate heptahydrate*, kebutuhan energi listrik dipenuhi melalui pasokan dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) sebagai sumber utama, dengan dukungan generator sebagai sumber cadangan apabila terjadi gangguan pasokan listrik dari jaringan utama. Sistem penyediaan tenaga listrik ini dirancang untuk memastikan keberlangsungan operasi pabrik tanpa hambatan, terutama dalam menjaga kestabilan proses produksi yang membutuhkan pasokan energi kontinu. Pemakaian listrik di pabrik ini mencakup beberapa aspek penting, yaitu:

1. Keperluan proses dan utilitas
2. Penerangan
3. Pendinginan udara/ *air conditioner* (AC)
4. Laboratorium dan instrumentasi

Pasokan listrik untuk pabrik diperoleh dari jaringan PLN dengan tegangan menengah sebesar 20 kV. Oleh karena itu, diperlukan adanya transformator (*power transformer*) di area pabrik yang berfungsi menurunkan tegangan tersebut menjadi tegangan rendah, yaitu 380 V AC untuk sistem tiga fasa dan 220 V AC untuk sistem satu fasa. Penggunaan trafo ini bertujuan agar energi listrik dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan kebutuhan peralatan dan sistem operasional yang ada di pabrik. Berdasarkan tingkat tegangannya, sistem pasokan listrik di pabrik ini dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berikut:

- Tegangan 380 V, AC, 3-fasa untuk penggerak motor-motor listrik AC di pabrik. Tersalur lewat 5 buah kawat jaringan.
- Tegangan 220 V, AC, 1-fasa untuk penerangan, peralatan rumah tangga pabrik serta peralatan elektronik. tersalur lewat 3 buah kawat jaringan.

Untuk mencegah terjadinya gangguan operasional apabila pasokan listrik utama terhenti, pabrik dilengkapi dengan generator cadangan. Tipe generator yang dipilih adalah generator arus bolak-balik (AC), dan pemilihannya didasarkan pada sejumlah pertimbangan teknis dan operasional yang relevan untuk menjamin keandalan dan kompatibilitas dengan sistem pabrik, antara lain:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan transformator
- Motor 3 phase harganya relatif lebih murah dan sederhana

4.1.6.1 Kebutuhan Listrik

Kebutuhan listrik untuk pabrik meliputi:

1. Listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air
2. Listrik untuk penerangan dan AC
3. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
4. Listrik untuk penerangan perumahan karyawan
- a. Kebutuhan listrik untuk keperluan Proses dan Keperluan Air

Pengolahan Air Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan keperluan pengolahan air tertera pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik Untuk Keperluan Proses dan Keperluan Air

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
Pompa umpan <i>pickling liquor</i>	1	1	1
Pompa umpan <i>sand filter</i>	1	1	1
Pompa umpan tangka penyimpanan	2	1	2
Pompa evaporator	1	1	1
Pompa umpan <i>crystallizer</i>	1	1	1
<i>Centrifuge</i>	1	7	7
Pengaduk <i>crystallizer</i>	1	25	25
<i>Rotary dryer</i>	1	20	20
<i>Bucket elevator</i>	2	2	4

<i>Belt conveyor</i>	2	5	10
<i>Screw conveyor</i>	1	0,5	0,5
Pengaduk reactor	1	40	40
<i>Blower</i>	1	75	75
TOTAL			187,5

Diperkirakan kebutuhan daya listrik untuk alat yang tidak terduga Tugas Akhirkan sebesar $\pm 10\%$ dari total kebutuhan.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik terduga Tugas Akhirkan} &= 10\% \times 187,5 \\ &= 18,75 \text{ HP}\end{aligned}$$

Maka total kebutuhan listrik keseluruhan alat yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Total listrik} &= 187,5 + 18,75 \\ &= 206,25 \text{ HP} \\ &= 153,800625 \text{ kW}\end{aligned}$$

b. Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan, dipakai standar sebagai berikut:

$$L = E \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad (\text{Perry, 3rd edition hal 1758})$$

Keterangan:

L = Lumen per outlet

A = Luas Area (m²)

E = Lux

Besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan proses tertera pada Tabel 4.8 dan 4.9:

Tabel 4.8 Kebutuhan Lumen pada Lokasi Dalam Ruangan

No	Lokasi Dalam Ruangan	Luas (m ²)	Lux (Lumen/m ²)	Lumen
1	Pos keamanan	80	150	12.000
2	Gedung kantor utama	1500	150	225.000
3	Kantin	400	100	40.000
4	Laboratorium	800	500	400.000

5	Unit pemadam kebakaran	400	500	200.000
6	Gudang	400	150	60.000
7	Kantor K3	700	500	350.000
8	Kantor RnD dan Perpustakaan	500	500	250.000
9	Bengkel	1200	500	600.000
10	CCR (Ruang kotrol)	600	500	300.000
11	Masjid	600	300	180.000
12	Aula Pertemuan	600	500	300.000
13	Poliklinik	600	500	300.000
TOTAL		8.380		3.217.000

Tabel 4.9 Kebutuhan *Lumen* pada Lokasi Luar Ruangan

No	Lokasi Luar Ruangan	Luas (m ²)	Lux (Lumen/m ²)	Lumen
1	Unit Penyimpanan Bahan Baku	5.000	1.000	5.000.000
2	Unit penyimpanan produk	5.000	1.000	5.000.000
3	Unit proses	20.000	1.000	20.000.000
4	Unit utilitas	7.000	1.000	7.000.000
5	Unit pengolahan limbah	2.000	1.000	2.000.000
6	Lapangan parker	2.000	150	300.000
7	Jalanan, taman	2.400	150	360.000
8	Daerah perluasan pabrik	10.000	20	200.000
TOTAL		53.400		39.860.000

Keterangan:

- Area indoor menggunakan lampu LED Philips 24 Watt. Output tiap lampu adalah 1450 Lumen
- Area outdoor menggunakan lampu LED Phillips 42 Wat. Output tiap lampu adalah 2650 Lumen

$$\text{Jumlah lampu dalam ruangan} = \frac{3.217.000}{1450}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2.218,62069 \text{ Buah lampu} \\
 &= 2.219 \text{ Buah lampu} \\
 \text{Jumlah lampu luar ruangan} &= \frac{39.860.000}{2650} \\
 &= 15.041,50943 \text{ Buah lampu} \\
 &= 15.042 \text{ Buah lampu} \\
 \text{Total daya penerangan} &= (24 \times 2.219) + (42 \times 15.042) \\
 &= 684.990,2928 \text{ W} \\
 &= 684,9902928 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan Listrik Untuk AC

Luas dari jenis bangunan tertera pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 luas Bangunan

No	Jenis Bangunan	Luas (m ²)
1	Pos keamanan	80
2	Gedung kantor utama	1500
3	Kantin	400
4	Laboratorium	800
5	Unit pemadam kebakaran	400
6	Gudang	400
7	Kantor K3	700
8	Kantor RnD dan PeID Rustakan	500
9	Bengkel	1200
10	CCR (Ruang kotrol)	600
11	Masjid	600
12	Aula Pertemuan	600
13	Poliklinik	600
TOTAL		8.380

AC (*Air conditioner*) direncanakan menggunakan AC LG DUALCOOL 1,5 PK. Sebuah AC jenis ini memerlukan daya listrik sebesar dengan daya listrik 495 Watt dan diperkirakan cukup untuk memenuhi ruangan seluas 7×7 meter (49 m²). Sehingga kebutuhan AC dan listrik yang dibutuhkan dapat dihitung

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah AC yang dibutuhkan} &= \frac{8.380}{49} \\
 &= 171,0204082 \text{ Buah} \\
 &= 171 \text{ Buah} \\
 \text{Daya AC} &= 495 \text{ Watt/buah} \\
 \text{Total daya pendingin} &= 171 \times 495 \\
 &= 84.655,10204 \text{ Watt} \\
 &= 84,65510204 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

d. Kebutuhan Listrik Untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Besarnya kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi tertera pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kebutuhan Listrik Untuk Laboratorium dan Instrumantasi

No	Kebutuhan	Daya (kW)	Daya (HP)
1	Keperluan proses dan utilitas	153,800625	209,1102991
2	Keperluan Penerangan	684,9902928	931,3260269
3	Keperluan AC	84,65510204	115,0987111
4	Keperluan kantor	20	27,19238613
5	Instrumentasi	15,3800625	20,91102991
Total Kebutuhan Listrik		958,8260823	1303,638453

Diperkiraan listrik untuk alat yang terdeTugas Akhir sebesar 10%, maka total akhir kebutuhan listrik sebesar:

$$\begin{aligned}
 \text{Total kebutuhan listrik} &= 10\% \times 958,8260823 \\
 &= 95,88260823 \text{ kW} \\
 &= 130,3638453 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

4.1.7 Perancangan Generator

Generator berfungsi menyediakan listrik dan peralatan-peralatan yang tidak boleh terputus atau berubah tenaganya. Faktor keamanan dipilih 20% dari total kebutuhan, maka total akhir kebutuhan listrik sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik} &= 120\% \times 958,8260823 \\ &= 1.150,591299 \text{ kW}\end{aligned}$$

Digunakan generator dengan efisiensi 80%, maka efisiensi generator:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi generator} &= \frac{1.150,591299}{80\%} \\ &= 1.438,239123 \text{ kW}\end{aligned}$$

Ditetapkan daya input generator 2000kW sebanyak 2 buah sehingga keperluan lain yang masih tersedia:

$$\begin{aligned}\text{Listrik yang masih tersedia} &= (4000 - 1.438,239123) \\ &= 2561,760877 \text{ kW}\end{aligned}$$

Spesifikasi Generator:

Tipe	= AC Generator
Kapasitas	= 2000 kW
Efisiensi	= 80%
Jumlah	= 2 unit
Bahan Bakar	= Solar/ <i>Industrial Diesel Oil</i> (IDO)

4.1.7.1 Unit Pengadaan Steam

Unit ini bertujuan memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan adalah batu bara dan solar/*Industrial Diesel Oil* (IDO). Kebutuhan solar ini diperoleh dari jumlah solar untuk generator. Untuk keperluan operasi Generator digunakan bahan bakar:

- Jenis bahan bakar = Solar/*Industrial Diesel Oil* (IDO)
- Kapasitas Generator = 4000 kW
- Specific Fuel Consumption (SFC) = 0,207 kg/kWh
- Kebutuhan Bahan Bakar = SFC × Kapasitas Generator
= 0,207 × 4000
= 828 kg/jam

$$= 7.258.248 \text{ kg/tahun (asumsi 7 hari berjalan)}$$

Sedangkan kebutuhan batu bara diperoleh dari jumlah batu bara untuk boiler.

Untuk keperluan operasi boiler digunakan bahan bakar:

Jenis bahan bakar	= Batu bara
Nilai kalor bahan bakar	= 11.372 btu/lbn
	= 26.451,272 kJ/kg
Massa steam	= 7.938,09477 kg/jam
Perkiraan kehilangan	= 10%
Suhu steam	= 250°C
Entalpi steam	= 2800 kJ/kg
Efisiensi (e)	= 80%

Untuk menghitung jumlah bahan bakar yang digunakan untuk boiler, digunakan dengan rumus:

$$mf = \frac{ms \times H_F}{e \times F}$$

Diketahui:

mf	= Massa bahan bakar yang dibutuhkan
ms	= Massa steam yang dihasilkan
H _f	= Entalpi liquid
e	= efisiensi boiler
F	= Nilai kalor batu bara = 11.372 btu/lbn
	= 26.451,272 kJ/kg

Sehingga jumlah bahan bakar yang dibutuhkan:

$$mf = \frac{ms \times H_F}{e \times F}$$

$$mf = \frac{7938,095 \times 2800}{80\% \times 26451,27}$$

$$mf = 1050,359 \text{ kg/jam}$$

4.1.7.2 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit pengadaan udara bertekanan sangat diperlukan dalam proses terutama untuk fasilitas instrumentasi dan peralatan proses, seperti untuk menggerakkan valve control yang dikendalikan dengan sistem dari DCS (*Distributed Control*

System). Peralatan utama dari unit ini adalah *dust filter*, *compressor*, *buffer tank*, dan *moisture absorber*.

Udara untuk kebutuhan instrumen terlebih dahulu disaring dengan *dust filter* yang berbentuk package untuk menghilangkan debu yang ikut terbawa. Udara selanjutnya akan dikompres ke unit selanjutnya dengan *oilless compressor* karena udara untuk kebutuhan instrumen (sistem kontrol) tidak boleh mengandung minyak yang terbawa saat dikompres. Selanjutnya udara akan dihilangkan kadar airnya pada *moisture absorber* dengan media penyerap silika gel. Hal ini dilakukan karena udara tekan untuk instrumen tidak boleh mengandung air.

Udara yang keluar dari *moisture absorber* selanjutnya disalurkan untuk kebutuhan instrumen (sistem kontrol). Salah satu penggunaannya adalah sebagai transmisi *pneumatic* untuk sistem kontrol. Sedangkan untuk kebutuhan plant (peralatan proses), udara terlebih dahulu masuk ke *dust filter* untuk menghilangkan debu yang ikut terbawa. Udara selanjutnya akan dikompres menggunakan kompressor standar ke *buffer tank*. Udara yang keluar dari *buffer tank* selanjutnya disalurkan untuk keperluan alat proses.

4.1.7.3 Unit Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk. Sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan. Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku, proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas atau mutu produksi perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu meliputi analisa bahan baku dan bahan penolong, analisa proses dan analisa kualitas produk. Selain itu laboratorium juga sangat berperan dalam hal penelitian dan pengembangan serta penemuan-penemuan baru sehingga kemajuan pabrik dan daya saing pabrik tetap berkembang. Tugas laboratorium antara lain:

1. Memeriksa bahan baku dan bahan penolong yang akan digunakan
2. Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
3. Melakukan percobaan yang ada kaitannya dengan proses produksi

4. Memeriksa kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik

5. Melakukan penelitian dan pengembangan

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dibagi dalam kelompok kerja shift dan non shift.

a. Kelompok non-shift

Kelompok ini mempunyai tugas melakukan analisa khusus yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan oleh laboratorium dalam rangka membantu kelancaran pekerjaan kelompok shift, kelompok ini melakukan tugas antara lain:

- A. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi
- B. Menyediakan reagen kimia untuk analisa laboratorium
- C. Melakukan analisa bahan buangan penyebab polusi

b. Kelompok Shift

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa-analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya kelompok ini menggunakan sistem bergilir yaitu kerja shift selama 24 jam dengan masing-masing shift bekerja selama 8 jam.

4.1.7.3.1 Program Kerja Laboratorium

Untuk menjamin mutu produk *ferrous sulphate heptahydrate* yang dihasilkan pabrik, perlu dilakukan penguatan dan optimalisasi fungsi laboratorium sebagai bagian integral dari sistem pengendalian mutu. Laboratorium harus difokuskan pada pengujian yang relevan dan rutin sehingga parameter kualitas bahan baku, proses, dan produk akhir dapat dimonitor secara konsisten dan akurat. Adapun analisa pada proses pembuatan *ferrous sulphate heptahydrate* adalah sebagai berikut:

- Analisa bahan baku meliputi analisa kemurnian besi awal (Fe), kandungan sulfat (SO_4^{2-}), serta impuritas logam berat (mis. Zn, Ni, Cu).
- Analisa terhadap produk, analisa produk utama yaitu kemurnian garam $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, serta identifikasi adanya garam asing atau biru-hijau akibat oksidasi $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$.

Sedangkan analisa di unit utilitas meliputi :

- Analisa Feed water, meliputi analisa dissolved oxygen, pH, hardness, total solid, suspended solid, serta oil dan organic matter
- Analisa air lunak dan air proses penjernihan, yang dinalisa adalah pH, SiO₂, Ca sebagai CaCO₃, sulfur sebagai SO₄⁻, klor sebagai Cl₂, dan zat padat terlarut
- Analisa chilled water meliputi pH jenuh CaCO₃ dan indeks langelier
- Analisa air minum meliputi pH, sisa klor dan kekeruhan

Adapun untuk analisa limbah meliputi pemeriksaan BOD dan COD limbah.

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

1. Laboratorium Pengamatan
2. Laboratorium analitik
3. Laboratorium penelitian, pengembangan dan lindungan lingkungan

4.1.7.3.2 Metode Analisa

Metode analisa dan instruksi kerja untuk analisa dikerjakan sesuai dengan instruksi kerja yang disusun sedemikian rupa dengan acuan dari berbagai standar analisa, antara lain ASTM (American System for Testing and Material), SII, DIN, dan JIS.

4.1.7.3.3 Alat-Alat Utama Laboratorium

Alat-alat Analisa penting yang digunakan untuk Analisa baik laboratorium fisik, analitik, penelitian dan utilitas.

- Spektrofotometri UV-Vis untuk analisis konsentrasi larutan Fe²⁺/Fe³⁺, pelacakan perubahan warna larutan terkait oksidasi/redox.
- Spektrofotometer serapan atom (AAS) atau ICP-OES untuk kadar besi total dan identifikasi impuritas logam berat (Zn, Ni, Cu, Mg, Ca) pada sampel FeSO₄·7H₂O atau larutan inokulum.
- Kromatografi ion (IC) untuk profil ion sulfat, klorida, dan anion lain jika diperlukan untuk kualitas endapan.
- Difraksi serapan elektron (SEM/EDS) untuk morfologi kristal dan komposisi elementer pada permukaan endapan.

- Analitik termal (DSC) untuk mengkaji perubahan entalpi hidrasi/dehidrasi.

4.1.7.4 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah adalah unit yang bertugas untuk mengolah limbah yang dihasilkan pabrik *ferrous sulfat heptahydrate* sebelum dilepaskan ke lingkungan guna mengurangi pencemaran terhadap lingkungan. Unit ini pengolahan limbah pada suatu pabrik wajib didirikan Adapun unit pengolahan limbah dalam desain proyek pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* ini meliputi:

4.1.7.4.1 Limbah Cair

Limbah cair dapat berasal dari limbah proses yakni air dari unit demineralisasi dan air dari regenerasi resin, air berminyak dari buangan pelumas dari pompa, serta limbah cair yang berasal dari limbah rumah tangga. Proses pengolahan limbah cair dapat dilakukan secara kimia, fisika dan biologi. Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* dialirkan menuju *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) yang dikelola oleh Kawasan Industri Krakatau Cilegon . Secara umum, tahapan pengolahan limbah cair pada unit WWTP adalah sebagai berikut:

a. *Pre-treatment*

Pada tahap *pre-treatment* dilakukan penghilangan berupa sampah yang mengapung, penghilangan minyak, pre-aerasi, dan pengendapan awal. Sampah yang mengapung biasanya berupa plastic, kayu, dedaunan, dsb. Alat yang biasa digunakan adalah saringan kasar (*screening*). Kemudian minyak yang terkandung pada air limbah dihilangkan dengan alat bernama skimmer dengan prinsip gaya gravitasi. Lalu dilakukan pre-aerasi untuk menghilangkan gas yang terlarut. Setelah itu, dilakukan tahap

b. *Primary treatment*

Pada tahap ini, bertujuan untuk membentuk flok dengan menambahkan koagulan/flokulan. Terjadi proses koagulasi dan flokulasi. Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan partikel padat yang sulit mengendap contohnya koloid.

c. *Secondary treatment*

Pada tahap ini dilakukan pemrosesan limbah cair secara biologis dengan *anaerobic* dan *aerobic*. Prinsip dasarnya adalah adanya pertumbuhan mikrobiologi pengurai pada air yang akan mengambil unsur karbon pada air limbah yang

menyebabkan penguraian sehingga tingkat pencemaran yang dihitung dengan parameter BOD juga dapat menurun. Untuk limbah cair dengan tingkat BOD $\leq$ 2500 mg/L digunakan system *aerobic*, dan untuk limbah cair dengan BOD $\geq$ 2500 mg/L digunakan system *anaerobic*.

d. *Tertiary Treatment*

Pengolahan ini dimaksudkan sebagai pengolahan lanjutan jika belum didapatkan hasil sesuai dengan baku mutu limbah cair yang tertera pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Parameter Bahan Baku Mutu Limbah Cair

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)	Beban pencemaran maksimum (kg/hari.Ha)
BOD	50	4,3
COD	100	8,6
TSS	200	17,2
pH		6-9
Debit limbah cair maksimum yakni 1 L/s per HA lahan Kawasan yang terpakai		

4.1.7.4.2 Limbah B3

Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah limbah dengan sifat dan konsentrasinya dapat mencemarkan lingkungan, kesehatan, serta keberlangsungan makhluk hidup. Perlu adanya penanganan khusus terhadap limbah B3 yang dihasilkan. Limbah B3 pada pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* dapat berasal dari sumber spesifik, sumber tidak spesifik, dan dari bahan kimia kadaluarsa, bekas pengemasan, dan buangan produk tidak sesuai spesifikasi. Upaya pengolahan limbah B3 melalui beberapa tahapan yaitu:

- Reduksi limbah dengan mengoptimalkan penyimpanan bahan baku dalam proses kegiatan, substitusi bahan, modifikasi proses, maupun upaya reduksi lainnya.
- Memberikan tanda khusus untuk limbah B3 sesuai acuan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor: KEP-05/BAPEDAL/09/1995.
- Penyimpanan limbah B3 dapat dilakukan di tempat yang sesuai dengan persyaratan yang mengacu pada KEP-01/BAPEDAL/09/1995

- d. Pengumpulan dapat dilakukan dengan memenuhi persyaratan pada ketentuan yang mengacu pada KEP-01/BAPEDAL/09/1995 yang menitikberatkan pada karakteristik limbah, fasilitas laboratorium, perlengkapan penanggulangan kecelakaan, dan lokasi. Kegiatan pengangkutan limbah B3 diperlukan dokumen pengangkutan.
- e. Upaya pemanfaatan dapat dilakukan dengan menerapkan 3R (*recycle, recovery, reuse*)
- f. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara *thermal*, stabilisasi, solidifikasi secara fisika/kimia/biologi
- g. Kegiatan penimbunan limbah B3 wajib memenuhi persyaratan Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999.

4.1.7.4.3 Limbah Gas

Limbah gas yang dihasilkan dari pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* antara lain hasil samping dari proses di *rotary dryer* berupa uap H₂O. Penanganan limbah gas dapat menggunakan *scrubber*, siklon dan *electrostatic precipitator*.

4.1.7.4.4 Limbah Padat

Limbah padat berasal dari hasil filter di *sand filter* berupa lumpur atau pasir serta berasal dari kegiatan rumah tangga. Limbah ini berupa lumpur atau pasir diserahkan kepada pihak ketiga untuk diolah lebih lanjut melalui penimbunan (*landfield*). Sedangkan, limbah padat hasil kegiatan rumah tangga ditampung pada TPS setempat untuk selanjutnya dibawa ke TPA

4.1.7.5 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan suatu sistem terintegrasi yang terdiri atas berbagai peralatan yang digunakan dalam proses pengendalian (*process control*) untuk memastikan jalannya proses produksi sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Sistem ini berfungsi menjaga agar setiap tahapan proses berlangsung stabil, efisien, dan menghasilkan produk dengan kualitas optimal. Peralatan instrumentasi dipasang pada unit-unit proses dengan tujuan agar para *engineer* dapat memantau, mengendalikan, serta mengevaluasi kondisi aktual di lapangan secara real-time. Selain itu, keberadaan sistem instrumentasi memungkinkan deteksi dini terhadap potensi gangguan atau penyimpangan dari kondisi operasi

normal sehingga tindakan korektif dapat segera dilakukan untuk mencegah kerugian atau kecelakaan kerja.

Tujuan utama penerapan sistem instrumentasi adalah mencapai kondisi operasi dengan tingkat kesalahan sekecil mungkin guna menjamin konsistensi dan optimalitas hasil produksi. Alat-alat instrumentasi ini dapat digerakkan menggunakan tenaga mekanik maupun tenaga listrik, sementara pengendaliannya bisa dilakukan secara manual ataupun otomatis tergantung pada kebutuhan dan tingkat kompleksitas proses. Dalam penerapannya, penentuan lokasi pemasangan instrumen juga menjadi hal penting, apakah ditempatkan langsung pada panel di area proses untuk pengendalian manual, atau disatukan dalam *control room* yang terhubung dengan seluruh peralatan melalui sistem kontrol otomatis terpusat. Dengan desain dan pengaturan yang tepat, sistem instrumentasi tidak hanya meningkatkan efisiensi operasi tetapi juga menjamin keselamatan dan keandalan proses produksi di dalam pabrik (Perry,1999).

Jenis Peralatan Instrumentasi pada pabrik ferrous sulfate heptahydrate memiliki beberapa jenis peralatan instrument antara lain

- a. Level Controller (LC), merupakan pengendali ketinggian cairan pada reactor
- b. Temperature Controller (TC), merupakan pengendali suhu proses
- c. Flow Controller (FC), merupakan pengendali laju aliran pada suatu alat proses
- d. Pressure Controller (PC), merupakan pengendali tekanan pada alat proses

Faktor yang perlu diperhatikan dalam instrument-instrumen adalah (Towler & Sinnott,2021):

- a. Range yang diperlukan untuk pengukuran
- b. Level instrumentasi
- c. Ketelitian yang dibutuhkan
- d. Bahan konstruksi
- e. Pengaruh pemasangan instrumentasi pada kondisi operasi.