

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit utilitas merupakan elemen penting yang mendukung kelancaran proses produksi. Pada pabrik asam fenil asetat, utilitas yang disediakan meliputi sistem penyediaan air (air pendingin, air umpan boiler, air proses, air konsumsi, dan air sanitasi), sistem penyediaan steam, sistem penyediaan udara tekan, sistem penyediaan tenaga listrik, serta sistem penyediaan bahan bakar.

4.1.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit ini berfungsi untuk menyediakan serta mengolah air guna memenuhi berbagai kebutuhan, seperti air pendingin, air umpan boiler, air proses, air konsumsi, dan air sanitasi. Sumber air yang digunakan pada pabrik ini berasal dari Sungai Bengawan Solo yang lokasinya berada di sekitar kawasan pabrik, sehingga memudahkan proses distribusi dan pengambilan air baku. Pemilihan air sungai sebagai sumber air didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

- a. Sungai memiliki kontinuitas debit air yang relatif tinggi sehingga risiko kekurangan pasokan air dapat diminimalkan.
- b. Air sungai tersedia dalam jumlah besar dengan biaya pengadaan yang relatif ekonomis. Debit air Sungai Bengawan Solo sebesar 684 m³/s.
- c. Proses pengolahan air sungai lebih mudah dibandingkan dengan pengolahan air laut.

Tahapan pengolahan air sungai pabrik asam fenil asetat dapat dilihat pada Gambar 4.1

1. Air Konsumsi dan Sanitasi

Syarat-syarat baku mutu air mengikuti Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 tahun 2017 dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Parameter dalam Standar Baku Mutu Air

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar Maksimum)
Fisik			
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>total dissolved solid</i>)	mg/L	1.000
4.	Temperature	°C	± 30
5.	Rasa		Tidak berasa
6.	Bau		Tidak berasa

Biologi			
1.	Total <i>coliform</i>	CFU/100 mL	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100 mL	0
Kimia			
1.	pH	mg/L	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/L	1
3.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500
4.	Mangan	mg/L	0,5
5.	Nitrat	mg/L	10
6.	Nitrit	mg/L	1
7.	Sianida	mg/L	0,1
8.	Detergen	mg/L	0,05
9.	Pestisida total	mg/L	0,1

Tahapan – tahapan pengolahan air Sungai Bengawan Solo sebagai berikut:

a. Pengendapan awal

Air yang berasal dari Sungai Bengawan Solo terlebih dahulu dialirkan melalui *traveling screen* untuk menyaring kotoran berukuran besar. Setelah proses penyaringan, air dialirkan menuju bak pengendapan awal sehingga partikel-partikel padat dapat mengendap secara alami akibat pengaruh gaya gravitasi.

b. Pengendapan dengan cara koagulasi

Partikel tersuspensi dalam air dikumpulkan di dalam flokulator untuk membentuk flok. Proses pembentukan flok terjadi melalui penambahan larutan kapur yang berfungsi mengikat garam-garam terlarut, larutan tawas sebagai koagulan untuk mempercepat pengendapan flok, serta larutan polielektrolit yang membantu mengikat flok-flok berukuran kecil agar lumpur lebih cepat mengendap.

c. Pemisahan dengan *clarifier*

Air hasil proses flokulasi selanjutnya dipompa menuju *clarifier*. Flok yang terbentuk selama proses koagulasi akan mengendap pada bagian dasar *clarifier* dan kemudian dikeluarkan melalui pipa *blowdown*. Sementara itu, air yang telah terpisah dari flok dialirkan menuju unit *sand filter*.

d. Pemisahan dengan *sand filter*

Sand filter digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang masih tersisa dan belum terendapkan pada proses sebelumnya. Air hasil penyaringan kemudian dialirkan menuju

bak klorinasi, tempat larutan kaporit ditambahkan untuk membunuh mikroorganisme atau kuman. Setelah melalui proses tersebut, air bersih dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan konsumsi maupun sanitasi.

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi

No.	Kebutuhan Air	Debit Air (m ³ /hari)
1.	Air perkantoran	5,11
2.	Air laboratorium	0,9
3.	Air kantin	1,03
4.	Air poliklinik	0,2
5.	Air hidran dan taman	1,5
Total		8,74

Total kebutuhan air konsumsi dan sanitasi = 8,74 m³/hari = 0,36 m³/jam.

4. Air untuk Pemadam Kebakaran

Berdasarkan Peraturan SNI 03-1735-2000 juga dijelaskan bahwa satu pilar hydrant dapat melindungi area mencapai 1000 m². Area yang memerlukan proteksi kebakaran pada pabrik asam fenil asetat meliputi area produksi proses utama seluas 38.000 m², area utilitas seluas 14.000 m², area pengolahan limbah (UPL) seluas 4.500 m², area bongkar muat bahan baku dan produk seluas 5.000 m², serta bangunan indoor seluas 5.640 m². Sehingga total area yang memerlukan proteksi kebakaran adalah 67.140 m² dan jumlah hydrant yang dibutuhkan adalah sebanyak 68 buah.

Pada Peraturan SNI 03-1735-2000, hydrant kedua dan selanjutnya harus mampu mengalirkan air sebesar 1200 liter/menit. Maka jumlah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air hydrant pada pabrik asam fenil asetat adalah:

$$\begin{aligned}\text{Total air hydrant} &= ((1 \times 2400 \times 45) + (67 \times 1200 \times 45))L \\ &= 3.726 \text{ m}^3\end{aligned}$$

5. Air Pendingin

Air dari bak klorinasi dialirkan ke proses selanjutnya untuk digunakan sebagai media pendingin pada alat proses pabrik

Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Kode Alat	Nama Alat	Kebutuhan (m ³ /jam)
1.	R-101	Reaktor	40,75
2.	HE-101	<i>Heat exchanger</i>	35,69
3.	HE-102	<i>Heat exchanger</i>	16,93

4.	E-101	Kondenser parsial	3,69
5.	CR-101	<i>Crystallizer</i>	84,4
6.	CR-102	<i>Crystallizer</i>	18,00
Total			199,43

Kebutuhan *make-up* air pendingin = Kebutuhan air pendingin total x (*evaporation losses* + *blowdown losses*) (Perry, 2008).

Kebutuhan *make-up* air pendingin = 199,43 m³/jam x (1 + 3) % = 7,97 m³/jam

Penggunaan air pendingin melibatkan peran *cooling tower* untuk mendinginkan kembali air pendingin yang telah digunakan pada alat proses.

Spesifikasi Cooling Tower dapat dilihat pada Tabel 4.4 Sebagai Berikut.

Tabel 4.4 Spesifikasi Cooling Tower

No.	Spesifikasi	Keterangan
1.	Kode	CT-201
2.	Tipe	<i>Induced draft cooling tower</i>
3.	Jumlah	1
4.	Jumlah air yang didinginkan (kg/jam)	199.430,99
5.	Jumlah <i>fan</i>	2
6.	Tenaga satu <i>fan</i> (hp)	10
7.	Tenaga satu motor (hp)	20

6. Air Umpan Boiler

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan (*feed water*) boiler meliputi beberapa permasalahan utama yang dapat memengaruhi efisiensi dan umur operasi boiler, yaitu sebagai berikut.

a. Pembentukan kerak pada boiler

Kerak (*scale*) pada boiler terjadi akibat pengendapan zat-zat pengotor yang menempel pada permukaan perpindahan panas. Endapan tersebut lama-kelamaan akan mengeras dan membentuk lapisan kerak pada logam boiler. Keberadaan kerak dapat menghambat proses perpindahan panas sehingga menyebabkan terjadinya *local overheating* pada dinding pipa boiler. Selain menurunkan efisiensi termal, kondisi ini juga berpotensi menyebabkan kerusakan pada peralatan boiler (Wilastari, 2021).

b. Korosi pada boiler

Korosi merupakan proses degradasi logam yang dapat menimbulkan kerusakan pada permukaan maupun komponen boiler. Korosi umumnya disebabkan oleh kondisi air umpan yang tidak memenuhi standar, seperti pH yang rendah, adanya garam-garam terlarut, padatan tersuspensi, serta gas terlarut seperti oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2). Apabila tidak dikendalikan, korosi dapat mengurangi ketebalan logam dan meningkatkan risiko kebocoran maupun kegagalan sistem boiler (Wilastari, 2021).

c. Pembentukan busa (*foaming*)

Pembentukan busa (*foaming*) adalah kondisi munculnya gelembung-gelembung pada permukaan air di dalam *drum boiler*. Fenomena ini biasanya terjadi akibat adanya kontaminasi zat organik, tingginya kandungan padatan terlarut, atau pengendalian bahan kimia yang kurang optimal pada air boiler. Busa yang terbentuk dapat menyebabkan terbawanya air dan kotoran bersama uap (*carry over*), sehingga kualitas uap menurun dan proses distribusi uap menjadi terganggu (Hermawan, R, 2020).

7. Air Proses

Menurut Syarif, 2025. Air untuk proses harus memenuhi beberapa syarat yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Sebagai berikut.

Tabel 4.5 Standar Mutu Air untuk Umpan Boiler dan Bahan Baku

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1.	Konduktivitas	mmhos/cm	< 1.000
2.	Turbiditas	ppm	< 10
3.	Padatan tersuspensi	ppm	< 10
4.	Total kesadahan $CaCO_3$	ppm	< 100
5.	Fe	ppm	< 1
6.	Cl_2	ppm	0,5 – 1
7.	SiO_2	ppm	< 150
8.	pH	-	6,5 – 7,5

Berdasarkan beberapa kajian pengolahan air umpan boiler, tahapan pengolahan air proses meliputi beberapa proses utama sebagai berikut.

a. Kation exchanger

Kation exchanger digunakan untuk menghilangkan ion-ion bermuatan positif yang terlarut dalam air, seperti kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}), yang berpotensi menyebabkan pembentukan kerak pada boiler. Proses pertukaran ion berlangsung menggunakan resin kation yang akan menukar ion-ion tersebut dengan ion hidrogen (H^+).

Apabila kapasitas resin telah jenuh, regenerasi dilakukan menggunakan larutan asam, umumnya asam sulfat (H_2SO_4) (Shorki, 2023).

b. Anion exchanger

Anion exchanger berfungsi mengikat ion-ion bermuatan negatif, seperti klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}), dan bikarbonat (HCO_3^-), yang masih terkandung dalam air setelah melewati proses kation exchanger. Resin anion akan menukar ion negatif tersebut dengan ion hidroksida (OH^-), sehingga menghasilkan air dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) (Shorki, 2023).

c. Deaerasi

Deaerasi merupakan proses penghilangan gas-gas terlarut, terutama oksigen (O_2) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat menyebabkan korosi pada sistem boiler dan perpipaan. Proses ini dilakukan dengan pemanasan menggunakan uap (*steam*) sehingga kelarutan gas dalam air menurun dan gas dapat dilepaskan dari sistem. Metode deaerasi menjadi salah satu langkah penting dalam pengendalian korosi pada air umpan boiler (Ida, 2024).

d. Tangki umpan boiler dan air proses

Pada tangki umpan boiler dilakukan penambahan bahan kimia untuk mengendalikan korosi dan pembentukan kerak. Hidrazin (N_2H_4) digunakan sebagai *oxygen scavenger* untuk menghilangkan sisa oksigen terlarut sehingga dapat meminimalkan korosi pada permukaan logam boiler. Selain itu, senyawa fosfat seperti natrium fosfat (Na_3PO_4 atau NaH_2PO_4) ditambahkan untuk mencegah terbentuknya kerak dengan mengendapkan ion penyebab kesadahan menjadi lumpur yang mudah dibuang melalui proses *blowdown* (Rahman, 2023).

Tabel 4.6 Kebutuhan Total Air

No	Komponen	Jumlah (m^3/jam)
1.	Air make-up pendingin	7,98
2.	Air make-up umpan boiler	0,11
3.	Air konsumsi dan sanitasi	0,30
4.	Air proses	0,65
Total		9,04

Ketersediaan air excess 20% untuk keperluan keamanan, sehingga kebutuhan air:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan total air untuk proses produksi} &= (7,98 + 0,11 + 0,65) \text{ m}^3/\text{jam} \times 120\% \\ &= 10,49 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air konsumsi dan sanitasi} &= 0,30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 120\% \\ &= 0,36 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan spesifik air untuk proses produksi terhadap massa produk utama, yaitu:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan spesifik air} &= \frac{10,49 \text{ m}^3 / \text{jam}}{2.536,58 \text{ kg produk utama} / \text{jam}} \\ &= 0,0041 \text{ m}^3/\text{kg produk utama}\end{aligned}$$

Kebutuhan spesifik air keseluruhan adalah 10, 85 m³/jam

4.2 Unit Pengadaan Steam

Unit ini bertugas menyediakan steam sebagai media pemanas pada evaporative crystallizer. Jenis steam yang digunakan adalah superheated steam dengan temperatur 240°C dan tekanan 6,5 bar. Kebutuhan steam evaporative crystallizer EV-101 berdasarkan hasil perhitungan pada file Excel sebesar 483,80 kg/jam dan EV-102 sebesar 86,70 kg/jam. Perancangan kebutuhan steam dlebihkan sebesar 20% untuk mengantisipasi kehilangan panas dan kebocoran sistem perpipaan.

$$\begin{aligned}\text{Total Kebutuhan steam} &= (483,80 + 86,70) \text{ kg/jam} \times 120\% \\ &= 570,50 \text{ kg/jam} \times 120\% \\ &= 684,60 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan spesifik steam terhadap massa produk utama dihitung berdasarkan kapasitas produk sebesar 2.020,20 kg/jam, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan spesifik steam} &= \frac{684,60 \text{ kg/jam}}{2.020,20 \text{ kg produk utama} / \text{jam}} \\ &= 0,339 \text{ kg steam/kg produk utama}\end{aligned}$$

Tabel 4.7 Spesifikasi Boiler

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Kode	B-201
2.	Tipe	Fire Tube Boiler
3.	Tekanan (bar)	6,5
4.	Temperature (°C)	230
5.	Kapasitas (Btu/jam)	1.557.496
6.	Heating surface (m ²)	43,223
7.	Jenis bahan bakar	Gas bumi

8.	Kebutuhan bahan bakar (m^3/jam)	58,9399
----	---	---------

4.3 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan untuk instrumentasi alat kontrol. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah valve yang digunakan, yaitu sebanyak 19 valve pada unit proses dan 34 valve pada unit utilitas. Masing-masing valve diperkirakan membutuhkan udara tekan sebesar $3 \text{ m}^3/\text{jam}$ pada tekanan 4 bar dan temperatur 32°C , sehingga kebutuhan udara tekan total sebesar $159,00 \text{ m}^3/\text{jam}$.

Perancangan kebutuhan udara tekan dilebihkan 10% untuk faktor keamanan dan mengantisipasi kebocoran sistem perpipaan, sehingga total kebutuhan udara tekan menjadi:

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan udara tekan} &= 159 \text{ m}^3/\text{jam} \times 110\% \\ &= 174,90 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Kebutuhan spesifik udara tekan terhadap massa produk utama dihitung berdasarkan kapasitas produk sebesar $2.020,20 \text{ kg}/\text{jam}$, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan spesifik udara tekan} &= \frac{174,90 \text{ m}^3/\text{jam}}{2.020,20 \text{ kg produk utama}/\text{jam}} \\ &= 0,0866 \text{ m}^3/\text{produk utama}\end{aligned}$$

Spesifikasi kompresor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.8. Sebagai berikut.

Tabel 4.8 Spesifikasi Kompresor Utilitas

No	Spesifikasi	Keterangan
1.	Kode	KU-201
2.	Tipe	<i>Single stage reciprocating compressor</i>
3.	Jumlah (unit)	1
4.	Kapasitas (m^3/jam)	174,9
5.	Temperatur inlet ($^\circ\text{C}$)	32
6.	Tekanan suction (bar)	1
7.	Tekanan discharge (bar)	4
8.	Daya kompresor (HP)	14
9.	Efisiensi	0,84

4.4 Unit Pengadaan Listrik

Listrik disuplai dari PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) UPT Gresik, sedangkan listrik cadangan diperoleh dari generator bila terjadi masalah pasokan listrik. Pada saat start up pabrik menggunakan generator sebagai pembangkit utama, setelah pabrik beroperasi normal listrik disuplai oleh PLN.

1. Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Tabel 4.9 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dalam 1 tahun

Kode Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh)
P-101 A/B	2	2,2	6	4,4	34.848,00
P-102 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
P-103 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
P-104 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
Kode Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh)
P-105 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
P-106 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
P-107 A/B	2	1,5	4	3	23.760,00
R-101	1	4	5	4	31.680,00
CR-101	1	5,5	7	5,5	43.560,00
CR-102	1	7,5	10	7,5	59.400,00
RD-101	1	7,5	10	7,5	59.400,00
RD-102	1	1,5	2	1,5	11.880,00
F-101	1	15	20	15	118.800,00
F-102	1	11	15	11	87.120,00
BC-101	1	1,5	2	1,5	11.880,00
BC-102	1	1,5	2	1,5	11.880,00
SW-101	1	1,5	2	1,5	11.880,00
SW-102	1	1,5	2	1,5	11.880,00
BE-101	1	1,5	2	1,5	11.880,00
BE-102	1	1,5	2	1,5	11.880,00
Total			111	83,4	660.528,00

Tabel 4.10 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas dalam 1 tahun

Kode Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh)
P-201	1	10	10	7,46	59.083,20
P-202	1	5	5	3,73	29.541,60
P-203	1	5	5	3,73	29.541,60
P-204	1	3	3	2,238	17.724,96
P-205	1	5	5	3,73	29.541,60
P-206	1	10	10	7,46	59.083,20
P-207	1	20	20	14,92	118.166,40
P-208	1	5	5	3,73	29.541,60
P209	1	3	3	2,238	17.724,96
Kode Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Daya		
			(HP)	(kW)	(kWh)
P-210	1	3	3	2,238	17.724,96
CT-201	1	25	25	18,65	147.708,00
KU-201	1	30	30	22,38	177.249,60
TF-201	1	15	15	11,19	88.624,80
Total			139	103,694	821.256,48

Ketika pabrik dalam keadaan *shut down* selama 35 hari diasumsikan kebutuhan listrik untuk proses 1% dan utilitas sebesar 20%, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik unit proses (shut down)} &= 83,40 \text{ kW} \times 10\% \\ &= 8,34 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 35 \text{ hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik unit utilitas (shut down)} &= 103,684 \text{ kW} \times 20\% \\ &= 20,739 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 35 \text{ hari} \\ &= 17.420,59 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik saat shut down} &= 7.005,60 + 17.420,59 \\ &= 24.426,19 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik dalam satu tahun} &= 660.528 + 821.256,48 + 24.426,19 \\ &= 1.506.210,67 \text{ kWh/tahun}\end{aligned}$$

2. Listrik untuk Penerangan dan Keperluan Kantor

Besarnya intensitas pencahayaan pada setiap area bangunan mengacu pada SNI No. 6197 Tahun 2000 mengenai Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan. Jumlah lumen yang dibutuhkan untuk penerangan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut (Perry, 2008):

$$L = \frac{a \times F}{U \times D}$$

Tabel 4.11 Jumlah Lampu berdasarkan Luas Bangunan

Bangunan	a (m ²)	F (W/m ²) dari SNI 6197:2000	U	D	F/U.D	L	N
Pos Keamanan	60	200	0,77	0,85	305,5768	18334,60657	9
Pos Pemeriksaan	30	200	0,77	0,85	305,5768	9167,303285	5
Kantor Pusat	500	350	0,77	0,85	534,7594	267379,6791	67
Kantor Produksi	300	350	0,77	0,85	534,7594	160427,8075	40
Kantor Utilitas	300	350	0,77	0,85	534,7594	160427,8075	40
Kantor K3 / Safety	300	350	0,77	0,85	534,7594	160427,8075	40
Laboratorium	200	350	0,77	0,85	534,7594	106951,8717	27
Control Room	300	350	0,77	0,85	534,7594	160427,8075	40
Kantin	200	200	0,77	0,85	305,5768	61115,35523	15
Masjid	300	200	0,77	0,85	305,5768	91673,03285	11
Klinik/Poliklinik	200	200	0,77	0,85	305,5768	61115,35523	15
Aula/Pusdiklat	450	200	0,77	0,85	305,5768	137509,5493	17
Unit Maintenance	150	200	0,77	0,85	305,5768	45836,51642	6
Garasi	150	200	0,77	0,85	305,5768	45836,51642	6
Ruang Generator	300	100	0,77	0,85	152,7884	45836,51642	6
Pemadam Kebakaran	300	200	0,77	0,85	305,5768	91673,03285	23
Gudang Bahan Baku	800	100	0,77	0,85	152,7884	122230,7105	8
Gudang Produk	800	100	0,77	0,85	152,7884	122230,7105	8
Parkir Karyawan & Tamu	5.000	100	0,77	0,85	152,7884	763941,9404	25
Parkir Truk & Operasional	4.000	100	0,77	0,85	152,7884	611153,5523	20
Area Bongkar Muat	5.000	100	0,77	0,85	152,7884	763941,9404	25
Area Produksi Proses	38.000	100	0,77	0,85	152,7884	5805958,747	194

Area Utilitas	14.000	100	0,77	0,85	152,7884	2139037,433	107
Area UPL	4.500	100	0,77	0,85	152,7884	687547,7464	23
Jalan Internal	24.000	100	0,77	0,85	152,7884	3666921,314	122
Area Perluasan	45.000	100	0,77	0,85	152,7884	6875477,464	14
Bangunan	a (m ²)	F (W/m ²) dari SNI 6197:2000	U	D	F/U.D	L	N
Assembly Point	800	100	0,77	0,85	152,7884	122230,7105	12
Taman & Green Belt	30.000	100	0,77	0,85	152,7884	4583651,642	92
Total						27888464,48	1142

Besarnya kebutuhan listrik untuk penerangan pada pabrik asam fenil asetat dihitung berdasarkan jumlah lampu yang digunakan pada setiap bangunan, daya lampu, serta lama waktu operasional penerangan. Lampu yang digunakan untuk area dalam ruangan berupa lampu LED Philips E27 13 Watt dengan daya sebesar 0,013 kW, sedangkan area luar ruangan menggunakan lampu LED Philips ML E27 55 Watt dengan daya sebesar 0,055 kW. Pemilihan lampu LED dilakukan karena memiliki efisiensi energi yang tinggi, umur pemakaian yang panjang, serta biaya operasional yang relatif rendah.

Kebutuhan energi listrik untuk penerangan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$W = N \times P \times t \times 330$$

Tabel 4.12 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan dalam 1 Tahun (lanjutan)

Bangunan	Jumlah Lampu	Daya Total Lampu (kW)	Operasi (jam)	Daya Total Lampu (kWh/tahun)
Pos Keamanan	9	0,13	24	28,60
Pos Pemisahan	5	0,07	24	7,70
Kantor Pusat	67	0,87	12	697,86
Kantor Produksi	40	0,53	12	255,08
Kantor Utilitas	40	0,53	12	255,08
Kantor K3 / Safety	40	0,53	12	255,08
Laboratorium	27	0,35	24	224,60
Control Room	40	0,53	24	510,16
Kantin	15	0,21	12	38,50
Masjid	11	0,04	12	5,50

Klinik/Poliklinik	15	0,21	24	77,01
Aula/Pusdilal	17	0,99	12	204,20
Unit Maintenance	6	0,33	12	22,69
Bangunan	Jumlah Lampu	Daya Total Lampu (kW)	Operasi (jam)	Daya Total Lampu (kWh/tahun)
Garasi	6	0,33	12	22,69
Ruang Generator	6	0,33	24	45,38
Pemadam Kebakaran	23	0,04	24	22,00
Gudang Bahan Baku	8	0,5	12	48,89
Gudang Produk	8	0,5	12	48,89
Parkir Karyawan & Tamu	25	1,43	12	436,97
Parkir Truk & Operasional	20	1,16	12	283,58
Area Bongkar Muat	25	1,43	12	436,97
Area Produksi Proses	194	16,01	24	74.362,72
Area Utilitas	107	5,89	24	15.118,72
Area UPL	23	1,93	12	530,79
Jalan Internal	122	6,77	12	9.930,02
Area Perluasan	138	1,27	12	2.095,65
Assembly Point	12	2,26	12	331,49
Taman & Green Belt	92	5,06	12	5.566,39
Total	1.142	48,93		111.863,21

Berdasarkan hasil perhitungan, total kebutuhan listrik untuk penerangan pada pabrik asam fenil asetat sebesar 111.863,21 kWh/tahun. Kebutuhan listrik penerangan digunakan untuk menunjang aktivitas operasional pada area kantor, laboratorium, gudang, area proses, utilitas, jalan internal, serta fasilitas penunjang lainnya.

Ketika pabrik berada dalam kondisi *shut down* selama 35 hari, kebutuhan listrik penerangan tetap diperlukan untuk menjaga keamanan dan operasional minimum pabrik. Kebutuhan listrik penerangan selama kondisi *shut down* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik penerangan selama kondisi } shut\ down &= \frac{111.863,21}{365} \times 35 \\ &= \frac{111.863,21}{365} \times 35 = 10.726,75\ kWh \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan listrik penerangan selama kondisi *shut down* sebesar 10.726,75 kWh.

Jika kebutuhan listrik untuk keperluan kantor sebesar 393,60 kWh/hari, maka kebutuhan listrik kantor selama satu tahun adalah:

$$393,60 \times 365 = 143.664,00\ kWh$$

Dengan demikian, total kebutuhan listrik untuk penerangan dan keperluan kantor selama satu tahun adalah:

$$111.863,21 + 143.664,00 = 255.527,21\ kWh$$

Jadi total kebutuhan listrik untuk penerangan dan keperluan kantor sebesar 255.527,21 kWh/tahun.

3. Listrik untuk *Air Conditioner* (AC)

Kebutuhan listrik untuk *air conditioner* (AC) dihitung berdasarkan luas bangunan yang menggunakan sistem pendingin udara dengan mengacu pada SNI No. 6389 Tahun 2000 tentang Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Gedung. Penggunaan AC bertujuan untuk menjaga kenyamanan dan kestabilan temperatur pada area perkantoran, laboratorium, ruang kontrol, klinik, aula, serta fasilitas penunjang lainnya.

Perhitungan kebutuhan AC dilakukan berdasarkan luas ruangan, kapasitas AC yang digunakan, daya listrik AC, serta lama waktu operasional setiap bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan listrik untuk AC pada kondisi operasi normal sebesar 596.950 kWh/tahun.

Ketika pabrik berada dalam kondisi *shut down* selama 35 hari, kebutuhan listrik untuk AC tetap diperlukan pada beberapa area tertentu seperti ruang kontrol, laboratorium, dan kantor utama. Kebutuhan listrik AC selama kondisi *shut down* dihitung sebagai berikut:

$$\frac{596.950}{365} \times 35 = 56.825\ kWh$$

Sehingga kebutuhan listrik untuk AC selama kondisi *shut down* sebesar 56.825 kWh. Total kebutuhan listrik untuk AC dalam satu tahun adalah:

$$\text{Total kebutuhan listrik AC} = 596.950 + 56.825 = 653.775\ kWh/tahun$$

Dengan demikian, total kebutuhan listrik untuk AC dalam satu tahun sebesar 653.775 kWh/tahun.

4. Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi diperkirakan sebesar 25% dari total daya penerangan dan keperluan kantor seperti komputer, printer, dan peralatan elektronik lainnya, yaitu sebesar 16,33 kW. Kebutuhan listrik laboratorium dan instrumentasi selama satu tahun produksi dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan listrik laboratorium dan instrumentasi} &= 16,33 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 330 \text{ hari} \\ &= 129.333,60 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Ketika pabrik dalam keadaan *shut down* selama 35 hari diasumsikan kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi sebesar 10%, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Listrik laboratorium dan instrumentasi (shut down)} &= 16,33 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 35 \text{ hari} \times 10\% \\ \text{Listrik laboratorium dan instrumentasi (shut down)} &= 1.371,72 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Total kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi dalam satu tahun sebesar:

$$129.333,60 + 1.371,72 = 130.705,32 \text{ kWh}$$

Tabel 4.13 Kebutuhan Listrik di Pabrik dalam 1 Tahun

No.	Keterangan	Daya (kW)	Kebutuhan Listrik (kWh)
1	Listrik untuk proses dan utilitas	295,8	1.506.210,67
2	Listrik untuk penerangan dan keperluan kantor	65,33	255.527,21
3	Listrik untuk AC	171,5	625.975,00
4	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	16,33	130.705,32
Total		548,96	2.518.418,20

$$\text{Kebutuhan listrik spesifik} = \frac{548,96}{2.020,20 \text{ kg produk utama/jam}} = 0,272 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \text{ produk utama}$$

Generator digunakan untuk mengalirkan listrik ke unit proses dan utilitas sebesar 295,80 kW; penerangan dan keperluan kantor sebesar 65,33 kW; AC sebesar 171,50 kW; serta laboratorium dan instrumentasi sebesar 16,33 kW, sehingga generator harus mempunyai *output* sebesar:

$$295,880 + 65,33 + 171,50 + 16,33 = 548,96 \text{ kW}$$

Dengan demikian generator dipilih dengan kapasitas 600 kW sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 51,04 kW. Berdasarkan Indotara, 2024 dipilih generator dengan daya 600kW dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.14. Sebagai Berikut.

Tabel 4.14 Spesifikasi Generator

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Kode	GU-201

2	Tipe	Genset diesel
3	Jumlah (unit)	1
4	Kapasitas (kW)	600
5	Tegangan (volt)	380
No.	Spesifikasi	Keterangan
6	Frekuensi (Hz)	50
7	Kecepatan putar rotor (rpm)	1.500
8	Jenis bahan bakar	<i>High Speed Diesel (HSD)</i>

4.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Alasan pemilihan bahan bakar didasarkan pada kebutuhan energi untuk menunjang operasi boiler, furnace, dan generator pada pabrik asam fenil asetat. Gas bumi dipilih sebagai bahan bakar boiler dan furnace karena memiliki nilai kalor yang tinggi, menghasilkan emisi pembakaran yang relatif lebih rendah dibandingkan bahan bakar cair, serta mudah didistribusikan melalui jaringan perpipaan. Selain itu, penggunaan gas bumi lebih ekonomis dan praktis untuk operasi kontinu pada skala industri.

Sedangkan High Speed Diesel (HSD) digunakan sebagai bahan bakar generator cadangan karena mudah diperoleh, mudah disimpan, serta sesuai digunakan untuk mesin generator sebagai sumber energi listrik darurat apabila terjadi gangguan pasokan listrik utama. Kebutuhan bahan bakar diperkirakan sebagai berikut:

a. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler dan furnace

Jenis bahan bakar	= Gas bumi	
Heating value	= 50.000 kJ/kg	
Densitas gas bumi	= 0,656 kg/m ³	
Efisiensi bahan bakar	= 0,85	
Kapasitas <i>boiler</i>	= 1.557.495,91 Btu/jam	= 1,557 MMBTU/jam
Kapasitas <i>furnace</i> (H-101)	= 297.021,81 Btu/jam	= 0,297 MMBTU/jam
Kebutuhan bahan bakar	= 2,182 MMBTU/jam	

b. Kebutuhan bahan bakar untuk generator

Jenis bahan bakar	= <i>High Speed Diesel (HSD)</i>	
<i>Heating value</i>	= 45.500 kJ/kg	= 19.561 Btu/lb
Densitas HSD	= 0,835 kg/L	
Daya generator	= 520 kW	
Konsumsi spesifik	= 0,27 L/kWh (ISO 8528)	

Kebutuhan bahan bakar = 140,40 L/jam

Massa HSD = 140,40 x 0,835 = 117,23 kg/jam

Kebutuhan spesifik untuk gas bumi = $\frac{2,182 \text{ MMBTU/jam}}{2.020,20 \text{ kg produk utama/jam}} = 0,0011 \frac{\text{MMBTU}}{\text{kg}}$

Kebutuhan spesifik HSD = $\frac{140,40 \text{ L/jam}}{2.020,20 \text{ kg/jam}} = 0,069 \text{ L/kg}$

Tabel 4.15 Kebutuhan Bahan Bakar Keseluruhan

Parameter	Gas Bumi (Boiler & Furnace)	HSD (Generator)
Jenis bahan bakar	Gas bumi	<i>High Speed Diesel</i>
<i>Heating value</i>	50.000 kJ/kg	45.500 kJ/kg (19.561 Btu/lb)
Efisiensi/konsumsi	0,85	0,27 L/kWh (ISO 8528)
Kapasitas peralatan	Boiler: 1,557 MMBTU/jam Furnace: 0,297 MMBTU/jam	520 kW
Kebutuhan total	2,182 MMBTU/jam	140,40 L/jam
Kebutuhan spesifik	0,0011 MMBTU/kg produk	0,069 L/kg produk

4.6 Laboratorium

Laboratorium memiliki peran utama dalam melakukan pengendalian mutu bahan baku, pengawasan kualitas selama proses produksi, serta pengendalian mutu produk akhir pada pabrik asam fenil asetat. Selain itu, laboratorium juga bertanggung jawab terhadap analisis utilitas proses seperti air pendingin, air umpan boiler, dan parameter lain yang berkaitan dengan operasi pabrik.

Laboratorium pada pabrik asam fenil asetat berfungsi sebagai laboratorium analisis yang melakukan pengujian spesifikasi bahan baku, produk antara, produk samping, produk akhir, serta utilitas proses. Pengujian dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa seluruh tahapan proses produksi berjalan sesuai standar mutu yang telah ditetapkan.

Analisis yang dilakukan meliputi pengujian densitas, viskositas, kemurnian, ukuran partikel, pH, kesadahan, kadar oksigen terlarut, dan parameter lain yang disesuaikan dengan karakteristik bahan serta kebutuhan proses produksi. Metode analisis yang digunakan mengacu pada standar ASTM atau metode analisis lain yang relevan.

Tabel 4.16 Analisis Laboratorium

No.	Sampel	Titik Pengambilan	Parameter Uji	Metode Analisis	Alat	Frekuensi
1.	C ₈ H ₇ N	Arus 1	Densitas	ASTM	Hidrometer	Per 8 jam
			Viskositas	D1717-65	Viskositas	

			Kemurnian		<i>Gas liquid chromatography</i>	Per 4 jam	
		Arus 5					
		Arus 12					
		Arus 14					
		Arus 20					
2.	H ₂ SO ₄	Arus 2	Densitas	ASTM E223-16	Hidrometer	Per 8 jam	
			Viskositas		Viskositas		
		Arus 5	Kemurnian		<i>Gas liquid chromatography</i>	Per 4 jam	
							Arus 12
							Arus 14
							Arus 20
		3.	C ₈ H ₈ O ₂		Arus 10	Densitas	ASTM D-7784
Kemurnian	<i>Spectrofotometer</i>						
Ukuran partikel	<i>Jet sieve</i>						
Arus 6	Kemurnian			<i>spectrofotometer</i>			
Arus 7							
4.	(NH ₄) ₂ SO ₄	Arus 18	Densitas	ASTM D1426-08	Gelas ukur, timbangan ditigal	Per 4 jam	
			Kemurnian		<i>Spectrofotometer</i>		
			Ukuran partikel		<i>Jet sieve</i>		
		Arus 13	Kemurnian		<i>Spectrofotometer</i>		
		Arus 15					
5.	Air umpan boiler	Unit Utilitas	pH	ASTM D1293-18	pH meter	Per 4 jam	
			Kesadahan	ASTM D5543-15	<i>Hardness test kits</i>		
			Oksigen terlarut	ASTM D5543-15	<i>Disolved Oxygen Meter</i>		
6.	Air Sungai	Unit Utilitas	pH	ASTM D1293-18	pH meter	Per 4 jam	

			Kekeruhan	ASTM D1189	Turbidimeter	
			Konduktivitas	ASTM D1125-14	Konduktometer	
			Kesadahan	ASTM D1067-16	<i>Hardness test kits</i>	
7.	Air pendingin	Unit Utilitas	pH	ASTM D1293-18	pH meter	Per 4 jam
			Kesadahan	ASTM D1067-16	<i>Hardness test kits</i>	
			Oksigen terlarut	ASTM D5543-15	<i>Disolved Oxygen Meter</i>	
8.	Air Konsumsi dan Sanitasi	Unit Utilitas	pH	ASTM D1293-18	pH meter	Per 4 jam
			Kesadahan	ASTM D1067-16	<i>Hardness test kits</i>	
			Kadar besi	ASTM D1068-15	<i>Spectrofotometer</i>	
			Kadar nitrit dan nitrat	ASTM D3867-16		

4.7 Unit Pengolahan Limbah

4.7.1 Limbah Cair

Limbah cair pada pabrik dihasilkan dari berbagai aktivitas operasional, seperti penggunaan air pada kamar mandi, kantin, serta proses pencucian peralatan produksi. Selain itu, limbah cair juga berasal dari kondensat hasil proses pada *flash dryer*, pencucian bahan baku, serta kegiatan analisis di laboratorium. Beberapa limbah cair tersebut dapat mengandung sisa bahan kimia proses sehingga perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang mengandung bahan kimia berbahaya termasuk ke dalam kategori limbah B3 (*Bahan Berbahaya dan Beracun*), sehingga pengelolaannya harus memenuhi ketentuan pengolahan limbah industri yang berlaku. Limbah B3 cair berasal dari kegiatan proses maupun kegiatan penunjang pabrik, antara lain:

- Air pencucian tangki, reaktor, perpipaan, dan peralatan proses yang masih mengandung residu asam sulfat dan benzil sianida.

- Limbah hasil analisis laboratorium yang mengandung sisa reagen kimia seperti asam sulfat, benzil sianida, dan asam fenil asetat.
- Tumpahan bahan kimia (spill) yang dikumpulkan saat kegiatan housekeeping.

Limbah cair tersebut dikumpulkan menuju Wastewater Treatment Plant (WWTP). Untuk limbah yang bersifat asam dilakukan proses netralisasi terlebih dahulu sebelum pengolahan lanjutan. Apabila masih mengandung bahan berbahaya melebihi baku mutu, limbah dikelola sebagai limbah B3 sesuai ketentuan yang berlaku. Pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui instalasi pengolahan air limbah (*wastewater treatment plant*) sebelum dialirkan ke badan lingkungan penerima (Almutairi *et al.*, 2024).

4.7.2 Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan meliputi sisa logam dari kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan, *sludge* dari unit pengolahan air, serta resin bekas dari proses *water treatment*. Selain itu, limbah padat juga berasal dari bahan kimia sisa analisis laboratorium dan sampah domestik dari area perkantoran maupun fasilitas umum pabrik. limbah B3 padat yang dihasilkan meliputi:

- Sludge dari unit pengolahan air limbah (WWTP) yang mengandung residu bahan kimia.
- Kemasan bekas asam sulfat dan benzil sianida yang masih terkontaminasi bahan kimia.
- APD sekali pakai (sarung tangan, masker, kain lap) yang terkontaminasi bahan kimia.
- Filter bekas, resin bekas pengolahan air, dan material penyerap (absorben) yang digunakan untuk membersihkan tumpahan bahan kimia.

Seluruh limbah padat B3 dipisahkan berdasarkan jenisnya, disimpan pada Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah B3, kemudian diserahkan kepada pengelola limbah B3 yang memiliki izin. Limbah padat yang termasuk kategori B3 harus dikelola sesuai prosedur penyimpanan dan pengangkutan limbah berbahaya, sedangkan limbah domestik dapat diserahkan kepada pihak pengelola sampah untuk diproses lebih lanjut (Wang & Yang, 2023).

4.7.3 Limbah Gas

Limbah gas dihasilkan dari proses pembakaran pada *boiler* dan *furnace*. Gas buang yang dihasilkan umumnya mengandung partikulat, sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), karbon monoksida (CO), serta senyawa volatil lainnya. Emisi gas buang dialirkan melalui *stack* sebelum dilepaskan ke atmosfer. Untuk mengurangi dampak pencemaran udara, konsentrasi emisi harus memenuhi baku mutu udara ambien dan emisi industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Pengendalian emisi dapat dilakukan menggunakan alat pengendali polusi udara seperti *cyclone separator*, *scrubber*, atau *bag filter* (Singh *et al.*, 2023). Berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia

No. 7 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap dapat dilihat pada Tabel 4.17 Nilai Ambang Batas (NAB) asam sulfat dan benzil sianida di udara berdasarkan SNI 19-0232-2005 dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.17 Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Ketel Uap

No.	Parameter	Baku Mutu
1.	Partikulat	230 mg/m ³
2.	Sulfur dioksida (SO ₂)	750 mg/m ³
3.	Nitrogen oksida (NO ₂)	825 mg/m ³
4.	Karbon dioksida (CO ₂)	9.000 mg/m ³
5.	Opasitas	0,20

Tabel 4.18 Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara

No.	Parameter	Baku Mutu
1.	Asam sulfat (H ₂ SO ₄)	1 mg/m ³
2.	Benzil sianida (C ₈ H ₇ N)	61 mg/m ³

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

4.8.1 Keselamatan Kerja

Penerapan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja dilakukan secara ketat guna menciptakan lingkungan kerja yang aman bagi tenaga kerja, lingkungan sekitar, serta peralatan proses sehingga target *zero accident* dapat tercapai. Seluruh pekerja dilarang membawa rokok, korek api, kamera, maupun benda lain yang berpotensi menimbulkan kebakaran atau ledakan di area pabrik. Adapun sistem keselamatan kerja yang diterapkan meliputi:

1. Alat Pelindung Diri (APD)

Penggunaan APD disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dilakukan untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja. Karyawan di area produksi wajib menggunakan perlengkapan keselamatan minimum seperti *safety shoes*, *safety helmet*, dan *safety glasses*.

2. Sistem Pengaman

Sistem pengaman berfungsi untuk melindungi pekerja sekaligus mencegah terjadinya bahaya selama proses operasi berlangsung. Fasilitas pengaman yang digunakan antara lain *rotating unit cover* sebagai penutup mesin berputar, pagar pengaman pada area bertingkat, *eye and body shower*, *traffic sign*, sistem *grounding and bonding*, sekring, serta saklar pengatur tekanan.

3. Penanggulangan Kebakaran dan Keadaan Darurat (*Emergency*)

Dalam kondisi darurat, seluruh pekerja diarahkan menuju *Head Account Point* (HAP) yang tersedia pada setiap gedung. Proses evakuasi dipimpin oleh *Building Warden* yang bertugas mengarahkan pekerja menuju HAP sekaligus memastikan kondisi darurat yang terjadi. Jika situasi semakin berbahaya, seluruh pekerja akan dievakuasi menuju *Assembly Point* (AP) yang berada di luar area pabrik.

Penanganan keadaan darurat dilakukan oleh *Emergency Response Team* yang terdiri atas petugas *security*, *medical*, *fireman*, *auxiliary fireman*, *shift superintendent*, dan *supervisor*. Selain itu, pekerja baru maupun tamu wajib mengikuti *safety induction* sebelum memasuki area kerja. Pelatihan keadaan darurat (*emergency training*) dilaksanakan setiap tiga bulan sekali, sedangkan simulasi evakuasi dengan sirene dilakukan secara rutin setiap hari Sabtu pukul 12.00 WIB.

4. Sistem Izin Kerja

Pabrik termasuk kategori industri berisiko tinggi sehingga seluruh aktivitas pekerjaan harus dilengkapi dengan izin kerja (*work permit*), termasuk pekerjaan dalam kondisi darurat. Izin kerja dikeluarkan oleh pihak yang berwenang (*authorised person*) dan diawasi oleh bagian *safety engineering*.

4.8.2 Kesehatan Kerja

Untuk mendukung kesehatan tenaga kerja, perusahaan menyediakan fasilitas klinik di area pabrik yang melayani seluruh karyawan. Tenaga kesehatan yang tersedia terdiri atas seorang dokter dan dua orang paramedis. Pelayanan kesehatan yang diberikan meliputi:

1. Pemeriksaan kesehatan calon karyawan sebelum mulai bekerja.
2. Pemeriksaan kesehatan berkala setiap satu hingga dua tahun sekali.
3. Pelayanan kesehatan bagi pekerja yang mengalami gangguan kesehatan selama bekerja.

Selain fasilitas kesehatan, perusahaan juga menyediakan kantin untuk memenuhi kebutuhan gizi pekerja. Menu makanan yang disajikan setiap hari disesuaikan dengan standar kandungan gizi yang telah ditetapkan.

4.9 Instrumentasi

Instrumentasi merupakan penerapan sistem maupun rangkaian peralatan yang digunakan dalam suatu proses pengendalian untuk mengatur jalannya proses agar berlangsung sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Peralatan instrumentasi dipasang pada setiap unit proses dengan tujuan membantu operator dan engineer dalam memantau serta mengendalikan kondisi operasi di lapangan. Selain itu, keberadaan instrumentasi juga berfungsi untuk

meminimalkan terjadinya gangguan proses sehingga tingkat kesalahan dapat ditekan seminimal mungkin dan kualitas produk yang dihasilkan menjadi lebih optimal.

Pada pabrik amonium nitrat ini direncanakan penggunaan beberapa jenis instrumentasi modern yang diterapkan pada berbagai tahapan proses produksi, di antaranya sebagai berikut:

4.9.1 Temperature Indicator Control (TIC)

Temperature Indicator Control (TIC) digunakan untuk mengukur sekaligus mengendalikan temperatur pada proses produksi. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor suhu seperti termokopel atau termistor, kemudian sinyal pengukuran diolah oleh pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*) untuk menjaga suhu tetap berada pada kondisi operasi yang diinginkan.

4.9.2 Flow Indicator Control (FIC)

Flow Indicator Control (FIC) berfungsi untuk mengukur dan mengatur laju aliran fluida maupun cairan dalam proses produksi. Pengukuran dilakukan menggunakan alat seperti flowmeter, sedangkan pengendalian aliran dilakukan melalui sistem kontrol agar debit aliran tetap stabil sesuai kebutuhan proses.

4.9.3 Level Indicator Control (LIC)

Level Indicator Control (LIC) digunakan untuk memantau dan mengendalikan tinggi permukaan cairan pada tangki maupun reaktor proses. Pada proses produksi amonium nitrat, LIC diterapkan pada tangki penyimpanan, mixing tank, reaktor, serta unit stripping guna menjaga level cairan tetap berada pada batas operasi yang aman dan stabil.

4.9.4 Pressure Indicator Control (PIC)

Pressure Indicator Control (PIC) digunakan untuk mengukur serta mengendalikan tekanan pada sistem proses produksi. Instrumen ini memanfaatkan sensor tekanan untuk mendeteksi perubahan tekanan, kemudian mengirimkan sinyal ke sistem kontrol agar tekanan operasi dapat dipertahankan sesuai kondisi yang telah ditentukan sehingga proses berlangsung dengan aman dan efisien.