

BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES

Sebagai penunjang kebutuhan operasi pabrik, unit utilitas berperan sebagai unit pendukung dalam proses operasi pabrik agar berjalan dengan optimal. Unit ini diantaranya yaitu unit pengolahan air bersih, air pendingin, air proses, steam, bahan bakar, udara tekan, tenaga listrik, dan pengolahan limbah.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

4.1.1 Pengadaan Air

Unit pengadaan air memegang peran yang sangat penting dan memiliki dampak besar dalam operasional pabrik, sehingga proses pengolahan air di unit utilitas perlu terus dijaga dan dipantau dengan baik. Sumber air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pabrik berasal dari air bersih yang ada di kawasan industri, sehingga pengambilan air menjadi lebih mudah, serta biayanya yang relatif lebih terjangkau. Berdasarkan kebutuhannya, air dalam industri ini dibagi menjadi empat jenis diantaranya:

1. Air Proses

Air proses memiliki peran penting untuk menjalankan tahapan di setiap peralatan pabrik. Air akan berkontak langsung dengan bahan baku untuk menghasilkan produk akhir. Salah satu fungsi air proses adalah sebagai pelarut (*solvent*) dalam beberapa proses. Namun, pada pabrik pembuatan metil metakrilat, air proses tidak dibutuhkan, sehingga tidak perlu disediakan oleh utilitas. Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan semua ion yang terkandung dalam air. Air yang telah melalui proses ini dikenal sebagai air demin atau air deionisasi (*deionized water*). Sistem demineralisasi dirancang untuk mengolah air menggunakan penukar ion (*ion exchanger*), yang menghasilkan air bebas mineral yang akan digunakan dalam proses-proses tertentu di pabrik.

Untuk memenuhi kebutuhan air proses, air bersih saja tidak cukup. Oleh karena itu, air harus diproses lebih lanjut untuk menghilangkan kandungan mineral, khususnya garam-garam terlarut, guna mencegah terjadinya korosi yang bisa merusak pipa dan katup (*valve*). Proses dimulai dengan mengalirkan air bersih (*filtered water*) ke dalam *cation exchanger*, yang berisi resin asam kuat. Resin ini akan mengikat ion-ion kation seperti kalsium, magnesium, natrium, kalium, besi, mangan, dan aluminium sambil melepaskan ion H^+ .

Setelah itu, mengalir ke *anion exchanger*, di mana anion seperti klorida, karbonat, sulfat, nitrat, dan silika akan bertukar dengan ion OH⁻ dari resin anion. Setelah melalui proses ini, hampir seluruh garam terlarut dalam air telah dihilangkan. Air demin yang dihasilkan kemudian disimpan dalam tangki penyimpanan (*demineralized water storage*).

2. Air Pendingin

Air pendingin mempunyai peran penting dalam proses perpindahan panas pada berbagai peralatan. Fungsinya adalah untuk menjaga agar suhu alat tetap stabil, mencegah terjadinya *overheating* sehingga alat tersebut dapat beroperasi dengan baik. Air pendingin tidak langsung bersentuhan dengan bahan baku, produk setengah jadi, atau produk jadi. Sistem yang digunakan dalam proses ini adalah sistem sirkulasi ulang (*recirculating system*), yang berarti setelah air digunakan untuk mendinginkan peralatan, air tersebut akan kembali disirkulasikan ke menara pendingin (*cooling tower*). Air pendingin harus memiliki sifat yang tidak mudah korosi, tidak menyebabkan pembentukan kerak, dan bebas dari mikroorganisme yang dapat menyebabkan pertumbuhan lumut. Apabila air tersebut hilang, maka perlu ditambahkan air pengganti (*make up water*). Untuk mempertahankan kondisi air agar seperti yang diinginkan, maka air diinjeksikan senyawa kimia sebagai berikut:

- a. Klorin untuk membunuh mikroorganisme dan mencegah timbulnya lumut pada menara pendingin
- b. Asam sulfat dan kaustik untuk mengatur pH air pendingin
- c. Seng kromat untuk anti korosi
- d. Dispersen untuk mencegah penggumpalan dan mengendapnya kotoran dalam air pendingin

Menurut Setiadi (2007), standar industri terhadap air pendingin yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.1.

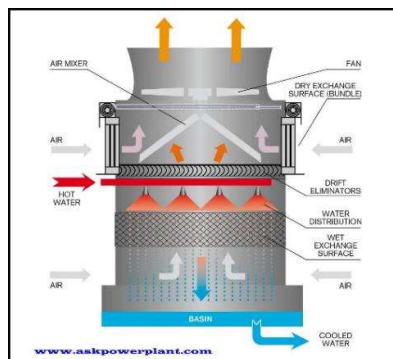
Tabel 4.1 Parameter Air Pendingin

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

No.	Parameter	Satuan	Nilai
3	<i>Suspended Solid</i>	ppm	<10
4	Total Hardness	ppm as CaCO_3	<100
5	Total Iron	ppm as Fe	<1
6	Residual Chlorine	ppm as Cl_2	0,5 - 1,0
7	Silicate	ppm as SiO_2	<150
8	Total Chromat	ppm as CrO_4	1,5 - 2,5
9	pH	-	6,5 - 7,5

(Sumber: ASME *Water Quality Standard*, 2016)

Cooling tower merupakan sebuah menara yang terbuat dari rangka besi tahan karat. Pada pabrik metil metakrilat, jenis *cooling tower* yang digunakan adalah *mechanical cooling tower*. Pada sistem ini, air yang ingin didinginkan disemprotkan dengan udara yang dihembuskan oleh kipas. Proses ini menyebabkan udara menyerap panas dan air, dan sebagian air menguap, melepaskan panas laten yang mendinginkan air yang jatuh ke bawah. Setelah itu, air yang sudah dingin akan terkumpul di dalam basin dan digunakan lagi sebagai air pendingin. Ketinggian air dalam *cooling water* dijaga dengan menambahkan air *make-up* dari sumber air bersih. Air pendingin yang terkumpul di basin kemudian dipompa kembali untuk mendinginkan proses-proses di pabrik.



Gambar 4.1 *Induced Draft Cooling Tower*

Air pendingin pada pabrik pembuatan metil metakrilat ini disuplai untuk alat penukar panas, diantaranya *cooler* dan *condenser*; dimana ditunjukkan pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Pendingin

Peralatan	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Condensor</i> (E-201)	13,08231264
<i>Cooler</i> (E-301)	1963,47666
<i>Condensor</i> (E-302)	10,33661695
<i>Cooler</i> (E-401)	27,12653936
Total	2.014,02213

Penggunaan air pendingin dalam sistem dilakukan secara terus-menerus dan bersirkulasi. Suhu air pendingin yang keluar dari setiap peralatan akan meningkat. Peningkatan suhu ini disebabkan oleh perpindahan panas dari komponen atau senyawa ke air pendingin melalui media penghantar pada masing-masing alat. Karena air pendingin dipakai secara berulang, suhu air tersebut harus diturunkan lagi di *cooling tower*. Saat proses penurunan suhu ini berlangsung terjadi kehilangan air yang disebut *losses* pada *cooling tower*. Terdapat tiga jenis *losses* yang terjadi, yaitu *evaporation loss*, *drift loss*, dan *blow down*.

a. Evaporation Loss

Evaporation loss dalam *cooling tower* terjadi karena sebagian kecil air pendingin yang masuk mengalami penguapan. Kehilangan air akibat evaporasi ini dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat dalam persamaan 12-10 pada buku Perry (1997), sebagai berikut:

$$W_e = 0,00085 \times 1,8 \times W_c \times (T_1 - T_2)$$

Keterangan:

W = *Evaporation Loss*

$$\begin{aligned}
W_c &= \text{Jumlah sirkulasi air pendingin} \\
T_1 &= \text{Suhu air pendingin masuk } \textit{cooling tower} \text{ (}^\circ\text{F)} \\
T_2 &= \text{Suhu air pendingin keluar } \textit{cooling tower} \text{ (}^\circ\text{F)} \\
W_e &= 0,00085 \times 1,8 \times W_c \times (T_1 - T_2) \\
&= 0,00085 \times 1,8 \times 2.014,02213 \times 24 \\
&= 73,9548926 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

b. Drift Loss

Drift loss pada cooling tower terjadi karena sebagian kecil air pendingin terbawa oleh aliran udara yang keluar dari *cooling tower*. Kehilangan air akibat *drift loss* ini biasanya berkisar antara 0,1% hingga 0,2%. Jumlah air yang hilang dapat dihitung menggunakan rumus yang tercantum dalam persamaan 12-11 pada buku Perry (1997), sebagai berikut:

$$W_d = 0,2\% \times W_c$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
W_d &= \textit{Drift Loss} \\
W_c &= \text{Jumlah sirkulasi air pendingin} \\
W_d &= 0,2\% \times 73,9548926 \\
&= 0,147909785 \text{ kg/jam}
\end{aligned}$$

c. Blow Down

Blow down adalah proses pembuangan sebagian air pendingin yang bertujuan untuk mengontrol konsentrasi padatan terlarut dalam air pendingin, yang meningkat akibat evaporasi. Jumlah air yang dibuang melalui *blow down* dapat dihitung berdasarkan perbandingan konsentrasi yang dijaga agar tidak terjadi pembentukan endapan (*scaling*) pada peralatan dan pipa. Perbandingan ini, yang disebut sirkulasi konsentrasi, mengukur kandungan padatan dalam air pendingin yang beredar dibandingkan dengan kandungan padatan dalam air tambahan. Sirkulasi konsentrasi biasanya dijaga pada rentang antara 3 hingga 5. Jumlah air yang dibuang dalam *blowdown* dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat dalam persamaan 12-12 pada buku Perry (1997), sebagai berikut:

$$Wb = \frac{We}{cycle - 1}$$

Keterangan:

Wb = *Blow down*

Wd = *Drift loss*

Wc = *Evaporation loss*

$$\begin{aligned} Wb &= \frac{We}{cycle - 1} \\ &= \frac{290,423436}{3 - 1} \end{aligned}$$

$$Wb = 145,211718 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Make-up air pendingin} &= We + Wd + Wb \\ &= (73,9548926 + 0,147909785 + 145,211718) \text{ kg/jam} \\ &= 219,31452 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor keamanan} &= 10\% \\ &= (10\% \times \text{make-up air pendingin}) \\ &= 10\% \times 219,31452 \\ &= 21,931452 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\text{Total make-up air pendingin} = 241,245972 \text{ kg/jam}$$

3. Air Umpan *Boiler*

Air umpan *boiler* yang disediakan oleh unit pengadaan air akan diubah menjadi uap pada unit pengadaan *steam*. Uap yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai pemanas untuk berbagai peralatan. Salah satu persyaratan penting bagi air umpan *boiler* yang diproduksi oleh unit pengadaan air adalah bebas dari kandungan mineral. Hal ini diperlukan untuk mencegah pembentukan kerak dalam *boiler*, yang dapat mengganggu kinerjanya. Jumlah air umpan boiler yang disuplai harus setara dengan jumlah uap yang diproduksi. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan air umpan *boiler*.

a. Zat Penyebab Korosi

Korosi yang terjadi dalam boiler dapat disebabkan oleh air yang mengandung asam atau gas-gas terlarut seperti O_2 , CO_2 , H_2S , dan NH_3 . Kehadiran zat-zat ini bisa

memicu pembentukan kerak (*scaling*), yang pada gilirannya menyebabkan pemanasan lokal berlebihan (*local overheating*) dan kegagalan fungsi logam pada *boiler*.

b. Zat penyebab pembentukan kerak (*scaling*)

Pembentukan kerak (*scaling*) terjadi karena adanya kandungan kesadahan air dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam karbonat dan silika.

c. Zat penyebab pembentukan busa (*foaming*)

Air yang berasal dari proses pemanasan dapat menyebabkan busa pada *boiler* jika mengandung zat organik yang tidak larut dalam jumlah banyak. Fenomena busa ini biasanya terjadi pada kondisi alkalinitas yang tinggi. Air yang akan digunakan sebagai umpan *boiler* harus memenuhi standar tertentu. Pengawasan terhadap kondisi air umpan *boiler* sangat penting, karena kesalahan dalam pengelolaannya dapat menimbulkan bahaya. Beberapa parameter yang perlu diawasi dalam air *boiler* sesuai dengan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.3 Persyaratan Mutu Air Umpan *Boiler*

No	Parameter	Satuan	Persyaratan Maksimum
1	pH (pada 25°C)	ppm <i>as</i> CaCO ₃	7 s/d 9
2	Kesadahan	mg/l	Maksimum 1
3	Lemak dan minyak	mg/l	0
4	Oksigen terlarut	mg/l	0
5	Ion klorida (Cl)	mg/l	Maksimum 600
6	Ion fosfat (PO ₄ ³⁻)	mg/l	20 s/d 40
7	Ion sulfat (SO ₃)	mg/l	10 s/d 50
8	Hidrasin (N ₂ H ₄)	mg/l	0,1 s/d 10
9	Silika	ppm <i>as</i> SiO ₂	Maksimum 0,5

(Sumber: SNI 7268:2009)

Air *make-up* untuk umpan *boiler* dipilih sebesar 5% dari total pasokan air umpan *boiler* yang tersedia. Rincian mengenai suplai air umpan *boiler* yang digunakan di pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Umpan *Boiler*

Peralatan	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heater</i> (E-101)	844,439807
<i>Heater</i> (E-102)	459,545699
<i>Reboiler</i> (E-202)	359,3313391
<i>Reboiler</i> (E-203)	677,9607843
<i>Reboiler</i> (E-303)	-13.663,59673
Total	13.663,59673

Suplai air umpan *boiler* = 13.663,59673 kg/jam

Faktor keamanan = 10% = 1.366,35967 kg/jam

Total *make-up* umpan *boiler* = 15.029,9564 kg/jam

4. Air Domestik

Air domestik adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, seperti di perkantoran, laboratorium, rumah tangga, dan fasilitas umum di pabrik. Air ini diperlukan untuk berbagai kebutuhan dalam pemerintahan, terutama untuk keperluan pegawai. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/X/2010 tentang persyaratan dan pengawasan kualitas air, air yang digunakan untuk sanitasi harus memenuhi kriteria tertentu diantaranya sebagai berikut.

- Tidak berwarna, berbau, dan berasa

- Jumlah zat padat terlarut (*total solid*) maksimal 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*)
- Warna maksimal 15 TCU (*True Colour Units*)

Syarat Kimia:

- Tidak mengandung bakteri patogen
- Tidak mengandung zat kimia beracun dan berbahaya
- pH 6,5 - 8,5

Rincian kebutuhan air domestik yang diperlukan di pabrik metil metakrilat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Kebutuhan Air Domestik

Lokasi Kebutuhan	Jumlah Orang	Kebutuhan Air (L/orang/hari)	Kebutuhan Air (L/hari)	Kebutuhan Air (L/jam)
Kantor	28	10	280	11,67
Laboratorium	3	10	30	1,25
Mushola	23	15	345	14,375
Kantin	23	15	345	14,375
Poliklinik	2	10	20	0,833
Total			1.020	42,503

Kebutuhan air domestik = 42,503 L/jam

Densitas air = 1 kg/L

Kebutuhan air domestik = $1 \text{ kg/L} \times 42,503 \text{ L/jam}$
= 42,503 kg/jam

Faktor keamanan = 10 %

Total *makeup* air domestik = $10 \% \times 42,503 \text{ kg/jam}$
= 4,2503 kg/jam

5. Air Hydrant

Air *hydrant* adalah air yang digunakan untuk keperluan pemadam kebakaran. Kebutuhan air *hydrant* sangat penting apabila terjadi kebakaran di salah satu bagian pabrik. Penggunaan air *hydrant* bersifat situasional, hanya diperlukan saat kebakaran terjadi. Dalam pelaksanaannya, air *hydrant* dialirkan melalui pipa khusus yang tersebar di seluruh area pabrik. Pipa-pipa ini dipasang di lokasi-lokasi strategis untuk memastikan seluruh bagian pabrik dapat dijangkau dengan mudah. Persyaratan pasokan air *hydrant* adalah minimal 2.400 liter per menit dengan tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalirkan air selama setidaknya 45 menit (SNI 03-1735:2000).

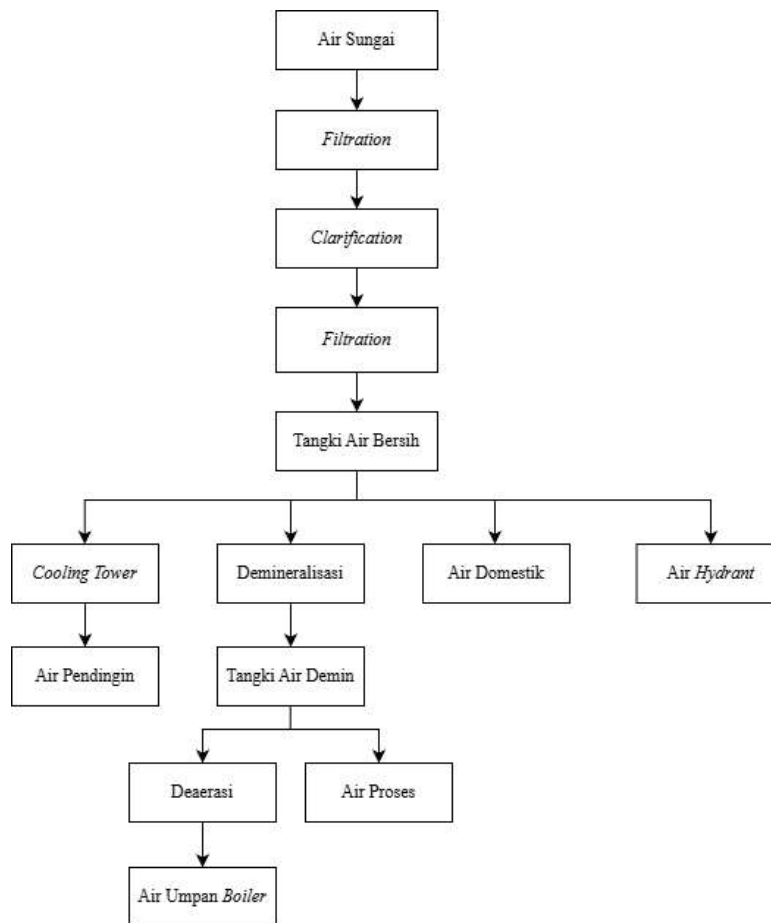
Kebutuhan total air di pabrik metil metakrilat dengan kapasitas 49.000 ton per tahun terbagi menjadi beberapa kategori, yaitu air untuk pendinginan (*cooling tower*), air untuk umpan *boiler*, dan air untuk keperluan domestik. Jumlah total air yang perlu disuplai dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Jumlah kebutuhan air di pabrik metil metakrilat

Jenis Air	Kebutuhan (kg/jam)		Total (kg/jam)
	Kebutuhan Awal	<i>Make up</i>	
Air pendingin	2.014,02213	241,245972	2.255,2681
Air umpan <i>boiler</i>	13.663,59673	15.029,9564	28.693,5531
Air domestik	42,503	46,753	89,2563
Total	15.677,6189	15.317,9554	31.038,0775

4.1.2 Pengolahan Air

Pengolahan air bertujuan untuk memastikan air memenuhi standar yang diperlukan agar dapat digunakan. Proses pengolahan ini bisa meliputi langkah-langkah fisik dan kimia, penambahan desinfektan, atau penggunaan *ion exchanger*. diagram alir pengolahan air dapat ditunjukkan pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4.2 Diagram Pengolahan Air Pabrik Metil Metakrilat (MMA)

1. Penjernihan (*Purification*)

Bahan baku air dari sungai dan dialirkan menuju sistem *intake* air yang terdiri dari saringan (*screen*) dan pompa. Saringan digunakan untuk memisahkan kotoran dan benda asing yang ada dalam aliran menuju pompa hisap (*suction pump*). Setelah melewati saringan, air yang telah dibersihkan masuk ke pompa hisap dan diteruskan melalui pipa ke unit pengolahan air.

Di dalam tangki sedimentasi, air akan mengendapkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan pada proses penyediaan air bebas mineral. Partikel-partikel besar akan dihilangkan melalui penyaringan, sementara partikel koloid dibersihkan melalui proses klarifikasi yang melibatkan penetralan dan penggumpalan (*coagulation*). Sebelum air dikeluarkan, dilakukan injeksi larutan alum, kaustik, dan klorin. Jumlah bahan

kimia yang digunakan diatur secara otomatis sesuai dengan volume air yang masuk. Besarnya injeksi bahan kimia bergantung pada kualitas air sungai dan kondisi operasional yang ada. Semua air alami mengandung berbagai jenis dan jumlah pengotor. Dalam proses penjernihan air, digunakan bahan kimia seperti larutan alum (aluminium sulfat), soda kaustik (NaOH), dan klorin/kaporit ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$). Bahan-bahan kimia ini berfungsi sebagai *flocculant* untuk menggumpalkan partikel, mengatur pH, serta membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme, sehingga mempermudah pembentukan flok. Setelah air sungai melalui proses pengolahan di unit pemurnian, air tersebut kemudian diproses lebih lanjut di unit filtrasi, yaitu pada *sand filter*.

2. Penyaringan (*Filtration*)

Air yang disiapkan untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) perlu disaring terlebih dahulu untuk mencegah kerusakan pada *ion exchanger* akibat kotoran yang terbawa. Beberapa kotoran yang ada akan dikoagulasikan selama proses penjernihan, termasuk bahan organik, warna, dan bakteri. Setelah melalui proses penjernihan, tingkat kekeruhan (*turbidity*) air akan turun menjadi 5 ppm atau lebih rendah. Selama operasi penyaringan, kotoran yang masih terbawa setelah proses penjernihan akan tertangkap oleh filter terkumpul di permukaan media filter.

Penyaringan dilakukan menggunakan media pasir atau *sand filter* berbentuk silinder vertikal. Ketika *sand filter* telah jenuh, filter perlu diregenerasi dengan cara melakukan *backwash*, yaitu pembersihan dengan aliran air balik yang lebih tinggi dari aliran filtrasi. Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan kotoran yang menempel pada permukaan filter dan memperluas area penyaringan. Setelah *backwash*, air hasil saringan selama beberapa menit pertama akan dibuang untuk membersihkan sistem dari partikel padat yang masih tertinggal. Proses *backwash filter* terjadi secara otomatis ketika terjadi penurunan tekanan tinggi (*high pressure drop*) atau setelah mencapai waktu operasi tertentu. Larutan kaustik selanjutnya diinjeksikan melalui pipa keluar (*line header outlet*) dari *sand filter* untuk mengatur pH air yang dialirkan menuju tangki penyimpanan air hasil filtrasi. Untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme di dalam air filter, dilakukan proses injeksi klorin. Setelah itu, air dari tangki filter didistribusikan untuk berbagai kebutuhan, seperti *cooling tower*, air umum, sistem *hydrant*, serta unit demineralisasi.

3. Demineralisasi

Fungsi demineralisasi adalah untuk menghilangkan seluruh ion yang terkandung dalam air. Air yang telah melalui proses ini disebut sebagai air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi dirancang untuk mengolah air hasil penyaringan dengan metode pertukaran ion guna menghilangkan padatan terlarut, sehingga menghasilkan air demin yang digunakan sebagai air umpan *boiler*. Unit penyediaan air bebas mineral terdiri atas dua jenis penukar ion, yaitu penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*).

a. Proses pada cation exchanger

Fungsi utama *cation exchanger* adalah mengikat ion-ion bermuatan positif (kation) mineral, seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan Al^{3+} dari dalam air, kemudian melepaskan ion hidrogen (H^+). Proses ini menyebabkan air bersifat asam dengan pH berkisar antara 3,2–3,3, konduktivitas sekitar 300–460 mmhos, serta kandungan *free mineral acid* sebesar 30–60 ppm. Ketika daya penukaran kation pada resin dinyatakan telah jenuh apabila pembacaan *analyzer conductivity* dan silika menunjukkan peningkatan serta telah mencapai kapasitas produksi (total liter). Pada kondisi tersebut, regenerasi harus dilakukan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4). Proses regenerasi ini terdiri atas empat tahap, yaitu *backwash*, regenerasi dengan asam sulfat (H_2SO_4), pembilasan menggunakan air demin, dan pembilasan akhir *cation exchanger* dengan arah aliran yang sama seperti tahap *service*. Tahap terakhir ini bertujuan untuk membersihkan *cation exchanger* dari sisa asam maupun garam-garam yang masih tertinggal.

b. Proses pada anion exchanger

Fungsi *anion exchanger* adalah mengikat ion-ion bermuatan negatif (anion) sisa asam yang masih terkandung dalam air, seperti HCO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , NO_3^- , dan SiO_3^{2-} . Ion-ion tersebut diikat oleh resin dan digantikan dengan ion hidroksil (OH^-), sehingga air yang keluar dari proses ini memiliki pH sekitar 8,6–8,9, konduktivitas < 25 mmhos, dan kadar silika $< 0,1$ ppm. Apabila resin telah mencapai kapasitas produksi (total liter) atau telah jenuh yang ditandai dengan kenaikan pada *conductivity analyzer* dan *silica analyzer*, maka perlu dilakukan proses regenerasi. Regenerasi dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 4% pada suhu 40–50°C. Sebelumnya, *anion exchanger*

dilakukan *backwash* terlebih dahulu. Selanjutnya, diinjeksikan larutan NaOH 4%, kemudian dilakukan perendaman, dilanjutkan dengan injeksi kembali larutan NaOH 4% untuk menyempurnakan pelepasan anion. Tahap akhir adalah pembilasan untuk menghilangkan sisa larutan kaustik maupun garam natrium yang masih tertinggal.

4. Deaerasi

Air yang telah melalui proses demineralisasi masih mengandung gas terlarut, terutama oksigen dan karbon dioksida. Gas-gas tersebut perlu dihilangkan karena dapat menyebabkan korosi pada sistem. Penghilangan gas dilakukan di dalam *deaerator* melalui proses *stripping* menggunakan uap bertekanan rendah ($0,6 \text{ kg/cm}^2$) pada temperatur 150°C . Di dalam *deaerator* juga diinjeksikan bahan kimia, seperti hidrazin sebagai pengikat oksigen dan amonia untuk meningkatkan pH hingga mencapai sekitar 10, sehingga potensi korosi dapat diminimalkan, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ untuk mengatur kesadahan air. Keluaran *deaerator* diharapkan kadar oksigen $< 0,007$.

4.2 Unit Pembangkit Listrik

Unit ini bertugas menyediakan pasokan listrik yang stabil untuk seluruh area pabrik. Unit penyedia tenaga listrik memiliki peran penting dalam menjaga keamanan operasional karena harus memastikan sistem kelistrikan terlindungi dari gangguan, seperti lonjakan tegangan maupun pemadaman listrik, yang dapat merusak peralatan serta membahayakan keselamatan pekerja. Kebutuhan listrik pabrik metil metakrilat dengan kapasitas 49.000 ton/tahun dipasok dari PLN (Perusahaan Listrik Negara), sedangkan sebagai sumber cadangan digunakan pembangkit listrik internal (*generator*). Energi listrik di pabrik dimanfaatkan untuk pengoperasian peralatan proses serta sistem penerangan.

4.2.1 Listrik untuk Kebutuhan Peralatan

Kebutuhan daya listrik untuk peralatan yang digunakan dalam pabrik pembuatan metil metakrilat dibutuhkan untuk mengoperasikan berbagai mesin. Setiap peralatan memiliki kebutuhan daya listrik yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Listrik untuk Kebutuhan Peralatan

Peralatan	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Mixing Tank</i> (M-101)	1
<i>Mixing Tank</i> (M-102)	1
<i>Mixing Tank</i> (M-303)	1
Pompa	6
Total	9

4.2.2 Listrik untuk Kebutuhan Penerangan

Setiap area di pabrik umumnya memiliki tingkat penerangan yang bervariasi. Untuk menghitung kebutuhan penerangan digunakan satuan iluminasi yang disebut *lux*. *Lux* merupakan satuan turunan dari lumen, sementara lumen merupakan satuan turunan dari Candela.

1. Penerangan area pabrik

Luas area = $15.020 \text{ m}^2 = 1,5 \text{ Ha}$

Tipe lampu = Lampu halogen

Interaksi penerangan = 150 lumen/m^2

Iluminasi lampu = 90 lumen

$$\begin{aligned} \text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{15.020 \text{ m}^2 \times \frac{150 \text{ lumen}}{\text{m}^2}}{\frac{90 \text{ lumen}}{\text{W}}} \\ &= 25.033,33 \text{ W} \\ &= 25,03 \text{ kW} \end{aligned}$$

2. Penerangan area kantor dan fasilitas lainnya

Luas area = $16.825 \text{ m}^2 = 1,68 \text{ Ha}$

Tipe lampu = Lampu bohlam LED

Interaksi penerangan = 300 lumen/m^2

Iluminasi lampu = 60 lumen/W

$$\begin{aligned}\text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{16.825 \text{ m}^2 \times 300 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}}{60 \frac{\text{lumen}}{\text{W}}} \\ &= 84.125 \text{ W} \\ &= 84,125 \text{ kW}\end{aligned}$$

3. Penerangan perluasan area pabrik

$$\text{Luas area} = 1.805 \text{ m}^2 = 0,18 \text{ Ha}$$

$$\text{Tipe lampu} = \text{Lampu fueresen}$$

$$\text{Interaksi penerangan} = 150 \text{ lumen/m}^2$$

$$\text{Iluminasi lampu} = 90 \text{ lumen/W}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya yang dibutuhkan} &= \frac{1.805 \text{ m}^2 \times 150 \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}}{90 \frac{\text{lumen}}{\text{W}}} \\ &= 3.008,33 \text{ W} \\ &= 3,008 \text{ kW}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik penerangan} &= (25,03 + 84,125 + 3,008) \text{ kW} \\ &= 83,64 \text{ kW} \\ &= 112,163 \text{ HP}\end{aligned}$$

Tabel 4.8 Total Kebutuhan Listrik Pabrik Metil Metakrilat

Keperluan	Kebutuhan (HP)	Kebutuhan (kW)
Peralatan	9	6,7113
Penerangan	112,163	83,64
Total	121,163	90,3513

$$\text{Faktor keamanan} = 20\%$$

$$\begin{aligned}\text{Total kebutuhan listrik} &= (100\% + 20\%) \times 90,3513 \\ &= 108,42 \text{ kW} \\ &= 145,4 \text{ HP}\end{aligned}$$

Untuk memenuhi kebutuhan listrik, dipilih generator dengan kapasitas 300 kW.

4.3 Unit Pengadaan *Steam*

Steam digunakan sebagai media pemanas dalam berbagai peralatan untuk proses perpindahan panas. Pada pabrik pembuatan metil metakrilat yang memiliki kapasitas 49.000 ton/tahun, yaitu *steam* dengan temperatur 150°C. *Steam* yang dipasok oleh unit utilitas pabrik ini adalah jenis *saturated steam*. Peralatan yang memanfaatkan *steam* pada suhu 150°C beserta jumlah kebutuhan *steam* untuk masing-masing peralatan ditunjukkan pada Tabel 4.9. berikut.

Tabel 4.9 Kebutuhan *Steam* 150°C

Peralatan	Kebutuhan (kg/jam)
<i>Heater</i> (E-101)	399,5834983
<i>Heater</i> (E-102)	217,4540762
<i>Reboiler</i> (E-202)	0,170033
<i>Reboiler</i> (E-203)	0,320807
<i>Reboiler</i> (E-303)	6,465526
Total	623,99394

Faktor keamanan suplai *steam* = 20%

Total kebutuhan *steam* = (100% + 20%) × *kebutuhan total steam*
= (100% + 20%) × 623,99394
= 448,792728 kg/jam

4.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Bahan bakar yang disuplai merupakan *Industrial Diesel Oil* (IDO). Kebutuhan bahan bakar dibagi menjadi 2, yaitu untuk keperluan *boiler* dan keperluan generator.

4.4.1 Bahan bakar *boiler* untuk *steam* pemanas

Steam yang diproduksi utilitas adalah *saturated steam* dengan suhu 150°C.

Temperatur air masuk = 30°C

Temperatur *steam* = 150°C
 Kebutuhan *steam*, m_{steam} = 448,792728 kg/jam

Tabel 4.10 Data Cp dalam Fase *Liquid*

Komponen	A	B	C	D
H2O	92,053	-0,039953	-0,00021	$5,347 \times 10^{-7}$

(Sumber; Yaws, C.L., 1999)

Menghitung kapasitas panas komponen (Cp) dalam fase *liquid* dihitung dengan persamaan berikut.

$$CP = A + BT + CT^2 + DT^3$$

$$\begin{aligned} Q_{sensible} &= n \times CP \times \Delta T \\ Q_{sensible} &= 79,8094 \times 75,443 \\ &= 6.021,0606 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan *steam table* (Smith, 2001), diperoleh data entalpi dan laten sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Entalpi saturated vapor (H}_v\text{)} &= 2.746,5 \text{ kJ/kg} \\ \text{Entalpi saturated liquid (H}_l\text{)} &= 632,2 \text{ kJ/kg} \\ \text{Panas laten } (\lambda) &= 2.113,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Panas yang dibutuhkan dalam menghasilkan *steam*, yaitu:

$$\begin{aligned} Q_{laten} &= m_{steam} \times \lambda \\ Q_{laten} &= 748,792728 \times 2.113,7 \\ &= 1.582.723,19 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan *steam* (kapasitas *steam*);

$$\begin{aligned} Q_{total} &= Q_{sensible} + Q_{laten} \\ Q_{total} &= 7.027,057 + 1.582.723,19 \\ &= 1.589.750,25 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Spesifikasi bahan bakar *Industrial Diesel Oil* (IDO) yang dipakai, yaitu:

$$\text{Nilai kalor bahan bakar (LHV)} = 19.300 \text{ Btu/lb} = 44.891,8 \text{ kJ/kg}$$

Efisiensi *boiler* = 80% (Tabel 4.8 Ulrich, 1984:109)

Kebutuhan bahan bakar:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{Q}{h \times LHV} \\
 m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{1.589.750,25}{0,80 \times 44.891,8} \\
 m_{\text{bahan bakar}} &= 44,266 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

4.4.2 Bahan bakar keperluan generator

Daya generator = 300 kW = 1.080.000 kJ/jam

Nilai kalor bahan bakar = 19.300 Btu/lb = 448.91,8 kJ/kg

Kebutuhan bahan bakar:

$$\begin{aligned}
 m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{Q}{h \times LHV} \\
 m_{\text{bahan bakar}} &= \frac{1.080.000}{0,35 \times 44.891,8} \text{ kg/jam} \\
 m_{\text{bahan bakar}} &= 68,74 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Kebutuhan Bahan Bakar

Kebutuhan	Kebutuhan Bahan Bakar (kg/jam)
<i>Boiler</i>	44,266
Generator	68,74
Total	113,006

Densitas IDI = 0,85 kg/L

Faktor keamanan = 10%

Total kebutuhan bahan bakar = (100% + 10%) × 113,006
 = 168,8335 kg/jam
 = 124,307 L/jam

4.5 Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit pengadaan udara tekan pada pabrik metil metakrilat ini berfungsi untuk mengatur aliran udara bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan peralatan. Udara tekan ini

digunakan untuk menggerakkan instrumen yang telah dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis, seperti katup otomatis dan instrumen lain yang memerlukan udara tekan untuk operasionalnya. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pabrik menggunakan tiga kompresor yang mendistribusikan udara melalui jaringan pipa. Agar distribusi udara sesuai dengan kebutuhan masing-masing instrumen, diperlukan tekanan catu udara yang tepat, sehingga tekanan yang diberikan tidak kurang atau lebih dari spesifikasi yang dibutuhkan oleh setiap instrumen. Udara untuk instrumen didistribusikan melalui pipa galvanis *schedule* 40 dengan diameter 2 in, yang terbuat dari bahan baja karbon. Cabang-cabang catu udara kemudian menghubungkan pipa 2 in ke pipa 1 in *schedule* 40 dengan material yang sama. Untuk menjaga agar sistem tetap aman, juga dipasang *pressure safety valve* untuk mengalirkan udara berlebih.

4.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah berfungsi untuk mengurangi dampak pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah, sehingga limbah tersebut menjadi aman untuk dibuang dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup tentang baku mutu limbah. Di pabrik metil metakrilat, limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik metil metakrilat diantaranya sebagai berikut.

4.6.1 Limbah padat

Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik metil metakrilat ini bukan berasal dari proses produksi, melainkan berasal dari kantin dan kantor. Limbah seperti sisa makanan dari kantin dan kertas dari kantor tidak melalui proses pengolahan, melainkan langsung dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA).

4.6.2 Limbah cair

- Limbah cair sisa proses
- *Blow down cooling tower*
- *Backwash filter* air berminyak dari pompa dan kompresor
- Buangan air sanitasi

4.6.3 Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)

Berdasarkan pada jenis buangnya, berikut merupakan pengolahan limbah yang dilakukan di pabrik metil metakrilat.

1. Pengolahan limbah cair

a. Air buangan sanitasi

Air buangan sanitasi berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin

b. Air sisa proses

Air sisa dari proses regenerasi di unit demineralisasi mengandung NaOH dan H₂SO₄ yang kemudian dinetralkan di kolam penetralan menggunakan HCl dan NaOH hingga pH-nya mencapai sekitar 6,5-7, serta mengandung O₂ minimal 3 ppm. Setelah dinetralkan, air tersebut selanjutnya dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

c. Air berminyak dari mesin proses

Air berminyak berasal dari sisa pelumas pada pompa dan peralatan lainnya. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Minyak yang terpisah di bagian atas dialirkan ke penampungan minyak untuk kemudian dibakar di tungku pembakar, sementara air yang terpisah di bagian bawah dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

2. Pengolahan limbah padat

Limbah padat berupa sludge yang dihasilkan dari unit pengolahan air serta kegiatan domestik (rumah tangga) akan diproses. Sludge dari unit pengolahan air akan dikurangi kandungan airnya sehingga bisa dimanfaatkan sebagai pupuk. Sedangkan limbah rumah tangga akan dibuang langsung ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

3. Pengolahan limbah B3

Tujuan pengelolaan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) adalah untuk mencegah dan mengatasi pencemaran atau kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah B3, serta memulihkan kualitas lingkungan yang telah tercemar agar bisa kembali berfungsi dengan baik. Pengelolaan limbah B3 meliputi serangkaian kegiatan, mulai dari penyimpanan,

pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, hingga pengolahan limbah B3, termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut.

4.7 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium, maka proses produksi dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat dijaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Disamping itu juga laboratorium berperan dalam pengendali pencemaran lingkungan. Laboratorium memiliki tugas pokok antara lain sebagai berikut.

1. Sebagai pengendali kualitas bahan baku dan pengendali kualitas produk.
2. Sebagai pengendali terhadap proses produksi dengan melakukan analisis terhadap pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair, dan limbah padat yang dihasilkan unit-unit produksi.
3. Sebagai pengendali terhadap mutu air proses, air umpan, *steam*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Dalam pelaksanaan tugasnya, laboratorium yang ada di pabrik metil metakrilat dikelompokkan menjadi beberapa bagian sebagai berikut.

1. Laboratorium Fisika

Laboratorium ini mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat fisis bahan baku dan produk serta bahan penunjang proses.

2. Laboratorium Analitik

Laboratorium ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku, produk, utilitas dan limbah yang dimana menganalisis sifat-sifat kimianya. Analisis yang dilakukan antara lain impuritas, kandungan logam, kemurnian, dan lain-lain.

3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Laboratorium ini melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dengan proses untuk meningkatkan hasil akhir.

4.7.1 Program Laboratorium

Laboratorium melaksanakan tugas selama 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift* dengan perincian sebagai berikut.

1. Kelompok *shift*, bertugas memantau dan menganalisis proses produksi secara rutin. Setiap *shift* bekerja bergiliran selama 24 jam dengan masing-masing *shift* bekerja selama 8 jam.
2. Kelompok *non-shift*, bertugas melakukan analisa khusus yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Kelompok ini bekerja di laboratorium utama dengan tujuan membantu kelancaran dan meningkatkan kinerja kelompok shift dengan melaksanakan tugas - tugas sebagai berikut.
 - Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
 - Melakukan analisis bahan buangan yang menyebabkan polusi.
 - Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

Beberapa macam analisis yang dapat dilakukan laboratorium pada pabrik metil metakrilat diantaranya sebagai berikut.

1. Analisis Bahan Baku

Analisis dilakukan terhadap bahan baku yang digunakan, yaitu metanol dan asam metakrilat, pada saat bahan tersebut diterima di pabrik. Hal ini memungkinkan pabrik untuk menolak bahan baku yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan berdasarkan hasil analisis tersebut.

2. Analisis Produk Setengah Jadi dan Produk Komersial

Analisis dilakukan setiap 4 jam sekali untuk menganalisis kemurnian metil metakrilat diantaranya sebagai berikut.

- Kandungan kemurnian metil metakrilat
- Densitas metil metakrilat

3. Analisis Utilitas

Analisis laboratorium dilakukan terhadap beberapa jenis air dan bahan, diantaranya sebagai berikut.

- Air proses penjernihan: Menganalisis pH, kadar silikat (SiO_2), kalsium (Ca) dalam bentuk CaCO_3 , kadar sulfur (SO_4^{2-}), klor (Cl_2), dan zat padat terlarut.
- Resin penukar anion: Menganalisis tingkat kesadahan dalam bentuk CaCO_3 dan silikat (SiO_2).
- Air bebas mineral: Menganalisis pH, kesadahan, kadar oksigen terlarut, dan kadar besi (Fe).
- Air dalam boiler: Menganalisis pH, zat padat terlarut, kadar besi (Fe), oksigen (O_2), kalsium karbonat (CaCO_3), dan silikat (SiO_2).
- Air minum: Menganalisis pH, kadar klor sisa, dan tingkat kekeruhan.
- Air buangan: Menganalisis pH, kekeruhan, COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), dan kandungan logam besi (Fe).

4.7.2 Alat-alat Laboratorium

Alat-alat laboratorium yang dibutuhkan untuk kebutuhan analisis pada pabrik metil metakrilat diantaranya sebagai berikut.

- pH meter digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan pada air, bahan baku, maupun produk.
- *Gas chromatography* digunakan untuk menentukan komposisi serta kemurnian suatu sampel.
- Spektrofotometri digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu sampel berdasarkan serapan cahaya.
- Termometer digunakan untuk mengukur suhu atau perubahan suhu suatu zat.
- *Hydrometer* digunakan untuk mengukur gravitasi spesifik suatu cairan.
- BOD meter digunakan untuk mengukur kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dalam air.
- *Turbidity* meter digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan pada air.
- Densimeter digunakan untuk mengukur massa jenis suatu sampel.
- *Viscometer* digunakan untuk mengukur tingkat kekentalan suatu cairan.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) adalah suatu upaya perlindungan agar karyawan/tenaga kerja selalu dalam keadaan selamat dan sehat selama melakukan pekerjaannya di tempat kerja termasuk juga orang lain yang memasuki tempat kerja maupun proses produk dapat secara aman dalam produksinya. Oleh karena itu aspek ini harus diperhatikan secara serius dan terpadu.

Sudah saatnya pengusaha dan pekerja serta pihak Depnakertrans sendiri sadar untuk lebih meningkatkan performa K3 di semua organisasi di Indonesia, karena standar K3 di Indonesia terburuk dan angka kecelakaan kerja di Indonesia tertinggi se-Asia Tenggara (Rudjito dan Supriyanto, 2018). Perhatian pada keselamatan dan kesehatan kerja bertujuan:

- Mengontrol semua risiko dan potensi kecelakaan yang menghasilkan kecelakaan dan kerusakan
- Mencegah kecelakaan
- Menghindari kerugian harta dan benda
- Menghindari kerugian bagi perusahaan (Gozan, 2011).

Suatu perusahaan mempunyai kebijakan untuk selalu memperhatikan dan menjamin implementasi peraturan keselamatan, kesehatan dan lingkungan yang meliputi:

- Peningkatan berkelanjutan
- Sesuai dengan aturan dan perundangan keselamatan dan kesehatan yang di tempat kerja yang berlaku
- Mengkomunikasikan ke seluruh karyawan agar karyawan sadar dan mawas diri mengenai kewajiban keselamatan dan kesehatan pribadi
- Dapat diketahui atau terbuka bagi pihak-pihak yang berminat
- Evaluasi berkala untuk mempertahankan agar tetap relevan dan sesuai dengan perusahaan

Perencanaan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya, penilaian, dan pengendalian resiko. Perencanaan harus didokumentasikan dan diperbaharui sesuai dengan keadaan (Gozan, 2011).

Pabrik metil metakrilat mengambil kebijakan dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan keselamatan instalasi peralatan dan karyawan di bawah Unit Inspeksi

Proses dan Keselamatan Lingkungan Manajemen perusahaan sangat mendukung dan ikut berpartisipasi dalam program pencegahan kerugian baik terhadap karyawan, aset perusahaan, terjaganya kegiatan operasi serta keamanan masyarakat sekitar yang diakibatkan oleh keberadaan perusahaan. Pelaksanaan tugas dalam kesehatan dan keselamatan kerja ini berlandaskan atas regulasi berikut.

1. UU No. 1/1970

Mengenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

2. UU No. 40/2004 & PP No. 44/2015

Mengenai Sistem Jaminan Sosial Nasional serta penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja (JKK) dan Jaminan Kematian (JKM), dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia melalui BPJS Ketenagakerjaan, sebagai pengganti ketentuan ganti rugi kecelakaan kerja yang sebelumnya diatur dalam UU No. 2/1951.

3. PP No. 22 Tahun 2021

Mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia sebagai peraturan pelaksana dari UU Cipta Kerja klaster lingkungan hidup, menggantikan ketentuan pokok pengelolaan lingkungan hidup yang sebelumnya diatur dalam PP No. 4/1982.

4. PP No. 22 Tahun 2021

Mengenai ketentuan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) yang dalam peraturan ini nomenklturnya berubah menjadi Persetujuan Lingkungan, dikeluarkan oleh Pemerintah Republik Indonesia menggantikan PP No. 29/1986.

Kegiatan yang dilakukan dalam rangka menciptakan Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup antara lain mengawasi keselamatan jalannya produksi, bertanggung jawab terhadap alat-alat keselamatan kerja, bertindak sebagai instruktur *safety*, membuat rencana kerja pencegahan kecelakaan, membuat prosedur darurat penanggulangan kebakaran dan kecelakaan proses, mengawasi kuantitas dan kualitas bahan buangan pabrik agar tidak berbahaya bagi lingkungan.

Semakin tinggi tingkat keselamatan kerja dari suatu pabrik maka semakin meningkat pula aktivitas kerja para karyawan. Hal ini disebabkan oleh keselamatan kerja yang sudah terjamin dan suasana kerja yang menyenangkan. Untuk mencapai hal tersebut adalah menjadi

tanggung jawab dan kewajiban para perancang untuk merencanakannya. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan pabrik untuk menjamin adanya keselamatan kerja adalah sebagai berikut.

- Penanganan dan pengangkutan bahan menggunakan manusia harus seminimal mungkin.
- Adanya penerangan yang cukup dan sistem pertukaran udara yang baik.
- Jarak antar mesin-mesin dan peralatan lain cukup luas.
- Setiap ruang gerak harus aman dan tidak licin.
- Setiap mesin dan peralatan lainnya harus dilengkapi alat pencegah kebakaran.
- Tanda-tanda pengaman harus dipasang pada setiap tempat yang berbahaya.
- Penyediaan fasilitas pengungsian bila terjadi kebakaran.