

## BAB IV

### UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit utilitas atau unit pendukung proses memegang peran krusial dalam operasional suatu pabrik, karena tanpa keberadaan unit-unit ini, proses produksi tidak dapat berlangsung. Dalam industri kimia, pelaksanaan proses produksi tidak hanya memerlukan bahan baku dan bahan penolong, tetapi juga membutuhkan berbagai bahan pendukung seperti uap (*steam*), listrik, air, bahan bakar, udara bertekanan, dan lain sebagainya (Soetrisnanto & Hargono, 2008).

#### 4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam mencukupi kebutuhan air di pabrik, biasanya industri memanfaatkan sumber mata air seperti air sumur, sungai, danau, hingga air laut. Unit ini bertugas mengelola pasokan air mulai dari tahap pengambilan hingga pengolahan agar siap digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti air proses, sanitasi, air umpan untuk *boiler*, sistem pendingin, dan *hydrant*. Meski demikian, pemanfaatan air laut sebagai sumber air memerlukan biaya lebih besar karena instalasi pengolahan yang dibutuhkan cenderung mahal. Pada pra rancangan pabrik *Phthalic Anhydride* ini, kebutuhan air berasal dari fasilitas PT Krakatau *Industrial Estate* yang menyediakan kebutuhan air bersih sebesar 2000 liter/detik dimana berasal dari PT Krakatau Tirta Industri, sebagai perusahaan penyedia air bersih utama di wilayah Kota Cilegon, memiliki kapasitas suplai yang memadai untuk memenuhi kebutuhan air dalam tahap prarancangan pabrik *Phthalic Anhydride*, yang diperkirakan mencapai 1.389 liter per detik. Selain itu, fasilitas ini juga didukung oleh sumber pasokan alternatif berupa aliran Sungai Cidanau, yang memiliki debit berkisar antara 1.300 hingga 2.000 liter per detik. Pengelolaan terhadap sumber daya air ini sepenuhnya berada di bawah tanggung jawab PT Krakatau Tirta Industri.

PT Krakatau Tirta Industri telah memperoleh kepercayaan luas sebagai penyedia utama air baku di kawasan Cilegon, yang terbukti melalui kemitraannya dengan sejumlah industri besar seperti PT Chandra Asri *Petrochemical*, PT Krakatau *Steel*, PT Asahimas *Chemical*, dan perusahaan lainnya. Selain sektor industri, PT Krakatau Tirta Industri juga menjalin

kolaborasi dengan PDAM Kota Cilegon dalam penyediaan air bersih bagi sejumlah kawasan pemukiman di wilayah tersebut. Reputasi ini menegaskan peran strategis perusahaan sebagai penyokong kebutuhan air industri secara andal. Sebagai langkah mitigasi terhadap potensi kekeringan yang dapat memengaruhi debit air Sungai Cidanau, PT Krakatau Tirta Industri membangun Waduk Nadra (juga dikenal sebagai Waduk Krakatau Tirta Industri) sebagai fasilitas cadangan penyimpanan air baku. Waduk ini memiliki luas sekitar 1 km<sup>2</sup> dan mampu menampung air hingga volume efektif sebesar 3x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>. Untuk menjamin kelancaran distribusi, fasilitas ini dilengkapi dengan lima unit pompa sentrifugal, masing-masing dengan kapasitas 1.850 m<sup>3</sup> per jam. Dengan adanya infrastruktur tersebut, keberlanjutan pasokan air bagi operasional pabrik *Phthalic Anhydride* dapat dipastikan dalam kondisi aman dan stabil. Pemenuhan kebutuhan air di lingkungan fasilitas pabrik yang akan didirikan mencakup berbagai aspek seperti:

#### **4.1.1 Air Umpan Boiler**

Air yang digunakan dalam proses pembangkitan uap untuk mendukung kelangsungan operasi produksi dikenal dengan istilah air umpan *boiler*. Sumber air umpan *boiler* diperoleh dari PT Krakatau *Industrial Estate* Cilegon serta Sungai Cidanau, yang kemudian diolah oleh PT Krakatau Tirta Industri sebagai pasokan cadangan. Selama proses evaporasi dalam ketel uap, uap yang dihasilkan terdiri dari air murni dalam bentuk gas (H<sub>2</sub>O), sedangkan ion-ion terlarut dalam air tidak ikut menguap. Hal ini menyebabkan konsentrasi ion dalam fasa cair (air *boiler*) meningkat secara bertahap. Kualitas air umpan *boiler* sangat dikontrol secara ketat karena meskipun tampak jernih, air hasil dari unit pengolahan umumnya masih mengandung garam-garam, mineral terlarut, maupun zat asam yang berpotensi menimbulkan korosi pada komponen logam di sistem pembangkitan uap. Untuk mencegah akumulasi ion yang berlebihan, sistem *boiler* menerapkan proses *blow-down*, yaitu pembuangan sebagian air *boiler* secara terus-menerus guna mempertahankan kadar ion tetap dalam ambang batas yang diperbolehkan. Dalam pengelolaan air umpan *boiler*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut

- a. Zat-zat yang menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas terlarut seperti  $O_2$ ,  $CO_2$ , dan  $H_2S$ .
- b. Zat yang menyebabkan *foaming* air yang diambil dari proses pemanasan bisa menyebabkan *foaming* pada *boiler* karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat-zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada air yang kadar alkalinitasnya tinggi.
- c. Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*). Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

Dengan demikian, air umpan *boiler* perlu melalui tahap pengolahan lanjutan guna mengontrol keberadaan zat-zat yang berpotensi merugikan sistem. Umumnya, proses ini dilakukan melalui metode demineralisasi dengan menggunakan pertukaran ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan kandungan mineral terlarut, yang kemudian diikuti oleh proses deaerasi dan *stripping* guna mengeluarkan gas-gas terlarut dari air tersebut. Berikut persyaratan Air Umpan *Boiler* pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Persyaratan Air Umpan *Boiler*

| Parameter              | Nilai         |
|------------------------|---------------|
| pH                     | 8,3-10        |
| Kadar $SiO_2$          | Maks 125 ppm  |
| Kadar Fe               | Maks 0,1 ppm  |
| Kadar $O_2$            | Maks 0,007    |
| Total <i>Hardness</i>  | Maks 0,3 ppm  |
| Total alkalinitas      | Maks 700 ppm  |
| Total <i>Solid</i>     | Maks 3500 ppm |
| <i>Suspended Solid</i> | Maks 300 ppm  |

(Branan, 1976)

### **Kebutuhan air umpan *boiler***

Kebutuhan air untuk *steam* berdasarkan neraca panas:

$$\text{Jumlah kebutuhan } \textit{steam} = 165215,4911 \text{ kg/jam}$$

Jumlah *steam* dilebihkan 10% untuk mengatasi terbentuknya uap air saat distribusi *steam*.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan } \textit{steam} &= 165215,4911 \text{ kg/jam} \times 110\% \\ &= 181737,0402 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

Jumlah *makeup water* yang dibutuhkan dibagi dengan densitas air

$$\begin{aligned}\text{Make up water} &= 181737,0402 \text{ kg/jam} : 995,647 \text{ kg/m}^3 \\ &= 182,5316003 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 4380,758406 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air umpan *boiler* saat *start-up*:

$$\begin{aligned}&= \text{Kebutuhan } \textit{steam} + \text{make up water} \\ &= 8363,266048 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Kebutuhan air umpan *boiler* saat normal operasi

$$= 4380,758406 \text{ m}^3/\text{hari}$$

#### **4.1.2 Air Pendingin (*Cooling water*)**

Unit pendingin air berperan dalam menyuplai air yang dibutuhkan untuk proses pendinginan pada peralatan seperti *heat exchanger* dan kondensor. Sistem yang diterapkan merupakan sistem resirkulasi, yang berarti air yang telah digunakan untuk mendinginkan peralatan proses akan dialirkan kembali ke *cooling tower* untuk digunakan ulang. Agar kinerja sistem tetap optimal, air pendingin harus memiliki karakteristik yang tidak bersifat korosif, tidak menyebabkan pembentukan kerak, serta bebas dari mikroorganisme yang dapat

memicu pertumbuhan lumut atau ganggang. Kehilangan air akibat penguapan atau proses lainnya dikompensasi dengan penambahan *make-up water*. Secara umum, terdapat beberapa parameter utama yang harus diperhatikan dalam pengolahan air pendingin, yaitu:

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

Standar industri terhadap air pendingin yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.2

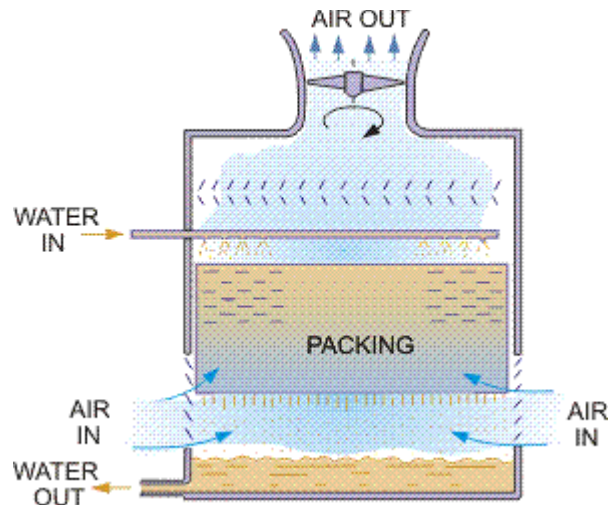
Tabel 4. 2 Syarat Mutu Air Pendingin

| Parameter                     | Air Pendingin            |                      |
|-------------------------------|--------------------------|----------------------|
|                               | <i>Circulating Water</i> | <i>Make up Water</i> |
| pH                            | 6,5 – 8,2                | 6,0 – 8,0            |
| Konduktivitas elektrik (mS/m) | <80                      | <30                  |
| Klorin (mg/l)                 | <200                     | <50                  |
| Sulfat (mg/l)                 | <200                     | <50                  |
| Alkali (mg/l)                 | <100                     | <50                  |
| <i>Total hardness</i> (mg/l)  | <200                     | <70                  |
| Ca <sup>2+</sup> (mg/l)       | <150                     | <50                  |
| Silica (mg/l)                 | <40                      | <30                  |

(*American Society of Mechanical Engineers, 2010*)

. *Cooling tower* merupakan sebuah alat berbentuk menara yang dibangun dengan rangka besi antikarat, berfungsi sebagai sistem untuk menurunkan suhu air. Dalam proses ini, air disemprotkan ke udara yang dihembuskan oleh kipas (*fan*), sehingga terjadi kontak langsung antara air dan aliran udara. Interaksi ini menyebabkan perpindahan panas dari air ke udara melalui mekanisme pelepasan panas laten akibat penguapan sebagian air, sehingga suhu air yang jatuh ke bagian bawah menara menjadi lebih rendah. Air yang telah mengalami proses pendinginan akan dikumpulkan di dalam basin, kemudian digunakan kembali sebagai air pendingin. Volume air dalam basin dijaga agar tetap stabil dengan penambahan *make-up*

water yang berasal dari *reservoir* air bersih. Selanjutnya, air pendingin dari basin dialirkan kembali ke sistem proses pabrik dengan bantuan pompa sirkulasi *cooling water*.



Gambar 4. 1 *Induced Draft Cooling Tower*

Air pendingin harus memiliki karakteristik yang tidak bersifat korosif, tidak menyebabkan pembentukan endapan kerak, serta bebas dari mikroorganisme yang dapat memicu pertumbuhan lumut atau lainnya. Untuk mengatasi hal tersebut, maka air pendingin perlu diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Trisodium Phosphat* berfungsi untuk mencegah terjadinya kerak
- Klorine* berguna untuk membunuh mikroorganisme
- Zat *dispersant* berguna untuk mencegah terjadinya penggumpalan (pengendapan *Phosphate*)

### **Kebutuhan air pendingin**

Kebutuhan air pendingin terdiri dari:

Reaktor (R-201) = 697590,9462 kg/jam

*Heat Exchanger* (HE-301 & HE-303) = 989701,8692 kg/jam

$$\begin{aligned}
\text{Condensor Parsial (CP-301 \& CP-302)} &= 56575,2462 \text{ kg/jam} \\
\text{Flaker (FL-401)} &= 21839,28665 \text{ kg/jam} \\
\text{Total air pendingin} &= 2274927,348 \text{ kg/jam} \\
&= 54836,96165 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 1316087,08 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Diperkirakan jumlah makeup water yang dibutuhkan sebesar 10% untuk mengganti air yang hilang karena penguapan, *entrainment* oleh udara dan *blowdown*.

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah } make \text{ up water} &= 60320,65782 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10\% \\
&= 1447695,788 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air pendingin *start up*

$$\begin{aligned}
&= \text{Jumlah air pendingin} + make \text{ up water} \\
&= 1316087,08 \text{ m}^3/\text{hari} + 1447695,788 \text{ m}^3/\text{hari} \\
&= 2763782,867 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

Kebutuhan air pendingin saat normal operasi

$$\begin{aligned}
&= \text{Jumlah } make \text{ up water} \\
&= 1447695,788 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

#### 4.1.3 Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan sarana dalam pemerintahan kebutuhan pegawai guna memenuhi air yang dibutuhkan. Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/X/2010 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, syarat-syarat air sanitasi adalah sebagai berikut:

- Tidak berbau

- Tidak berwarna
- Warna maksimal 15 TCU (*True Colour Units*)
- Maksimal 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*)
- Jumlah zat padat terlarut maksimum 1000 mg/L
- Temperatur  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  dari temperature udara

Syarat kimia:

- Ph 6,5-8,5
- Tidak mengandung zat kimia beracun dan berbahaya
- Syarat mikrobiologis
- Tidak mengandung bakteri *pathogen*

Kebutuhan Air Sanitasi pada desain proyek pabrik *Phthalic Anhydride* ini meliputi:

#### 1. Air untuk karyawan

Pada pabrik *Phthalic Anhydride* mempunyai total 52 karyawan dengan jam. Oleh karena itu perlu diperhitungkan air untuk karyawan dengan kebutuhan karyawan sebesar 15 liter/hari tiap orangnya dan diketahui densitas air  $997,08 \text{ kg/m}^3$ . Perhitungan air sanitasi :

$$= 15 \text{ liter} \times 52 \text{ orang} = 780 \text{ liter/hari}$$

$$= 780 \frac{\text{liter}}{\text{hari}} \times 997,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{m}^3}{1000 \text{ liter}} = 777,7224 \text{ kg/hari}$$

$$= 32,4051 \text{ m}^3/\text{jam}$$

#### 2. Air untuk laboratorium dan taman

Perhitungan air untuk laboratorium dan taman:

$$= 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 3. Air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Perhitungan air pemadam kebakaran dan cadangan air

$$= 10 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 4. Total Kebutuhan Sanitasi

$$= 942,2771 \text{ m}^3/\text{jam}$$

#### **4.1.1 Air Hydrant**

Air *hydrant* merupakan jenis air yang diperuntukkan secara khusus untuk keperluan pemadaman kebakaran. Ketersediaan air ini menjadi krusial apabila terjadi insiden kebakaran di salah satu area pabrik. Penggunaan air *hydrant* bersifat insidental, yaitu hanya diaktifkan saat keadaan darurat kebakaran terjadi. Dalam implementasinya, distribusi air *hydrant* dilakukan melalui jaringan pipa khusus yang dibentangkan di seluruh area pabrik. Pemasangan pipa ini dirancang pada titik-titik strategis guna memastikan akses yang cepat dan efisien ke seluruh bagian fasilitas. Standar minimum pasokan air hydrant mengharuskan laju alir sebesar 2.400 liter per menit dengan tekanan 3,5 bar, serta kemampuan suplai yang dapat bertahan setidaknya selama 45 menit (SNI 03-1735-2000, 2000).

#### **Kebutuhan Air Total**

Kebutuhan air total dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut:

- Tabel kebutuhan Air Total

Tabel 4. 3 Kebutuhan Air Total

| No           | Keterangan              | Kebutuhan (m <sup>3</sup> /hari) |                  |
|--------------|-------------------------|----------------------------------|------------------|
|              |                         | <i>Start up</i>                  | Normal Operasi   |
| 1            | Air Umpan <i>Boiler</i> | 8363.26                          | 4380.75          |
| 2            | Air Pendingin           | 2763782.86                       | 1447695.78       |
| 3            | Air Sanitasi            | 942.27                           | 942.27           |
| <b>Total</b> |                         | <b>2773088.39</b>                | <b>1453018.8</b> |

#### 4.2 Unit Pengolahan Air

Pengolahan air dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa air memenuhi standar kualitas yang dipersyaratkan untuk digunakan. Proses ini dapat mencakup pengolahan fisika dan kimia, penambahan disinfektan, atau penggunaan *ion exchanger*. Air yang digunakan dalam proses tersebut harus memenuhi kriteria kualitas tertentu, seperti :

a. Sebagai air pendingin

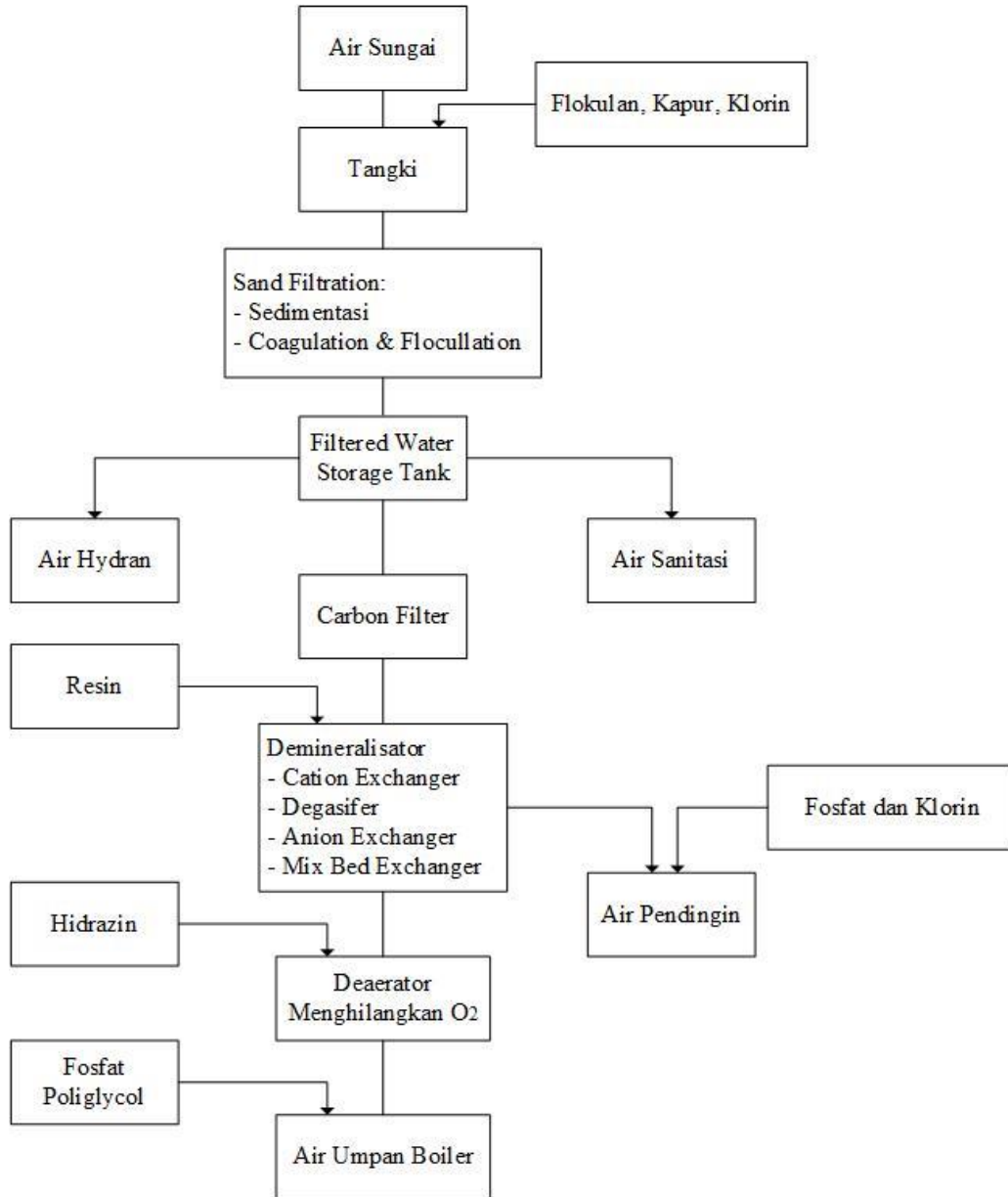
- Bebas dari kotoran yang menyebabkan terjadinya penyumbatan di sepanjang aliran perpipaan dan peralatan
- Tidak mengandung mikroorganisme, zat pencemar, dan binatang sungai lainnya

b. Sebagai air umpan *boiler*

- Bebas dari kotoran yang bisa menyebabkan terjadinya penyumbatan di sepanjang aliran perpipaan dan peralatan.
- Tidak mengandung mikroorganisme, zat pencemar, dan binatang sungai lainnya.
- Bebas dari zat yang dapat menyebabkan kerak
- Mengandung oksigen dalam diperbolehkan

- Mengandung *silica* dalam kadar tertentu yang diperbolehkan.

Diagram alir pengolahan air dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2 dibawah ini :



Gambar 4. 2 Diagram Alir Pengolahan Air Pabrik *Phthalic Anhydride*

## 1. Penjernihan (*Purification*)

Air baku diperoleh dari aliran sungai dan dialirkan dari area terbuka menuju sistem pengambilan air (*water intake system*) yang dilengkapi dengan saringan (*screen*) dan pompa. *Screen* berfungsi untuk menyaring kotoran serta benda asing agar tidak masuk ke pompa hisap (*suction pump*). Setelah disaring, air masuk ke pompa hisap dan diteruskan melalui pipa menuju unit pengolahan air.

Di unit ini, air pertama-tama dialirkan ke tangki sedimentasi guna mengendapkan lumpur atau partikel padat yang dapat menimbulkan *fouling* dalam proses produksi air bebas mineral. Partikel besar disaring, sementara partikel koloidal dihilangkan melalui proses klarifikasi yang melibatkan penyesuaian pH (netralisasi) dan koagulasi. Sebelum air dibuang, dilakukan injeksi bahan kimia seperti larutan alum, kaustik, dan klorin. Pemberian bahan kimia ini dikendalikan secara otomatis supaya sesuai dengan volume air yang diproses. Jumlah bahan kimia yang digunakan disesuaikan dengan kualitas air sungai serta kondisi operasional di lapangan. Berbagai air alami mengandung berbagai jenis dan kadar pengotor yang harus diolah terlebih dahulu. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai:

- a. Padatan terlarut merupakan berbagai jenis zat padat yang telah larut dalam air, yang terdiri dari beragam mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, natrium klorida, natrium sulfat, serta unsur-unsur dalam jumlah kecil seperti besi, mangan, fluorida, aluminium, dan lainnya.
- b. Gas-gas yang terlarut merupakan gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO<sub>2</sub>.
- c. Zat yang tersuspensi dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikro organik, tanah liat serta endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Dalam tahap koagulasi-flokulasi pada proses penjernihan air, digunakan bahan kimia seperti larutan aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), yang berfungsi sebagai koagulan untuk

mengikat partikel tersuspensi halus dalam air. Penambahan soda kaustik (NaOH) berperan sebagai agen pengatur pH untuk memastikan bahwa reaksi koagulasi berlangsung secara optimal pada rentang pH tertentu, biasanya antara 6,5 hingga 7,5. Selanjutnya, disinfektan seperti klorin (Cl<sub>2</sub>) atau kalsium hipoklorit (kaporit, Ca(ClO)<sub>2</sub>) ditambahkan untuk inaktivasi mikroorganisme patogen termasuk bakteri, virus, dan jamur.

Proses kimia tersebut menghasilkan flok (gumpalan partikel halus dan koloid) yang lebih mudah diendapkan atau disaring. Setelah melalui unit koagulasi-flokulasi dan sedimentasi di unit purification, air yang telah mengalami pre-treatment ini dialirkan ke unit filtrasi, yaitu *Sand Filter*. Di unit ini, air disaring secara fisik melalui media pasir silika berlapis untuk menghilangkan sisa partikel tersuspensi dan flok yang belum terendapkan, sehingga menghasilkan air yang jernih dan layak untuk tahap pengolahan selanjutnya atau distribusi.

## 2. Penyaringan (*Filtration*)

Air yang akan digunakan sebagai umpan pada sistem pertukaran ion (*ion exchanger*) harus terlebih dahulu disaring untuk mencegah terjadinya *fouling* pada resin penukar ion akibat kontaminan yang terbawa. Partikel-partikel pengotor tersebut sebagian besar telah direduksi melalui proses koagulasi dalam tahap penjernihan, di mana zat organik, warna, serta mikroorganisme seperti bakteri dieliminasi. Setelah tahap ini, tingkat kekeruhan (*turbidity*) air dikondisikan hingga mencapai 5 ppm atau lebih rendah.

Proses filtrasi selanjutnya menggunakan media pasir (*sand filter*) dalam bentuk silinder vertikal. Filter ini berfungsi untuk menangkap sisa kontaminan yang lolos dari proses penjernihan sebelumnya. Kotoran tersebut akan terakumulasi di permukaan media filter. Saat media filter mencapai titik kejenuhan, dilakukan proses regenerasi melalui metode pencucian balik (*backwashing*) dengan aliran air yang lebih tinggi dari aliran normal filtrasi. *Backwash* bertujuan untuk melepaskan partikel-partikel yang menumpuk di media filter serta memperbaharui kapasitas penyaringan.

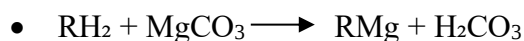
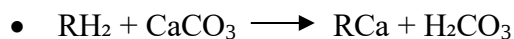
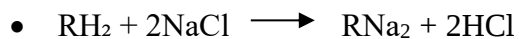
Setelah proses *backwash* selesai dan filter kembali dioperasikan, air hasil filtrasi pada beberapa menit pertama tidak langsung digunakan, melainkan dibuang ke saluran *drainase*. Tujuannya adalah untuk menghilangkan residu partikel padat yang masih tersisa pasca pencucian. Proses *backwash* ini dilakukan secara otomatis apabila terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*) yang signifikan atau telah tercapai batas waktu operasi tertentu.

Selain itu, larutan soda kaustik (NaOH) diinjeksi melalui saluran outlet *sand filter* untuk menyesuaikan pH air yang akan masuk ke tangki penyimpanan air hasil filtrasi. Untuk mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme dalam air hasil filtrasi, dilakukan juga injeksi klorin. Dari tangki penyimpanan ini, air kemudian dialirkan ke berbagai unit pengguna, termasuk *cooling tower*, kebutuhan utilitas umum, sistem pemadam kebakaran (*hydrant*), dan unit demineralisasi.

### 3. Demineralisasi

Fungsi dari demineralisasi adalah mengambil semua ion yang terkandung di dalam air. Air yang telah mengalami proses ini disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) untuk menghilangkan padatan yang terlarut dalam air dan menghasilkan air demin sebagai air umpan *boiler*. Unit penyediaan air bebas mineral terdiri dari penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*).

- a. *Cation Exchanger*, pada penukar kation menggunakan resin yang dirancang menghilangkan atau mengikat ion-ion logam dari air yakni ion-ion positif seperti  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^+$  dan  $Al^{3+}$ , dengan reaksi sebagai berikut :



- Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan asam ( $H_2SO_4$ ), untuk mengikat  $H^+$ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

- $\text{RNa}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{RH}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{RCa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{RH}_2 + \text{CaSO}_4$
- $\text{RMg} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{RH}_2 + \text{MgSO}_4$

b. *Anion Exchanger*

- Air yang keluar dari *cation exchanger* diumpankan ke dalam *anion exchanger* untuk menghilangkan anion anion mineralnya seperti :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  dengan menggunakan resin. Reaksi yang terjadi antara lain:
- $\text{R(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{RSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{R(OH)}_2 + \text{HCl} \longrightarrow \text{RCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{R(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{RCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan basa ( $\text{NaOH}$ ) untuk mengikat ion  $\text{OH}^-$ . Reaksi yang terjadi:
- $\text{RSO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $\text{RCl}_2 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R(OH)}_2 + \text{NaCl}$
- $\text{RCO}_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{R(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$
- Air yang keluar dari unit ini diharapkan mempunyai pH 7-8. Selanjutnya diumpankan ke unit *demineralized water storage* sebagai tempat penyimpanan sementara. Dari tangki air demineralisasi, air didistribusikan ke peralatan proses dan unit deaerasi untuk diproses lebih lanjut menjadi BFW (*Boiler Feed Water*).

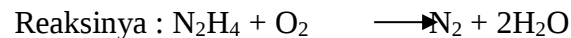
#### 4. Unit Deaerasi

Deaerasi merupakan proses penghilangan gas-gas terlarut yang terdapat pada air keluaran *Ion Exchanger*, untuk air umpan *boiler* yang berasal dari *Demin Water Tank*, gas-gas terlarut harus dihilangkan terutama gas terlarut berupa  $\text{O}_2$ . Penghilangan gas  $\text{O}_2$  tersebut

dilakukan pada *Deaerator*, dengan ditambahkan bahan kimia *hidrazin* ( $N_2H_4$ ) yang akan mengikat gas  $O_2$ .

Proses deaerasi dilakukan dalam dederator dalam 2 tahap yaitu:

- Mekanis : Proses *stripping* dengan *steam* LS dapat menghilangkan oksigen sampai 0,007 ppm
- Kimia : Reaksi dengan  $N_2H_4$  (*hydrazine*) dapat menghilangkan sisa oksigen



Larutan  $Ca(OH)_2$  untuk mengontrol PH, air yang keluar dari *deaerator* mempunyai pH antara 8,5-9,5. Air yang keluar dari deaerator diberi larutan fosfat ( $Na_3PO_4H_2O$ ) untuk mencegah terbentuknya kerak silika dan kalsium pada *steam* drum dan *boiler tube*. Sebelum diumpankan ke *boiler*, air terlebih dahulu diberi *dispersant*.

#### 4.3 Unit Penyediaan Listrik

Pada perancangan pabrik *Phthalic Anhydride*, kebutuhan akan tenaga listrik dipenuhi dari fasilitas yang diberikan oleh PT Krakatau *Industrial Estate* Cilegon yaitu pembangkit listrik sebesar 3.400 MVA dan *generator set* (*genset*) sebagai cadangan. Kebutuhan listrik ini diperuntukkan untuk keperluan proses dan utilitas, penerangan, pendingin ruangan (AC). Laboratorium, bengkel dan *instrumentasi*. Pasokan listrik dari jaringan tegangan menengah adalah 20 kV. Sehingga pabrik harus memiliki trafo (*transformator*) untuk mengubahnya menjadi tegangan rendah 380 volt AC 3 fasa dan 220 volt AC 1 fasa.

Generator yang digunakan adalah generator arus bolak - balik (AC) dengan pertimbangan:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar.
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan *transformator*.

Generator AC yang digunakan jenis generator AC 3 *phase* yang mempunyai keuntungan:

- Tegangan listrik dan daya kerja stabil.
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Motor 3 *phase* harganya relatif murah dan sederhana.

#### 4.1.4 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Berikut merupakan total kebutuhan listrik untuk proses dan listrik untuk utilitas yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Kebutuhan Listrik Proses

| <b>Nama Alat</b>                  | <b>Jumlah</b> | <b>HP</b>      | <b>Total HP</b> | <b>KW</b>      |
|-----------------------------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| Pompa bahan bakar <i>O-xylene</i> | 2             | 1,360          | 2,7200          | 2,0283         |
| Pompa air pendingin               | 2             | 99,34          | 198,68          | 148,16         |
| Pompa umpan destilasi             | 2             | 2,930          | 5,8600          | 4,3699         |
| Pompa <i>reflux</i>               | 2             | 1,2000         | 2,4000          | 1,78971        |
| Pompa umpan <i>flaker</i>         | 2             | 1,0000         | 2,0000          | 1,49142        |
| Kompresor                         | 1             | 5041,2         | 5041,2          | 3759,28        |
| <i>Screw Conveyor</i>             | 1             | 1,0000         | 1,0000          | 0,74571        |
| <i>Bucket Elevator</i>            | 1             | 1,0000         | 1,0000          | 0,74571        |
| Pengaduk reaktor                  | 1             | 10,000         | 10,000          | 7,45712        |
| <b>Total</b>                      | <b>24</b>     | <b>5165,03</b> | <b>5270,86</b>  | <b>3930,54</b> |

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Utilitas

| <b>Nama Alat</b>           | <b>Jumlah</b> | <b>HP</b> | <b>Total HP</b> | <b>KW</b> |
|----------------------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|
| Pompa <i>raw water</i>     | 1             | 5,00      | 5,00            | 3,73      |
| Pompa <i>cooling tower</i> | 1             | 3,00      | 3,00            | 2,24      |

| <b>Nama Alat</b>               | <b>Jumlah</b> | <b>HP</b>    | <b>Total HP</b> | <b>KW</b>     |
|--------------------------------|---------------|--------------|-----------------|---------------|
| Pompa air demineralisasi       | 1             | 2,00         | 2,00            | 1,49          |
| Pompa deaerasi                 | 1             | 2,00         | 2,00            | 1,49          |
| Pompa air sanitasi             | 1             | 2,00         | 2,00            | 1,49          |
| Pompa air proses               | 1             | 2,00         | 2,00            | 1,49          |
| Pompa kondensat                | 1             | 1,00         | 1,00            | 0,75          |
| Pompa <i>make up water</i>     | 1             | 2,00         | 2,00            | 1,49          |
| Pompa hidran                   | 2             | 15,05        | 30,10           | 22,46         |
| Pompa air pendingin            | 2             | 40,88        | 81,76           | 60,99         |
| Pompa <i>boiler feed water</i> | 1             | 3,770        | 3,77            | 2,81          |
| <b>Total</b>                   | <b>13</b>     | <b>78,70</b> | <b>134,63</b>   | <b>100,43</b> |

#### 4.1.1 Kebutuhan Listrik Untuk Pengolahan Limbah

Kebutuhan listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 30 HP

Power yang dibutuhkan = 22.37099615 kW

#### Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan dan Pendingin Ruangan

##### 4.1.1.1 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan

Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan konsep *Luminous Efficacy*, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut :

$$Lumen = Area \times lux$$

Dimana:

Area = Luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m<sup>2</sup>)

*Lux* = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m<sup>2</sup>)

Besarnya *lux* nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai *lux* standar menurut (Perry, 1975). Berikut total kebutuhan penerangan yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Kebutuhan Untuk Penerangan

| <b>Bangunan <i>Indoor</i></b>  | <b>Luas (m<sup>2</sup>)</b> | <b><i>Lux</i> (lumen/m<sup>2</sup>)</b> | <b><i>Lumen</i></b> |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| Pos keamanan                   | 40                          | 100                                     | 4000                |
| Masjid                         | 400                         | 150                                     | 60.000              |
| Laboratorium                   | 400                         | 500                                     | 200.000             |
| Kantor utama                   | 1000                        | 500                                     | 500.000             |
| Bengkel                        | 600                         | 100                                     | 60.000              |
| Koperasi & kantin              | 200                         | 150                                     | 30.000              |
| Gudang                         | 200                         | 100                                     | 20.000              |
| Ruang kontrol                  | 300                         | 500                                     | 150.000             |
| Aula                           | 300                         | 350                                     | 105.000             |
| Perpustakaan & RnD             | 250                         | 300                                     | 75.000              |
| Poliklinik                     | 300                         | 300                                     | 90.000              |
| <b>Total</b>                   | <b>3990</b>                 |                                         | <b>1.294.000</b>    |
| <b>Bangunan <i>Outdoor</i></b> | <b>Luas (m<sup>2</sup>)</b> | <b><i>Lux</i> (lumen/m<sup>2</sup>)</b> | <b><i>Lumen</i></b> |
| Area proses                    | 10000                       | 100                                     | 1.000.000           |
| Area utilitas                  | 3500                        | 100                                     | 350.000             |
| Area parkir                    | 1000                        | 30                                      | 30.000              |
| Area pengolahan limbah         | 1000                        | 100                                     | 100.000             |
| <i>Fire station</i>            | 200                         | 80                                      | 16.000              |
| Taman dan jalan                | 1200                        | 50                                      | 60.000              |

|                |              |    |                  |
|----------------|--------------|----|------------------|
| Area perluasan | 5000         | 20 | 100.000          |
| <b>Total</b>   | <b>21900</b> |    | <b>1.656.000</b> |

Lampu yang direncanakan untuk semua area didalam bangunan menggunakan lampu *Light-emitting Diode (LED) Philips (Helix Spiral Energy Saving Bulb)* 24 watt. Lumen *output* tiap lampu adalah 1.450 lumen (Philips.co.id).

Jumlah lumen didalam ruangan = 1.294.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan =  $1.294.000/1.450$   
= 893 lampu

Area *outdoor* digunakan lampu *Light-emitting Diode (LED) Philips (Helix Spiral Energy Saving Bulb)* 42 watt. *Output* tiap lampu adalah 2.650 lumen (Philips.co.id).

Jumlah lumen diluar ruangan = 1.656.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan =  $1.656.000/2.650$   
= 625 lampu

Total daya penerangan:

*Indoor* =  $(24 \text{ watt} \times 893) = 21.432 \text{ watt} = 21,432 \text{ kW}$

*Outdoor* =  $(42 \text{ watt} \times 625) = 26.250 \text{ watt} = 26,25 \text{ kW}$

Total daya =  $(21,432 + 26,25) \text{ kW} = 47,682 \text{ kW}$

#### 4.1.4.1 Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Ruangan

AC (*air conditioner*) direncanakan akan menggunakan AC 1,5 PK yang *inverter LG D13CMV Hybrid Ultima Series* memerlukan daya listrik sebesar 970 watt (LG, 2018) dan diperkirakan cukup untuk memenuhi ruangan seluas 7x7 meter (49 m<sup>2</sup>), berikut adalah kebutuhan AC dan listrik dalam pabrik. Luas area yang memerlukan AC adalah sebagai berikut pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Kebutuhan Ruangan untuk AC

| <b>Ruangan yang membutuhkan AC</b> | <b>Luas (m<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Pos keamanan                       | 40                          |
| Masjid                             | 400                         |
| Laboratorium                       | 400                         |
| Kantor utama                       | 1000                        |
| Poliklinik                         | 300                         |
| Koperasi & kantin                  | 200                         |
| Gudang                             | 200                         |
| Ruang kontrol                      | 300                         |
| Aula                               | 300                         |
| Perpustakaan & RnD                 | 250                         |
| Total                              | 3.390                       |

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

$$\text{Jumlah AC yang dibutuhkan} = \frac{3390 \text{ m}^2}{49 \text{ m}^2/\text{buah}}$$

$$= 70 \text{ buah}$$

$$\text{Daya AC} = 970 \text{ W/buah}$$

$$\text{Total daya pendingin ruangan} = 70 \text{ buah} \times 970 \text{ W/buah}$$

$$= 67900 \text{ W}$$

$$= 67,9\text{kW}$$

#### 4.1.4.2 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor

Listrik juga diperlukan untuk peralatan kantor seperti *printer*, monitor, komputer pegawai, dan komputer untuk sistem di ruang kontrol. Kebutuhan listrik yang digunakan untuk peralatan kantor adalah 20 kW.

#### 4.1.4.3 Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium, Bengkel dan *Instrumentasi*

Listrik untuk laboratorium, bengkel dan *instrumentasi* diperkirakan 20 kW dan 15 kW (bengkel dan *instrumentasi*). Jadi total kebutuhan listrik ada pada Tabel 4.8:

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Total

| No           | Keterangan                    | Daya (kWh)      |
|--------------|-------------------------------|-----------------|
| 1            | Kebutuhan listrik produksi    | 4.067,000       |
| 2            | Kebutuhan listrik operasional | 125,582         |
| <b>Total</b> |                               | <b>4192,705</b> |

Untuk alasan keamanan, maka jumlah tenaga listrik yang dibutuhkan dilebihkan sebanyak 10%, maka total akhir kebutuhan listrik adalah sebesar:

$$\text{Total} = 110\% \times 4.12,705 \text{ kWh} = 4.611,976 \text{ kWh}$$

#### 4.1.4.4 *Generator*

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

$$\text{Input} = 4.611,976 \text{ kW} / 0,8$$

$$= 5.764,970 \text{ kW}$$

Ditetapkan *input generator* 10.000 kW, sehingga listrik tersedia aktual sebesar 8.000 kW, untuk keperluan lain masih tersedia:

$$= (8000 - 5.764,970) \text{ kW}$$

$$= 2.235,029 \text{ kW}$$

Pada perancangan ini digunakan bahan bakar jenis *Natural Gas* pada generator pada spesifikasi berikut:

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| Jenis bahan bakar         | : Natural gas       |
| Heating valve             | : 22.199,588 BTU/lb |
| Efisiensi generator       | : 80 %              |
| Kapasitas input generator | : 10.000 kW         |
| Listrik tersedia aktual   | : 110% x 4192,705   |
|                           | : 4611,976 kW       |

Kebutuhan bahan bakar untuk *generator*:

$$\begin{aligned}
 M \text{ bahan bakar} &= \frac{Q}{f \times LHV} \\
 &= 5.764,970 / 80\% \times 48123,155 \\
 &= 0.149745225 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Asumsi setiap bulan PT. PLN mengalami listrik padam sekitar 12 jam dalam 30 hari. Maka, dalam 30 hari sekitar 132 jam. Jadi, bahan bakar yang dibutuhkan generator dalam setahun :

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan bakar yang dibutuhkan} &= 132 \text{ jam/tahun} \times 0.149745225 \text{ kg/jam} \\
 &= 19,76636975 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Setiap 2 minggu dilakukan pemanasan generator untuk perawatan selama 5 menit. Maka, dalam 330 hari sekitar 2 jam. Jadi, bahan bakar yang dibutuhkan generator perawatan dalam setahun:

$$\text{Bahan bakar yang dibutuhkan} = 2 \text{ jam/tahun} \times 0.149745225 \text{ kg/jam}$$

$$= 0,299490451 \text{ kg/tahun}$$

Total bahan bakar yang dibutuhkan untuk generator:

$$= 19,76636975 + 0,299490451$$

$$= 20,065860 \text{ kg/tahun}$$

$$= 44,2376 \text{ lb/tahun}$$

#### **Spesifikasi generator:**

Tipe : AC generator

Kapasitas : 10.000 kW

Tegangan : 220/360 volt

Efisiensi : 80 %

Phase : 3

Jumlah : 1 buah

Bahan bakar : Natural gas

Rate bahan bakar : 44,2376 lb/tahun

#### **4.4 Unit Pengadaan Steam**

*Steam* yang digunakan dalam pabrik *Phthalic Anhydride* dipakai untuk mensuplai kebutuhan panas pada beberapa *instrument*. Untuk pabrik ini dibutuhkan *steam* dengan keadaan *high pressure steam* (HPS). Jenis *boiler* yang digunakan adalah *water tube boiler* dengan air umpan *boiler* melalui *tube* dan terjadi pembuatan *steam* pada bagian *tube*.

$$\text{Jumlah kebutuhan steam} = 165215,4911 \text{ kg/jam}$$

$$= 364237,8091 \text{ lb/jam}$$

Jumlah *steam* dilebihkan 10% untuk mengatasi terbentuknya uap air saat distribusi *steam*.

$$\text{Jumlah steam} = 165215,4911 \text{ kg/jam} \times 110\%$$

$$= 181737,0402 \text{ kg/jam}$$

$$= 400661,5900 \text{ lb/jam}$$

Kebutuhan air untuk pembuatan *steam* dipenuhi dari unit pengolahan air demineralisasi (*demineralized water tank*) dan dari kondensat yang dikembalikan ke deaerator.

$$\text{Blowdown} = 400661,5900 \text{ lb/jam} \times 5\%$$

$$= 8013231,801 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Air umpan boiler} = \text{jumlah steam} + \text{blowdown}$$

$$= (400661,5900 + 8013231,801) \text{ lb/jam}$$

$$= 8413893,391 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Kondensat yang kembali} = 90\% \text{ dari steam yang dihasilkan}$$

$$= 90\% \times 8413893,391 \text{ lb/jam}$$

$$= 7572504,052 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Kondensat yang hilang} = 10\% \text{ dari steam yang dihasilkan}$$

$$= 10\% \times 8413893,391 \text{ lb/jam}$$

$$= 841389,391 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Make-up water boiler} = \text{kondensat yang hilang} + \text{blowdown}$$

$$= (841389,391 + 8013231,801) \text{ lb/jam}$$

$$= 8854621,14 \text{ lb/jam}$$

$$\% \text{ make up water} = \frac{\text{makeup water}}{\text{air umpan masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{8854632,14}{8413893,391} \times 100\%$$

$$= 1,052\%$$

$$\% \text{ make up kondensat} = \frac{\text{kondensat kembali}}{\text{air umpan masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{7572504,052}{8413893,391} \times 100\%$$

$$= 0,9\%$$

#### 4.1.5 Menentukan Kapasitas Boiler

$$Q = ms(h_L - h_v)$$

Dengan: Q = kapasitas boiler, BTU/jam

ms = massa steam, lb/jam

$h_L$  = entalpi air umpan boiler (BTU/lb)

$h_v$  = entalpi steam yang dihasilkan (BTU/lb)

(Severn, 1964)

Pada pra-rancangan pabrik *Phthalic Anhydride*, steam yang dihasilkan adalah *saturated steam* dengan temperatur 310°C dan tekanan 97,72 atm. Steam dihasilkan dari 0,9% kondensat dan 1,052% air *make up*. Kondensat kembali pada temperatur 310°C dan air *make up* masuk pada temperatur 30°C, sehingga didapat:

$$h_{L\ 30^\circ\text{C}} = 54,07 \text{ BTU/lb}$$

$$h_{L\ 310^\circ\text{C}} = 1402,40 \text{ BTU/lb}$$

$$h_{v\ 310^\circ\text{C}} = 2730,00 \text{ BTU/lb}$$

(J.M. Smith, H.C. Van Ness, 2005)

$$\begin{aligned}
 h_f &= (0,001052 \times h_{L\ 30^\circ\text{C}}) + (0,09 \times h_{L\ 310^\circ\text{C}}) \\
 &= (0,001052 \times 54,07 \text{ BTU/lb}) + (0,09 \times 1402,40 \text{ BTU/lb}) \\
 &= 126.2728 \text{ BTU/lb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= m_s (h_L - h_f) \\
 &= 8413893,391 \text{ lb/jam} (2730,00 \text{ BTU/lb} - 1402,40 \text{ BTU/lb}) \\
 &= 11170284758 \text{ BTU/jam}
 \end{aligned}$$

Efisiensi *boiler* yaitu 90%, sehingga:

$$Q_{\text{aktual}} = \frac{Q}{\text{Efisiensi}} = \frac{11170284758}{0,9} = 12411427509 \text{ BTU/jam}$$

#### 4.1.6 Menentukan Luas Perpindahan Panas

*Boiler* yang digunakan adalah *boiler* dengan *waste heat boiler* jenis *water tube boiler*, sehingga konversi panas menjadi daya sebagai berikut:

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

(Severn, 1964)

$$HP = \frac{12411427509}{970,3 \times 34,5} = 370763,1887 HP$$

Ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft<sup>2</sup>/HP, sehingga total *heating surface* adalah 370763,1887 ft<sup>2</sup>.

### **Spesifikasi *Boiler***

Tipe : *Water Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Heat Surface : 370763,1887 ft<sup>2</sup>

Tekanan : 97,72 atm

Temperatur : 583,15 K

*Boiler* yang digunakan adalah *boiler* jenis *water tube boiler* karena mempunyai keuntungan sebagai berikut:

- Dapat dioperasikan pada tekanan tinggi (maks 250 bar)
- *Overall Efficiency* dapat mencapai 90% dengan menggunakan *economizer*
- Beban yang fluktuatif dapat dengan mudah ditangani
- Dapat digunakan untuk daya tinggi.

(Kern, 1965)

### **4.5 Unit Pengadaan Bahan Bakar**

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *generator* dan *furnace*.

#### **a. *Generator***

Bahan bakar yang digunakan pada *boiler* dan *generator* adalah *natural gas*. Dipilih *natural gas* karena:

- Nilai kalor cukup tinggi
- Mudah didapat

Kebutuhan bahan bakar untuk *generator* = 44,2376 lb/tahun  
= 20,0658 kg/tahun

b. *Furnace*

Bahan bakar yang digunakan *fuel oil grade I* dengan pertimbangan:

- Nilai kalor yang sangat tinggi
- Kualitas yang baik

**Spesifikasi:**

*Heating valve* : 36.989 kJ/kg

Efisiensi bahan bakar : 75 %

Kebutuhan bahan bakar : 2295,6569 kg/jam

**4.6 Unit Pengadaan Udara Tekan**

Unit pengadaan udara tekan adalah unit yang mengatur udara bertekanan yang digunakan untuk menggerakkan peralatan. Udara tekan tersebut berfungsi sebagai penggerak *instrument* yang sudah berbasis *auto control* dengan sistem gerak menumatik seperti *auto valve* ataupun instrumen lain yang membutuhkan udara tekan untuk menggerakkan instrumennya. Udara tekan yang digunakan untuk *instrument* dipenuhi dengan 2 buah kompresor (*multistage compressor*) yang dapat menghasilkan udara tekan sebesar 6 atm dengan kapasitas 0,02 m/menit yang akan ditampung dalam *reservoir* dan kemudian didistribusikan ke seluruh *instrument* yang berbasis *pneumatic-autocontrol*. *Pre-treatment* udara yang dilakukan untuk pemenuhan kebutuhan udara instrumen dapat dilihat pada skema di Gambar 4.3:



Gambar 4. 3 Skema Pengadaan Kebutuhan Udara Instrumen

Udara yang masuk akan melalui *filter intake* untuk mencegah partikel - partikel debu masuk ke dalam sistem, udara yang telah melalui *filter intake* akan masuk ke dalam kompresor dan selanjutnya akan dinaikan tekanannya dari 1 bar menjadi 6 bar. Udara yang ditekan akan memiliki temperatur yang tinggi sehingga dibutuhkan *aftercooler* yang ditempatkan setelah kompresor. *Aftercooler* juga berfungsi untuk mengembunkan kandungan air yang berada di dalam udara dengan mengambil panas yang terkandung dalam udara hingga sebagian kandungan air yang memiliki fase gas akan berubah fasa menjadi cair. Udara tekan akan ditampung dalam *reservoir* dengan tujuan menjaga kestabilan sebelum didistribusikan ke seluruh instrumen. Untuk mendistribusikan udara *instrument* dibutuhkan tekanan catu udara agar distribusi tekanan sesuai dengan kebutuhan masing - masing *instrument* (agar tidak kurang atau melebihi spesifikasi tekanan pada masing-masing udara *instrument*) didistribusikan menggunakan pipa galvanis *schedule 40* yang memiliki diameter 2 inch dengan material bahan terbuat dari *carbon steel*. Kemudian cabang catu udara akan menghubungkan udara proses dari pipa 2 inch ke pipa 1 inch *schedule 40* dengan material yang sama. *Pressure safety valve* juga dipasang untuk membuang udara *instrument* yang berlebihan.

#### 4.7 Unit Pengolahan limbah

Unit pengolahan limbah bertujuan untuk mengurangi pencemaran dalam limbah sehingga aman untuk dibuang serta sebagai usaha untuk memenuhi baku mutu limbah yang ditetapkan oleh pemerintah menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KMNLH) tentang baku mutu limbah. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *Phthalic Anhydride* antara lain limbah buangan proses, air berminyak dari pompa, dan limbah air buangan sanitasi. Limbah yang dihasilkan oleh pabrik *Phthalic Anhydride* antara lain sebagai berikut :

##### 1. Limbah cair

- Buangan air sanitasi, diolah dengan *screening* dilanjut *treatment* khusus (klorinasi),
- *Backwash filter* air berminyak dari pompa dan kompresor, diolah dengan *biological treatment* dan *polishing unit* (*sand filter* dan *activated carbon*),

- Sisa regenerasi resin, diolah dengan netralisasi (asam–basa ditampung dalam *neutralization tank* dengan kontrol pH otomatis),
- *Blow down cooling tower*, diolah dengan *chemical treatment* (*dechlorination*) dan *neutralization*,
- Limbah cair proses, diolah dengan koagulasi-flokulasi, *activated sudge*, dan *final polishing* (*sand filter*, karbon aktif, dan membran jika diperlukan).

## 2. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik *Phthalic Anhydride* ini tidak berasal dari keberlangsungan proses, melainkan dari kantin dan kantor. Limbah sisa makanan dari kantin dan kertas kantor ini tidak diolah namun langsung dibuang ke TPA.

## 4.8 Unit Pengendali Pencemaran Air dan Udara

Unit pengendali pencemaran air dan udara berfungsi untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat kegiatan produksi. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografik sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan.

### 4.1.7 Pencemaran lingkungan

Limbah menurut UU 32 tahun 2009 adalah:

- Sisa suatu usaha dan atau kegiatan
- Masuknya zat asing ke lingkungan dalam jumlah yang berlebihan sehingga menurunkan kualitas lingkungan

Agar tidak terjadi pencemaran, maka dilakukan treatment terhadap limbah yang merusak lingkungan tersebut untuk menghindari munculnya polutan/cemaran/limbah.

#### 4.1.8 Pengolahan Limbah Gas

Untuk menghindari pencemaran udara dari limbah buangan gas, maka dilakukan proses pengolahan limbah dengan menggunakan *catalytic incinerator*. Pada *catalytic incinerator* ini semua polutan organik dibakar hingga hanya menghasilkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. *Incinerator* ini menggunakan *palladium* dan *platinum* sebagai katalis. Dengan adanya katalis ini, polutan organik akan terbakar dengan penambahan oksigen ke dalam *incinerator* sehingga tidak membutuhkan bahan bakar tambahan. Katalis *palladium* ditempatkan pada bagian atas *bed* yang berfungsi untuk menginisiasi reaksi oksidasi pada suhu yang lebih rendah dari *bed* kedua. Sedangkan *platinum* ditempatkan pada bagian bawah yang merupakan tempat berlangsungnya reaksi oksidasi (*Manual Operating Book, KTIB V BOC Gasses Indonesia*).

Sistem pengolahan limbah gas yang dirancang pada perancangan pabrik *Phthalic Anhydride* in secara umum terdiri dari 2 fasilitas utama, yaitu:

a. *Catalytic Incinerator*

*Incinerator* ini disediakan untuk membuang sejumlah gas gas hasil atas dari *condenser parsial CP - 02*.

b. *Chimney*

*Chimney* adalah bangunan yang menyediakan ventilasi untuk gas buang panas dari unit *fired heater*. *Chimney* berbentuk vertical untuk memastikan gas mengalir dengan baik serta suhu gas mengalir dengan baik serta suhu gas buang direndahkan sampai serendah mungkin untuk mencegah pembentukan NO<sub>x</sub>. Keluaran *chimney* berupa N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O dan O<sub>2</sub>.

#### 4.1.9 Pengolahan Limbah Cair

Secara umum, apabila air limbah yang berasal dari setiap kegiatan pabrik *Phthalic Anhydride* belum memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh pemerintah harus diolah agar dapat dibuang ke lingkungan. Adapun parameter baku mutu limbah cair yang telah ditentukan oleh peraturan pemerintah, yaitu pada Tabel 4.9:

Tabel 4. 9 Parameter Limbah Cair

| Parameter  | Nilai              |
|------------|--------------------|
| COD        | Maks. 100 mg/liter |
| BOD        | Maks. 20 mg/liter  |
| TSS        | Maks. 80 mg/liter  |
| <i>Oil</i> | Maks. 5 mg/liter   |
| pH         | 6,5-8,5            |

Limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik *Phthalic Anhydride* dialirkan menuju *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) yang dikelola oleh PT. Krakatau Steel.

a. Limbah Sanitasi

Limbah sanitasi merupakan limbah hasil pembuangan air yang sudah terpakai untuk keperluan kantor dan pabrik seperti pencucian dan kebutuhan sanitasi lainnya. Penangan limbah ini tidak memerlukan perlakuan khusus karena karakteristik limbah sanitasi di pabrik sama seperti limbah sanitasi rumah tangga pada umumnya. Yang perlu diperhatikan adalah volume limbah buangan yang diijinkan dan kemana limbah sanitasi ini dibuang. Limbah sanitasi juga dapat dimanfaatkan sebagai air untuk menyiram tanaman yang ada di lingkungan pabrik.

b. Air berminyak dari pompa

Air berminyak berasal dari buangan pelumas pada pompa dan alat - alat lainnya yang memakai sistem pelumasan. Perlakuan limbah air yang mengandung minyak dapat dilakukan dengan proses pemisahan berdasarkan perbedaan berat jenis antara minyak dan air, minyak di bagian atas akan dialirkan ke tungku pembakaran sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir dan selanjutnya dialirkan menuju ke WWTP.

- c. Air sisa dari unit demineralisasi dan regenerasi resin

Air sisa dari unit demineralisasi dan regenerasi resin mengandung  $\text{CH}_3\text{OH}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , yang kemudian dinetralkan dalam kolam netralisasi. Netralisasi dilakukan dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , apabila pH larutan bersifat basa sedangkan jika pH larutan bersifat asam maka akan dinetralkan menggunakan  $\text{NaOH}$ .

- d. Air limbah dari laboratorium dan limbah cair proses

Limbah hasil proses yang dihasilkan antara lain berasal dari produk cair dari *cooler*. Limbah cair juga dapat keluar akibat kebocoran pada pompa selama proses berlangsung.

#### **4.1.10 Pengolahan Limbah Padat**

Limbah padat berupa *sludge* yang dihasilkan dari unit pengolahan air dan juga kegiatan rumah tangga (*domestic*). Limbah padat dari unit pengolahan air akan dikurangi kadar airnya sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk. Limbah rumah tangga selanjutnya akan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

### **4.9 Unit Pengolahan Limbah B3**

Tujuan pengelolaan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) adalah untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar sehingga sesuai dengan fungsinya kembali. Pengelolaan Limbah B3 merupakan salah satu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Upaya pengelolaan limbah B3 dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

1. Reduksi limbah dengan mengoptimalkan penyimpanan bahan baku dalam proses kegiatan atau *housekeeping*, substitusi bahan, modifikasi proses, maupun upaya reduksi lainnya.

2. Kegiatan pengemasan dilakukan dengan memberikan simbol atau pelabelan yang menunjukkan karakteristik dan jenis limbah B3 berdasarkan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14/2013 tentang Simbol B3
3. Penyimpanan dapat dilakukan ditempat yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor VI/2014 tentang pengelolaan limbah B3
4. Pengumpulan dapat dilakukan dengan memenuhi persyaratan pada ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 101/2014 tentang Pengelolaan Limbah B3 yang menitikberatkan pada ketentuan tentang karakteristik limbah, fasilitas laboratorium, perlengkapan penanggulangan kecelakaan, maupun lokasi.
5. Kegiatan pengangkutan perlu dilengkapi dengan dokumen pengangkutan dan ketentuan teknis pengangkutan.
6. Upaya pemanfaatan dapat dilakukan melalui kegiatan daur ulang (*recycle*), perolehan kembali (*recovery*) dan penggunaan kembali (*reuse*) limbah B3 yang dihasilkan ataupun bentuk pemanfaatan lainnya.
7. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara thermal, stabilisasi, solidifikasi secara fisika, kimia, maupun biologi dengan cara teknologi bersih atau ramah lingkungan.
8. Kegiatan penimbunan limbah B3 wajib memenuhi persyaratan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 101/2014 tentang Pengelolaan Lambah B3.

Limbah B3 yang dihasilkan akan dikirim ke pihak ketiga (contohnya PT Krakatau *Steel* WWTP) karena untuk pengelolaan limbah B3 (pengumpulan, pemanfaatan, pengolahan, penimbunan, dan dumping limbah B3) dan pembuangan limbah B3 harus memiliki perizinan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sesuai peraturan yang berlaku sehingga pabrik tidak dapat mengelola limbah B3 secara mandiri.

## **4.10 Laboratorium**

### **4.1.11 Peranan Laboratorium**

Laboratorium merupakan bagian yang penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Selain itu, laboratorium juga berperan dalam mengendalikan pencemaran limbah, baik udara maupun limbah cair. Secara garis besar, tugas laboratorium adalah melaksanakan pengamatan bahan baku, bahan pembantu, produk utama dan produk samping agar spesifikasi yang diinginkan dapat terpenuhi. Dengan data-data yang diberikan maka proses produksi akan selalu dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Selain itu juga dapat digunakan untuk menganalisa baku mutu limbah yang keluar dan unit pengolahan limbah, yang ada di pabrik Tugas utama laboratorium, yaitu sebagai berikut:

- Sebagai pengontrol kualitas bahan baku agar sesuai dengan persyaratan yang diperkenankan,
- Sebagai pengontrol kualitas produk agar memenuhi standar atau spesifikasi yang diinginkan,
- Melakukan kontrol dan analisa terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair maupun limbah padat yang dihasilkan oleh unit - unit produksi,
- Melakukan analisa dan kontrol terhadap mutu air, air pendingin, air umpan *boiler* dan lain - lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

Laboratorium kimia merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang proses produksi dan menjaga mutu produk, sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan dari limbah padat, gas maupun cair. Laboratorium memiliki 3 bagian, yaitu:

### 1. Laboratorium Pengamatan (*Quality Control*)

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa secara fisika semua stream yang berasal dari proses produksi serta mengeluarkan *certificate of quality* untuk menjelaskan spesifikasi hasil pengamatan. Jadi, pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku, produk *intermediate* dan produk akhir.

### 2. Laboratorium Analitik dan Gas

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisa sifat sifat dan kandungan kimiawi terhadap bahan baku, bahan penunjang produk *intermediate* dan produk akhir dan analisa air atau gas yang merupakan bahan baku, termasuk kerak dan bahan kimia yang digunakan misalnya zat adiktif.

### 3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan, dan Perlindungan Lingkungan

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait dalam proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian hal-hal yang baru untuk keperluan pengembangan. Selain itu menganalisa pula limbah yang telah diolah melalui unit pengolahan limbah sebelum dibuang ke lingkungan.

#### **4.1.12 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 menganalisa 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 analisa laboratorium.
- Melakukan analisa bahan buangan yang menyebabkan polusi.
- Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi.

Beberapa macam analisa yang dilakukan laboratorium yaitu:

#### 1. Analisa Mutu Bahan Baku

Analisa dilakukan terhadap bahan baku yang digunakan yaitu sodium silikat dan asam sulfat. Analisa dilakukan pada saat bahan datang, sehingga pabrik dapat menolak bahan baku yang akan dibeli apabila hasil analisa tidak memenuhi syarat.

#### 2. Analisa Mutu Produksi Intermediate dan Produk Komersial

Analisa dilakukan setiap 4 jam sekali yaitu analisa kemurnian *Phthalic Anhydride*, meliputi:

- Kandungan *Phthalic Anhydride*
- Kandungan air dengan titrasi Karl Fisher

#### 3. Analisa Utilitas

Analisa Laboratorium dilakukan terhadap:

Air proses penjernihan, yang dianalisa adalah pH silikat sebagai  $\text{SiO}_2$ . Ca sebagai  $\text{CaCO}_3$ , sulfur sebagai  $\text{SO}_4^{2-}$ , klor sebagai  $\text{Cl}_2$  dan zat padat terlarut

- Resin penukar anion, yang dianalisa adalah kesadahan  $\text{CaCO}_3$  dan silikat sebagai  $\text{SiO}_2$ .

- Air bebas mineral, yang dianalisa melalui pH, kesadahan, jumlah O terlarut dan kadar Fe
- Air dalam *boiler*, yang dianalisa meliputi pH, zat padat terlarut, kadar Fe, O<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>
- Air minum, yang dianalisa adalah pH, klor sisa dan kekeruhannya Air buangan, yang dianalisa adalah pH, kekeruhan, COD, BOD dan kandungan logam Fe.

Tabel 4. 10 Parameter Uji Program Laboratorium

| Parameter Uji                                                            | Tujuan Pengujian                                                                                                                                                                                        | Alat Uji                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Analisa Bahan Baku <i>Ortho-Xylene</i>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa kemurnian <i>o-xylene</i>, kadar <i>o-xylene</i></li> <li>• Analisa <i>specific gravity</i></li> </ul>                                                 | GC-MS<br><i>Effusiometer</i>                     |
| Analisa Udara                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa <i>humidity</i> dan temperatur</li> <li>• Analisa <i>specific gravity</i></li> </ul>                                                                   | <i>Hygrometer</i><br><i>Effusiometer</i>         |
| Analisa Setengah Jadi                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa <i>specific gravity</i> keluaran reaktor gas</li> </ul>                                                                                                | <i>Effusiometer</i>                              |
| Analisa Produk <i>Phthalic Anhydride</i>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa kadar air, kadar abu</li> <li>• Analisa kemurnian <i>Phthalic Anhydride</i></li> </ul>                                                                 | Oven<br>GC-MS                                    |
| Analisa Air Sanitasi                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa kekeruhan air</li> <li>• Analisa pH</li> <li>• Analisa kadar TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)</li> <li>• Analisa kandungan logam pada air</li> </ul> | <i>Turbidity</i><br>pH meter<br>TDS meter<br>ASS |
| Analisa BFW ( <i>Boiler feed water</i> ) dan CW ( <i>Cooling Water</i> ) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisa <i>dissolved oxygen</i> (oksigen terlarut dalam air)</li> </ul>                                                                                        | DO Meter<br>BOD Meter                            |

| Parameter Uji | Tujuan Pengujian                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Alat Uji                                                        |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analisa kadar BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)</li> <li>Analisa kadar TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)</li> <li>Analisa pH</li> <li>Analisa kesadahan air</li> <li>Analisa kandungan logam pada air</li> <li>Analisa <i>specific gravity</i></li> </ul> | TDS Meter<br>pH Meter<br><i>Water Hardness</i><br>Testes<br>ASS |

#### 4.1.13 Alat-alat Laboratorium

Alat - alat laboratorium yang dibutuhkan antara lain:

- 1) *Viscosimeter* digunakan untuk mengukur tingkat viskositas.
- 2) pH meter digunakan untuk mengetahui tingkan keasaman dan kebasaan air maupun bahan baku dan produk.
- 3) *Turbidity meter* digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air
- 4) BOD Meter digunakan untuk mengukur kadar BOD dalam air.
- 5) *Hydrometer* digunakan untuk mengukur *specific gravity*.
- 6) Termometer digunakan untuk mengukur suhu (*termperature*) ataupun perubahan suhu.
- 7) Spektrofotometri untuk mengetahui konsentrasi suatu sampel.
- 8) *Gas chromatography* untuk menentukan komposisi suatu sampel.

#### **4.11 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:

- a. Mengontrol semua risiko dan potensi kecelakaan yang menghasilkan kecelakaan dan kerusakan
- b. Mencegah kecelakaan
- c. Menghindari kerugian harta dan benda
- d. Menghindari kerugian bagi perusahaan (Manda Dwipayani Bhastary & Kusri Suwardi, 2018).

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

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

- e. Perencanaan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya, penilaian, dan pengendalian resiko. Perencanaan harus didokumentasikan dan diperbaharui sesuai dengan keadaan (Manda Dwipayani Bhastary & Kusri Suwardi, 2018).

Pabrik *Phthalic Anhydride* 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,

1. UU No. 1/1970

Mengenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

2. UU No. 2/1951

Mengenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.

3. PP No. 4/1982

Mengenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

4. PP No 29 / 1986

Mengenai ketentuan AMDAL. dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.

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 makin 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.

#### **4.12 SMK3 Standar ISO 45001:2018**

ISO (*the International Organization for Standardization*) adalah federasi seluruh dunia dari badan standar nasional (*ISO member bodies*). Pekerjaan mempersiapkan Standar Internasional biasanya dilakukan melalui komite teknis ISO. Setiap badan anggota yang tertarik pada subjek yang telah dibentuk komite teknis memiliki hak untuk diwakili dalam komite tersebut. Organisasi internasional, pemerintah dan non pemerintah, yang bekerja sama dengan ISO, juga ikut serta dalam pekerjaan ini. ISO bekerja sama erat dengan *International Electrotechnical Commission* (IEC) dalam semua hal standarisasi elektroteknik.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 50 tahun 2012 tentang penerapan SMK3 bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

Sedangkan menurut ISO 45001:2018 seperangkat elemen organisasi yang saling terkait untuk menetapkan kebijakan dan tujuan dan proses untuk mencapai kebijakan K3. ISO 45001:2018 adalah standar internasional baru yang menyediakan kerangka kerja, terlepas dari ukuran, aktivitas dan lokasi geografis, untuk mengelola dan terus meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam organisasi.

Standar pendekatan berbasis risiko memperkenalkan struktur umum ‘Annex SL’ yang menyediakan kompatibilitas dengan standar ISO lainnya seperti Sistem Manajemen Mutu ISO 9001, Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001 dan Sistem Manajemen Keamanan Informasi ISO 27001. Dengan mengadopsi pendekatan sistematis termasuk partisipasi pekerja, organisasi dapat mengintegrasikan K3 dalam proses bisnisnya yang akan berkontribusi pada pencegahan kecelakaan dan dampak kesehatan jangka panjang dan jangka pendek yang buruk. Standar ini menyediakan platform untuk mengembangkan budaya keselamatan positif yang mengarah pada kesejahteraan pekerja.

#### **4.13 Fasilitas Pelayanan Kesehatan**

Pelayanan kesehatan dalam suatu pabrik adalah salah satu fasilitas penunjang paling penting. Fasilitas kesehatan yang memadai dapat menunjang kinerja pekerja serta menyelamatkan nyawa dalam situasi yang berbahaya. Adanya fasilitas ini merupakan salah satu tindakan penanggulangan yang bisa dilakukan oleh perusahaan dalam menghadapi kecelakaan kerja. Dengan begitu, angka fatalitas dalam kecelakaan kerja dapat ditekan dan dengan begitu, dapat menekan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Pelayanan kesehatan yang dapat atau wajib disediakan dalam suatu pabrik antara lain:

### 1. Kotak P3K

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

### 2. Petugas P3K

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

### 3. Kendaraan Gawat Darurat

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

### 4. Asuransi Kesehatan

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

### 5. Poliklinik

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

## 6. Tenaga Kesehatan

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

## 7. Pelayanan Kesehatan

Pelayanan kesehatan merupakan salah satu upaya perusahaan untuk memberikan fasilitas kesehatan bagi pekerja. Adapun pelayanan kesehatan yang diberikan antara lain pemeriksaan kesehatan kerja, meliputi pemeriksaan kesehatan sebelum kerja, pemeriksaan kesehatan khusus, dan pemeriksaan kesehatan berkala. serta penanganan kecelakaan kerja.

## 8. Gizi Kerja

Pemenuhan nilai kalori di suatu pabrik pada tenaga kerja harus diperhatikan. Perusahaan sebaiknya mempunyai kantin khusus yang digunakan untuk karyawan dimana kebersihannya harus dijaga oleh petugas kantin. Semua pekerja akan mendapatkan asupan gizi yang lengkap dengan memperhatikan faktor 4 sehat dan 5 sempurna (Manda Dwipayani Bhastary & Kusri Suwardi, 2018).

### **4.14 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik**

Berdasarkan proses produksi yang dilakukan pada pabrik ini, maka dapat diidentifikasi adanya beberapa potensi yang kompleks, mulai dari karakter lingkungan kerja, proses produksi, dan faktor manusia yang memegang peranan penting dalam mengendalikan dan menjalankan proses produksi dengan optimal. Potensi bahaya tersebut yaitu:

#### 1. Terjatuh

Potensi bahaya terjatuh terutama dari tempat yang tinggi sangat membahayakan bagi tenaga kerja yang dapat menyebabkan disabilitas bahkan kematian. Pekerjaan yang mengandung potensi bahaya terjatuh terjadi pada saat bekerja di ketinggian atau pada saat menaiki tangga dan saat pengecekan material di atas truk.

## 2. Kejatuhan Benda

Kejatuhan benda dapat terjadi di beberapa bagian seperti di bagian penyimpanan peralatan kerja karena terdapat rak pekerja untuk menempatkan *wear pack*, sepatu, dan helm. Apabila barang-barang tidak tertata rapi dapat menyebabkan bahaya kejatuhan benda bagi pekerja yang berada di tempat itu.

## 3. Percikan Bahaya Kimia

Tenaga kerja di pabrik pembuatan *Phthalic Anhydride* harus siap siaga sepanjang waktu apabila terjadi kecelakaan, terutama adanya percikan bahan kimia yang berasal dari tumpahan bahan kimia, kebocoran pipa, tangki atau alat, dan juga bahaya pembuangan gas-gas hasil reaksi ke udara.

## 4. Tertabrak

Pabrik merupakan salah satu tempat dimana kendaraan-kendaraan berat seperti truk pengangkut produk atau bahan baku serta *forklift* berada di setiap tempat dan selalu bergerak.

## 5. Terpapar Benda Panas

Panas yang dimaksud di sini bukan berasal dari reaksi/karakteristik bahaya kimia, melainkan berasal dari kehadiran proses pembakaran dan sejenisnya yang menyebabkan tangan harus berdekatan dengan peralatan - peralatan kerja bersuhu tinggi.

## 6. Kebakaran

Bahaya kebakaran dapat terjadi di bagian *maintenance* karena adanya percikan bunga api pada waktu proses mengelas atau memotong besi. Di bagian *warehouse* juga berpotensi terjadi kebakaran karena adanya bahan-bahan mudah terbakar. Konsleting arus listrik juga dapat menyebabkan terjadinya kebakaran.

## 7. Ledakan

Ledakan merupakan suatu potensi bahaya yang dapat merugikan bagi perusahaan karena dalam peristiwa ledakan dengan pelepasan energi panas dapat menimbulkan kebakaran yang

sangat hebat. Salah satu penyebab ledakan yaitu berasal dari bagian kantin apabila tabung elpiji yang digunakan untuk memasak meledak (Pertiwi, 2016).

#### **4.15 Faktor Bahaya di Sekitar Pabrik**

Proses produksi di suatu pabrik juga dapat menimbulkan adanya faktor bahaya yang apabila tidak ditangani dapat mengganggu proses kerja juga dapat mengganggu kesehatan tenaga kerja. Faktor bahaya di pabrik yaitu:

##### **1. Kebisingan**

Kebisingan di suatu pabrik sebagian besar bersumber dari mesin-mesin yang digunakan dalam perusahaan tersebut atau mesin mesin yang berhubungan dengan proses produksi. Tenaga kerja yang bekerja pada area-area yang sangat bising selama 8 jam sehari memiliki faktor bahaya yang sangat besar karena dapat menimbulkan kerusakan pendengaran bahkan tuli. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan menyiapkan *ear plug* pada lokasi-lokasi dengan tingkat kebisingan yang tinggi.

##### **2. Penerangan**

Penerangan di suatu pabrik menggunakan penerangan alami dan buatan, bila penerangan alami sudah cukup memberikan penerangan bagi tenaga kerja maka penerangan buatan atau lampu dimatikan, hal ini bertujuan untuk menghemat energi. Pada beberapa lokasi terdapat bagian-bagian yang perlu penambahan penerangan misalnya di ruang administrasi dan area produksi karena di bagian ini merupakan bagian dimana pekerjaan yang dilakukan membutuhkan ketelitian sehingga dibutuhkan penerangan yang cukup.

##### **3. Getaran**

Getaran bersumber dari mesin-mesin/alat-alat mekanis di pabrik yang dijalankan dengan suatu motor. Getaran mekanis dapat menyebabkan gangguan kenyamanan kerja.

#### 4.16 Sistem Keamanan Kerja

Sistem keselamatan kerja di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari bahaya, untuk itu perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

##### 1. Alat Pelindung Diri

Sistem keselamatan kerja di perusahaan bertujuan untuk memberikan perlindungan bagi pekerja dari bahaya, untuk itu perusahaan menyediakan fasilitas keselamatan untuk tenaga kerja antara lain:

##### a. Helm

Helm merupakan alat pelindung diri yang berfungsi untuk melindungi kepala dari kejatuhan benda keras dan resiko terbentur.

##### b. *Safety Glass*

*Safety glass* merupakan alat pelindung diri yang berfungsi untuk melindungi mata *Safety glass* diperuntukkan bagi tenaga kerja dibagian *maintenance*, *workshop* dan ruang *Quality Control* (QC) atau laboratorium.

##### c. Masker

Masker digunakan untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya yang berada di udara seperti debu, gas-gas beracun, serta korosif.

##### d. Sarung Tangan

Sarung tangan digunakan untuk pekerja yang bekerja dengan bahan secara langsung atau bekerja di tempat yang memiliki potensi untuk memberikan panas atau iritasi pada kulit.

##### e. *Safety Shoes*

*Safety shoes* merupakan alat pelindung diri yang digunakan untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda keras dan tersiram bahan kimia.

## 2. Pengaman Mesin

Di pabrik banyak terdapat mesin besar untuk melakukan proses produksi, oleh karena itu mesin diberi pengaman mesin untuk menghindari terjadinya kecelakaan. Adapun jenis-jenis pengaman mesin antara lain seperti *Safety Guard* atau *Emergency Stop Button*.

## 3. Penanggulangan Kebakaran

Di pabrik, dalam menanggulangi masalah kebakaran dilakukan dengan cara membentuk sebuah tim pemadam kebakaran yang sesuai dengan jumlah tenaga kerja di setiap bagian produksi. Penanggulangan kebakaran yang berada di pabrik berada di bawah SHE (*Safety Health and Environment*). Dalam penanggulangan masalah kebakaran telah dilakukan sistem penanggulangan terpadu dan mandiri yang meliputi:

### a. Sistem Isyarat Bahaya Kebakaran

Sistem isyarat bahaya kebakaran di pabrik berupa *Fire Alarm System* yang ditempatkan di setiap unit dan ketika terjadi kebakaran maka *Fire Alarm System* ini akan berbunyi. Alarm tersebut telah didistribusikan ke setiap bagian dan dipasang di tempat yang mudah dilihat.

### b. Sistem Pemadam Kebakaran

#### ➤ Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Jenis APAR yang digunakan di pabrik yaitu jenis *Foam* dan *Powder*. Syarat-syarat pemasangan APAR yaitu:

1. Tinggi APAR 150 cm dari lantai
2. Jarak antara APAR yang satu dengan yang APAR yang lain kurang lebih 15 meter.
3. Pada setiap APAR terdapat WI (*Work Instruction*) yang tertulis jenis APAR dan tanggal pemeriksaan APAR serta tanggal kadaluarsa APAR yang terlampir.

4. Pada tempat yang digunakan untuk menggantungkan APAR diberi nomor dan diberi keterangan kondisi APAR misalnya kondisi APAR baik dan masih dalam masa berlaku pemakaiannya.

➤ *Hydrant*

*Hydrant* merupakan sistem pemadam kebakaran yang di tempatkan di bagian - bagian strategis di sekitar pabrik. Pemeriksaan *Hydrant* dilakukan 2 minggu sekali oleh petugas *security* yang meliputi pemeriksaan sprayer, nozzle, tanggal kadaluarsa, tekanan air, dan kondisi *Hydrant* itu sendiri. Air yang digunakan untuk *Hydrant* berasal dari air sumur dan tandon.

c. Regu Pemadam Kebakaran

Regu pemadam kebakaran adalah pekerja yang bekerja berdasarkan sistem *shift* dimana setiap *shift* terdiri dari dua orang atau lebih. Yang bertanggung jawab terhadap masalah kebakaran adalah HSE dan *Safety Committee*.

4. Sistem Izin Kerja

Izin kerja di laksanakan dalam rangka menjaga agar pekerjaan yang berisiko tinggi tidak menimbulkan kecelakaan. Pabrik sebaiknya menerapkan sistem izin kerja panas, izin kerja pengelasan, izin kerja ketinggian, izin kerja masuk ruang tertutup, dan izin kerja listrik. Pekerja yang ingin mendapatkan izin kerja tersebut harus meminta izin kerja terlebih dahulu pada atasan/supervisi bagian yang ditunjukkan ke petugas *safety*.

5. Rambu-Rambu dan Poster

Dalam rangka menciptakan lingkungan kerja yang aman maka harus di pasang poster serta rambu-rambu K3 yang di pasang di tempat umum sehingga mudah dilihat oleh seluruh karyawan.

6. *Behavior Based Safety Management (BBSM)*

*Behavior Based Safety Management (BBSM)* secara umum adalah suatu program yang seluruh elemennya bertujuan untuk merubah perilaku pekerja untuk mencegah adanya kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Langkah yang harus dilakukan manajemen perusahaan adalah membuat daftar perilaku pekerja yang bermasalah kemudian memilih pengawas untuk memonitor dan mengikuti aktivitas kerja pekerja, dan selanjutnya monitoring program tersebut dilakukan oleh rekan sekerja mereka masing masing. BBSM memiliki kelemahan yaitu memberikan adanya rasa takut di tempat kerja dan dapat menurunkan semangat pekerja untuk melaporkan akan adanya kecelakaan ataupun penyakit akibat kerja karena takut jika mereka sendirilah yang nantinya akan dipersalahkan oleh pihak manajemen. BBSM mendidik para pekerja untuk bekerja secara aman sebab orang harus dididik untuk mengetahui seluruh resiko yang mungkin dapat terjadi dan diberi alat untuk pengendaliannya yaitu berupa administratif dan *engineering control* agar dapat bekerja dengan selamat BBSM memberikan *reward* pada pekerja yang paling bisa bekerja dengan aman dan menyelesaikan tugasnya dengan menerapkan semua nilai *sufery* dalam hasil kerjanya bukan pada pekerja yang paling cepat menyelesaikan tugasnya. Hasil menunjukkan dari waktu ke waktu manajemen yang menerapkan BBSM angka kecelakaan dan penyakit akibat kecelakaan kerja akan berkurang (Pertiwi, 2016).

#### **4.17 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)**

AMDAL didefinisikan sebagai kajian mengenai dampak besar dan penting suatu usaha dan atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha/kegiatan. Hal-hal yang dikaji dalam proses AMDAL adalah aspek fisik kimia, ekologi, sosial-ekonomi, sosial budaya, dan kesehatan masyarakat sebagai pelengkap studi kelayakan suatu rencana usaha dan/atau kegiatan. Analisis mengenai dampak lingkungan hidup di satu sisi merupakan bagian studi kelayakan untuk melaksanakan suatu rencana usaha dan/atau kegiatan, di sisi lain merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk mendapatkan izin melakukan usaha dan/atau kegiatan. Berdasarkan analisis ini dapat diketahui secara lebih jelas dampak besar dan penting terhadap lingkungan hidup, baik dampak negatif maupun dampak positif yang akan timbul. Berikut persyaratan air baku pada Tabel 4.11 dan baku mutu air Sungai Cidanau pada Tabel 4.12

Tabel 4. 11 Persyaratan Air Baku

| No              | Parameter                            | Satuan | Persyaratan                        | Teknik Pengujian |
|-----------------|--------------------------------------|--------|------------------------------------|------------------|
| FISIKA          |                                      |        |                                    |                  |
| 1               | Bau                                  | -      | Tidak berbau                       | Organoleptik     |
| 2               | Rasa                                 | -      | Normal                             | Organoleptik     |
| 3               | Warna                                | TCU    | Maks.15                            | Spektrofotometri |
| 4               | Total Padatan Terlarut (TDS)         | mg/l   | Maks. 1000                         | Gravimetri       |
| 5               | Kekeruhan                            | NTU    | Maks.5                             | Spektrofotometri |
| 6               | Suhu                                 | °C     | Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$ | Termometer       |
| KIMIA           |                                      |        |                                    |                  |
| 7               | Besi (Fe)                            | mg/l   | Maks 0,3                           | AAS              |
| 8               | Kesadahan sebagai $\text{CaCO}_3$    | mg/l   | Maks. 500                          | Titrimetri       |
| 9               | Klorida (Cl)                         | mg/l   | Maks. 250                          | Argentometri     |
| 10              | Mangan (Mn)                          | mg/l   | Maks 0,1                           | AAS              |
| 11              | pH                                   | -      | 6.5-8.5                            | pH meter         |
| 12              | Seng (Zn)                            | mg/l   | Maks.8                             | AAS              |
| 13              | Sulfat ( $\text{SO}_4$ )             | mg/l   | Maks.250                           | pH meter         |
| 14              | Tembaga(Cu)                          | mg/l   | Maks.1                             | AAS              |
| 15              | Klorin ( $\text{Cl}_2$ )             | mg/l   | Maks.5                             | Spektrofotometri |
| 16              | Amonium ( $\text{NH}_4$ )            | mg/l   | Maks 0,15                          | AAS              |
| KIMIA ANORGANIK |                                      |        |                                    |                  |
| 17              | Arsen (As)                           | mg/l   | Maks 0,01                          | Titrimetri       |
| 18              | Flourida (F)                         | mg/l   | Maks 1,5                           | Argentometri     |
| 19              | Krom heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) | mg/l   | Maks 0,05                          | AAS              |
| 20              | Kadmium (Cd)                         | mg/l   | Maks 0,003                         | pH meter         |

| No           | Parameter                 | Satuan    | Persyaratan | Teknik Pengujian |
|--------------|---------------------------|-----------|-------------|------------------|
| 21           | Nitrat (NO <sub>3</sub> ) | mg/l      | Maks 50     | AAS              |
| 22           | Nitrit (NO <sub>2</sub> ) | mg/l      | Maks 3      | pH meter         |
| 23           | Sianida (CN)              | mg/l      | Maks 0,07   | Destilasi        |
| 24           | Timbal (Pb)               | mg/l      | Maks 0,01   | AAS              |
| 25           | Raksa (Hg)                | mg/l      | Maks 0,001  | AAS              |
| MIKROBIOLOGI |                           |           |             |                  |
| 26           | <i>E. Coli</i>            | APM/100ml | negatif     | MPN              |
| 27           | Total Bakteri Koliform    | APM/100ml | negatif     | MPN              |

Tabel 4. 12 Baku Mutu Air Sungai Cidanau

| No | Parameter                           | Satuan | Persyaratan |
|----|-------------------------------------|--------|-------------|
| 1  | pH                                  |        | 7,17        |
| 2  | COD                                 | mg/L   | 28,22       |
| 3  | BOD                                 | mg/L   | 10,23       |
| 4  | TDS                                 | mg/L   | 345,5       |
| 5  | TSS                                 | mg/L   | 10          |
| 6  | Amonium (NH <sub>4</sub> )          | mg/L   | 0,18        |
| 7  | Kekeruhan                           | NTU    | 3           |
| 8  | Kesadahan sebagai CaCO <sub>3</sub> | mg/L   | 300         |