

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau biasa disebut dengan utilitas dalam suatu pabrik memiliki fungsi yang sangat penting, karena tanpa unit-unit utilitas maka proses produksi tidak akan bisa dijalankan (Soetrisnanto & Hargono, 2008). Pada suatu industri kimia, untuk menjalankan suatu proses produksi diperlukan suatu bahan baku dan bahan penolong serta bahan penunjang seperti steam, listrik, air, bahan bakar, udara tekan dan lain sebagainya.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam memenuhi kebutuhan air, suatu industri pada umumnya menggunakan air sumur, air sungai, air danau maupun air laut sebagai sumber untuk mendapatkan air. Unit ini berfungsi untuk menyediakan kebutuhan air mulai dari pengadaan dan pengolahannya hingga siap digunakan sebagai air proses, air sanitasi, air untuk umpan *boiler*, air pendingin dan air *hydrant*. Namun, penggunaan air laut tentunya memerlukan biaya yang lebih mahal untuk membangun instalasi utilitas pengolahan air. 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 yang merupakan perusahaan pemroduksi air bersih terbesar di Kota Cilegon dimana kebutuhan prarancangan pabrik *Phthalic Anhydride* ini sebesar 990 liter/detik. Selain itu, pabrik *Phthalic Anhydride* ini juga memiliki sumber air cadangan yang diperoleh dari sungai Cidanau dengan debit air sebesar 1.300-2.000 liter per detik dimana pengelolaannya juga dilakukan oleh PT Krakatau Tirta Industri.

PT . Krakatau Tirta Industri juga sudah dipercaya oleh beberapa industri di daerah Cilegon sebagai penyedia air baku untuk industri seperti PT. Chandra Asri Petrochemical, PT. Krakatau Steel, PT. Asahimas Chemical, dan lain - lain. Selain itu, PDAM Kota Cilegon juga sudah bekerjasama dengan PT. Krakatau Tirta Industri untuk penyediaan air bersih Bagi beberapa kawasan perumahan di daerah Cilegon. Sehingga PT Krakatau Tirta Industri sudah dipercaya sebagai penyedia air baku untuk kebutuhan industri. Untuk mengantisipasi kekeringan yang melanda sungai Cidanau, PT Krakatau Tirta Industri membangun Waduk Nadra (Waduk Krakatau Tirta Industri) sebagai cadangan air baku, dengan luas waduk sebesar 1 km Waduk Nadra memiliki kapasitas penyimpanan efektif sebesar 3 juta m³, waduk juga dilengkapi dengan 5 buah pompa sentrifugal dengan kapasitas masing-masing sebesar 1.850 m³/jam .

Tabel 4. 1 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 ₄)	mg/L	0,18
7	Kekeruhan	NTU	3
8	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/L	300

Dengan demikian dirasa pasokan air untuk keperluan pabrik *Phthalic Anhydride* ini aman dan tidak kekurangan. Pabrik akan didirikan di air yang diperlukan di lingkungan pabrik meliputi :

4.1.1 Air Umpan Boiler

Air yang digunakan untuk menghasilkan *steam* untuk kelangsungan proses biasanya disebut air umpan *boiler*. Air yang digunakan sebagai umpan *boiler* diperoleh dari PT. Krakatau Industrial Estate Cilegon dan sungai Cidanau yang diolah oleh PT. Krakatau Tirta Industri yang digunakan sebagai cadangan air. Pada proses penguapan dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah air murni dalam fasa uap (H₂O) dimana ion-ion yang terkandung dalam air boilemya tidak turut menguap sehingga konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air *boiler*) semakin lama akan semakin tinggi. Air untuk umpan *boiler* memiliki persyaratan yang sangat ketat. Meskipun terlihat jernih, tetapi pada umumnya air hasil dari unit pengolahan air masih mengandung garam atau mineral mineral terlarut dan asam yang dapat merusak logam pada sistem pembangkit *steam*. Pengendalian ion-ion dalam air *boiler* tersebut pada sistem *boiler* dilakukan dengan membuang sebagian dari air *boiler* secara kontinyu dimana disebut dengan *blow-down* dengan tujuan untuk menjaga agar ion-ion yang ada dalam air *boiler* tidak melebihi batasan-batasan yang telah ditentukan Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah sebagai berikut

- Zat-zat yang menyebabkan korosi. Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan air mengandung larutan-larutan asam, gas terlarut seperti O₂, CO₂, dan H₂S.
- 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.

- Zat yang menyebabkan kerak (*scale forming*). Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silikat.

Oleh karena itu air umpan *boiler* harus melewati pengolahan lebih lanjut untuk mengendalikan jumlah zat-zat tersebut. Umumnya air umpan *boiler* diolah dengan cara demineralisasi menggunakan *ion-exchange* dan dilanjutkan dengan proses deaerasi dan stripping untuk menghilangkan gas terlarut.

Tabel 4. 2 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 ppm
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:

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kebutuhan steam} &= 182.891,0530 \text{ kg/jam} \\
 &= 182,891 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 4.389,384 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan steam} &= 4.389,384 \text{ m}^3/\text{hari} \times 110\% \\
 &= 4.828,322 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Jumlah makeup water yang dibutuhkan sebesar 5% karena adanya blowdown. Blowdown bertujuan untuk menjaga agar ion-ion yang ada didalam air boiler tidak melebihi batas yang telah ditentukan

$$\begin{aligned}\text{Make up water} &= 4.828,322 \times 5 \% \\ &= 241,42 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air umpan boiler saat start-up:

$$\begin{aligned}&= \text{Kebutuhan steam} + \text{make up water} \\ &= 4.828,322 \text{ m}^3/\text{hari} + 241,42 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 5.069,742 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Kebutuhan air umpan boiler saat normal operasi = 241,42 m³/hari

4.1.2 Air Pendingin (*Cooling water*)

Unit air pendingin berfungsi untuk menyediakan air pendingin yang diperlukan pada alat *heat exchanger* dan *condenser*. Sistem yang digunakan adalah *recirculating system*, artinya setelah air digunakan untuk mendinginkan alat-alat proses, air tersebut disirkulasi kembali ke *cooling tower*. Air pendingin harus mempunyai sifat tidak korosif, tidak menimbulkan kerak, dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Air yang hilang perlu diganti dengan menambahkan *make up water*. Secara umum, parameter penting yang menjadi pertimbangan dalam pengolahan air pendingin yaitu :

- Konduktivitas (mengindikasikan jumlah dissolve mineral dalam air)
- pH (mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan air)
- Alkalinitas (berupa ion karbonat dan ion bikarbonat)
- 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

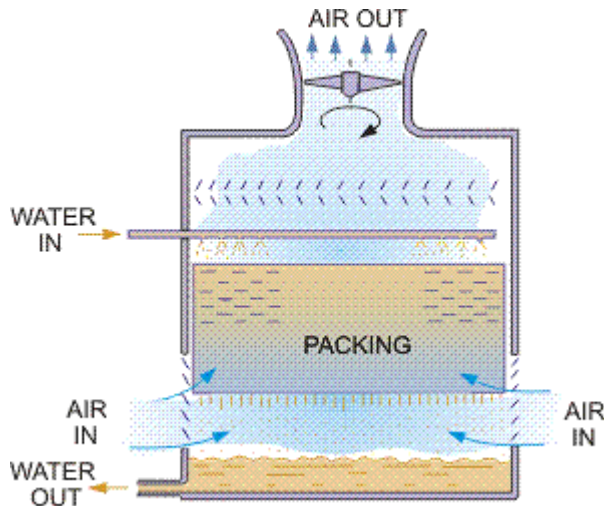
Tabel 4. 3 Syarat Mutu Air Pendingin

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 ²⁺ (mg/l)	<150	<50
Silica (mg/l)	<40	<30

(ASME Water Quality Standard, 2016)

Cooling tower adalah suatu menara yang terdiri dari kerangka besi anti karat. Air yang akan diturunkan suhunya dipercikan dengan udara yang ditiup fan. Kontak air dengan aliran udara mengakibatkan terjadinya proses pengambilan panas dari air oleh udara dan terjadi proses penguapan sebagian air dengan melepas panas laten yang akan mendinginkan air yang jatuh ke bawah. Air yang telah didinginkan selanjutnya ditampung di basin dan dipergunakan kembali sebagai air pendingin. Ketinggian airnya dijaga tetap dengan menambahkan air make up dari penampung air bersih. Air pendingin dari basin dikirim kembali untuk mendinginkan proses di pabrik menggunakan pompa sirkulasi *cooling water*.



Gambar 4. 1 Induced Draft Cooling Tower (Singham, 1990)

Air pendingin harus memiliki sifat-sifat yang tidak korosif, tidak menimbulkan kerak dan tidak mengandung mikroorganisme yang dapat menimbulkan lumut. Untuk mengatasi hal tersebut, maka air pendingin perlu diinjeksikan bahan-bahan kimia sebagai berikut:

- Trisodium Phosphat* berguna 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)	= 570.553,1433 kg/jam
Heat Exchanger (HE-301 & HE-303)	= 734.257,9851 kg/jam
Condensor Parsial (CP-301 & CP-302)	= 713.642,0121 kg/jam
Flaker (FL-401)	= 52.312,7099 kg/jam
Total air pendingin	= 2.070.765,8504 kg/jam
	= 2.070,766 m ³ /jam
	= 49.698,384 m ³ /hari

Diperkirakan jumlah makeup water yang dibutuhkan sebesar 5% untuk mengganti air yang hilang karena penguapan, *entrainment* oleh udara dan *blowdown*.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah make up water} &= 49.698,384 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5\% \\ &= 2.484,919 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air pendingin start up

$$\begin{aligned}&= \text{Jumlah air pendingin} + \text{make up water} \\ &= 49.698,384 \text{ m}^3/\text{hari} + 2.484,919 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 52.183,303 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Kebutuhan air pendingin saat normal operasi

$$\begin{aligned}&= \text{Jumlah make up water} \\ &= 2.484,919 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

4.1.3 Air Sanitasi

Air sanitasi adalah air yang dibutuhkan untuk sarana dalam pemerintahan kebutuhan pegawai. 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*)

- d. maksimal 5 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*)
- e. Jumlah zat padat terlarut maksimum 1000 mg/L
- f. Temperatur $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari temperature udara

Syarat kimia:

- a. Ph 6,5-8,5
- b. Tidak mengandung zat kimia beracun dan berbahaya
- c. Syarat mikrobiologis
- d. 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 218 karyawan dengan jam kerja karyawan 8 jam/hari. Oleh karena itu perlu diperhitungkan air untuk karyawan dengan kebutuhan karyawan sebesar 120 liter/hari tiap orangnya dan diketahui densitas air $997,08 \text{ kg/m}^3$. Perhitungan air sanitasi :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{120}{24} \times 218 \text{ orang} \times \frac{8}{24} = 363,33 \text{ liter/jam} \\
 &= 363,33 \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \times 997,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ liter}} = 362,269 \text{ kg/jam} \\
 &= 8,694 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2. Air untuk laboratorium dan taman

Perhitungan air untuk laboratorium dan taman:

$$\begin{aligned}
 &= 0,2 \times 362,269 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} = 72,453 \text{ kg/jam} \\
 &= 1,739 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. Air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air

Perhitungan air pemadam kebakaran dan cadangan air

$$\begin{aligned}
 &= 1,4 \times (362,269 + 72,453) = 608,61 \text{ kg/jam} \\
 &= 14,61 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

4.1.4 Air Hydrant

Air *hydrant* adalah air yang digunakan sebagai air pemadam kebakaran. Kebutuhan air *hydrant* sangat diperlukan jika terjadi kebakaran pada salah satu bagian dari pabrik. Dalam penggunaannya, air *hydrant* bersifat *incidental* atau hanya saat terjadi kebakaran. Dalam prakteknya, air *hydrant* disalurkan melalui pipa air *hydrant* yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa air *hydrant* dipersiapkan pada lokasi yang strategis dengan tujuan utama yaitu kemudahan pencapaian seluruh lokasi pabrik. Persyaratan pasokan air *hydrant* yaitu harus sekurang-kurangnya 2400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar, serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit (SNI 03-1735 2000).

Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Total

No	Keterangan	Kebutuhan (m ³ /hari)	
		Start up	Normal Operasi
1	Air Umpan Boiler	5.069,742	241,42
2	Air Pendingin	52.183,303	2.484,919
3	Air Sanitasi	25,043	25,043
Total		57.278,088	2.751,382

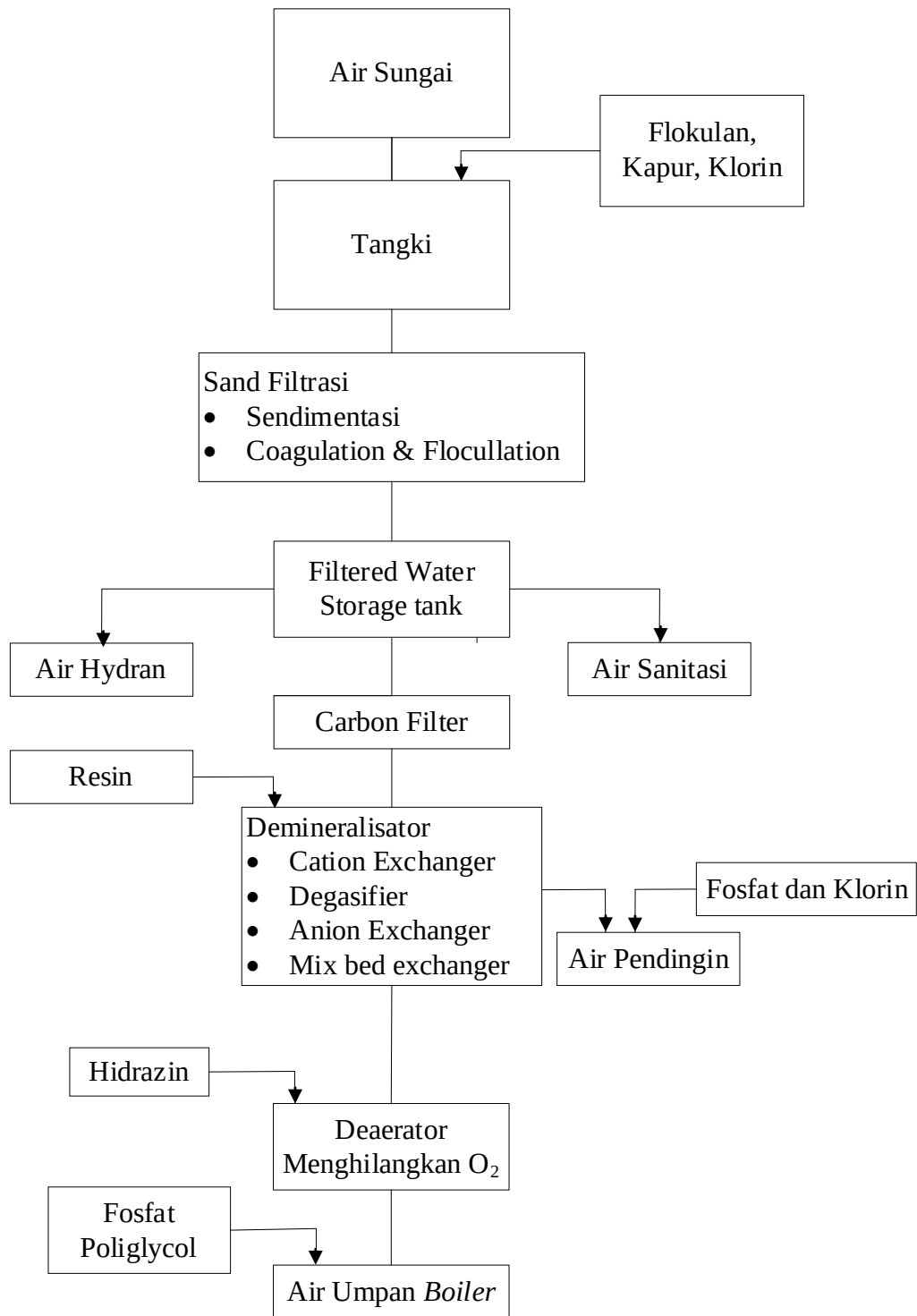
4.1.4 Unit Pengolahan Air

Pengolahan bertujuan untuk memenuhi syarat-syarat air untuk dapat digunakan. Pengolahan tersebut dapat meliputi pengolahan secara fisik dan kimia, penambahan desinfektan maupun dengan penggunaan *ion exchanger*. Air yang digunakan dalam proses harus memenuhi beberapa persyaratan kualitas, yaitu :

- 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
- 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 dibawah ini



Gambar 4. 2 Diagram Alir Pengolahan Air Pabrik Phthalic Anhydride

a. Penjemihan (*Purification*)

Bahan baku air diambil dari badan air sungai. Air dialirkan dari daerah terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan pompa. *Screen* dipakai untuk memisahkan kotoran dan benda-benda asing pada aliran *Suction* pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *Suction* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air

Air masuk ke dalam tangki sedimentasi untuk mengendapkan dan memisahkan lumpur yang mungkin terbawa, yang dapat menyebabkan gangguan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel yang besar dihilangkan dengan penyaringan, tetapi koloidal yang ada dilepas melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan (*coagulation*) dan sebelum dikeluarkan dilakukan injeksi larutan alum, kaustik, dan klorin. Jumlah aliran bahan kimia yang masuk dikontrol secara otomatis sebanding dengan jumlah air yang masuk. Jumlah injeksi bahan kimia tergantung dan mutu air sungai dan keadaan operasi di lapangan. Semua air alam mengandung bermacam-macam jenis dan jumlah pengotor. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai:

1. Padatan yang terlarut Zat-zat padat yang terlarut terdiri dari bermacam-macam komposisi mineral-mineral seperti kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalsium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat dan sejumlah kecil besi, mangan, florida, aluminium, dan lain-lain.
2. Gas-gas yang terlarut Gas-gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang, seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen dan CO₂.
3. Zat yang tersuspensi Dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikro organik, tanah liat dan endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Pada proses penjernihan air ini digunakan bahan kimia seperti Larutan Alum (Alumunium Sulfat), Soda Kaustik (NaOH), dan Klorin/Kaporit. Bahan kimia tersebut berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floculant*). pengatur pH, membunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme sehingga dapat memepermudah pembentukan flok. Air sungai yang telah di-*treatment* pada unit *purification*, selajutnya diolah pada unit filtrasi yaitu pada Sand Filter.

b. Penyaringan (Filtration)

Air yang dipersiapkan sebagai bahan baku untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa.

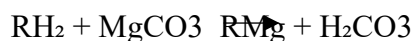
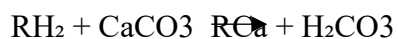
Sejumlah kotoran yang terbawa dikoagulasikan pada proses penjenihan. Bahan akan dihilangkan termasuk bahan organik, warna dan bakteri. Air yang telah mengal proses penjernihan turbiditasnya menjadi 5 ppm atau lebih rendah. Selama operasi dari filter, kotoran yang masih terbawa pada air setelah mengalami proses penjernihan akan terlepas oleh filter dan terkumpul pada permukaan bed.

Penyaringan ini menggunakan media pasir atau sand filter berbentuk silinder vertikal. Bila sand filter ini telah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi, dengan cara cuci aliran balik (*backwash*) dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan untuk melepaskan kotoran dari permukaan filter dan untuk memperluas bidang penyaringan. Setelah *backwash* dan filter dioperasikan kembali, air hasil saringan untuk beberapa menit pertama dikirim ke pembuangan, hal ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda - benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dibuang. *Backwash* filter secara otomatis terjadi bila hilang tekan tinggi (*high pressure drop*) tercapai atau waktu operasi (*duration time*) tercapai. Larutan kaustik diinjeksikan melalui pipa (*line header outlet*) dari sand filter untuk mengatur pH dari produk air filter yang masuk ke tangki penyimpanan air filter. Untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme yang ada dalam air filter dilakukan injeksi klorin Dari tangki air filter, air didistribusikan ke *cooling tower*, keperluan air umum, air *hydrant*, dan unit demineralisasi.

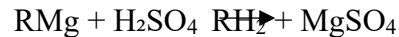
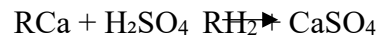
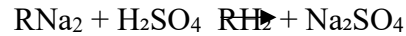
c. Demineralisasi

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*).

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

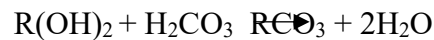
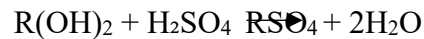


Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan asam (H_2SO_4), untuk mengikat H^+ . Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



- *Anion Exchanger*

Air yang keluar dari kation *exchanger* diumpankan ke dalam anion *exchanger* untuk menghilangkan anion anion mineralnya seperti : HCO_3^- , SiO_3^{2-} , Cl^- , NO^- , CO_3^{2-} dengan menggunakan resin. Reaksi yang terjadi antara lain:



Resin yang telah jenuh diregenerasi menggunakan larutan basa (NaOH) untuk mengikat ion OH^- . Reaksi yang terjadi:



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 O_2 . Penghilangan gas O_2 tersebut dilakukan pada *Deaerator*, dengan ditambahkan bahan kimia *hidrazin* (N_2H_4) yang akan mengikat gas O_2 . Proses deaerasi dilakukan dalam deaerator 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
Reaksinya : $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O$

- 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 ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$) untuk mencegah terbentuknya kerak silika dan kalsium pada *steam* drum dan *boiler* tube Sebelum diumpankan ke *boiler*, air terlebih dahulu diberi *dispersant*.

4.1.5 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 tegangan) 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:

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

4.1.5.1 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Tabel 4. 5 Kebutuhan Listrik Proses

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP	KW
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
Total	24	5165,03	5270,86	3930,54

Tabel 4. 6 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP	KW
Pompa <i>raw water</i>	1	5,00	5,00	3,73
Pompa <i>cooling tower</i>	1	3,00	3,00	2,24
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
Total	13	78,70	134,63	100,43

4.1.5.2 Kebutuhan Listrik Untuk Pengolahan Limbah

Kebutuhan listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 30 HP

Power yang dibutuhkan = 30 HP x 0,746 = 26,099 kW

4.1.5.3 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan dan Pendingin Ruangan

4.1.5.3.1 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 (m²)

Lux = Kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Besarnya *lux* nilainya berbeda tergantung pada area yang akan diberi penerangan Dalam perancangan ini digunakan nilai *lux* standar menurut Perry, 1758.

Tabel 4. 7 Kebutuhan Untuk Penerangan

Bangunan Indoor	Luas (m ²)	Lux (lumen/m ²)	Lumen
Pos keamanan	80	100	8.000
Masjid	800	150	120.000
Laboratorium	800	500	400.000
Kantor utama	2.000	500	1000.000
Bengkel	1.200	100	120.000
Koperasi & kantin	400	150	60.000
Gudang	400	100	40.000
Ruang kontrol	600	500	300.000
Aula	600	350	210.000
Perpustakaan & RnD	500	300	150.000
Poliklinik	600	300	180.000
Total	7.980		2.588.000

Bangunan <i>Outdoor</i>	Luas (m²)	Lux (lumen/m²)	Lumen
Area proses	20.000	100	2.000.000
Area utilitas	7.000	100	700.000
Area parkir	2.000	30	60.000
Area pengolahan limbah	2.000	100	200.000
<i>Fire station</i>	400	80	32.000
Taman dan jalan	2.400	50	120.000
Area perluasan	10.000	20	200.000
Total	43.800		3.312.000

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 = 2.588.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = 2.588.000/1.450

= 1.785 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 = 3.312.000 lumen

Jumlah lampu yang dibutuhkan = 3.312.000/2.650

= 1.250 lampu

Total daya penerangan:

Indoor = (24 watt x 1.785) = 42.840 watt = 42,84 kW

Outdoor = (42 watt x 1.250) = 52.500 watt = 52,50 kW

Total daya = (42,84 + 52,50) kW = 95,34 kW

4.1.5.3.2. 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 m²), berikut adalah kebutuhan AC dan listrik dalam pabrik. Luas area yang memerlukan AC adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Kebutuhan Ruangan untuk AC

Ruangan yang membutuhkan AC	Luas (m ²)
Poliklinik	600
Kantor utama	2.000
Ruang kontrol	600
Perpustakaan & RnD	500
Laboratorium	800
Aula	600
Total	5.100

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

$$\text{Jumlah AC yang dibutuhkan} = \frac{5.100 \text{ m}^2}{49 \text{ m}^2/\text{buah}}$$

$$= 104 \text{ buah}$$

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

$$\text{Total daya pendingin ruangan} = 104 \text{ buah} \times 970 \text{ W/buah}$$

$$= 100.880 \text{ W}$$

$$= 100,88 \text{ kW}$$

4.1.5.4 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.

4.1.5.5 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 adalah:

Tabel 4. 9 Kebutuhan Listrik Total

No	Keterangan	Daya (kW)
1	Kebutuhan listrik proses	3.930,5400
2	Kebutuhan listrik utilitas	100,4300
3	Kebutuhan listrik pengolahan limbah	26,0990

4	Kebutuhan listrik penerangan, pendingin ruangan	173,7200
5	Kebutuhan listrik peralatan kantor	20,0000
6	Kebutuhan listrik laboratorium	20,0000
7	Kebutuhan listrik instrumen dan bengkel	15,0000
Total		4.285,789

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

$$\text{Total} = 110\% \times 4.285,789 \text{ kW} = 4.714,37 \text{ kW}$$

4.1.5.6 Generator

Digunakan generator dengan efisiensi 80%, maka input generator:

$$\begin{aligned} \text{Input} &= 4.619,306 \text{ kW} / 0,8 \\ &= 5.774,132 \text{ kW} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} &= (8000 - 5.774,132) \text{ kW} \\ &= 2.225,868 \text{ kW} \end{aligned}$$

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	: 8.000 kW
	: 8.000 kW / 0,029407 (Btu/jam)/kW
	: 272.044,0711 Btu/jam

Kebutuhan bahan bakar untuk generator:

$$\begin{aligned} mf &= \frac{Q}{f} \\ &= 272.044,0711 \text{ Btu/jam} / (22.199,588 \text{ BTU/lb}) \\ &= 12,254 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned}\text{Bahan bakar yang dibutuhkan} &= 132 \text{ jam/tahun} \times 12,254 \text{ lb/jam} \\ &= 1.617,589 \text{ lb/tahun}\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}\text{Bahan bakar yang dibutuhkan} &= 2 \text{ jam/tahun} \times 12,254 \text{ lb/jam} \\ &= 24,508 \text{ lb/tahun}\end{aligned}$$

Total bahan bakar yang dibutuhkan untuk generator:

$$\begin{aligned}&= 1.617,589 + 24,508 \\ &= 1.642,097 \text{ lb/tahun}\end{aligned}$$

Spesifikasi generator:

Tipe	: AC generator
Kapasitas	: 10.000 kW
Tegangan	: 220/360 volt
Efisiensi	: 80 %
Phase	: 3
Jumlah	: 1 buah
Bahan bakar	: <i>Natural gas</i>
Rate bahan bakar	: 1.642,097 lb/tahun

4.1.6 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*.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah kebutuhan steam} &= 69.623,3962 \text{ kg/jam} \\ &= 153.493,3142725 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Jumlah steam} &= 153.493,3142725 \text{ lb/jam} \times 110\% \\ &= 168.842,6457 \text{ lb/jam}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Blowdown} &= 168.842,6457 \text{ lb/jam} \times 5\% \\
 &= 8.442,132285 \text{ lb/jam} \\
 \text{Air umpan boiler} &= \text{jumlah steam} + \text{blowdown} \\
 &= (168.842,6457 + 8.442,132285) \text{ lb/jam} \\
 &= 177.284,778 \text{ lb/jam} \\
 \text{Kondensat yang kembali} &= 90\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 90\% \times 177.284,778 \text{ lb/jam} \\
 &= 159.556,3002 \text{ lb/jam} \\
 \text{Kondensat yang hilang} &= 10\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 10\% \times 177.284,778 \text{ lb/jam} \\
 &= 17.728,4778 \text{ lb/jam} \\
 \text{Make-up water boiler} &= \text{kondensat yang hilang} + \text{blowdown} \\
 &= (17.728,4778 + 8.442,132285) \text{ lb/jam} \\
 &= 26170,61 \text{ lb/jam} \\
 \% \text{ make up water} &= \frac{\text{makeup water}}{\text{air umpan masuk}} \times 100\% \\
 &= \frac{26170,61}{177.284,778} \times 100\% \\
 &= 14,76\% \\
 \% \text{ make up kondensat} &= \frac{\text{kondensat kembali}}{\text{air umpan masuk}} \times 100\% \\
 &= \frac{159.556,3002}{177.284,778} \times 100\% = 90\%
 \end{aligned}$$

4.1.6.1 Menentukan Kapasitas *Boiler*

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

Dengan:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{kapasitas boiler, BTU/jam} \\
 ms &= \text{massa steam, lb/jam} \\
 h_L &= \text{entalpi air umpan boiler (BTU/lb)} \\
 h_v &= \text{entalpi steam yang dihasilkan (BTU/lb)}
 \end{aligned}$$

(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 90 % kondensat dan 14,76

% air make up. Kondensat kembali pada temperature 310°C dan air make up masuk pada temperatur 30°C, sehingga didapat:

$$\begin{aligned}h_{L\ 30^{\circ}\text{C}} &= 54,07 \text{ BTU/lb} \\h_{L\ 310^{\circ}\text{C}} &= 1402,40 \text{ BTU/lb} \\h_{v\ 310^{\circ}\text{C}} &= 2730,00 \text{ BTU/lb}\end{aligned}$$

(Smith & Van Ness, 2001)

$$\begin{aligned}h_f &= (0,15 \times h_{L\ 30^{\circ}\text{C}}) + (0,90 \times h_{L\ 310^{\circ}\text{C}}) \\&= (0,15 \times 54,07 \text{ BTU/lb}) + (0,90 \times 1402,40 \text{ BTU/lb}) \\&= 1270,275 \text{ BTU/lb}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q &= m_s (h_L - h_f) \\&= 177.284,778 \text{ lb/jam} (2730,00 \text{ BTU/lb} - 1402,40 \text{ BTU/lb}) \\&= 235363271,3 \text{ BTU/jam}\end{aligned}$$

Effisiensi *boiler* yaitu 90%, sehingga:

$$Q_{\text{aktual}} = \frac{Q}{\text{Efisiensi}} = \frac{235363271,3}{0,9} = 261.514.745,9 \text{ BTU/jam}$$

4.1.6.2 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)

$$HP = \frac{235363271,3}{970,3 \times 34,5} = 7030,943 \text{ HP}$$

Ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft²/HP, sehingga total *heating surface* adalah 70309,43 ft².

Spesifikasi *Boiler*

Tipe	: <i>Water tube boiler</i>
Jumlah	: 1 buah
Heat Surface	: 70309,43 ft ²
Tekanan	: 97,72 atm
Temperatur	: 583,15 K

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

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

(Kern, 1988)

4.1.7 Unit Pengadaan Bahan Bakar

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

- 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 = 1.642,097 lb/tahun
= 744,715 kg/tahun

- *Furnace*

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

1. Nilai kalor yang sangat tinggi
2. Kualitas yang baik

Spesifikasi:

Heating valve : 36.989 kJ/kg

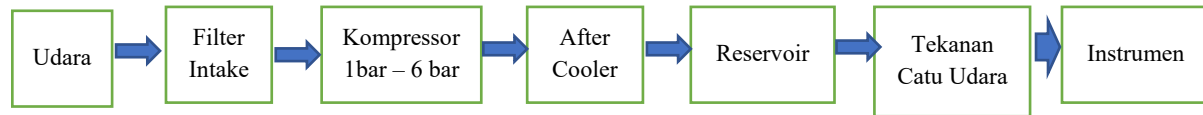
Efisiensi bahan bakar : 75 %

Kebutuhan bahan bakar : 713,9934 kg/jam

4.1.8 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 m³/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 bawah ini:



Gambar 4. 3 Skema Unit Pengadaan Udara Tekan

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 temperature 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 Udara *instrument* akan inasing *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.

4.1.9 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 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 :

- Limbah cair
 - a. Buangan air sanitasi
 - b. *Backwash filter* air berminyak dari pompa dan kompresor

- c. Sisa regenerasi resin
- d. *Blow down cooling tower*
- e. Limbah cair proses.
- 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.

4.1.9.1 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.

4.1.9.2 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.

4.1.9.3 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 CO₂ dan H₂O. *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 NOx. Keluaran *chimney* berupa N₂, CO₂, H₂O dan O₂.

4.1.9.4 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:

Tabel 4. 10 Parameter Limbah Cair

Parameter	Nilai
COD	Maks. 100 mg/liter
BOD	Maks. 20 mg/liter
TSS	Maks. 80 mg/liter
Oil	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.

1. 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.

2. 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.

3. Air sisa dari unit demineralisasi dan regenerasi resin

Air sisa dari unit demineralisasi dan regenerasi resin mengandung CH_3OH dan H_2SO_4 , yang kemudian dinetralkan dalam kolam netralisasi. Netralisasi dilakukan dengan larutan H_2SO_4 , apabila pH larutan bersifat basa sedangkan jika pH larutan bersifat asam maka akan dinetralkan menggunakan NaOH .

4. 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.

4.1.9.5 Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat berupa sludge yang dihasilkan dari unit pengolahan air dan juga kegiatan domestik (rumah tangga). 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).

4.1.9.6 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:

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

- 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
- Penyimpanan dapat dilakukan ditempat yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor VI/2014 tentang pengelolaan limbah B3
- 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.
- Kegiatan pengangkutan perlu dilengkapi dengan dokumen pengangkutan dan ketentuan teknis pengangkutan.
- Upaya pemanfaatan dapat dilakukan melalui kegiatan daur ulang (*recycle*), perolehan kembali (*recovery*) dan penggunaan kembali (*reuse*) limbah B3 yang dihasilkan ataupun bentuk pemanfaatan lainnya.
- Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara thermal, stabilisasi, solidifikasi secara fisika, kimia, maupun biologi dengan cara teknologi bersih atau ramah lingkungan.
- 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.

4.2 Laboratorium

4.2.1 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:

- 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.

- Laboratorium Analitika 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.

- 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.

4.2.2 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 nonshift, 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:

- 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.

- 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

- Analisa Utilitas

Analisa Laboratorium dilakukan terhadap:

Air proses penjernihan, yang dianalisa adalah pH silikat sebagai SiO_2 . Ca sebagai CaCO_3 , sulfur sebagai SO_4^{2-} , klor sebagai Cl_2 dan zat padat terlarut

- 1) Resin penukar anion, yang dianalisa adalah kesadahan CaCO_3 dan silikat sebagai SiO_2 .
- 2) Air bebas mineral, yang dianalisa melalui pH, kesadahan, jumlah O terlarut dan kadar Fe
- 3) Air dalam *boiler*, yang dianalisa meliputi pH, zat padat terlarut, kadar Fe, O_2 , CaCO_3 , SiO_2
- 4) 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. 11 Parameter Uji Program Laboratorium

Parameter Uji	Tujuan Pengujian	Alat Uji
Analisa Bahan Baku Otho-Xylene	- Analisa kemurnian o-xylene, kadar o-xylene - Analisa <i>specific gravity</i>	GC-MS <i>Effusiometer</i>
Analisa Udara	- Analisa humidity dan temperature - Analisa <i>specific gravity</i>	<i>Hygrometer</i> <i>Effusiometer</i>
Analisa Setengah jadi	Analisa <i>specific gravity</i> keluaran reactor gas	<i>Effusiometer</i>
Analisa Produk <i>Phthalic Anhydride</i>	- Analisa kadar air, kadar abu - Analisa kemurnian <i>Phthalic Anhydride</i>	Oven GC-MS
Analisa Air Sanitasi	- Analisa kekeruhan air - Analisa pH - Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid) - Analisa kandungan logam pada air	<i>Turbidity</i> pH meter TDS meter ASS
Analisa BFW (<i>Boiler feed water</i>) dan CW (<i>Cooling Water</i>)	- Analisa dissolved oxygen (oksigen terlarut dalam air) - Analisa kadar BOD (Biological Oxygen Demand) - Analisa kadar TDS (Total Dissolved Solid) - Analisa Ph - Analisa kesadahan air - Analisa kandungan logam pada air - Analisa <i>specific gravity</i>	DO Meter BOD Meter TDS Meter pH Meter <i>Water Hardness</i> Testes ASS

4.2.3 Alat-alat Laboratorium

Alat - alat laboratorium yang dibutuhkan antara lain:

- Viscosimeter* digunakan untuk mengukur tingkat viskositas.
- pH meter digunakan untuk mengetahui tingkan keasaman dan kebasaan air maupun bahan baku dan produk.
- Turbidity meter* digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air
- BOD Meter digunakan untuk mengukur kadar BOD dalam air.
- Hydrometer* digunakan untuk mengukur *specific gravity*.

- f. Termometer digunakan untuk mengukur suhu (termperatur) ataupun perubahan suhu.
- g. Spektrofotometri untuk mengetahui konsentrat suatu sampel.
- h. *Gas chromatography* untuk menentukan komposisi suatu sampel.

4.3 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

(Gozan, 2011)

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

1. Peningkatan berkelanjutan
2. Sesuai dengan aturan dan perundangan keselamatan dan kesehatan yang di tempat kerja yang berlaku
3. Mengkomunikasikan ke seluruh karyawan agar karyawan sadar dan mawas diri mengenai kewajiban keselamatan dan kesehatan pribadi
4. Dapat diketahui atau terbuka bagi pihak-pihak yang berminat Evaluasi berkala untuk mempertahankan agar tetap relevan dan sesuai dengan perusahaan
5. Perencanaan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi bahaya, penilaian, dan pengendalian resiko. Perencanaan harus didokumentasikan dan diperbaharui sesuai dengan keadaan

(Gozan, 2011)

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

- UU No. 1/1970
 Menegenai keselamatan kerja karyawan, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.
- UU No. 2/1951
 Menegenai ganti rugi akibat kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.
- PP No. 4/1982
 Menegenai ketentuan pokok pengolahan lingkungan hidup, dikeluarkan oleh Menteri Negara Kelestarian Lingkungan Hidup.
- PP No 29 / 1986
 Menegenai 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.

4.3.1 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 bekerjasama erat dengan Komisi Elektroteknik Internasional (IEC) dalam semua hal standardisasi 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.

4.3.2 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 *ongin 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 (Pertiwi, 2016).

4.3.3 Potensi Bahaya di Sekitar Pabrik

Berdasarkan proses produksi yang dilakukan pada pabrik ini, maka dapat diidentifikasi adanya beberapa potensi yang komplek, 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).

4.3.4 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.

4.3.5 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 pengontrol kualitas (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

1. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

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

- Tinggi APAR 150 cm dari lantai
- Jarak antara APAR yang satu dengan yang APAR yang lain kurang lebih 15 meter.
- Pada setiap APAR terdapat WI (Work Instruction) yang tertulis jenis APAR dan tanggal pemeriksaan APAR serta tanggal kadaluarsa APAR yang terlampir.
- Pada tempat yang digunakan untuk menggantung APAR diberi nomor dan diberi keterangan kondisi APAR misalnya kondisi APAR baik dan masih dalam masa berlaku pemakaiannya.

2. *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 dilaksanakan 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).

4.3.6 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.