

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Menurut Severn (1959), Unit pendukung proses atau disebut juga dengan utilitas adalah unit pendukung produksi yang merupakan bagian penting untuk mendukung kelangsungan suatu pabrik. Unit pendukung proses yang termasuk dalam pabrik asam Format ini adalah :

a) Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik, mulai dari proses pengambilan hingga pengolahan air sehingga siap digunakan. Air yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai air proses, air sanitasi, air untuk sistem hydrant pemadam kebakaran, air pendingin (*cooling water*), serta air minum,

b) Unit Penyedia Uap Air (*Steam*)

Unit ini bertugas menyediakan uap air yang digunakan baik sebagai bahan baku dalam proses tertentu maupun sebagai media pemanas pada peralatan seperti heat exchanger.

c) Unit Penyedia Udara Tekan

Unit ini berfungsi menghasilkan udara bertekanan yang digunakan untuk sistem instrumentasi pneumatik, kebutuhan udara tekan di bengkel, serta berbagai kebutuhan operasional lainnya di pabrik.

d) Unit Penyedia Tenaga Listrik

Unit ini menyediakan energi listrik yang digunakan sebagai sumber tenaga untuk menjalankan peralatan proses, sistem pengolahan air, peralatan listrik dan elektronik, sistem pendingin ruangan (AC), serta kebutuhan penerangan.

e) Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertanggung jawab menyediakan bahan bakar yang diperlukan untuk mengoperasikan generator maupun peralatan proses lainnya di dalam pabrik.

f) Unit Laboratorium

Unit laboratorium memiliki fungsi melakukan pengendalian kualitas terhadap proses produksi serta memastikan mutu produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditetapkan.

g) Unit Pengolahan Limbah

Unit ini bertugas menangani dan mengolah limbah yang dihasilkan dari seluruh aktivitas pabrik, baik berupa limbah cair, padat, maupun gas, agar aman sebelum dibuang ke lingkungan.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Pada desain proyek pabrik Asam Format ini, kebutuhan air untuk pabrik diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan Industri Gresik mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis : Hard water
- pH : 7,5 – 8,5
- Total Hardness : Max 220 ppm sebagai CaCO₃
- Turbidity : Max 3 ppm
- Residual Chlorine : 0,4 – 1 ppm

Unit penyediaan air yang terdapat di bagian utilitas berfungsi untuk menyediakan air yang dibutuhkan untuk keperluan air industri, air hidrant dan sanitasi.

4.1.1 Unit Pengadaan Air

Air baku yang digunakan berasal dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan Industri Gresik. Air tersebut selanjutnya akan digunakan untuk :

1) Air Proses

Pertimbangan menggunakan air proses yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan Industri Gresik, antara lain :

- a) Diperoleh dalam kondisi siap pakai dan ekonomis.
- b) Praktis dalam penggunaannya.
- c) Dapat menyerap sejumlah panas per satuan volume yang tinggi.
- d) Tidak terdekomposisi dan mengurangi penyebab fouling dan scaling pada alat proses.
- e) Tidak dibutuhkan unit pengolahan untuk air proses karena air langsung dari unit instalasi pengolahan kawasan industri Gresik.

2) Air Pendingin

Air pendingin digunakan dalam penukar panas (heat exchanger) untuk menyerap dan memindahkan panas sehingga mencegah terjadinya overheating dan menjaga kestabilan operasi peralatan. Air ini berfungsi sebagai media pendingin yang tidak berkontak langsung dengan bahan baku, produk antara, maupun produk akhir (KEP-49/MENLH/11/2010). Sistem air pendingin terdiri dari dua jenis, yaitu resirkulasi dan once-through. Pada sistem resirkulasi, air yang telah digunakan didinginkan kembali menggunakan cooling tower dan digunakan kembali, sehingga perlu diperhatikan peningkatan TDS akibat penguapan.

Pada sistem once-through, air pendingin hanya digunakan satu kali dan kemudian dibuang. Pabrik asam Format menggunakan sistem once-through karena biaya investasi dan operasional lebih rendah serta peralatan yang dibutuhkan lebih sedikit. Air pendingin ini digunakan pada cooler dan kondensor.

Tabel 4. 1 Kualitas Air Pendingin Sistem Once Through

Parameter	Nilai
Turbidinitas (NTU)	< 10
Konduktivitas (mhos/cm)	< 1000
pH	6,5 – 7,5
Suspended Solid	< 10
Total Hardness (ppm CaCO ₃)	< 100
Total iron (ppm)	< 1,0
Residual Klorin (ppm)	0,5 – 1,0
Silica (ppm)	< 150
Total Kromate (ppm)	1,5 – 2,5

Proses penyaringan pada sistem penyedia cooling water jenis once-through dilakukan melalui beberapa tahap untuk memastikan air yang masuk ke sistem bebas dari kotoran dan partikel yang dapat merusak peralatan.

- **Saringan Kasar (Bar Screen)**

Digunakan untuk menahan partikel berukuran besar seperti sampah, daun, ranting, dan benda lainnya. Saringan ini biasanya berupa batang-batang logam yang dipasang pada jalur aliran air sehingga partikel besar tertahan dan dapat dibersihkan secara berkala.

- **Saringan Halus (Strainer)**

Berfungsi menyaring partikel yang lebih kecil seperti pasir, kerikil halus, dan padatan lainnya yang tidak tertangkap oleh saringan kasar. Penyaringan dilakukan menggunakan jaring atau mesh dengan ukuran pori yang lebih kecil.

- **Filter Mikro (Microfilter)**

Tahap ini digunakan untuk menghilangkan partikel yang sangat halus, seperti lumpur halus dan partikel organik. Penyaringan dilakukan menggunakan media filtrasi halus seperti kain, cartridge filter, atau media berpori lainnya yang perlu dibersihkan atau diganti secara berkala agar tetap efektif.

- **Penghilangan Kotoran dengan Sistem Otomatis (Self-Cleaning Filters)**

Berfungsi untuk menyaring partikel kecil secara kontinu dan otomatis. Filter ini memiliki mekanisme pembersihan otomatis yang dapat membersihkan dirinya sendiri tanpa menghentikan aliran air. Pembersihan bisa dilakukan dengan menggunakan aliran balik (backwash) atau dengan sikat otomatis yang membersihkan media filter.

Proses penyaringan ini sangat penting untuk memastikan bahwa air pendingin yang digunakan tidak membawa kotoran yang dapat menyebabkan fouling, korosi, atau kerusakan pada peralatan di dalam sistem pendingin.

3) Air Umpan Boiler

Boiler feed water merupakan air yang digunakan untuk menghasilkan steam untuk kelangsungan proses. Pada proses penguapan dalam ketel uap, uap yang dihasilkan adalah uap murni dalam fasa uap (H_2O) di mana ion-ion yang terkandung dalam air boilernya tidak turut menguap sehingga konsentrasi ion-ion yang berada dalam fasa cairnya (air boiler) semakin lama akan semakin tinggi. Yang dapat menyebabkan terjadinya pergerakan pada pipa-pipa boiler.

Pada prarancangan pabrik Asam Format digunakan steam sebagai media pemanas pada alat penukar panas untuk memenuhi kebutuhan panas. Steam yang digunakan untuk proses adalah steam saturated. Steam diproduksi dengan menggunakan boiler atau ketel uap. Air yang digunakan sebagai umpan boiler diperoleh dari unit instalasi pengolahan air Kawasan Industri Gresik.

Tabel 4. 2 Persyaratan Air Umpan Boiler (ASME, 2015)

Drum Pressure (psi)	Iron (ppm Fe)	Copper (ppm Cu)	Total Hardness (CaCO3)	Silica (ppm SiO2)	Total alkalinity (ppm CaCO3)	Spesifik Konduksi (mohms/cm)
0-300	0,1	0,05	0,3	150	700	7000
301-450	0,05	0,025	0,3	90	600	6000
451-600	0,03	0,02	0,2	40	500	5000
601-750	0,025	0,02	0,2	30	400	4000
751-900	0,02	0,015	0,1	20	300	3000
901-1000	0,02	0,015	0,05	8	200	2000
1001-1500	0,01	0,01	0	2	0	150
1501-200	0,01	0,01	0	1	0	100

Pengendalian ion-ion dalam air boiler tersebut pada system boiler dilakukan dengan membuang sebagian dari air boiler secara kontinyu disebut blow down. Tujuan blow-down adalah 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 :

a) Zat-zat yang menyebabkan korosi

Pengertian korosi secara sederhana adalah perubahan kembali logam menjadi bentuk bijinya. Proses korosi sebenarnya merupakan proses elektrokimia yang rumit. Korosi dapat menimbulkan kerusakan yang luas pada permukaan logam. Korosi

yang terjadi di dalam boiler disebabkan karena pH yang rendah, air mengandung larutan-larutan asam dan gas-gas terlarut seperti : O₂, CO₂, H₂S, dan NH₃ serta garam-garam yang terlarut dan padatan yang tersuspensi.

b) Zat yang menyebabkan kerak (scale forming)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam karbonat dan silika. Untuk mencegah kerak akibat kesadahan yang masih tersisa, ditambahkan fosfat. Endapan yang terbentuk bersifat ringan, tidak menempel pada tube boiler, sehingga endapannya yang terbentuk dalam disperse suspensi dalam air dapat mudah dikeluarkan lewat blow down dari boiler. Selain phosphate, juga perlu ditambahkan polimer ke dalam boiler yang berfungsi untuk mengontrol pengendapan dengan cara menghambat pertumbuhan kristal agar tetap berukuran kecil, dan dapat mencegah terjadinya penggumpalan. Sebagai polimer digunakan lignin, tannin atau polielektrolit.

c) Zat yang dapat menyebabkan foaming

Pembentukan busa (foaming) adalah peristiwa pembentukan gelembung-gelembung di atas permukaan air dalam drum boiler. Penyebab timbulnya busa adalah adanya kontaminasi oleh zat-zat organik atau zat-zat kimia yang ada dalam boiler tidak terkontrol dengan baik. Busa dapat mempersempit ruang pelepasan uap panas (steam-release space) dan dapat menyebabkan terbawanya air serta kotoran-kotoran bersama-sama uap air. Kerugian yang bisa ditimbulkan oleh hal ini adalah terjadinya endapan dan korosi dalam logam-logam dalam sistem boiler. Untuk mencegah terjadinya foam, maka selain dengan membuang sejumlah air (blow down) yang tepat, juga dengan penambahan bahan anti foam. Sebagai anti foam dapat memakai polyamida atau poliglikol.

4) Air Sanitasi

Air merupakan salah satu bahan utilitas. Dalam industri, air digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri khususnya air sanitasi. Air sanitasi digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan, laboratorium dan kebutuhan lainnya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/MEN.KES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air, syarat-syarat air sanitasi meliputi :

- a. Fisik yaitu air tidak berbau, tidak berasa, total dissolved solid < 1500 mg/L, kekeruhan max 25 NTU, suhu kurang lebih 3°C dari suhu udara dan warna tidak lebih dari 50 TCU.
- b. Kimia yaitu pH 6,5 – 9, tidak mengandung zat-zat kimia beracun dan berbahaya baik organik maupun anorganik.
- c. Bakteriologis yaitu tidak mengandung bakteri-bakteri, terutama bakteri patogen.
- d. Radioaktivitas yaitu aktivitas alpha max 0,1 Bq/L dan aktivitas beta max 1 Bq/L.

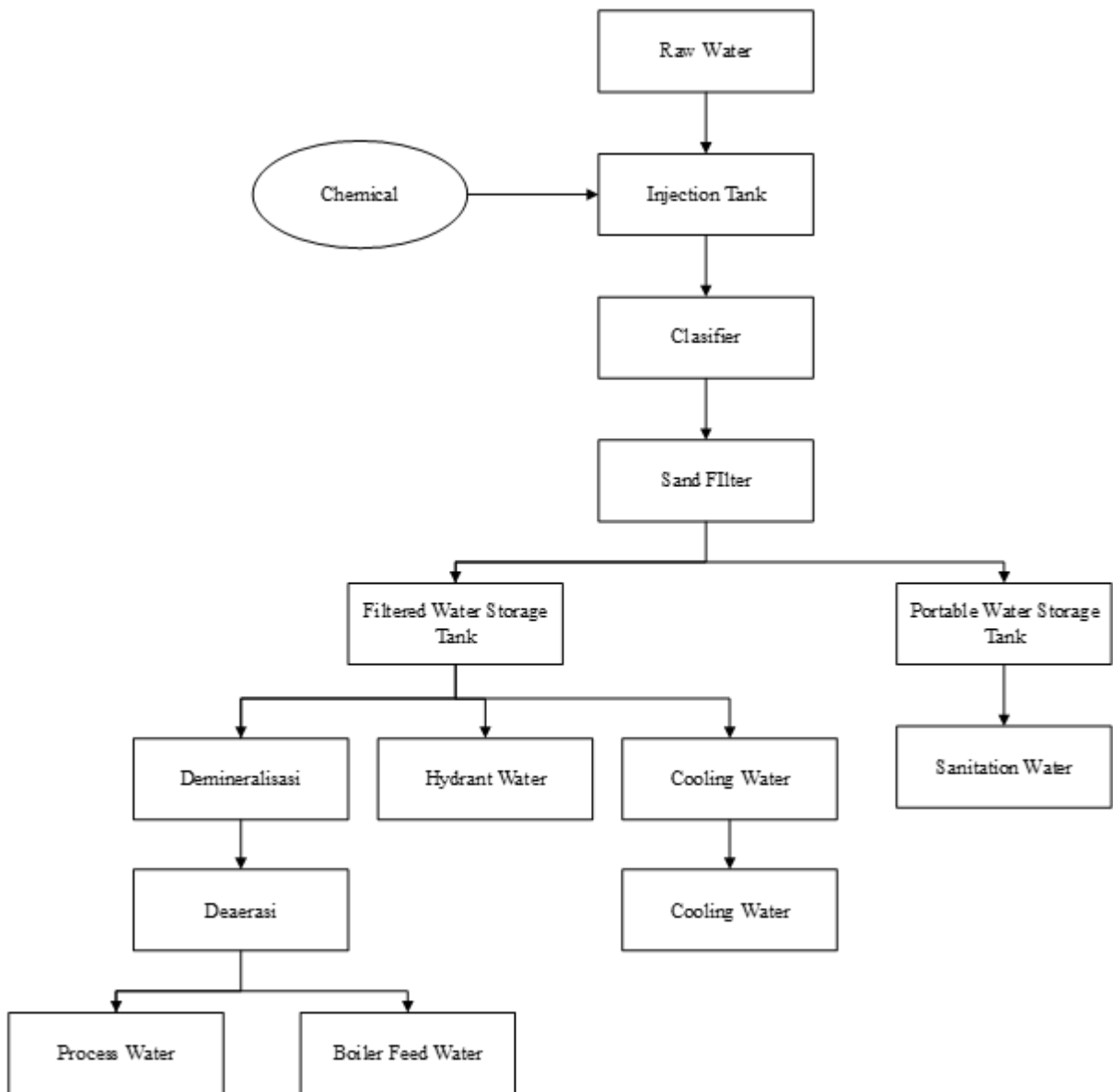
5) Air Hydrant

Salah satu bagian dari utilitas pabrik ini adalah air pemadam kebakaran (hidran). Kebutuhan air untuk seksi ini sangat diperlukan jika suatu saat terjadi musibah kebakaran yang menimpa salah satu bagian dari pabrik. Sehingga kebutuhan air bersifat incidental yaitu digunakan apabila hanya saat terjadi kebakaran. Air hidran tidak membutuhkan spesifikasi yang komplek.

Penyaluran air hidran dilakukan melalui pipa hidran yang tersambung melalui saluran yang melintasi seluruh lokasi pabrik. Pipa-pipa hidran dipersiapkan pada lokasi-lokasi yang strategis disekitar pabrik, dengan pertimbangan kemudahan pencapaian pada semua lokasi pabrik.

4.1.2 Unit Pengolahan Air

Seluruh kebutuhan air seperti air proses, air umpan boiler, air pendingin, air hydrant, dan air sanitasi yang digunakan untuk operasional pabrik disuplai oleh Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan industri jababeka yang sesuai dengan spesifikasi air yang akan digunakan. Secara umum, air bersumber dari air waduk jatiluhur. Untuk mendapatkan spesifikasi air sesuai dengan kebutuhan, maka dilakukan pengolahan air yang terbagi dalam beberapa tahapan. Tahapan pada pengolahan air sungai antara lain penjernihan, penyaringan, desinfektasi, demineralisasi, dan deaerasi. Adapun tahapan pengolahan air oleh Instalasi Pengolahan Air tersebut ditunjukkan pada gambar 4.1 berikut:



Gambar 4. 1 Tahapan pengolahan air

Deskripsi Pengolahan Air :

Proses pengolahan air tersebut akan menghasilkan air pendingin, air hydrant, air sanitasi dan air untuk unit demineralisasi yang kemudian diolah menjadi air proses dan air umpan boiler.

a) Pertama raw water diumpankan ke dalam tangki kemudian diaduk dengan putaran tinggi sambil diinjeksikan bahan-bahan kimia :

- Pemberian alum dan FeSO_4 berfungsi sebagai koagulan. Alum dan FeSO_4 dalam air akan membentuk $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang merupakan endapan tidak larut yang akan menarik partikel-partikel dalam air untuk membentuk flok-flok yang menggumpal sehingga berat jenisnya lebih besar dari air. Flok akan mengendap secara gravitasi.
- Kalsium Hipoklorit atau Cl_2 cair yang berfungsi sebagai desinfektan.

b) Keluar dari tangki, air dimasukkan ke clarifier di mana flok-flok yang terbentuk diendapkan secara gravitasi sambil diaduk dengan kecepatan rendah. Lumpur yang diendapkan di blow down sedangkan air yang keluar dari bagian atas dialirkan ke dalam tempat penampungan sementara.

c) Selanjutnya air diumpankan ke sand filter. Pada sand filter ini, air dari tempat penampungan yang masih mengandung partikel-partikel kotoran yang halus disaring, kemudian air keluaran filter ditampung dalam dua buah tangki :

- Filtered water Storage Tank, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan make up air pendingin, air hydrant, dan umpan unit demineralisasi air.
- Portable Water Storage Tank, berfungsi untuk menampung air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan pemukiman. Air yang dapat dijadikan air pendingin, air sanitasi, dan air hidrant menggunakan air bersih, sedangkan air proses dan air umpan boiler menggunakan air yang telah melalui unit demineralisasi agar sesuai dengan spesifikasi air proses dan air umpan boiler.

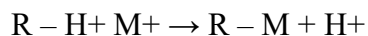
d) Demineralisasi

Unit ini berfungsi menghasilkan demin water untuk mengetahui kebutuhan produksi steam. Demin water merupakan air yang telah dihilangkan kandungan mineral yang ada di dalamnya, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- dalam bentuk karbonat, sulfat maupun chloride (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-). Pada kondisi normal, umpan unit ini terdiri dari air hasil desalinasi dan air kondensat hasil pemanfaatan steam yang

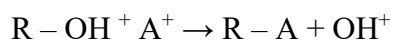
diperoleh baik dari alat penukar panas maupun dari turbin. Kedua feed air tersebut diumpankan secara parallel dengan perlakuan yang berbeda sebelum dicampurkan di dalam pretreated water tank. Air kondensat berasal dari kondensasi air pada unit-unit penukar panas atau kompresi yang memanfaatkan steam sebagai pemanas atau penggerak motor.

Air kondensat tersebut perlu diolah dengan dilewatkan filter yaitu cartridge filter. Selanjutnya air kondensat ini dicampur dengan air hasil desalinasi dalam pretreated water tank. Selanjutnya, campuran ini dibawa menuju demineralized water tank melalui mixed bed filter untuk mencapai deionisasi penuh. Mixed bed filter terdiri dari campuran resin kation dan resin anion. Untuk meregenerasi resin-resin tersebut, digunakan bahan kimia yaitu caustic soda (NaOH) dan asam sulfat (H₂SO₄). Larutan sisa regenerasi dari cation exchanger dan mixed bed Filter dikumpulkan di dalam basin netralisasi.

Adapun prinsip resin penukar ion positif atau kation akan menyerap ion mineral bermuatan positif (misal M⁺) dan resin akan melepas ion hydrogen sesuai dengan reaksi :



Resin penukar ion negatif atau anion menyerap ion mineral bermuatan negatif (misal A⁻) dan resin akan melepas hidroksi (OH⁻) sesuai reaksi :

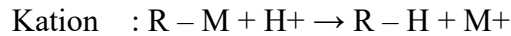


Pada proses penangkapan ion positif dan negatif tersebut akan terlepas ion H⁺ (hydrogen) dan ion OH⁻ (hidroksil) yang bereaksi membentuk H₂O dengan reaksi :



Bila ion penukar (resin) telah jenuh dengan ion yang terikat, maka kemampuannya untuk mengikat mineral turun sehingga banyak mineral yang lolos. Kejenuhan resin ditandai dengan tingginya konduktivitas air yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu diadakan regenerasi dengan menggunakan asam kuat dan basa kuat untuk menghilangkan mineral-mineral yang terikat pada resin penukar ion tersebut. Resin kation diregenerasi menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) dan resin anion diregenerasi menggunakan caustic soda (NaOH).

Reaksi regenerasi :



Produk air demineralized mempunyai kualitas atau parameter yang ditampilkan pada

Tabel 4. 3 Tabel Spesifikasi Air Demineralisasi

Parameter	Nilai
pH	5 -7
Konduktivitas	5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (maks)
SiO ₂	0,1 ppm (maks)
Besi	0,05 ppm (maks)
TSS	0,1 ppm (maks)
Residu Oksigen	1 ppm (maks)

e) Deaerasi

Air yang sudah mengalami demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut terutama oksigen dan karbondioksida. Gas-gas tersebut dihilangkan dari air, karena dapat menimbulkan korosi maka gas-gas tersebut dihilangkan dalam suatu deaerator. Pada deaerator diinjeksikan bahan-bahan kimia berikut :

- Hidrazin yang berfungsi mengikat oksigen.

Nitrogen sebagai hasil reaksi Bersama-sama dengan gas lain dihilangkan melalui stripping dengan uap bertekanan rendah.

- Larutan Amonia yang berfungsi mengontrol pH

Air yang keluar dari deaerator pH-nya sekitar 8,5 – 9,5. Keluar dari deaerator, ke dalam air umpan ketel (boiler) kemudian diinjeksikan larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) untuk mencegah terbentuknya kerak silika dan kalsium pada steam drum dan boiler tube. Sebelum diumpankan ke boiler, air terlebih dahulu diberi dispersan.

4.1.3 Kebutuhan Air

Secara umum penyediaan kebutuhan air baik untuk kebutuhan air proses, pendingin, dan umpan boiler pada perancangan pabrik Asam Format ini dapat dilihat dengan mudah menggunakan skema diagram di bawah ini :

4.1.3.1 Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk mendinginkan agar menjaga suhu reaktor, produk keluaran distilasi, serta untuk mengkondensasi uap keluaran distilasi. Adapun untuk kebutuhan air pendingin dalam desain proyek pabrik Asam Format ini.

Tabel 4. 4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat		Kebutuhan	
1	Cooler I	=	533,21	kg/jam
2	Kondensor I	=	1893,43	kg/jam
3	Kondensor II	=	2235,73	kg/jam
4	Cooler II	=	1603,50	kg/jam
5	Kondensor III	=	18288,55	kg/jam
6	Cooler III	=	5703,522983	kg/jam
	Total	=	30257,95	kg/jam
		=	30,25795194	m ³ /jam
		=	726,1908466	m ³ /hari

- Jumlah kebutuhan air untuk pendingin sebesar = 30257,95 kg/jam
- Densitas air pada 30°C (Perry, 1999) = 995,647 kg/m³
- Jadi total kebutuhan air pendingin = 30,26 m³/jam
- Diperkirakan terjadi penguapan air saat proses pendinginan pada cooling water sebesar 10%
- 10% x 30,26 = 3,026 m³/jam
- Kebutuhan make up air pendingin
= 30,26 m³/jam + 3,026 m³/jam

$$= 33,286 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 798,80 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.1.3.2 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk kebutuhan laboratorium, perkantoran, air minum, dan lainnya. Air baku berasal dari Irigasi Jatiluhur Sungai Tarum Barat yang telah melalui sand filter dan ditampung di bak air bersih. Air harus memenuhi syarat: suhu normal, tidak berbau, tidak berasa, jernih, bebas zat beracun (organik/anorganik), serta tidak mengandung bakteri patogen. Kebutuhan air sanitasi dihitung berdasarkan kebutuhan minimum per orang sesuai Permenkes RI No. 70 Tahun 2016 tentang kesehatan lingkungan kerja industri.

Berikut jumlah kebutuhan air sanitasi yang dibutuhkan :

- Air untuk karyawan kantor

Kebutuhan air untuk karyawan sebesar 15 L/orang/hari (Linsley hal. 93, 1974).

Jumlah karyawan sebanyak 162 orang

Sehingga air yang diperlukan sebanyak : $162 \times 15 \text{ L/orang/hari} = 2430 \text{ L/hari} = 2,43 \text{ m}^3/\text{hari}$.

- Air untuk tamu, kontraktor, pekerja lepas, diasumsikan sebanyak 50 orang.
Kebutuhan air sebanyak : $50 \times 15 \text{ L/orang/hari} = 750 \text{ L/hari} = 0,75 \text{ m}^3/\text{hari}$.
- Air untuk laboratorium diperkirakan sebanyak 2,5 m³/hari.
- Air untuk pembersihan dan lain-lain sebanyak 10 m³/hari.

Kebutuhan air untuk sanitasi sebanyak : $2,43 + 0,75 + 2,5 + 10 = 13,43 \text{ m}^3/\text{hari}$.

4.1.3.3 Air Hydrant

Berdasarkan SNI 03-6570-2001 tangki penyimpanan air hydrant mempunyai kapasitas penyimpanan efektif yang mampu memasok air pada laju nominal standar 18,925 Liter/menit dengan waktu tidak kurang dari 30 menit. Maka volume tangki penyimpanan minimum adalah :

$$V = Q \times t = 18,925 \text{ liter/menit} \times 30 \text{ menit} = 567.750 \text{ liter} = 567,75 \text{ m}^3.$$

4.2 Unit Penyedia Steam

Untuk menghasilkan uap air yang digunakan untuk proses pabrik adalah dengan boiler. Pemilihan boiler biasanya ditentukan oleh kapasitas dan tekanan uap yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan, keawetan instalasi, biaya perawatan dan operasi serta faktor-faktor ekonomi lain. Pabrik Asam Format ini menggunakan steam untuk memenuhi kebutuhan panas pada alat penukar panas dan reboiler pada destilasi yang dibutuhkan ini dihasilkan oleh boiler.

Tabel 4. 5 Kebutuhan Steam

No	Nama Alat		Kebutuhan
1	Heater I	=	308.5458558 kg/jam
2	Heater II	=	117.37 kg/jam
3	Reaktor I	=	1480.02646 kg/jam
4	Heater III	=	117.37 kg/jam
5	Heater IV	=	22501.20 kg/jam
6	Reaktor II	=	269.57 kg/jam
7	Reboiler I	=	368.77 kg/jam
8	Heater V	=	368.77 kg/jam
9	Reboiler II	=	1155.05 kg/jam
10	Reboiler III	=	7859.69 kg/jam
Total			= 34546.37476 kg/jam
			= 34.54637476 m3/jam

Umpan boiler yang disuplai dari unit pengolahan air. Kebutuhan steam yaitu total sebesar 34546 kg/jam. Untuk menjaga ketersediaan steam maka 20% ditambahkan untuk faktor kehilangan pada steam, sehingga jumlah steam total yang dibutuhkan adalah sebesar 41455 kg/jam. Jenis boiler yang digunakan adalah water tube boiler. Digunakan water tube boiler karena memiliki efisiensi yang tinggi dan memiliki kapasitas yang besar (Clever brooks, 2013).

- Kebutuhan Steam = 34546 kg/jam.
- Berdasarkan Hal (2012), blowdown pada air umpan boiler adalah sebesar 4-5%. Apabila presentase blowdown sebesar 5%. Maka, blowdown = 5% dari steam yang dihasilkan = 5% x 34557,28 kg/jam = 1727 kg/jam
- Umpan air masuk boiler = Blowdown + steam yang dihasilkan = 1727,31 kg/jam + 34546 kg/jam = 36273 kg/jam.
- Kondensat yang kembali = 80% dari steam yang dihasilkan = 0,8 x 34546kg/jam = 29018 kg/jam.
- Kondensat yang hilang = Umpan air masuk boiler – kondensat yang kembali = 34546 kg/jam – 29018kg/jam = 7254 kg/jam.
- Make up boiler = kondensat yang hilang + blowdown = 7254 kg/jam + 1727 kg/jam = 8982 kg/jam.
- % Make up Boiler=

$$\% \text{ Make up Boiler} = \frac{\text{Make Up Air Masuk Boiler}}{\text{Air Umpan Boiler}} \times 100\%$$

Maka,

$$\frac{8982}{36273} \times 100\% = 24,76\%$$

- % Kondensat Kembali=

$$\% \text{ Kondensat Kembali} = \frac{\text{Kondensat Kembali}}{\text{Air Umpan Boiler}} \times 100\%$$

- Maka,

$$\frac{29018}{36273} \times 100\% = 80\%$$

Tabel 4. 6 total Kebutuhan Air Boiler

Keterangan	Jumlah (kg/jam)
<i>Kebutuhan Steam</i>	34.546
<i>Blowdown</i>	1727

Umpan air masuk <i>boiler</i>	36.273
Kondensat yang kembali	29.018
Kondensat yang hilang	7.254
<i>Make up boiler</i>	8.982

4.3 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit penyedia bahan bakar memiliki fungsi utama untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar berbagai alat proses seperti furnace dan boiler. Bahan bakar yang digunakan merupakan jenis bahan bakar cair yaitu gas alam yang berasal dari PGN (Perusahaan Gas Negara) yang telah tertanam di Kawasan Industri Gresik (KIG). Pertimbangan pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada kemudahan memperolehnya, tersedia secara menerus, dan penyimpanan mudah. Bahan bakar solar digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar boiler dan generator dengan kebutuhan sebesar 25,43 lb/jam. Bahan bakar ini diperoleh dari PT Pertamina atau distributornya. Pemilihan bahan bakar cair didasarkan pada pertimbangan berikut.

- Mudah didapat.
- Kesetimbangannya terjamin.
- Mudah dalam penyimpanan.

Sifat fisis bahan bakar solar adalah sebagai berikut.

- Heating value : 19440 BTU/lb
- Efisiensi bahan bakar : 80 %
- Specific gravity solar : 0,8691
- ρ solar : 54,26 lb/ft³

4.4 Unit Penyedia Udara Bertekanan

Unit ini berfungsi sebagai penyedia udara bertekanan dalam menggerakkan control valve atau sistem instrumentasi serta untuk proses cleaning peralatan pabrik. Udara yang digunakan diambil dari udara sekitar pabrik yang dinaikkan tekanannya dengan kompresor udara dan didistribusikan melalui pipa. Unit penyedia udara bertekanan ini bertanggung

jawab untuk menghasilkan udara yang bersifat kering, tidak mengandung partikel partikel lain, dan juga bebas minyak. Proses pembuatan udara bertekanan berawal dari udara yang berasal dari atmosfer diumpankan ke kompressor untuk dinaikan tekanannya. Dari kompresor, udara akan masuk ke filter inlet yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran kotoran dan minyak yang terbawa oleh udara. Setelah itu, udara akan diumpankan menuju ke air dryer yang akan menyerap kandungan air didalam udara karena dengan bantuan silica gel atau activated alumina yang bersifat higroskopis. Udara kering akan disaring kembali dalam filter outlet dan kemudian ditampung dalam air receiver. Udara keluar akan memiliki tekanan 7 kg/cm² dengan dew point sekitar 40°C. Udara paling sering dikompresi dengan kompresor reciprocating untuk menghasilkan udara tekan maupun refrigerant. Prinsip kerja kompresor reciprocating yaitu seperti pompa sepeda dengan karakteristik, di mana aliran keluar tetap hampir konstan pada kisaran tekanan pengeluaran tertentu. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah alat kontrol yang digunakan dengan nilai udara tekan tiap valve sebesar 1,699 m³/jam. Spesifikasi kompresor yang digunakan untuk udara tekan yaitu sebagai berikut.

- Jenis : *Single stage reciprocating compressor*
- Kapasitas : 102,789 m³/jam
- Jumlah : 2 buah
- Daya : 5 HP
- Tekanan suction : 1 atm
- Tekanan discharge : 7 atm
- Suhu udara : 35°C
- Efisiensi : 80%

4.5 Unit Penyedia Listrik

4.5.1 Penyediaan Listrik

Sebagian besar alat yang digunakan dalam maupun sekitar pabrik membutuhkan alat yang bersumber energi listrik. Kebutuhan energi listrik di pabrik Kawasan Industri Gresik (KIG) diperoleh dari dua kabel tegangan tinggi 500kV milik PLN (Perusahaan Listrik

Negara). Jika salah satu kabel mengalami gangguan, kabel lainnya berfungsi sebagai cadangan. KIG juga memiliki kontrak pasokan prioritas dengan PLN sehingga dapat menyediakan pasokan Listrik yang stabil. Selain itu pabrik yang dibangun memiliki cadangan berupa generator sendiri sebagai suplai cadangan pembangkit listrik di kawasan pabrik. Hal ini bertujuan agar tidak adanya hambatan dalam pemasokan listrik atau pemasokan dapat bersifat kontinyu meskipun pasokan dari PLN sedang terganggu. Generator bolak-balik (AC) dengan jenis generator 3 phase dipilih dalam pendirian pabrik atas dasar pertimbangan berikut.

- a) Dapat menghasilkan energi listrik yang cukup besar
- b) Tegangan dapat dinaik-turunkan sesuai kebutuhan pabrik dengan menggunakan transformator
- c) Tenaga listrik yang dihasilkan stabil
- d) Menggunakan kawat penghantar yang lebih sedikit
- e) Daya lebih besar

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain adalah :

- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk AC
- Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
- Listrik untuk alat – alat listrik

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing untuk keperluan di atas diperkirakan sebagai berikut :

4.5.2 Kebutuhan Listrik

A. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 7 Kebutuhan Listrik untuk Alat – Alat Proses

Alat	Hp	Jumlah	Total
Pompa Sulfolane	1	1	1
Pompa Metil Format	1	1	1

Pompa Air	1	1	1
Pompa Reaktor	1	2	2
Pompa Mixer	1	1	1
Pompa Kondensor	1	4	4
Pompa Reboiler	1	2	2
Pompa Produk	1	2	2
Pengaduk R-01	1	3	3
Pengaduk R-02	1	3	3
Total			20

Tabel 4. 8 Kebutuhan Listrik Peralatan Utilitas

Nama Alat	Jumlah	Daya (Hp)	Total Daya (Hp)
Pompa air pendingin	1	2	2
Pompa air sanitasi	1	1	1
Pompa air laut	1	20	20
Pompa pengolahan limbah	1	2	2
Pompa bahan bakar	1	1	1
Pompa <i>boiler</i>	3	4	12
Pompa Kondensat	3	2	6
Pompa cooling tower	1	10	10
Total			54

Kebutuhan listrik pengolahan = kebutuhan proses + kebutuhan utilitas

$$= 20 + 53 \text{ hp}$$

$$= 74 \text{ hp}$$

$$= 55,181 \text{ kW}$$

B. Listrik untuk Penerangan

Besarnya kebutuhan energi untuk pencahayaan pada setiap ruangan berbeda beda. Perkiraan besarnya tenaga listrik yang dibutuhkan untuk keperluan penerangan dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan menggunakan Luminous Efficacy, yaitu tenaga radiasi cahaya yang dikeluarkan oleh lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan pencahayaan per luas area dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\text{Lumen} = \text{Area} \times \text{Lux}$$

Dimana:

- Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)
- Lux = kebutuhan energi cahaya per satuan luas (lumen/m²)

Nilai lux yang digunakan bervariasi tergantung jenis ruangan atau area yang akan diterangi. Dalam perencanaan ini, digunakan nilai lux standar yang mengacu pada referensi Lighting Handbook dari Zumtobel Lighting GmbH. Jumlah lumen yang dibutuhkan dihitung sesuai dengan ketentuan tersebut, menggunakan acuan standar pencahayaan dari AUS (Lighting Handbook: Zumtobel Lighting GmbH).

Tabel 4. 9 Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

No	Indoor	Luas (m ²)	Lu(Lumen/m ²)	Lumen
1	Gedung Pertemuan	200	150	30000
2	Kantor Utama	270	450	121500
3	Kantin	150	150	22500
4	Perpustakaan	100	150	15000
5	Poliklinik	150	150	22500
6	Tempat Ibadah	200	300	60000
7	Laboratorium	180	500	90000
8	Ruang Kontrol	150	300	45000
9	Gudang	800	150	120000

10	Bengkel	225	200	45000
11	K3 dan Fire Safety Area	375	150	56250
12	Area Proses	7200	100	720000
Total				1347750
No	Outdoor	Luas (m2)	Lu (Lumen/m2)	Lumen
1	Pos Keamanan	40	150	6000
2	Taman	150	50	7500
3	Titik Kumpul	135	50	6750
4	Tempat Parkir	625	5	3125
5	Area Utilitas	1600	5	8000
6	Unit Pengelola Limbah	600	50	30000
7	Area Perluasan	1950	50	97500
Total				158875

Lampu yang digunakan direncanakan dari brand Philips dengan jenis lampu LED 14 watt (indoor) dan 18 watt (outdoor), di mana masing – masing besar lumennya adalah 1.400 dan 2.000. Sehingga dapat dihitung jumlah lampu yang digunakan dan total daya lampu penerangannya sebagaimana tertera dibawah ini :

Jumlah lumen di indoor = 1.347.750 lumen

- Jumlah lampu yang digunakan di indoor = $1.347.750 / 1.400 = 962,67$ lampu
= 963 Lampu

Jumlah lumen di outdoor = 158875 lumen

- Jumlah lampu yang digunakan di outdoor = $158875 / 2000 = 79,4$ lampu
= 80 Lampu

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya penerangan} &= (963 \times 14) + (80 \times 18) \\
 &= 13.482 + 1440 \\
 &= 15.282 \text{ watt} \\
 &= 15,282 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

C. Listrik untuk Pendingin Ruangan

Tabel 4. 10 Kebutuhan Listrik Pendingin Udara

No	Bangunan	Luas (m2)
1	Gedung Pertemuan	200
2	Kantor Utama	270
3	Perpustakaan	100
4	Poliklinik	150
5	Tempat Ibadah	200
6	Laboratorium	180
7	Ruang Kontrol	150
8	K3 dan Fire Safety Area	375
Total		1625

Air conditioner direncanakan menggunakan AC inverter. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas area yang memerlukan AC sebesar 1625 m2. Satu buah AC diperkirakan cukup untuk memenuhi ruangan dengan luas 4 x 6 m2. Sehingga AC yang dibutuhkan sejumlah :

$$1625/24 = 68 \text{ Buah}$$

$$\text{Kebutuhan listrik untuk AC} = 68 \times 520 \text{ watt} = 35.360 \text{ watt} = 35,36 \text{ kW}$$

D. Total Kebutuhan Listrik

Total kebutuhan listrik merupakan jumlah dari kebutuhan daya pada penerangan unit proses, utilitas, instrumentasi, laboratorium, dan penerangan serta kebutuhan daya pendingin ruangan (AC). Dapat dihitung total kebutuhan listrik pabrik Asam Format adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan} &= \text{Keperluan Pengolahan} + \text{Penerangan} + \text{AC} \\ &= 55,181 \text{ kW} + 15,282 \text{ kW} + 35,36 \text{ kW} \\ &= 105,823 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor Keamanan} = 10\%$$

$$\begin{aligned} \text{Total Listrik Keseluruhan} &= 1,1 * 105,823 \text{ kW} \\ &= 116,4 \text{ kW} \end{aligned}$$

E. Perancangan Generator

Pemenuhan kebutuhan listrik digunakan generator yang merupakan sumber energi listrik cadangan apabila listrik dari PLN mengalami gangguan. Sebagai tenaga cadangan, digunakan generator dengan efisiensi sebesar 80% dengan nilai kebutuhan listrik sebesar 116,4kW. Maka, kebutuhan daya aktual generator adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Daya aktual (P)} &= 116,4 \text{ kW}/0,80 \\ &= 145,5 \text{ kW} \\ &= 497.466,37 \text{ BTU/jam}\end{aligned}$$

Bahan bakar generator menggunakan solar (fuel oil no. 2), berikut ini data karakteristik dari solar (Flagan dan Sinfield, 1988).

$$\text{Heating value} = 45.500 \text{ kJ/kg} = 19.561,49 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{Specific gravity} = 0,865$$

Komposisi :

- C = 87,3%
- H = 12,6%
- O = 0,04%
- N = 0,006%
- S = 0,22%

$$\text{API} = 33^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Flash Point} = 38^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pour Point} = - 6^{\circ}\text{C}$$

Maka, dapat dihitung densitas solar adalah sebagai berikut.

Jika densitas air pada suhu 25°C adalah 1,0274 kg/L. Maka, densitas solar adalah sebagai berikut.

$$\text{solar} = 0,865 \times 1,0274 \text{ kg/L}$$

$$= 0,8887 \text{ kg/L}$$
$$= 55,4826 \text{ lb/ft}^3$$

Spesifikasi Generator

- Tipe : AC Generator
- Kapasitas : 200 kW
- Tegangan : 220/360 volt
- Efisiensi : 80%
- Frekuensi : 50 Hz
- *Phase* : 3 *Phase*
- Jumlah : 1 Buah
- Bahan Bakar : Solar

4.6 Unit Pengolahan Limbah

Unit pengolahan limbah adalah unit yang berguna untuk mengolah seluruh limbah buangan pabrik agar limbah yang dihasilkan memenuhi standar pembuangan berdasarkan aspek lingkungan dan kesehatan. Limbah yang dihasilkan dari pabrik Asam Format terdiri dari limbah padat, dan cair

a) Limbah Padat

Limbah padat berasal dari limbah domestik. Limbah domestik terdiri dari sampah sehari-hari, seperti kertas dan plastik, yang ditampung di bak penampungan sampah sebelum dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Limbah padat B3, yang merupakan limbah padat lainnya yang berbahaya, disimpan terlebih dahulu di Tempat Pembuangan Sementara (TPS) yang ditutup sistem sehingga tidak bocor ke tanah, air, atau lingkungan di sekitar TPS. Sedangkan untuk limbah B3 akan dikelola dengan rangkaian kegiatan seperti pengumpulan, penyimpanan, dan pengolahan yang termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Selain itu, pengelolaan limbah B3 pada pabrik asam format ini selanjutnya akan diserahkan ke pihak ketiga. Hal ini disebabkan oleh pengelolaan limbah B3 ini memerlukan izin dari Kementerian Lingkungan Hidup. Oleh karena itu, sesuai dengan peraturan yang berlaku maka pabrik tidak bisa melakukan pengelolaan limbah B3 secara mandiri.

b) Limbah Cair

Sebelum dikirim ke unit pengolahan limbah terpadu, limbah cair pabrik harus diproses untuk menghilangkan bahan pencemar lingkungan. Berikut adalah limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik Asam Format.

1. Cairan sisa proses dari menara distilasi, yang mengandung campuran air dan methanol ataupun asam format, dibuang ke penampungan limbah bersama dengan air buangan sanitasi dan air kondensat. Cairan ini kemudian diproses menggunakan lumpur aktif. Air buangan cenderung mengandung bahan organik yang mungkin disebabkan oleh peralatan yang menyebabkan kebocoran, tumpah pada saat pengisian, sehingga bocor, perbaikan atau pencucian peralatan. Bahan organik seringkali terdapat pada air buangan, sehingga perlu dilakukan separasi berdasarkan perbedaan berat jenisnya. Di bagian atas larutan organik dapat diarahkan untuk menuju ke tungku pembakaran, sedangkan air di bagian bawah dialirkan ke penampungan akhir, yang kemudian dibuang ke pembuangan umum.
2. Air sisa regenerasi resin dari kation dan anion exchanger mengandung larutan NaOH dan HCl, sehingga perlu disirkulasikan dalam suatu kolam sebelum dibuang ke unit limbah terpadu. pH dari air di kolam sirkulasi perlu dikontrol secara terus menerus hingga pH-nya sesuai dengan pH air yang disyaratkan.
3. Air buangan sanitasi merupakan limbah dari seluruh toilet di kawasan pabrik, pencucian, dan dapur yang langsung dibuang ke pembuangan umum, sedangkan kotoran yang berasal dari toilet dibuang ke tempat pembuangan khusus septic tank.
4. Air sisa utilitas Limbah air sisa regenerasi dari unit penukar ion dan unit demineralisasi dinetralkan dalam kolam penetralan. Penetralan dilakukan dengan menggunakan larutan H₂SO₄ jika pH buangannya lebih dari 7,0 dan dengan menggunakan larutan NaOH jika pH buangannya kurang dari 7,0. Air yang netral dialirkan ke kolam penampungan akhir bersama – sama dengan aliran air dari pengolahan yang lain dan blow down dari clarifier.

4.7 Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produk, juga dalam pengendalian pencemaran lingkungan, baik udara maupun limbah cair. Laboratorium dapat digunakan untuk menganalisis baku mutu limbah yang keluar dari unit pengolahan limbah. Dengan data-data yang diberikan maka proses produksi akan selalu dapat dikontrol dan dijaga standar mutu sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Berikut merupakan fungsi pokok laboratorium.

- a) Sebagai pengontrol kualitas produk, apakah sudah memenuhi standar yang berlaku atau belum.
- b) Sebagai pengontrol kualitas bahan baku, apakah sudah memenuhi persyaratan yang diperkenankan atau tidak.
- c) Melakukan kontrol dan analisis terhadap jalannya proses produksi yang ada kaitannya dengan tingkat pencemaran lingkungan yang meliputi polusi udara, limbah cair, maupun limbah padat yang dihasilkan unit unit produksi.
- d) Melakukan analisis dan kontrol terhadap mutu air, air pendingin, air umpan boiler dan lain-lain yang berkaitan dengan proses produksi. Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting dalam menunjang proses produksi dan menjaga mutu produk, sedangkan peran yang lain adalah pengendalian pencemaran lingkungan dari limbah baik limbah padat, gas, maupun limbah cair.

Laboratorium beroperasi 24 jam sehari, dengan pembagian shift dan non-shift.

1. Kelompok Shift

Kelompok ini bertanggung jawab untuk memantau dan melakukan analisis rutin terhadap proses produksi. Mereka bekerja dengan sistem shift selama 24 jam, dibagi dalam 3 shift, masing-masing bekerja selama 8 jam per hari.

2. Kelompok Non-Shift

Kelompok ini menangani analisis khusus yang tidak rutin dan bertugas menyediakan reagen kimia yang diperlukan di laboratorium. Untuk mendukung kelancaran tugas kelompok shift, kelompok non-shift melakukan tugas di laboratorium utama dengan tanggung jawab sebagai berikut:

- Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.

- Melakukan analisis terhadap bahan pembuangan yang dapat menyebabkan polusi.
- Melakukan penelitian atau eksperimen untuk mendukung kelancaran produksi.

Bagian laboratorium dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

- Laboratorium Fisik
- Laboratorium Analisis
- Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

4.7.1 Laboratorium Fisik dan Analitik

Bagian ini bertugas untuk mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat - sifat bahan baku dan produk.

- Analisa bahan baku

Analisa viskositas, densitas, dan kemurnian.

- Analisa produk

Analisa viskositas, densitas, dan kemurnian.

4.7.2 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian sebagai berikut:

- Diversifikasi produk
- Perlindungan terhadap lingkungan

Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya tidak rutin, misalnya penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasa dilakukan penelitian guna mendapatkan alternatif lain terhadap menggunakan bahan baku.

4.7.3 Analisa Air

Air yang dianalisis mencakup air proses, air pendingin, air konsumsi umum, air untuk sanitasi, serta air umpan boiler. Parameter yang diuji meliputi warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, kepadatan mikroorganisme, total kekerasan, total alkalinitas, sulfat, silika, dan konduktivitas air. Beberapa alat yang digunakan dalam laboratorium analisis air antara lain:

- a. pH meter : Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air.

- b. Spektrofotometer : Digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa yang terlarut dalam air.
- c. Peralatan titrasi : Digunakan untuk menentukan kandungan klorida, kesadahan, dan alkalinitas dalam air.
- d. Conductivity meter : Digunakan untuk mengukur konduktivitas zat terlarut dalam air.

4.8 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup

Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan Hidup (K3LH) merupakan suatu bentuk perlindungan yang bertujuan agar para pekerja senantiasa berada dalam kondisi aman dan sehat selama menjalankan aktivitasnya di tempat kerja. Perlindungan ini juga mencakup keamanan bagi pihak lain yang berada di lingkungan kerja serta proses produksi agar berjalan secara aman. Oleh karena itu, aspek K3LH perlu menjadi perhatian serius dan dilaksanakan secara menyeluruh dan sistematis.

Saat ini, baik pihak pengusaha, pekerja, maupun instansi terkait seperti Kementerian Ketenagakerjaan perlu meningkatkan kesadaran dan kinerja dalam implementasi K3. Standar K3 di Indonesia tergolong rendah dan tingkat kecelakaan kerja tercatat sebagai yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara. Tujuan utama penerapan keselamatan dan kesehatan kerja adalah untuk :

- a) Mengendalikan risiko dan potensi bahaya yang dapat menimbulkan kecelakaan maupun kerusakan.
- b) Mencegah terjadinya kecelakaan kerja.
- c) Menghindari kerugian materi atau harta benda.
- d) Mencegah kerugian yang dapat merugikan perusahaan.

Setiap perusahaan wajib memiliki kebijakan yang menjamin pelaksanaan peraturan terkait keselamatan, kesehatan, dan lingkungan kerja, dengan fokus pada :

- a) Peningkatan kinerja K3LH secara terus-menerus.
- b) Kepatuhan terhadap peraturan perundang-undangan keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku.
- c) Sosialisasi dan komunikasi kepada seluruh karyawan agar mereka sadar akan tanggung jawab pribadi dalam menjaga keselamatan dan kesehatan kerja.

- d) Keterbukaan informasi bagi pihak yang berkepentingan serta evaluasi berkala untuk memastikan kebijakan tetap sesuai dan relevan.
- e) Perencanaan yang mencakup identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan upaya pengendalian, yang terdokumentasi dengan baik dan diperbarui sesuai kebutuhan.

Pabrik Asam Format telah mengadopsi kebijakan K3LH dalam aspek perencanaan, pelaksanaan, serta pemeliharaan keselamatan instalasi dan perlindungan bagi pekerja. Kegiatan ini dijalankan di bawah tanggung jawab Unit Inspeksi Proses dan Keselamatan Lingkungan. Manajemen perusahaan mendukung penuh program pencegahan kerugian yang mencakup perlindungan terhadap pekerja, aset, kelangsungan operasi, dan keamanan masyarakat sekitar dari potensi dampak kegiatan industri. Pelaksanaan K3LH ini mengacu pada beberapa peraturan perundang undangan, yaitu :

1. UU No. 1 Tahun 1970 – tentang keselamatan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.
2. UU No. 2 Tahun 1951 – tentang santunan kecelakaan kerja, dikeluarkan oleh Departemen Tenaga Kerja.
3. PP No. 4 Tahun 1982 – tentang prinsip dasar pengelolaan lingkungan hidup, oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup.
4. PP No. 29 Tahun 1986 – mengenai ketentuan AMDAL, oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Kegiatan yang dilakukan untuk menjamin penerapan K3LH di antaranya:

- Mengawasi keselamatan proses produksi.
- Bertanggung jawab atas kelengkapan dan fungsi peralatan keselamatan kerja.
- Berperan sebagai instruktur keselamatan (safety).
- Menyusun rencana kerja untuk pencegahan kecelakaan.
- Membuat prosedur darurat untuk menghadapi kebakaran dan kecelakaan proses.
- Memantau kuantitas dan kualitas limbah agar tidak membahayakan lingkungan.

Semakin tinggi tingkat keselamatan kerja dalam sebuah pabrik, maka semakin meningkat pula produktivitas karyawan. Hal ini disebabkan oleh adanya jaminan keselamatan dan terciptanya suasana kerja yang nyaman. Oleh karena itu, menjadi tanggung

jawab para perancang pabrik untuk memastikan faktor keselamatan dipertimbangkan sejak awal. Aspek penting yang harus diperhatikan dalam perancangan pabrik demi keselamatan kerja antara lain:

- Mengurangi sebanyak mungkin aktivitas penanganan dan pengangkutan bahan secara manual.
- Menyediakan pencahayaan yang cukup dan ventilasi yang memadai.
- Menjaga jarak antar mesin dan peralatan agar cukup luas untuk aktivitas kerja.
- Menjamin bahwa area kerja aman, tidak licin, dan mudah diakses.
- Melengkapi mesin dan alat dengan sistem pencegahan kebakaran.
- Menempatkan rambu atau tanda peringatan di lokasi berbahaya.
- Menyediakan fasilitas evakuasi dalam keadaan darurat seperti kebakaran.

4.9 SMK3 Standar ISO 45001:2018

ISO (International Organization for Standardization) merupakan federasi global yang terdiri dari badan-badan standar nasional (anggota ISO) dari berbagai negara. Proses penyusunan Standar Internasional biasanya dilakukan oleh komite teknis ISO. Setiap badan anggota yang memiliki minat terhadap topik yang dibahas berhak untuk berpartisipasi dalam komite tersebut. Selain itu, organisasi internasional—baik dari sektor pemerintahan maupun non pemerintahan yang bekerja sama dengan ISO juga turut ambil bagian dalam proses ini. Dalam hal-hal yang berkaitan dengan standardisasi di bidang elektroteknik, ISO bekerja sama erat dengan Komisi Elektroteknik Internasional (IEC).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 mengenai penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), disebutkan bahwa SMK3 merupakan bagian dari sistem manajemen di dalam perusahaan yang bertujuan untuk mengendalikan risiko yang timbul dari aktivitas kerja, guna menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Sementara itu, menurut ISO 45001:2018, sistem ini merupakan kumpulan elemen yang saling terhubung dalam suatu organisasi, yang digunakan untuk menetapkan kebijakan, tujuan, serta proses-proses guna mencapai tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). ISO 45001:2018 adalah standar internasional terbaru yang menyediakan kerangka kerja bagi

organisasi dari berbagai jenis, ukuran, dan lokasi geografis dalam mengelola dan meningkatkan kinerja K3 secara berkelanjutan.

Standar ini menggunakan pendekatan berbasis risiko dan mengadopsi struktur umum yang dikenal sebagai 'Annex SL', sehingga selaras dan kompatibel dengan standar manajemen ISO lainnya seperti :

- ISO 9001 (Sistem Manajemen Mutu),
- ISO 14001 (Sistem Manajemen Lingkungan), dan
- ISO 27001 (Sistem Manajemen Keamanan Informasi).

Dengan pendekatan yang sistematis dan melibatkan partisipasi aktif dari para pekerja, organisasi dapat mengintegrasikan aspek K3 ke dalam proses bisnis utama mereka. Hal ini mendukung pencegahan kecelakaan serta mengurangi risiko dampak negatif terhadap kesehatan, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Standar ini juga membantu membangun budaya keselamatan yang positif, yang pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan seluruh tenaga kerja.

4.10 Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Pelayanan kesehatan di lingkungan pabrik merupakan salah satu fasilitas pendukung yang sangat krusial. Ketersediaan layanan kesehatan yang memadai dapat meningkatkan produktivitas pekerja serta menjadi penanganan awal dalam situasi darurat yang berpotensi mengancam jiwa. Keberadaan fasilitas ini juga menjadi langkah preventif perusahaan dalam menangani kecelakaan kerja. Dengan adanya sistem pelayanan kesehatan yang baik, risiko kematian akibat kecelakaan kerja dapat diminimalkan, sehingga berdampak pada pengurangan biaya kerugian yang ditanggung perusahaan. Berikut adalah jenis-jenis pelayanan kesehatan yang idealnya tersedia di lingkungan pabrik :

a. Kotak P3K

Kotak pertolongan pertama disediakan di setiap unit produksi dan ditempatkan di kantor masing-masing unit. Pemeriksaan rutin dilakukan setiap bulan oleh petugas dari poliklinik dan tim keselamatan kerja untuk memastikan kelengkapan isinya. Isi standar kotak P3K meliputi cairan antiseptik, celemek, penjepit lidah, torniket, kasa steril, perban, sarung tangan karet, dan kaca mata pelindung.

b. Petugas P3K

Setiap unit memiliki petugas P3K yang bertanggung jawab memberikan pertolongan pertama dalam keadaan darurat yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan pekerja.

c. Ambulans atau Kendaraan Darurat

Fasilitas ini harus selalu siap digunakan untuk mengantar korban kecelakaan kerja ke rumah sakit dengan cepat. Perawatan, pengoperasian, dan pemeliharaan kendaraan ini menjadi tanggung jawab sopir yang bekerja dalam sistem shift.

d. Asuransi Kesehatan

Perusahaan dianjurkan untuk menyediakan perlindungan asuransi bagi para pekerja, seperti program Jamsostek yang mencakup jaminan hari tua, kecelakaan kerja, kematian, serta perawatan kesehatan.

e. Poliklinik Perusahaan

Poliklinik bertugas memberikan pelayanan medis yang lengkap dan terintegrasi, baik untuk penyakit akibat kerja maupun penyakit umum, bagi seluruh karyawan dan keluarganya.

f. Tenaga Medis

Untuk menjalankan layanan kesehatan, perusahaan membutuhkan tim medis seperti dokter umum dan perawat yang berperan dalam memberikan penanganan serta mendukung tugas-tugas medis lainnya.

g. Pelayanan Kesehatan Karyawan

Bentuk pelayanan ini mencakup pemeriksaan kesehatan sebelum mulai bekerja, pemeriksaan berkala, pemeriksaan khusus sesuai kebutuhan pekerjaan, serta penanganan kecelakaan kerja.

h. Gizi Kerja

Perusahaan perlu memperhatikan asupan gizi bagi pekerja dengan menyediakan kantin khusus yang kebersihannya dijaga oleh petugas. Makanan yang disediakan harus memenuhi prinsip 4 sehat 5 sempurna, sehingga kebutuhan kalori dan nutrisi para pekerja tetap terpenuhi (Pertwi, 2016).

Dengan penyediaan fasilitas-fasilitas tersebut, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif bagi seluruh tenaga kerja.

4.11 Potensi Bahaya Disekitar Pabrik

Berdasarkan proses produksi yang dijalankan di pabrik ini, dapat dikenali berbagai potensi bahaya yang cukup kompleks. Potensi-potensi tersebut timbul dari berbagai aspek, mulai dari kondisi lingkungan kerja, tahapan proses produksi, hingga peran manusia sebagai faktor penting dalam menjalankan dan mengendalikan operasional secara efektif. Berikut beberapa potensi bahaya yang teridentifikasi :

- **Risiko Terjatuh**

Bahaya jatuh dari ketinggian merupakan ancaman serius yang dapat mengakibatkan cedera parah hingga kematian. Situasi ini biasanya terjadi saat bekerja di area tinggi, saat menggunakan tangga, atau saat melakukan pemeriksaan material di atas kendaraan seperti truk.

- **Bahaya Kejatuhan Benda**

Potensi tertimpa benda dapat terjadi, terutama di area penyimpanan perlengkapan kerja. Barang-barang seperti wearpack, helm, dan sepatu yang tidak tertata rapi di rak dapat jatuh dan membahayakan pekerja di sekitarnya.

- **Paparan Bahan Kimia Berbahaya**

Pekerja di pabrik asam Format harus selalu siaga terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan yang melibatkan bahan kimia, seperti tumpahan, kebocoran pada pipa atau tangki, maupun pelepasan gas hasil reaksi ke udara yang dapat menimbulkan bahaya langsung bagi kesehatan.

- **Tertabrak Kendaraan**

Area pabrik sering kali menjadi tempat lalu-lalang kendaraan berat seperti truk pengangkut bahan dan produk serta forklift. Pergerakan kendaraan ini menimbulkan risiko tertabrak, terutama bila area tidak dilengkapi jalur aman bagi pejalan kaki.

- **Kontak dengan Benda Panas**

Risiko ini muncul dari proses produksi yang melibatkan pembakaran atau alat bersuhu tinggi. Kontak langsung dengan permukaan panas dapat menyebabkan luka bakar, terutama pada bagian tubuh yang tidak terlindungi.

- **Kebakaran**

Potensi kebakaran dapat timbul di area perawatan (maintenance) akibat percikan api dari kegiatan pengelasan atau pemotongan logam. Selain itu, gudang penyimpanan (warehouse) juga memiliki risiko karena menyimpan bahan-bahan mudah terbakar. Korsleting listrik juga menjadi salah satu pemicu kebakaran yang umum terjadi.

- **Ledakan**

Ledakan merupakan bahaya besar yang berpotensi menimbulkan kerugian signifikan, baik bagi pekerja maupun perusahaan. Ledakan dapat disebabkan oleh pelepasan energi panas yang ekstrem, dan salah satu contohnya bisa berasal dari tabung gas LPG di area kantin yang mengalami kebocoran dan meledak (Pertiwi, 2016). Mengidentifikasi dan memahami potensi bahaya ini menjadi langkah awal yang penting untuk mencegah kecelakaan kerja serta menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat bagi seluruh pekerja.

4.12 Faktor Bahaya Disekitar Pabrik

Proses produksi di sebuah pabrik dapat menimbulkan berbagai faktor risiko yang, jika tidak dikelola dengan baik, berpotensi mengganggu kelancaran operasional serta membahayakan kesehatan para pekerja. Berikut ini beberapa faktor bahaya yang umumnya ditemukan di lingkungan pabrik :

- **Kebisingan**

Sumber utama kebisingan di pabrik berasal dari mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi. Pekerja yang terpapar suara bising secara terus-menerus selama 8 jam kerja berisiko mengalami gangguan pendengaran, bahkan kehilangan pendengaran permanen (tuli). Salah satu langkah pencegahan yang dapat dilakukan adalah dengan menyediakan pelindung telinga (ear plug) di area dengan tingkat kebisingan tinggi.

- **Penerangan**

Sistem pencahayaan di pabrik memanfaatkan cahaya alami dan lampu buatan. Jika pencahayaan alami sudah mencukupi, penggunaan lampu buatan dapat dihentikan untuk menghemat energi. Namun, pada beberapa area seperti ruang administrasi dan lini produksi, pencahayaan tambahan diperlukan karena pekerjaan di lokasi tersebut membutuhkan tingkat ketelitian tinggi, sehingga penerangan yang optimal menjadi sangat penting.

- **Getaran**

Getaran di lingkungan pabrik umumnya berasal dari mesin atau peralatan mekanik yang digerakkan oleh motor. Paparan getaran dalam jangka panjang dapat mengurangi kenyamanan saat bekerja dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan serta menurunkan efisiensi kerja. Dengan mengenali dan mengatasi faktor-faktor tersebut, perusahaan dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan nyaman bagi para pekerja.

4.13 Sistem Keamanan Kerja

Tujuan utama sistem keselamatan kerja di perusahaan adalah melindungi para pekerja dari berbagai potensi bahaya di lingkungan kerja. Oleh karena itu, perusahaan menyediakan berbagai fasilitas keselamatan, antara lain :

1. **Alat Pelindung Diri (APD)** Alat pelindung diri disediakan untuk meminimalkan risiko cedera atau paparan langsung terhadap bahaya kerja. Beberapa jenis APD yang digunakan, di antaranya:
 - Helm Berfungsi untuk melindungi kepala dari risiko benturan atau kejatuhan benda berat.
 - Kacamata Pelindung (Safety Glass) Digunakan untuk melindungi mata, khususnya bagi pekerja di bagian perawatan (maintenance), bengkel (workshop), ruang pengendalian mutu (QC), atau laboratorium.
 - Masker Diperlukan untuk melindungi pernapasan dari paparan debu, gas beracun, maupun zat korosif yang dapat membahayakan kesehatan.
 - Sarung Tangan Digunakan saat menangani bahan kimia secara langsung atau bekerja di area yang berisiko menimbulkan panas atau iritasi pada kulit.

- Sepatu Safety (Safety Shoes) Dipakai untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda berat maupun tumpahan bahan kimia berbahaya.

2. Perlindungan Mesin

Pabrik yang menggunakan mesin-mesin besar dalam operasionalnya perlu menerapkan sistem pengamanan mesin, seperti safety guard dan emergency stop button, untuk menghindari kecelakaan kerja akibat kontak langsung dengan mesin.

3. Sistem Penanggulangan Kebakaran

Untuk mencegah dan menangani kebakaran, perusahaan membentuk tim pemadam kebakaran yang jumlahnya disesuaikan dengan jumlah pekerja di setiap divisi. Sistem ini dikelola oleh departemen SHE (Safety, Health, and Environment) dan mencakup beberapa komponen:

a) Sistem Alarm Kebakaran

Menggunakan fire alarm system yang dipasang di setiap unit produksi dan akan berbunyi otomatis saat terjadi kebakaran. Lokasi alarm dipilih agar mudah terlihat dan diakses.

b) Peralatan Pemadam Kebakaran

- APAR (Alat Pemadam Api Ringan)

Jenis APAR yang digunakan meliputi busa (foam) dan serbuk kimia kering (powder). Standar pemasangan meliputi: Ketinggian pemasangan sekitar 150 cm dari lantai, Jarak antar APAR sekitar 15 meter, Tiap APAR dilengkapi Work Instruction (WI) yang mencantumkan jenis alat, tanggal pemeriksaan, dan masa berlaku Lokasi penyimpanan APAR diberi label nomor serta status kondisi terkini.

- Hydrant

Ditempatkan di area strategis di dalam pabrik. Pemeriksaan dilakukan dua minggu sekali oleh petugas keamanan, meliputi nozzle, sprayer, tekanan air, masa berlaku, dan kondisi keseluruhan alat. Air berasal dari sumur dan tandon yang tersedia.

- Tim Pemadam Kebakaran

Terdiri dari karyawan yang bekerja dalam sistem shift, dengan minimal dua orang per shift. Tanggung jawab utama ada pada tim HSE dan Komite Keselamatan Kerja.

4. Sistem Izin Kerja

Untuk mencegah kecelakaan pada pekerjaan dengan risiko tinggi, diterapkan sistem izin kerja. Jenis izin meliputi: Izin kerja panas, Izin kerja pengelasan, Izin kerja di ketinggian, Izin masuk ruang terbatas, dan Izin kerja kelistrikan. Pekerja wajib mengajukan izin kepada atasan atau supervisor, lalu diverifikasi oleh petugas keselamatan (safety officer).

5. Rambu dan Poster Keselamatan

Sebagai bentuk edukasi dan pengingat, perusahaan memasang berbagai rambu keselamatan kerja dan poster K3 di area umum yang mudah terlihat oleh seluruh karyawan.

6. Manajemen Keselamatan Berbasis Perilaku (Behavior Based Safety Management/BBSM)

BBSM adalah sistem yang dirancang untuk mengubah perilaku pekerja dalam rangka mencegah kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Tahapan implementasi BBSM antara lain: Identifikasi perilaku tidak aman di tempat kerja, Penunjukan pengawas untuk memantau aktivitas kerja, Monitoring dilakukan oleh rekan kerja masing-masing.

Meskipun bermanfaat, BBSM memiliki kelemahan, seperti timbulnya rasa takut di kalangan pekerja yang khawatir disalahkan saat melaporkan insiden. Namun, BBSM menekankan pentingnya edukasi terhadap risiko dan penggunaan kontrol administratif serta teknis (engineering control) untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman.

BBSM memberikan penghargaan kepada pekerja yang menunjukkan perilaku kerja aman dan konsisten menerapkan prinsip-prinsip keselamatan, bukan berdasarkan kecepatan dalam menyelesaikan tugas. Penelitian menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan BBSM secara konsisten akan mengalami penurunan angka kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dari waktu ke waktu (Pertiwi, 2016).

4.14 Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)

AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan) merupakan suatu studi yang menilai dampak signifikan dari suatu rencana usaha atau kegiatan terhadap lingkungan hidup. Kajian ini dibutuhkan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait penyelenggaraan suatu aktivitas usaha atau proyek.

Dalam proses AMDAL, yang menjadi fokus penilaian mencakup berbagai aspek seperti kondisi fisik dan kimia lingkungan, ekologi, aspek sosial-ekonomi, sosial budaya, serta kesehatan masyarakat. Seluruh aspek ini dianalisis sebagai pelengkap dari studi kelayakan suatu proyek atau rencana kegiatan.

Di satu sisi, AMDAL berfungsi sebagai bagian dari penilaian kelayakan suatu rencana usaha atau kegiatan. Namun di sisi lain, AMDAL juga menjadi persyaratan wajib yang harus dipenuhi untuk memperoleh izin pelaksanaan kegiatan tersebut. Melalui kajian ini, dampak besar dan penting—baik yang bersifat positif maupun negatif—terhadap lingkungan dapat diidentifikasi secara lebih mendalam.

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 CaCO_3	mg/l	Maks. 500	Titrimetri
9	Klorida (Cl)	mg/l	Maks. 250	Argentometri

No	Parameter	Satuan	Persyaratan	Teknik Pengujian
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 (SO ₄)	mg/l	Maks.250	pH meter
14	Tembaga (Cu)	mg/l	Maks.1	AAS
15	Klorin (Cl ₂)	mg/l	Maks.5	Spektrofotometri
16	Amonium (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 (Cr ⁶⁺)	mg/l	Maks 0,05	AAS
20	Kadmium (Cd)	mg/l	Maks 0,003	pH meter
21	Nitrat (NO ₃)	mg/l	Maks 50	AAS
22	Nitrit (NO ₂)	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	E.Coli	APM/100 ml	negatif	MPN
27	Total Bakteri Koliform	APM/100 ml	negatif	MPN

Tabel 4. 12 Baku Mutu Air Sungai Brantas

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
