

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses, yang juga dikenal sebagai utilitas, adalah komponen penting dalam mendukung kelancaran operasional sebuah pabrik. Dalam pabrik asam formiat, beberapa unit pendukung proses yang ada antara lain:

1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk berbagai kebutuhan, mulai dari air untuk proses produksi, sanitasi, pemadam kebakaran (air hydrant), pendinginan (cooling water), hingga air minum.

2. Unit Pengadaan Uap Air (Steam)

Unit ini memiliki fungsi untuk menyediakan uap air yang digunakan sebagai bahan baku serta media pemanas dalam sistem heat exchanger.

3. Unit Penyedia Udara Tekan

Unit ini bertanggung jawab menyediakan udara tekan untuk keperluan instrumen pneumatik, bengkel, dan kebutuhan udara tekan lainnya.

4. Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Unit ini menyediakan tenaga listrik yang diperlukan untuk menggerakkan peralatan proses, pengolahan air, peralatan elektronik, AC, dan penerangan di pabrik.

5. Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan generator dan berbagai peralatan proses lainnya.

6. Unit Laboratorium

Unit ini bertugas untuk mengawasi mutu proses produksi serta memastikan kualitas hasil produksi pabrik.

7. Unit Pengolahan Limbah

Unit ini berfungsi mengelola limbah yang dihasilkan dari seluruh area pabrik, baik limbah cair, padat, maupun gas.

Dengan adanya unit-unit pendukung tersebut, kelangsungan operasional pabrik dapat berjalan dengan lancar dan efisien.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Pada desain proyek pabrik Asam Formiat ini, pasokan air untuk pabrik akan diperoleh dari Instalasi Pengolahan Air Bersih yang berada di Kawasan Industri Gresik, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis : *hard water*
- pH : 7,5 - 8,5
- Total *Hardness* : max 220 ppm sebagai CaCO_3
- *Turbidity* : max 3 ppm
- *Residual chlorine* : 0,4 – 1 ppm

Unit penyediaan air yang ada di bagian utilitas bertugas untuk menyediakan air yang diperlukan untuk berbagai keperluan industri, air hidran, serta sanitasi.

4.1.1 Unit Pengadaan Air

Air baku yang digunakan dalam pabrik Asam Formiat ini bersumber dari Instalasi Pengolahan Air Bersih di Kawasan Industri Gresik. Air tersebut kemudian dimanfaatkan untuk beberapa keperluan, yaitu:

1. Air Proses

Air dari Instalasi Pengolahan Air Bersih Kawasan Industri Gresik digunakan sebagai air proses dengan beberapa pertimbangan, antara lain:

- a. Air tersedia dalam kondisi siap pakai dan biaya yang relatif terjangkau.
- b. Penggunaannya mudah dan efisien.
- c. Memiliki kapasitas penyerapan panas per volume yang tinggi.
- d. Tidak mengalami dekomposisi dan dapat mengurangi risiko fouling serta scaling pada peralatan proses.

- e. Tidak diperlukan instalasi pengolahan tambahan karena air sudah layak pakai langsung dari fasilitas kawasan industri.

2. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi untuk menyerap dan mentransfer panas melalui peralatan penukar panas. Sistem pendinginan ini penting untuk mencegah *over heating*, sehingga peralatan dapat beroperasi secara optimal. Media yang digunakan dalam sistem ini adalah air pendingin, yang merupakan air limbah dari proses pendinginan dan tidak bersentuhan langsung dengan bahan baku, produk antara, maupun produk akhir (KEP-49/MENLH/11/2010). Terdapat dua jenis

sistem air pendingin, yaitu: Sistem Resirkulasi, yaitu sistem di mana air pendingin yang sudah digunakan dialirkan kembali untuk proses pendinginan. Sistem ini biasanya menggunakan *cooling tower* dan perlu pengawasan terhadap peningkatan *total dissolved solids (TDS)* akibat penguapan. Sistem Sekali Lewat (*Once-Through*), yaitu sistem di mana air digunakan sekali untuk pendinginan, lalu langsung dibuang.

Dalam pabrik Asam Formiat ini, digunakan sistem air pendingin *once-through* karena memiliki beberapa keunggulan, seperti biaya investasi dan operasional yang lebih rendah serta penggunaan peralatan yang lebih sederhana. Air pendingin ini diaplikasikan pada alat seperti cooler dan kondensor.

Tabel 4.1 Kualitas Air Pendingin Sistem *Once Through*

Parameter	Parameter
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

Mekanisme penyaringan pada sistem penyedia cooling water tipe once-through umumnya terdiri atas beberapa tahapan yang dirancang untuk memastikan bahwa air yang masuk ke dalam sistem bebas dari kotoran serta partikel-partikel yang berpotensi merusak peralatan. Tahapan penyaringan ini secara umum mencakup proses-proses tertentu yang bertujuan untuk menjaga kualitas dan keamanan operasional sistem pendingin tersebut:

- Saringan Kasar (*Bar Screen*):

Saringan kasar berfungsi untuk mengeliminasi material berukuran besar seperti sampah, daun, ranting, serta benda asing lainnya yang terbawa aliran air. Umumnya, alat ini terdiri atas batang-batang logam yang diposisikan secara miring terhadap arah aliran, sehingga partikel besar dapat tertahan. Material yang terperangkap kemudian diangkat dan dibuang secara berkala guna menjaga kelancaran aliran.

- Saringan Halus (*Strainer*):

Saringan halus bertujuan untuk menyaring partikel berukuran lebih kecil, seperti pasir, kerikil halus, dan padatan lain yang tidak terjaring oleh saringan kasar. Alat ini umumnya memanfaatkan jaring (mesh) dengan ukuran pori yang lebih kecil, yang memungkinkan air melewati media tersebut sementara partikel tersaring tertahan di permukaannya. Pembersihan dilakukan secara periodik agar fungsi penyaringan tetap optimal.

- Filter Mikro (*Microfilter*):

Filter mikro digunakan untuk menyaring partikel mikroskopis yang masih lolos dari saringan halus, termasuk lumpur halus serta partikel organik kecil. Media filtrasi yang digunakan dapat berupa kain, cartridge filter, atau bahan berpori lainnya dengan ukuran pori sangat halus. Untuk menjaga efisiensi penyaringan, filter ini harus dibersihkan atau diganti secara rutin.

- Sistem Penyaringan Otomatis (*Self-Cleaning Filters*):

Sistem ini dirancang untuk melakukan proses penyaringan secara terus-menerus dengan mekanisme pembersihan otomatis. Tanpa perlu menghentikan aliran air, filter ini mampu membersihkan media filtrasi menggunakan metode seperti backwash (aliran balik) atau dengan bantuan sikat otomatis. Teknologi ini memungkinkan efisiensi operasional yang tinggi serta meminimalkan intervensi manual.

Seluruh tahapan penyaringan tersebut memiliki peranan penting dalam menjamin bahwa air pendingin yang digunakan dalam sistem tidak mengandung kontaminan yang dapat menimbulkan fouling, korosi, atau kerusakan pada komponen peralatan, sehingga sistem pendingin dapat beroperasi secara andal dan efisien.

3. Air Umpan Boiler

Air umpan boiler (*boiler feed water*) merupakan air yang digunakan sebagai sumber untuk menghasilkan uap (*steam*) yang dibutuhkan dalam mendukung keberlangsungan proses industri. Selama proses penguapan di dalam ketel uap (boiler), uap yang terbentuk adalah uap murni dalam bentuk fase gas (H_2O), sedangkan ion-ion terlarut yang terdapat dalam air umpan tidak ikut menguap. Akibatnya, terjadi akumulasi ion-ion tersebut dalam fase cair, sehingga konsentrasinya dalam air boiler akan meningkat seiring waktu. Peningkatan

konsentrasi ini berpotensi menimbulkan pergerakan atau gangguan aliran pada pipa-pipa boiler akibat fenomena seperti pengendapan (*scaling*) atau korosi.

Dalam prarancangan pabrik Asam Formiat, steam digunakan sebagai media pemanas dalam alat penukar panas guna memenuhi kebutuhan energi panas pada proses. Jenis uap yang digunakan dalam proses ini adalah *saturated steam* (uap jenuh), yang dihasilkan melalui unit boiler. Sumber air umpan untuk boiler berasal dari instalasi pengolahan air milik Kawasan Industri Gresik.

Tabel 4.2 Persyaratan Air Umpan Boiler (ASME, 2015)

<i>Drum Pressure</i> (psi)	<i>Iron</i> (ppm Fe)	<i>Copper</i> (ppm Cu)	<i>Total Hardness</i> (CaCO₃)	<i>Silica</i> (ppm SiO₂)	<i>Total alkalinity</i> (ppm CaCO₃)	Spesifik Konduksi (μohms/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
1501-2000	0,01	0,01	0	1	0	100

Pengendalian konsentrasi ion-ion dalam air boiler dilakukan melalui proses *blowdown*, yaitu dengan membuang sebagian volume air dari sistem boiler secara kontinu. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk mempertahankan konsentrasi ion-ion terlarut dalam batas yang telah ditetapkan, sehingga mencegah terjadinya pengendapan, korosi, atau gangguan operasional lainnya pada sistem boiler.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler adalah sebagai berikut :

a. Zat-Zat Penyebab Korosi

Korosi secara umum dapat diartikan sebagai proses kembalinya logam ke bentuk alaminya, yaitu sebagai bijih logam. Proses ini merupakan reaksi elektrokimia yang kompleks dan dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada permukaan logam. Dalam sistem boiler, korosi umumnya terjadi akibat rendahnya nilai pH, keberadaan larutan asam, serta gas-gas terlarut seperti oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂), hidrogen sulfida (H₂S), dan amonia

(NH₃). Selain itu, keberadaan garam-garam terlarut dan partikel tersuspensi dalam air boiler juga turut mempercepat laju korosi.

b. Zat-Zat Penyebab Pembentukan Kerak (Scale Forming)

Kerak dalam boiler terbentuk akibat reaksi antara kesadahan (umumnya disebabkan oleh ion kalsium dan magnesium) dengan suhu tinggi, yang menghasilkan senyawa seperti karbonat dan silika. Untuk mengatasi sisa kesadahan tersebut, biasanya ditambahkan senyawa fosfat. Fosfat akan bereaksi membentuk endapan ringan yang tidak melekat pada permukaan pipa boiler, sehingga dapat dengan mudah dikeluarkan melalui proses *blowdown*. Selain fosfat, penambahan polimer juga diperlukan untuk mengendalikan pembentukan endapan. Polimer berfungsi menghambat pertumbuhan kristal agar tetap kecil dan tersebar, serta mencegah terjadinya aglomerasi. Jenis polimer yang umum digunakan meliputi lignin, tannin, dan polielektrolit.

c. Zat-Zat Penyebab Pembentukan Busa (*Foaming*)

Foaming adalah fenomena terbentuknya gelembung-gelembung udara pada permukaan air di dalam *drum boiler*. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh kontaminasi bahan organik atau zat kimia yang tidak terkontrol di dalam sistem. Keberadaan busa dapat mengurangi ruang pelepasan uap (*steam-release space*), serta menyebabkan terbawanya air dan kotoran bersama uap, yang pada akhirnya dapat menghasilkan endapan dan mempercepat proses korosi pada permukaan logam. Untuk mencegah terjadinya *foaming*, selain dengan melakukan *blowdown* secara tepat, juga diperlukan penambahan zat anti-busa, seperti senyawa poli-amida atau poliglikol.

4. Air Sanitasi

Air merupakan salah satu komponen utilitas penting dalam kegiatan industri. Dalam konteks operasional pabrik, air digunakan untuk berbagai kebutuhan, khususnya untuk keperluan sanitasi. Air sanitasi diperlukan guna memenuhi kebutuhan dasar tenaga kerja, kegiatan di laboratorium, serta kebutuhan penunjang lainnya. Mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MEN.KES/PER/IX/1990 mengenai persyaratan dan pengawasan kualitas air, air yang digunakan untuk sanitasi harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

- a. Persyaratan Fisika: Air tidak boleh memiliki bau maupun rasa, nilai total *dissolved solids* (TDS) harus kurang dari 1500 mg/L, tingkat kekeruhan maksimal 25 NTU, suhu air tidak lebih dari $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dibandingkan suhu lingkungan, dan tingkat warna tidak melebihi 50 TCU.
- b. Persyaratan Kimia: Air harus memiliki rentang pH antara 6,5 hingga 9, serta bebas dari senyawa kimia beracun dan berbahaya, baik yang bersifat organik maupun anorganik.
- c. Persyaratan Bakteriologis: Air tidak boleh mengandung mikroorganisme patogen, terutama bakteri yang dapat menimbulkan penyakit.
- d. Persyaratan Radioaktivitas: Aktivitas radioaktif maksimum untuk partikel alfa adalah 0,1 Bq/L dan untuk partikel beta adalah 1 Bq/L.

5. Air Hydrant

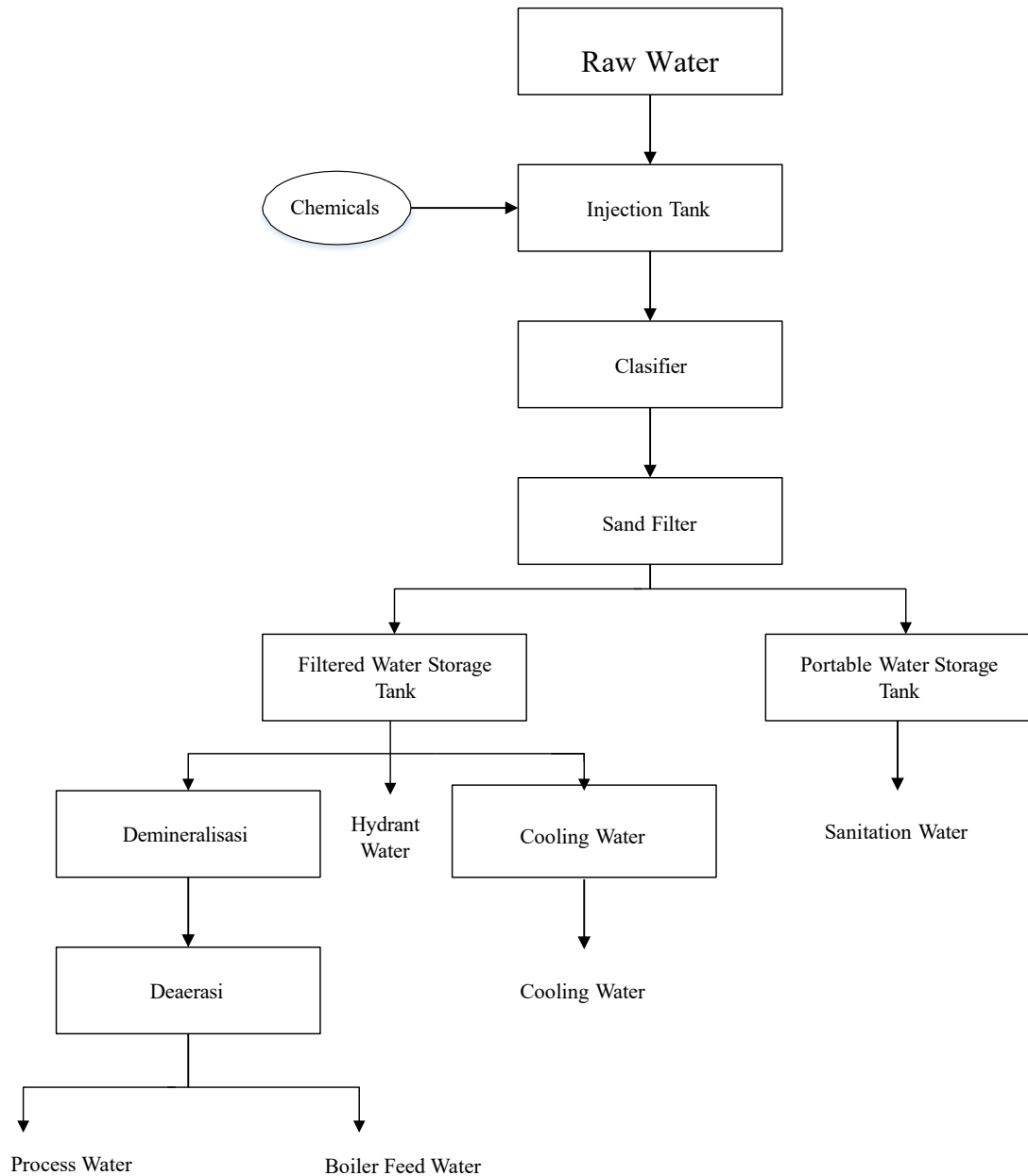
Salah satu komponen penting dalam sistem utilitas pabrik adalah penyediaan air untuk keperluan pemadaman kebakaran, yang disalurkan melalui sistem hidran. Ketersediaan air pada sistem ini menjadi krusial dalam kondisi darurat, khususnya apabila terjadi kebakaran pada salah satu bagian fasilitas produksi. Oleh karena itu, kebutuhan air pada sistem ini bersifat insidental, yaitu hanya digunakan pada saat keadaan darurat kebakaran terjadi. Berbeda dengan air proses, air untuk hidran tidak memerlukan spesifikasi teknis yang kompleks.

Distribusi air hidran dilakukan melalui jaringan pipa yang dirancang untuk menjangkau seluruh area pabrik. Instalasi pipa hidran ditempatkan secara strategis di berbagai titik di sekitar fasilitas, dengan mempertimbangkan aksesibilitas dan kemudahan penanganan darurat, sehingga memungkinkan respons cepat terhadap potensi kebakaran di seluruh wilayah pabrik.

4.1.2 Unit Pengolahan Air

Seluruh kebutuhan air untuk operasional pabrik, termasuk air proses, air umpan boiler, air pendingin, air untuk sistem hydrant, dan air sanitasi, dipasok oleh Instalasi Pengolahan Air Bersih yang berada di Kawasan Industri Jababeka. Instalasi ini menyediakan air dengan spesifikasi yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing penggunaan. Secara umum, sumber air yang digunakan berasal dari Waduk Jatiluhur. Untuk mencapai kualitas air yang dibutuhkan, dilakukan serangkaian proses pengolahan yang mencakup beberapa tahapan utama. Proses pengolahan air dari sungai ini meliputi

tahap penjernihan, penyaringan, desinfeksi, demineralisasi, dan deaerasi. Tahapan-tahapan ini dilaksanakan oleh Instalasi Pengolahan Air sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Air

Deskripsi Proses Pengolahan Air:

Proses pengolahan air ini bertujuan untuk menghasilkan berbagai jenis air yang diperlukan dalam operasional, seperti air pendingin, air untuk sistem hydrant, air

sanitasi, serta air untuk unit demineralisasi yang nantinya akan digunakan sebagai air proses dan air umpan boiler.

1. Tahap Awal

Air baku (*raw water*) pertama-tama dimasukkan ke dalam tangki pencampuran, di mana air tersebut diaduk dengan kecepatan tinggi sambil diberi bahan kimia, antara lain:

- Alum dan FeSO_4 yang berfungsi sebagai koagulan. Kedua bahan ini membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang tidak larut, yang kemudian menarik partikel-partikel halus dalam air untuk membentuk flok (gumpalan). Karena berat jenisnya lebih tinggi, flok ini akan mengendap dengan bantuan gravitasi.
- Kalsium hipoklorit atau klorin cair ditambahkan sebagai desinfektan untuk membunuh mikroorganisme.

2. Clarifier

Setelah dari tangki pencampuran, air dialirkan ke *clarifier*. Di sini, flok-flok tersebut diendapkan secara gravitasi sambil diaduk perlahan. Lumpur hasil endapan dikeluarkan melalui proses *blow down*, sementara air yang jernih di bagian atas dialirkan ke penampungan sementara.

3. Penyaringan (*Sand Filter*)

Air dari penampungan sementara yang masih mengandung partikel-partikel halus kemudian disaring menggunakan *sand filter*. Hasil penyaringan ditampung dalam dua tangki berbeda:

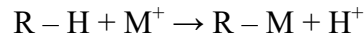
- *Filtered Water Storage Tank*, untuk menampung air yang akan digunakan sebagai air make-up pendingin, air hydrant, dan sebagai umpan ke unit demineralisasi.
- *Portable Water Storage Tank*, digunakan untuk menyimpan air bersih bagi keperluan sehari-hari dan pemukiman.

Air dari *filtered water* digunakan untuk keperluan air pendingin, sanitasi, dan hydrant, sedangkan air proses dan air umpan boiler diambil dari hasil pengolahan lebih lanjut di unit demineralisasi agar memenuhi standar yang diperlukan.

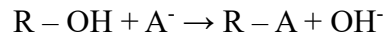
4. Unit Demineralisasi

Unit ini bertugas memproduksi air demineralisasi (*demin water*) yang digunakan untuk mendukung proses produksi uap (*steam*). Air demineralisasi adalah air yang telah dibebaskan dari kandungan mineral seperti ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , dalam bentuk karbonat, sulfat, maupun klorida (CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^-). Dalam kondisi normal, unit ini menerima dua jenis air umpan yaitu Air hasil desalinasi dan Air kondensat, yang berasal dari hasil kondensasi uap di unit penukar panas atau turbin. Sebelum dicampur dalam *pretreated water tank*, air kondensat terlebih dahulu disaring menggunakan *cartridge filter*. Setelah itu, campuran dari air desalinasi dan air kondensat dialirkan menuju *demineralized water tank melalui mixed bed filter* untuk menyempurnakan proses deionisasi. *Mixed bed filter* terdiri dari resin penukar ion kation dan anion. Resin-resin ini akan mengalami regenerasi secara berkala menggunakan bahan kimia Asam sulfat (H_2SO_4) untuk resin kation, Caustic soda (NaOH) untuk resin anion. Limbah hasil regenerasi dari sistem ini dikumpulkan dalam kolam netralisasi (*neutralization basin*). Mekanisme kerja resin:

Resin kation menyerap ion bermuatan positif (misalnya M^+) dan menukarnya dengan ion H^+ , sesuai reaksi:



Resin anion menyerap ion bermuatan negatif (misalnya A^-) dan menukarnya dengan ion OH^- , sesuai reaksi:

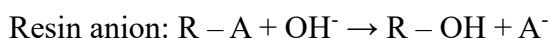
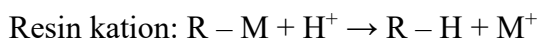


Reaksi antara ion H^+ dan OH^- menghasilkan air murni:



Ketika resin telah jenuh dan tidak mampu lagi menukar ion secara efektif, akan terjadi penurunan kualitas air, yang bisa dideteksi dari meningkatnya konduktivitas. 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 (H_2SO_4) dan resin anion diregenerasi menggunakan *caustic soda* (NaOH).

Reaksi regenerasi resin:



Air demineralisasi yang dihasilkan dari proses ini memiliki kualitas tertentu sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi Air Demineralisasi

Parameter	Nilai
pH	5-7
Konduktivitas	5 μ S/cm (maks)
SiO ₂	0,1 ppm (maks)
Besi	0,05 ppm (maks)
TSS	0,1 ppm (maks)
Residu Oksigen	1 ppm (maks)

5. Daerasi

Air yang telah melalui proses demineralisasi masih mengandung gas-gas terlarut, terutama oksigen (O₂) dan karbon dioksida (CO₂), yang harus dihilangkan karena keberadaan gas-gas tersebut dapat menyebabkan korosi pada sistem. Untuk itu, digunakan alat bernama deaerator guna menghilangkan gas-gas terlarut tersebut. Dalam proses di deaerator, beberapa bahan kimia ditambahkan, antara lain:

- Hidrazin, yang berfungsi untuk mengikat oksigen terlarut. Reaksi antara hidrazin dan oksigen menghasilkan nitrogen, yang bersama gas-gas lain akan dikeluarkan melalui proses stripping menggunakan uap bertekanan rendah.
- Larutan amonia, ditambahkan untuk mengatur tingkat keasaman (pH) air, sehingga pH air yang keluar dari deaerator berada pada kisaran 8,5 hingga 9,5.

Setelah keluar dari deaerator, air tersebut menjadi air umpan boiler. Sebelum masuk ke dalam boiler, ke dalam air ini ditambahkan larutan fosfat (Na₃PO₄·H₂O) yang berfungsi mencegah pembentukan kerak akibat silika dan kalsium pada steam drum maupun pipa boiler. Selain itu, dispersan juga ditambahkan untuk mencegah pengendapan sebelum air dipasok ke boiler.

4.1.3 Kebutuhan Air

Secara umum, penyediaan air untuk keperluan proses, pendinginan, dan umpan boiler dalam perancangan pabrik Asam Formiat ini dapat dipahami dengan lebih jelas melalui diagram skematik yang ditampilkan di bawah ini.

4.1.3.1 Air Pendingin

Air pendingin dimanfaatkan untuk menurunkan suhu guna menjaga kestabilan temperatur reaktor, mendinginkan produk hasil distilasi, serta mengkondensasi uap

yang dihasilkan dari proses distilasi. Kebutuhan air pendingin dalam rancangan pabrik Asam Formiat ini dirancang untuk memenuhi fungsi-fungsi tersebut.

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Pendingin

No	Nama Alat	Kebutuhan
1	Kondensor I (E-311)	4653,41
2	Kondensor 2 (E-411)	1332,02
3	Kondensor 3 (E-511)	12212,65
5	Cooler I	472,57
6	Cooler 2	720,71
7	Cooler 3	126,71
8	Cooler 4	482,18
Total		20000,25

- Jumlah kebutuhan air untuk pendingin sebesar = 20000,25 kg/jam
- Densitas air pada 30°C (Perry, 1999) = 995,647 kg/m³
- Menghitung Kehilangan massa air selama proses cooling water = 10% (Asumsi) dari total massa kebutuhan diakibatkan karena adanya kebocoran dan lain-lain.

$$M_{\text{kehilangan}} = 10\% \times 20000,25 = 2000,024559 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa air yang masuk kedalam cooling water

$$M_{\text{cw}} = \text{Total air pendingin} - M_{\text{kehilangan}} = 20000,25 - 2000,024559 = 18000,22 \text{ Kg/jam}$$
- Massa air yang hilang karena proses pendinginan di *cooling water* (air *make up cooling water*)

$$M_{\text{m}} = \text{Total air pendingin} - M_{\text{cw}} = 20000,25 - 18000,22 = 2000,02 \text{ Kg/jam}$$
- Menghitung massa air pendingin yang dibutuhkan oleh umpan proses

$$M_{\text{up}} = \text{Total air pendingin} + M_{\text{m}} = 20000,25 + 2000,02 = 22000,27 \text{ Kg/jam}$$

4.1.3.2 Air Sanitasi

- Air untuk Karyawan Kantor
 Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010, Kebutuhan air tiap orang yaitu 60 L/hari = 60 kg/hari
 - Jumlah karyawan = 166 orang
 - Jam kerja tiap karyawan = 8 Jam

- Jumlah kebutuhan air = $60 \text{ kg/hari} \times 166 \text{ orang} = 9960 \text{ kg/hari} \times = 415 \text{ kg/jam}$
- Air untuk Laboratorium dan Taman
Direncanakan kebutuhan air untuk laboratorium dan taman sebesar kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk taman dan laboratorium yaitu:
 - Kebutuhan air = $25\% \times \text{kebutuhan air karyawan} = 25\% \times 415 \text{ kg/hari} = 103,75 \text{ kg/hari}$
- Air untuk Pemadam Kebakaran dan Cadangan Air
Kebutuhan air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air direncanakan sebesar 120% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk pemadam kebakaran dan cadangan air:
 - Kebutuhan air = $120\% \times \text{kebutuhan air karyawan} = 120\% \times 415 \text{ kg/hari} = 498 \text{ kg/hari}$
- Total Air Untuk Sanitasi = $415 + 103,75 + 498 = 1016,75 \text{ kg/hari}$

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

Uap air yang diperlukan dalam proses pabrik dihasilkan melalui unit boiler. Pemilihan jenis boiler umumnya didasarkan pada beberapa pertimbangan, seperti kapasitas dan tekanan uap yang dihasilkan, jenis bahan bakar yang digunakan, daya tahan peralatan, biaya perawatan dan operasional, serta aspek ekonomi lainnya. Pada pabrik Asam Formiat ini, uap digunakan sebagai sumber panas untuk alat penukar panas dan reboiler dalam proses distilasi, di mana seluruh kebutuhan uap tersebut disuplai oleh boiler.

Tabel 4.5 Kebutuhan Steam

No	Nama Alat	Kebutuhan
1	Heat Exchanger I	173,38
2	Heat Exchanger II	146,65

3	Heat Exchanger III	470,97
5	Reaktor I	118,43
6	Reaktor II	276,35
7	Reboiler I	3007,26
8	Reboiler II	921,86
9	Reboiler III	8156,84
Total		13271,74

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).

- Menghitung Kehilangan massa steam selama proses steam 10% (Asumsi) dari total massa kebutuhan diakibatkan karena adanya kebocoran dan lain-lain.

$$M_{\text{kehilangan}} = 10\% \times 13271,74 = 1327,17376 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa air yang kembali ke boiler

$$M_{\text{sb}} = \text{Total kebutuhan steam} - M_{\text{kehilangan}} = 13271,74 - 1327,17376 = 11944,56 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa *steam make up*

$$M_{\text{m}} = \text{Total kebutuhan steam} - M_{\text{sb}} = 13271,74 - 11944,56 = 1327,17 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa *steam* total

$$M_{\text{total}} = \text{Total kebutuhan steam} + M_{\text{m}} = 13271,74 + 1327,17 = 14598,91 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa *steam blowdown* 10%(Asumsi)

$$M_{\text{bd}} = \text{Total kebutuhan steam} \times M_{\text{total}} = 0,10 \times 14598,91 = 1459,89 \text{ Kg/jam}$$

- Menghitung massa *steam deaerator*

$$M_{\text{d}} = M_{\text{total}} + M_{\text{bd}} = 14598,91 + 1459,89 = 16058,80 \text{ Kg/jam}$$

4.3 Unit Pengadaan Udara Tekan

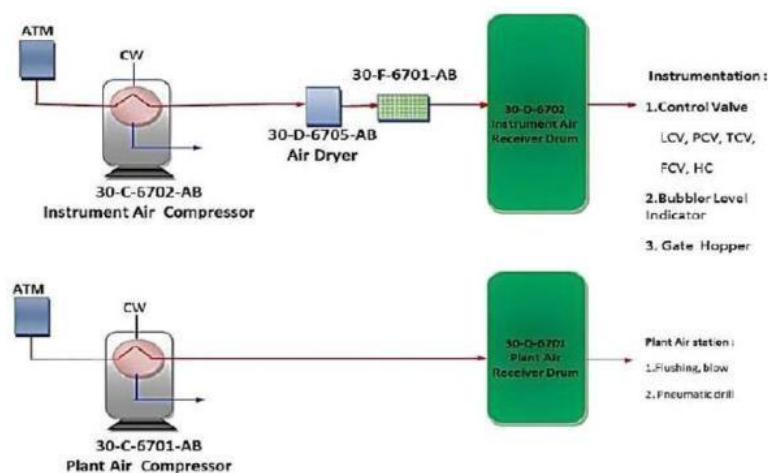
Untuk menyediakan udara bertekanan yang digunakan sebagai penggerak pneumatic control valve pada unit produksi, diperlukan sebuah unit khusus, yaitu unit penyedia udara tekan. Unit ini menghasilkan dua jenis udara bertekanan, yaitu Plant air dengan tekanan sekitar 10 kg/cm^2 pada suhu ruang, digunakan dalam proses yang masih dapat mentoleransi kandungan air tinggi (udara basah). Instrument air dengan tekanan

sekitar 7 kg/cm² pada suhu ruang, digunakan dalam proses yang memerlukan udara kering dan bebas dari kontaminan.

Udara proses digunakan untuk peralatan atau proses yang tidak membutuhkan udara dengan tingkat kekeringan tinggi, sedangkan udara instrumentasi harus dalam kondisi kering dan bersih, serta dimanfaatkan untuk menggerakkan peralatan berbasis pneumatik dan untuk proses aerasi. Untuk memproduksi kedua jenis udara ini, udara dialirkan ke dua kompresor: Kompresor A menghasilkan udara proses, Kompresor B menghasilkan udara instrumen.

Sebelum didistribusikan ke berbagai unit dalam Departemen Produksi, udara dari kedua sistem ini disimpan terlebih dahulu dalam *Air Receiver*. Udara instrumen, sebelum ditampung, terlebih dahulu melewati *Air Dryer* untuk menghilangkan kandungan uap air, kemudian dialirkan ke *Filter Instrument Air*. Setelah disaring, udara ini disimpan dalam *Instrument Air Receiver*.

Sementara itu, udara proses langsung dialirkan ke *Air Receiver* tanpa melalui proses pengeringan dan penyaringan. Setelah tahapan ini, baik udara proses maupun udara instrumen didistribusikan ke berbagai bagian proses produksi sesuai kebutuhan.



Gambar 4.2 Diagram Alir Pengadaan Udara Tekan

4.4 Unit Penyediaan Tenaga Listrik

Kebutuhan energi listrik di pabrik Asam Formiat ini dipenuhi melalui dua sumber utama, yaitu dari jaringan PLN dan generator internal pabrik. Penggunaan dua sumber ini bertujuan untuk memastikan ketersediaan listrik yang berkelanjutan, bahkan jika

terjadi gangguan pasokan dari PLN. Generator yang digunakan merupakan generator arus bolak-balik (AC), dengan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Mampu menghasilkan daya listrik dalam jumlah besar
- b. Tegangan yang dihasilkan dapat disesuaikan (ditingkatkan atau diturunkan) sesuai kebutuhan sistem

Energi listrik di pabrik ini digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain:

1. Menyediakan tenaga listrik untuk proses produksi dan sistem utilitas
2. Penerangan di seluruh area pabrik
3. Sistem pendingin udara (AC)
4. Kebutuhan laboratorium dan sistem instrumentasi
5. Pengoperasian peralatan listrik lainnya

Estimasi konsumsi daya listrik untuk masing-masing kebutuhan tersebut dirinci sebagai berikut:

4.4.1 Listrik Untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Kebutuhan listrik untuk keperluan proses dan utilitas dapat dilihat pada tabel 4.6. dan tabel 4.7.

Tabel 4.6 listrik untuk keperluan proses

Nama alat	Jumlah	HP	Total Hp
Pompa Air	1	1	1
Pompa Metil Formiat	1	1	1
Pengaduk R-210	1	3	3
Pengaduk R-230	1	3	3
Pompa menuju R-230	1	1	1
Pompa <i>top product</i> D-310	1	1	1
Pompa <i>top product</i> D-410	1	1	1
Pompa D-510 ke MV-220	1	1	1
Pompa <i>bottom product</i> D-310	1	1	1
Pompa <i>bottom product</i> D-410	1	1	1
Pompa T-110	1	1	1
Jumlah			15

Tabel 4.7 listrik untuk keperluan utilitas

Nama alat	Jumlah	HP	Total 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 <i>cooling tower</i>	1	10	10
Pompa kondensat	3	2	6
Jumlah			48

Diperkirakan kebutuhan daya listrik untuk alat yang tidak terdeskripsikan = 10% dari total kebutuhan.

Kebutuhan daya listrik untuk alat yang tidak terdeskripsikan = 10% x 63 = 6,3 HP

Maka, kebutuhan listrik keseluruhan untuk alat yaitu = 63 + 6,3 = 69,3 HP = 51,45 Kw

4.4.2 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 x lux

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

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

Besarnya lux berbeda – beda tergantung pada area yang akan diberi penerangan. Dalam perancangan ini digunakan nilai lux satandar berdasarkan referensi *lighting handbook* oleh *Zumtobel Lighting GmbH*. Kebutuhan lumen ditunjukkan pada perhitungan berikut. Dalam desain perancangan ini digunakan nilai lux standar menurut *AUS (Lighting Handbook : Zumtobel Lighting GmbH)*.

Tabel 4.8 Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik

No	Lokasi	m ²	ft ²	Lux	Lumen
Indoor					
1	Gudang*	200	2152	150	30000
2	Kantor**	900	9684	450	405000
3	Tempat ibadah**	150	1614	300	45000
4	Kantin*	200	2152	150	30000
5	Poliklinik*	50	538	150	7500
6	Ruang kontrol**	50	538	300	15000
7	Laboratorium**	50	538	500	25000
8	Bengkel*	100	1076	200	20000
9	K3& Fire safety area*	100	1076	150	15000

10	Unit proses*	10.000	107600	100	1000000
Outdoor					
11	Pos keamanan*	50	538	150	7500
12	Jalan dan taman*	500	5380	50	25000
13	Tempat parkir*	200	2152	5	1000
14	Utilitas*	600	6456	5	3000
15	Unit pengolahan limbah*	200	2152	50	10000
16	Area perluasan pabrik*	2.000	21520	50	100000

- Menggunakan lampu pijar 8-18 lum/watt, dipilih = 13 um/watt, Lampu TL = 40 watt
- Menggunakan lampu merkuri 45-57 lum/watt, dipilih = 51 lum/watt, Lampu TL = 250 watt
- Lampu instan starting daylight 40 watt = 1920 lumen/buah
- Jumlah lumen didalam ruangan yaitu = 1592500 lumen
Jadi jumlah lampu didalam ruangan = $829,4270833 \text{ buah} \times 40 \text{ watt} = 33177,08333 \text{ watt}$
- Untuk semua area diluar ruangan digunakan lampu merkuri 250 watt
Lumen output tiap lampu = 1000 lumen/buah
- Jumlah lumen diluar ruangan = 146500 lumen
Jadi jumlah lampu diluar ruangan = $146,5 \text{ buah} \times 250 \text{ watt} = 36625 \text{ watt}$
- Jadi, daya penerangan yang dibutuhkan = $33177,08333 + 36625 = 69802,08333 \text{ watt}$

(Tabel 18, perry 3rd ed)

4.4.3 Listrik untuk *Air Conditioner*

Air conditioner direncanakan menggunakan AC inverter. Sebuah AC 1 PK memerlukan daya listrik sebesar 520 watt. Luas gedung perlu AC = 1800 m^2 = Luas ruangan $\times 500 \text{ btu.m}^2/\text{hr} = 900000 \text{ btu/hr} = 261 \text{ Kw}$.

4.4.4 Unit Pembangkit Listrik

Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang telah disebutkan, pasokan energi berasal dari PLN sebagai sumber utama dan generator sebagai sumber cadangan. Generator ini akan dioperasikan apabila terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN. Generator

yang digunakan memiliki efisiensi kerja sebesar 80%, sehingga mampu menyediakan daya cadangan secara optimal saat dibutuhkan.

Generator digunakan untuk menyediakan listrik dari peralatan-peralatan yang tidak boleh terputus atau berubah tegangannya. Generator yang digunakan yakni generator arus bolak-balik.

Total Kebutuhan Listrik = 317,595

Faktor Keamanan 20% = 264,6625

$$\text{Efisiensi generator 80\%} = \frac{\text{Total Kebutuhan Listrik}}{80\%} = \frac{317,595}{80\%} = 396,99375$$

Ditetapkan input generator = 2000 kW

Listrik yang masih tersedia = 2000 - 396,99375 = 1603,00625 kW = 2179,478246 HP

Spesifikasi Generator:

- Type AC generator
- Kapasitas 2000 Kw
- Tegangan 220/360 volt
- Efisiensi 80%
- Frekuensi 50 Hz
- Jumlah 1 buah
- Bahan bakar Solar

4.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah solar. Bahan bakar generator yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Jenis bahan bakar : Solar
- Kapasitas generator = 2000 kW
- *Specific Fuel Consumption* = 0,207 Kg/kWh
- Kebutuhan bahan bakar = SFC x Kapasitas generator = 0,207 Kg/kWh x 2000 kW
= 414 kg/h = 470,304 L/jam = 3278880 kg/tahun = 3724807,68 L/tahun.

4.6 Unit Laboratorium

Laboratorium memiliki peran yang sangat penting dalam suatu pabrik untuk mendapatkan data yang diperlukan. Data ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja

unit-unit yang ada dan seringkali digunakan untuk menilai tingkat efisiensi serta pengendalian kualitas.

Pengendalian kualitas dalam pabrik bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas dilakukan mulai dari bahan baku, selama proses produksi berlangsung, hingga pada produk akhir. Proses pengendalian kualitas yang rutin dilakukan bertujuan untuk memastikan bahan baku dan produk akhir sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Pemeriksaan rutin juga membantu mengetahui apakah proses produksi berjalan normal atau mengalami penyimpangan. Jika analisis menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan harapan, masalah tersebut dapat segera diidentifikasi dan ditangani.

Laboratorium berada di bawah pengawasan bidang teknik dan rekayasa, yang memiliki tugas utama sebagai berikut:

- a. Mengontrol kualitas bahan baku dan produk yang dihasilkan.
- b. Mengontrol durasi proses produksi.
- c. Mengawasi kualitas air pendingin, air umpan boiler, dan segala hal yang berkaitan langsung dengan proses produksi.

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:

- a. Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.
- b. Melakukan analisis terhadap bahan pembuangan yang dapat menyebabkan polusi.
- c. Melakukan penelitian atau eksperimen untuk mendukung kelancaran produksi.

Bagian laboratorium dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

- Laboratorium Fisik
- Laboratorium Analisis
- Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

4.6.1 Laboratorium Fisik dan Analitik

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

1. Analisa bahan baku

Analisa viskositas, densitas, dan kemurnian.

2. Analisa produk

Analisa viskositas, densitas, dan kemurnian.

4.6.2 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 penggunaan bahan baku.

4.6.3 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:

1. pH meter: Alat ini digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan air.
2. Spektrofotometer: Digunakan untuk mengukur konsentrasi senyawa yang terlarut dalam air.
3. Peralatan titrasi: Digunakan untuk menentukan kandungan klorida, kesadahan, dan alkalinitas dalam air.

4. *Conductivity meter*: Digunakan untuk mengukur konduktivitas zat terlarut dalam air.

4.7 Unit Pengolahan Limbah

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik asam formiat dapat dibagi menjadi dua kategori utama:

- Limbah cair
- Limbah padat

Pengolahan limbah dilakukan berdasarkan jenis limbahnya, yaitu:

1. Pengolahan Limbah Cair

Air limbah dari pabrik asam formiat dapat berupa:

- a. Unit Pengolahan Air Limbah

Limbah air dari sanitasi, yang berasal dari toilet di seluruh kawasan pabrik, dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan desinfektan seperti kalsium hipoklorit.

- b. Air Sisa Utilitas

Limbah air hasil regenerasi dari unit penukar ion dan unit demineralisasi dinetralkan dalam kolam penetralan. Proses penetralan dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 jika pH limbah lebih dari 7,0, dan larutan NaOH jika pH limbah kurang dari 7,0. Air yang sudah netral kemudian dialirkan ke kolam penampungan akhir, bersama aliran air dari pengolahan lainnya dan air *blowdown* dari *clarifier*.

2. Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan terdiri dari limbah domestik dan limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah domestik berupa sampah rumah tangga seperti kertas dan plastik dikumpulkan dalam bak penampungan dan kemudian dikirim ke tempat pembuangan akhir (TPA). Limbah dari IPAL ditimbun di dalam tanah yang dilapisi dengan clay (tanah liat) untuk mencegah penyebaran bahan berbahaya ke lingkungan sekitar.

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. Pasalnya, menurut Rudjito dan Supriyanto (2018), 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 (Gozan, 2011).

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 (Gozan, 2011).

Pabrik Asam Formiat 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:

1. 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.

2. Petugas P3K

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

3. 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.

4. 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.

5. Poliklinik Perusahaan

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

6. 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.

7. Pelayanan Kesehatan Karyawan

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

8. 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 (Pertiwi, 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:

1. 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.

2. 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.

3. Paparan Bahan Kimia Berbahaya

Pekerja di pabrik asam formiat 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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:

1. 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.

2. 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.

3. 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.

c. 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 4.9 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 ±3°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
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/100ml	negatif	MPN
27	Total Bakteri Koliform	APM/100ml	negatif	MPN

Tabel 4.10 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