

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES

Unit pendukung proses atau biasa disebut utilitas adalah bagian penunjang dari keberlangsungan proses dari awal hingga akhir produksi. Kebutuhan penunjang dalam produksi dapat terpenuhi secara langsung dari dalam pabrik atau membeli dari perusahaan lain. Akan tetapi untuk pabrik furfural akan memenuhi kebutuhan utilitasnya secara mandiri. Pendirian pabrik furfural memerlukan beberapa bahan penunjang yang meliputi *steam*, listrik, air, bahan bakar, udara tekan, dan lain-lain.

Utilitas yang diperlukan dalam perancangan pabrik furfural dengan bahan baku sekam padi meliputi:

1. Unit pengolahan air

Unit ini berfungsi untuk menyediakan air untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, sanitasi, proses, hydrant, dan umpan boiler.

2. Unit *steam*

Unit ini berfungsi untuk menghasilkan uap panas untuk memenuhi kebutuhan peralatan spesifik seperti *heater*, reaktor, dan boiler

3. Unit Listrik

Unit ini berperan dalam menyediakan kebutuhan listrik untuk menjalankan peralatan maupun penerangan, keperluan pengolahan air, serta peralatan elektronik lain yang digunakan. Listrik pada pabrik furfural nantinya akan disuplai oleh PLN dan generator.

4. Unit Bahan Bakar

Unit ini memiliki peran dalam pemenuhan kebutuhan bahan bakar untuk *boiler* dan generator listrik. Bahan bakar yang digunakan pada pabrik furfural nantinya akan disuplai oleh PT Pertamina Persero.

5. Unit pengelolaan limbah

Unit ini berperan penting dalam mengelola limbah yang dihasilkan dari proses produksi pabrik furfural dan dilakukan pengolahan yang sesuai.

6. Laboratorium

Unit ini berfungsi untuk menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga mutu produksi. Dengan data yang diperoleh dari laboratorium maka proses produksi akan dapat dikendalikan dan kualitas produk dapat terjaga sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Tugas dari laboratorium meliputi:

- a. Pengendalian proses produksi dengan melakukan analisis terhadap cemaran lingkungan, meliputi polusi udara, limbah cair, dan limbah padat yang dihasilkan.
- b. Pengendali mutu bahan penunjang proses, seperti air proses, air pendingin, air umpan boiler, *steam*, dan lainnya.
- c. Pengendalian mutu produk akhir furfural agar kualitasnya tetap terjaga sesuai dengan standar spesifikasi produk.

4.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

4.1.1 Unit Penyediaan Air

Pada desain rancangan pabrik furfural, kebutuhan air akan *disupply* oleh Kawasan Industri Ngoro, Mojokerto. Air yang digunakan juga harus memenuhi standar mutu air proses untuk keperluan industri kimia. Air proses yang akan digunakan pabrik furfural dalam kegiatannya dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Air Pendingin

Air pendingin berfungsi sebagai media perpindahan panas dalam kondensor dan *heat exchanger*. Air digunakan sebagai media pendingin karena kemampuannya dalam menyerap panas tanpa mengalami dekomposisi. Air pendingin harus memiliki sifat non-korosif, tidak menyebabkan pembentukan kerak, serta bebas dari mikroorganisme yang dapat memicu pertumbuhan lumut. Kehilangan air selama proses pendinginan perlu digantikan dengan cara *make-up water*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mengolah air sungai sebagai air pendingin yaitu sebagai berikut:

- a. Air harus bersih, bebas dari cemaran partikel baik yang halus maupun kasar, seperti batu, kerikil, pasir, atau tanah.
- b. Tingkat kesadahan air yang rendah. Semakin tinggi kesadahan air maka akan meningkatkan kerak (*scaling*) pada sistem perpipaan.

- c. Kandungan mikroorganisme dalam air sungai seperti bakteri dan plankton yang terus berkembang dapat menyebabkan *biofouling* pada sistem perpipaan dan alat *heat exchanger*. Sehingga diperlukan pengolahan air secara kimi maupun fisika dengan cara penambahan tawas, klorinasi, demineralisasi, deaerasi, ataupun penyaringan.

Berikut adalah standar mutu air pendingin yang dapat digunakan untuk industri dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Syarat Mutu Air Pendingin (ASME Water Quality Standard, 2016)

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

Air pendingin dihasilkan melalui *Cooling Tower*, di mana suhu air diturunkan dengan cara disemprotkan dan dikontakkan dengan udara yang ditiup oleh kipas. Interaksi antara air dan aliran udara menyebabkan panas dari air berpindah ke udara, disertai dengan proses penguapan sebagian air yang melepaskan panas laten. Air yang telah mengalami pendinginan kemudian dikumpulkan dalam basin dan digunakan kembali sebagai air pendingin. Untuk menjaga ketinggian air tetap stabil, dilakukan penambahan *make-up water* dari penampungan air bersih. Selanjutnya, air pendingin dari basin dipompa kembali ke sistem pabrik untuk mendinginkan proses produksi melalui pompa sirkulasi.

2. Air Proses Produksi

Dalam jalannya proses produksi, air proses digunakan sebagai pelarut asama pekat 98% pada proses *mixer* sebelum masuk reaktor. Air yang digunakan dalam proses ini bersumber dari Kawasan Industrial Ngoro dan air yang digunakan merupakan air demineralisasi, dengan tujuan agar tidak terjadi reaksi samping yang diinginkan. Hal yang harus diperhatikan dalam pemenuhan air proses adalah sebagai berikut:

- a. Kesadahan, tingkat kesadahan yang tidak sesuai dapat menimbulkan kerak
- b. Kandungan besi yang dapat menyebabkan korosi
- c. Minyak yang menyebabkan terbentuknya lapisan film mengakibatkan terganggunya koefisien transfer panas serta menimbulkan endapan.

3. Air Umpan *Boiler*

Air yang digunakan sebagai umpan *boiler* bersumber dari Kawasan Industri Ngoro dan air ini digunakan untuk menghasilkan *steam* dari proses pemanasan *boiler*. Syarat air yang dapat digunakan sebagai umpan boiler adalah tidak boleh mengandung garam dan mineral. Karena air yang mengandung garam serta mineral dapat merusak logam dan mengakibatkan turunnya efisiensi *steam*. Berikut adalah hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan boiler, antara lain:

- a. Zat yang menyebabkan korosi. Korosi dalam boiler terjadi akibat keberadaan larutan asam serta gas-gas terlarut seperti O_2 (oksigen), CO_2 (karbon dioksida), dan H_2S (hidrogen sulfida) yang masuk melalui aerasi atau kontak langsung dengan udara.
- b. Zat yang menyebabkan kerak (*Scale forming*). Kerak terbentuk akibat adanya zat penyebab kesadahan dan suhu tinggi, terutama dari garam-garam karbonat dan silikat yang mengendap di dalam sistem boiler.
- c. Zat yang menyebabkan *foaming*. *Foaming* dalam boiler dapat terjadi akibat pengambilan air dari proses pemanasan yang mengandung zat organik, anorganik, serta partikel tak terlarut dalam jumlah besar. Fenomena ini lebih sering terjadi pada air dengan kadar alkalinitas tinggi, yang menyebabkan terbentuknya busa berlebihan.

Oleh karena itu, air umpan boiler harus melalui proses pengolahan lanjutan untuk mengendalikan kandungan zat-zat yang dapat menyebabkan masalah dalam sistem. Biasanya, air umpan diolah melalui demineralisasi dengan ion-exchanger, kemudian dilanjutkan dengan proses deaerasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut.

Dalam sistem boiler, penting untuk memperhatikan proses blowdown, yaitu pembuangan air boiler yang telah mengalami peningkatan konsentrasi zat terlarut dan tersuspensi, yang kemudian digantikan dengan air umpan baru. Proses ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi kontaminan di dalam boiler, sehingga mencegah pembentukan kerak dan endapan. Karena steam yang dihasilkan oleh boiler bersifat relatif murni dan hanya mengandung H₂O, zat terlarut dalam air boiler akan terus meningkat seiring waktu. Jika tidak dikendalikan, akumulasi ini dapat menyebabkan terbentuknya kerak, yang berpengaruh pada tegangan muka air dan berpotensi menyebabkan carry-over, yaitu terbawanya air boiler bersama uap yang dihasilkan.

Tabel 4.2 Persyaratan Air Umpan Boiler (Branan, 1976)

Parameter	Nilai
pH	8,3 – 10
Kadar SiO ₂	Maks 125 ppm
Kadar Fe	Maks 0,1 ppm
Kadar O ₂	Maks 0,007 ppm
Total Kesadahan	Maks 0,3 ppm
Total alkalinitas	Maks 700 ppm
Total <i>solids</i>	Maks 3.500 ppm
<i>Suspended solids</i>	Maks 300

4. Air Sanitasi/Domestik

Air sanitasi merupakan salah satu kebutuhan penting dalam pabrik. Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk pemenuhan rumah tangga pabrik termasuk laboratorium dan kantor. Air sanitasi diperlukan untuk keperluan pencucian,

pembersihan peralatan pabrik, utilitas, laboratorium, dan lainnya. Maka dari itu, syarat air sanitasi mengacu pada syarat mutu air *higiene* sanitasi yang diatur oleh Menteri Kesehatan RI (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.32 Tahun 2017) yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Syarat Mutu Air Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Baku Mutu (Maksimum)
A. Parameter Fisik			
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	1.000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm$ 3
5.	Rasa	°C	Tidak berasa
6.	Bau	°C	Tidak berbau
B. Parameter Biologi			
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. Coli	CFU/100ml	0
C. Parameter Kimia Wajib			
1.	pH	mg/l	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,11
9.	Deterjen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
D. Parameter Kimia Tambahan			

1.	Air Raksa	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,5
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Seng	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbal	mg/l	0,05
9.	Benzene	mg/l	0,01
10.	Zat organik (KMnO ₄)	mg/l	10

5. *Air Hydrant*

Salah satu fasilitas penting dalam utilitas pabrik adalah sistem pemadam kebakaran, yang berfungsi sebagai pasokan air darurat jika terjadi kebakaran di lingkungan pabrik. Dalam operasionalnya, air hydrant dialirkan melalui jaringan pipa khusus yang tersebar di seluruh area pabrik. Pipa hydrant ditempatkan di lokasi-lokasi strategis untuk memastikan akses yang mudah dan cakupan maksimal di seluruh area pabrik. Berdasarkan (SNI 03-1735-2000), pasokan air hydrant harus memenuhi persyaratan minimum, yaitu 2.400 liter per menit dengan tekanan 3,5 bar dan mampu mengalirkan air setidaknya selama 45 menit secara terus-menerus.

4.1.2 Pengolahan Air

Pengolahan air di industri digunakan untuk memenuhi kebutuhan air supaya dapat digunakan sebagai pengolahan pabrik diantaranya pengolahan secara fisik dan kimia, penambahan air diharuskan memenuhi persyaratan kualitas air yaitu:

- Terbebas dari kotoran yang dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan di sepanjang aliran peralatan dan perpipaan.
- Tidak mengandung mikroorganisme, zat pencemar, dan makhluk hidup sungai lainnya.

Berikut merupakan tahapan pengolahan air sebagai berikut:

1. Penjernihan (*Clarification*)

Air yang digunakan sebagai bahan baku diambil dari air sungai, air sungai dialirkan dari daerah yang terbuka ke *water intake system* yang terdiri dari *screen* dan *pompa*. *Screen* berfungsi sebagai pemisah kotoran serta benda asing yang terdapat pada aliran suction pompa. Air yang tersaring oleh *screen* masuk ke *section* pompa dan dialirkan melalui pipa masuk ke unit pengolahan air.

Air kemudian masuk ke dalam bak sedimentasi untuk mengendapkan serta memisahkan lumpur yang masih terbawa, yang mana dapat menyebabkan *fouling* di dalam proses penyediaan air bebas mineral. Partikel dengan ukuran yang lebih besar dapat dihilangkan melalui proses penyaringan, dan koloidal yang dapat dihilangkan melalui proses klarifikasi dalam penetralan dan penggumpalan (*coagulation*) dan dilakukan injeksi larutan alum, kaustik dan klorin sebelum dikeluarkan. Jumlah bahan kimia yang masuk dapat dikontrol secara otomatis dengan jumlah yang sebanding air yang masuk, sedangkan jumlah bahan kimia yang diinjeksi tergantung dengan mutu air sungai serta keadaan operasi di lapangan. Air yang berasal dari alam memiliki kandungan yang sangat bermacam-macam jenis dan jumlah pengotornya. Kotoran ini dapat digolongkan sebagai berikut:

a. Padatan yang terlarut

Zat padat terlarut terdiri dari macam-macam komposisi mineral diantaranya kalsium karbonat, magnesium karbonat, kalium sulfat, magnesium sulfat, silika, sodium klorida, sodium sulfat, dan sejumlah kecil seperti besi, mangan, florida, aluminium, dan lain-lain.

b. Gas – gas yang terlarut

Gas – gas yang terlarut biasanya adalah komponen dari udara walaupun biasanya jarang seperti hidrogen sulfida, metana, oksigen, dan CO₂.

c. Zat yang tersuspensi

Zat yang tersuspensi dapat berupa kekeruhan (*turbidity*) yang terjadi dari bahan organik, mikroorganisme, tanah liat, serta endapan lumpur, warna yang disebabkan oleh pembusukan tumbuh-tumbuhan, dan lapisan endapan mineral seperti minyak.

Proses penjernihan air ini menggunakan bahan kimia seperti larutan alum (Aluminium Sulfat), Soda Kaustik (NaOH), dan Klorin/Kaporit. Bahan kimia tersebut berfungsi sebagai bahan penggumpal (*floaculant*), penngatur pH, pembunuh bakteri, jamur, dan mikroorganisme sehingga dapat mempermudah terjadinya pembentukan flok. Air sungai yang sudah ditreatment pada unit *clarification*, selanjutnya akan diolah di unit filtrasi yaitu pada *sand filter*.

2. Penyaringan (*Filtration*)

Bahan baku air yang disiapkan untuk proses pertukaran ion (*ion exchanger*) harus disaring terlebih dahulu untuk mencegah *fouling* di penukar ion yang disebabkan adanya kotoran yang terbawa. Kotoran yang terbawa dikoagulasikan pada proses penjernihan. Bahan akan dihilangkan termasuk bahan organik, warna dan bakteri. Air yang sudah mengalami proses penjernihan, turbiditasnya menjadi 5 ppm atau bahkan lebih rendah. Selama operasi dari filter, kotoran yang masih terbawa pada air setelah dilakukan proses penjernihan akan terlepas oleh filter dan terkumpul dan permukaan *bed*.

Penyaringan ini menggunakan media pasir atau sand filter yang berbentuk silinder vertikal. Yang terdiri dari antrasit, *coarse sand*, *fine sand*, dan *activated carbon*. *Activated carbon* berfungsi sebagai penyerap CO₂ terlarut dalam air dan zat-zat organik sebelum masuk ke dalam tahap demineralisasi. Jika *sand filter* sudah jenuh maka harus dilakukan regenerasi, backwash dengan aliran yang lebih tinggi dari aliran filtrasi, hal ini dilakukan agar dapat melepaskan kotoran dari permukaan filter dan dapat memperluas bidang penyaringan. Setelah *di-backwash* dan filter dioperasikan kembali, air hasil saringan pada menit pertama dikirimkan ke pembuangan, ini dilakukan untuk membersihkan sistem dari benda-benda padat yang masih terbawa dan setelah itu dapat dibuang. *Backwash* filter dapat terjadi secara otomatis apabila *high pressure drop*

tercapai atau waktu operasinya (*duration time*) tercapai. Larutan kaustik diinjeksikan melalui pipa (*line header outlet*) dari sand filter agar dapat mengatur pH dari produk air filter yang masuk ke tangki penyimpanan air filter. Tumbuhnya mikroorganisme yang terdapat di dalam filter dapat dicegah dengan melakukan injeksi klorin. Dari tangki air filter, air akan didistribusikan ke *cooling tower*, keperluan air umum, air *hydrant*, dan air untuk demineralisasi.

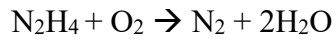
3. Demineralisasi

Proses Demineralisasi berfungsi untuk mengambil ion-ion yang terkandung didalam air. Air yang sudah melewati proses demineralisasi disebut air demin (*deionized water*). Sistem demineralisasi disiapkan untuk mengolah air filter dengan penukar ion (*ion exchanger*) agar dapat menghilangkan padatan yang terlarut dalam air sehingga dapat menghasilkan air semesta sebagai air umpan boiler. Unit demineralisasi terdiri dari penukar kation (*cation exchanger*) dan penukar anion (*anion exchanger*). Pada setiap periode tertentu, resin yang dioperasikan akan mengalami kejenuhan sehingga tidak dapat mengikat kation/anion secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan pengaktifan kembali dengan cara regenerasi. Regenerasi resin dilakukan dengan proses kebalikan dari operasi service. Resin cation diregenerasi dengan larutan H_2SO_4 sedangkan resin anion diregenerasi dengan larutan $NaOH$.

4. Unit Deaerasi

Deaerasi adalah proses penghilangan gas-gas terlarut yang terdapat pada air keluaran dari *ion exchanger*, sedangkan air umpan *boiler* berasal dari *Demin Water Tank*, gas-gas terlarut harus dihilangkan terutama gas terlarut berupa O_2 . Penghilangan gas O_2 dilakukan di Deaerator, dengan ditambahkan bahan kimia *hydrazine* (N_2H_4) yang dapat mengikat gas O_2 . Proses deaerasi dilakukan di dalam deaerator dengan 2 tahap yaitu:

- Mekanis: proses *stripping* dengan LS menghilangkan oksigen hingga 0,007 ppm.
 - Kimia: reaksi dengan N_2H_4 (*hydrazine*) dapat menghilangkan oksigen sisa.
- Reaksinya:



- Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat mengontrol pH, air yang keluar dari deaerator memiliki pH sekitar 8,5 – 9,5.

Air yang keluar dari deaerator akan diberikan larutan fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4\text{H}_2\text{O}$) agar dapat mencegah terbentuknya kerak silika dan kalsium pada *steam drum* dan *boiler tube*. Air akan diberikan *disperant* terlebih dahulu sebelum diumpankan ke boiler.

4.1.3 Perhitungan Kebutuhan Air

Kebutuhan air di pabrik pembuatan furfural meliputi beberapa macam kebutuhan air, diantaranya:

1. Kebutuhan Air Proses

$$\begin{aligned}\text{Mixer} &= 4.860,943 \text{ kg/jam} \\ \text{Total kebutuhan air proses} &= 4.860,943 \text{ kg/jam} \\ &= 116.662,635 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

2. Kebutuhan Air Pendingin

$$\begin{aligned}\text{Reaktor} &= 69.371,108 \text{ kg/jam} \\ \text{Kondensor} &= 251.335,897 \text{ kg/jam} \\ \text{Distilasi} &= 302,038 \text{ kg/jam} \\ \text{Total air pendingin} &= 321.009,043 \text{ kg/jam} \\ &= 7.704.217,021 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Jumlah make up water yang dibutuhkan diperkirakan sebesar 5% untuk mengganti air yang hilang karena penguapan, entrainment oleh udara, dan blowdown.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah make up water} &= 7.704.217,021 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5\% \\ &= 385.210,851 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air pendingin saat start up

$$= \text{Jumlah air pendingin} + \text{Jumlah make up water}$$

$$= 8.089.427,872 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3. Kebutuhan Air Hydrant

Menurut SNI 03-1735-2000 kebutuhan pasokan air hydrant memiliki ketentuan minimal yaitu 2.400 liter/menit pada tekanan 3,5 bar serta mampu mengalirkan air minimal selama 45 menit. Lalu pada SNI 03-1735-2000 diatur ketentuan kebutuhan pasokan air hydrant untuk luas lahan non perumahan yaitu dimana untuk luas halaman 1.000 m² pertama diatur jumlah hydrant sebanyak 2 buah. Untuk hydrant pertama berkapasitas minimal 38 liter/s dan 19 liter/s untuk hydrant yang kedua. Selanjutnya untuk luas lahan 1.000 m² berikutnya diatur dengan penambahan 1 buah hydrant dengan kapasitas air minimal 20 liter/s (atau 1.200 liter/min). Sehingga dari ketentuan tersebut, untuk kebutuhan hydrant pada Pabrik Furfural dengan luas lahan 11.700 m² dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Luas lahan awal} = 11.700 \text{ m}^2$$

$$\text{Kebutuhan hydrant awal} = 2 \text{ buah (untuk 1.000 m}^2 \text{ pertama)}$$

$$= (38 \text{ liter/s} + 19 \text{ liter/s})$$

$$= 57 \text{ liter/s}$$

$$\text{Luas lahan sisa} = 11.700 \text{ m}^2 - 1.000 \text{ m}^2 = 10.700 \text{ m}^2$$

$$\text{Kebutuhan hydrant sisa} = 10.700 \text{ m}^2 / 1.000 \text{ m}^2 = 10,7 = 11 \text{ hydrant (dibulatkan)}$$

$$\text{Kebutuhan volume total hydrant} = (57 \text{ liter/s} + (11 \times 20 \text{ liter/s})) \times 2.700 \text{ detik}$$

$$= 747.900 \text{ liter}$$

Jadi, air yang dibutuhkan untuk pasokan hydrant adalah 747.900 liter.

4. Kebutuhan Air Umpan Boiler

Kebutuhan air untuk steam berdasarkan neraca panas adalah:

Heat Exchanger 1	= 616,054 kg/jam
Reaktor	= 1.804,314 kg/jam
Evaporator 1	= 5.563,455 kg/jam
Evaporator 2	= 64,730 kg/jam
Heat Exchanger 2	= 26,682 kg/jam
Distilasi	= 7,168 kg/jam
Total air umpan boiler	= 8.082,407 kg/jam
	= 193.977,764 m ³ /hari

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

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan steam} &= 193.977,764 \text{ m}^3/\text{hari} \times 110\% \\ &= 213.375,5407 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Jumlah make up water yang dibutuhkan sebesar 5% dikarenakan adanya blowdown.

$$\begin{aligned}\text{Make up water} &= 193.977,764 \text{ m}^3/\text{hari} \times 5\% \\ &= 9.698,888 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Maka, kebutuhan air umpan boiler saat start up

$$\begin{aligned}&= \text{Kebutuhan steam} + \text{make up water} \\ &= 223.074,429 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Kebutuhan air umpan boiler saat operasi normal

$$= \text{make up water}$$

$$= 9.698,888 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5. Kebutuhan Air Sanitasi

Perkiraan kebutuhan air sanitasi adalah sebagai berikut:

- Air Untuk Karyawan

Jumlah karyawan = 100 orang

Kebutuhan seorang karyawan = 50 l/hari

Kebutuhan total = 5000 l/hari

$$= 5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Air Untuk Laboratorium = 2,5 m³/hari

Menurut keputusan Kepala Bapedal Np. 113 Tahun 2000, kebutuhan minimal air sanitasi untuk laboratorium sebanyak 2 m³/hari. Oleh karena itu, ditetapkan air sanitasi untuk laboratorium sebanyak 2 m³/hari. Keperluan untuk pemeliharaan taman, pembersihan, dan lain-lain adalah 10 m³/hari. Sehingga total keseluruhan kebutuhan air sanitasi sebanyak 17,5 m³/hari.

6. Kebutuhan Air Total

Kebutuhan air total saat Start Up dan normal operasi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Kebutuhan Air total

No.	Keterangan	Kebutuhan (m ³ /hari)	
		<i>Start Up</i>	Normal
1.	Air Proses	116.662,635	116.662,635
2.	Air Pendingin	8.089.427.872	385.210,851
3.	Air Umpan Boiler	223.074,429	9.698,888
4.	Air Sanitasi	17,5	17,5
Total		8.429.182,436	511.589,874

4.2 Unit Penyediaan Steam

Steam yang digunakan dalam pabrik furfural dipakai untuk menyuplai kebutuhan panas pada HE-1, Reaktor, Evaporator-1, Evaporator-2, HE-2 dan Distilasi. Steam yang digunakan sebagai pemanas pada HE-1, Reaktor, Evaporator-1, Evaporator-2, HE-2 dan Distilasi merupakan saturated steam pada suhu 207,11°C dan tekanan 18 atm. Air umpan boiler didapatkan dari unit penyedia air. Steam digunakan sebagai pemanas pada peralatan proses sebagai berikut:

$$\text{Heat Exchanger 1} = 621,4235788 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Reaktor} = 1.782,321034 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Evaporator 1} = 5.580,464885 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Evaporator 2} = 63,89364976 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Heat Exchanger 2} = 23,7479168 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Distilasi} = 4,165039606 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Jumlah kebutuhan steam} = 8.076,016104 \text{ kg/jam} = 17.804,54662 \text{ lb/jam}$$

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

$$\text{Jumlah steam} = 17.804,54662 \text{ lb/jam} \times 110\%$$

$$= 19.585,00129 \text{ lb/jam}$$

$$\text{Blowdown} = \text{jumlah kebutuhan steam} \times 5\%$$

$$= 17.804,54662 \text{ lb/jam} \times 5\%$$

$$= 890,2273312 \text{ lb/jam}$$

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

$$= (19.585,00129 + 890,2273312) \text{ lb/jam}$$

$$\begin{aligned}
 &= 20.475,22862 \text{ lb/jam} \\
 \text{Kondensat yang kembali} &= 90\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 90\% \times 20.475,22862 \text{ lb/jam} \\
 &= 18.427,70575 \text{ lb/jam} \\
 \text{Kondensat yang hilang} &= 10\% \text{ dari steam yang dihasilkan} \\
 &= 10\% \times 20.475,22862 \text{ lb/jam} \\
 &= 2.047,522862 \text{ lb/jam} \\
 \text{Make up water boiler} &= \text{kondensat yang hilang} + \text{blowdown} \\
 &= (2.047,522862 + 890,2273312) \text{ lb/jam} \\
 &= 2.937,750193 \text{ lb/jam} \\
 \% \text{ make up water} &= (\text{Make up water} / \text{Air Umpan Masuk}) \times 100\% \\
 &= (2.937,750193 / 20.475,22862) \text{ lb/jam} \times 100\% \\
 &= 14,34782609\% \\
 \% \text{ make up kondensat} &= (\text{Kondensat kembali} / \text{Air Umpan masuk}) \times 100\% \\
 &= (18.427,70575 / 20.475,22862) \text{ lb/jam} \times 100\% \\
 &= 90\%
 \end{aligned}$$

Menentukan Kapasitas Boiler

Menurut (Severn, 1964) perhitungan dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = m_s (h - h_f)$$

Keterangan:

Q = kapasitas boiler (BTU/jam)

m_s = massa *steam* (lb/jam)

h = entalpi *steam* pada P dan T tertentu (BTU/lb)

h_f = entalpi *feed* (BTU/lb)

Pada pra-rancangan pabrik furfural, steam yang dihasilkan adalah *saturated steam* dengan temperature 207,11°C dan tekanan 18 atm. *Steam* dihasilkan dari 90% kondensat dan 14,34% air make up, sehingga berdasarkan (Smith and Van Ness, 2001) perhitungan didapat sebagai berikut:

T = 207,11°C

P = 18 atm

$h_{L30^{\circ}\text{C}}$ = 125,7 kJ/kg
= 54,04 BTU/lb

$h_{L207,11^{\circ}\text{C}}$ = 884,574 kJ/kg
= 380,298 BTU/lb

$h_{V207,11^{\circ}\text{C}}$ = 2.794,8 kJ/kg
= 1.201,547 BTU/lb

H = $h_v - h_L$
= (1.201,547 – 380,298) BTU/lb
= 821,249 BTU/lb

h_F = (% make up water x $h_{L30^{\circ}\text{C}}$) + (% make up kondensat x $h_{L207,11^{\circ}\text{C}}$)
= (0,1434 x 54,04 BTU/lb) + (0,9 x 380,298 BTU/lb)
= 350,021 BTU/lb

Q = $m_s (h - h_f)$
= 20.475,22862 lb/jam x (821,249 BTU/lb – 350,021 BTU/lb)

$$= 9.648.485,363 \text{ BTU/jam}$$

Efisiensi boiler adalah 85%, sehingga:

$$Q_{\text{aktual}} = (Q / \text{efisiensi})$$

$$= (9.648.485,363 / 0,8) = 12.060.606,7 \text{ BTU/lb}$$

Menentukan Luas Perpindahan Panas

Boiler yang akan digunakan adalah boiler berjenis *fire tube boiler*, sehingga konversi menurut severn (1964) panas menjadi daya didapat sebagai berikut:

$$HP = (Q / 970,3 \times 34,5)$$

$$HP = (12.060.606,7 / 970,3 \times 34,5) = 428.809,4186 \text{ HP}$$

Ditentukan luas bidang pemanasan adalah 10 ft²/HP, sehingga total *heating surface* adalah 4.288.094,186 ft².

Menghitung Kebutuhan Bahan Bakar

Jenis bahan bakar yang akan digunakan pada *boiler* adalah Natural Gas, dengan perhitungan *heating value* sebagai berikut:

$$\text{GHV natural gas} = \sum_i^{xi} xi, \text{GHV. xi}$$

Data GHV (*Gross Heating Value*) masing-masing komponen pada natural gas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 data GHV Komponen Natural Gas (Fundamnetal of Natural Gas Processing” A.J.Kidnay & Parrish W.R., 2006)

Komponen	BM	%Massa	GHV (BTU/lb)	GHV.xi
Metana	16	0,833	23,892	19.906,814
Etana	30	0,053	22,334	1.183,702

Propana	44	0,029	21,654	634,462
i-butana	58	0,007	21,232	138,008
n-butana	58	0,008	21,300	168,270
j-butana	72	0,004	21,044	77,836
n-pentana	72	0,002	21,085	50,604
n-heksana	86	0,002	20,994	39,794
Nitrogen	28	0,013	-	-
Karbon Dioksida	44	0,049	-	-
Hidrogen Sulfida	34	0,00001	7,094	0,071
Total		1		22.199,558

GHV *Natural Gas* = 22.199,588 BTU/lb = 51.636,487 kJ/kg

Menghitung Massa Bahan Bakar

$$Mf = Q / f$$

Keterangan mf = *rate* bahan bakar (lb/jam)

Q = kapasitas *boiler* (BTU/lb)

f = *heating value* (BTU/lb)

Maka,

$$mf = (12.060606,7 \text{ BTU/jam} / 22.199,588 \text{ BTU/lb})$$

$$= 543,2806547 \text{ lb/jam}$$

Spesifikasi Boiler

Tipe : *Fire Tube Boiler*

Jumlah : 1 buah

Heat Surface : 4.288.094,186 ft²

Tekanan : 3,6 atm

Temperature : 493 K

Bahan bakar : Natural Gas

4.3 Unit Penyediaan Listrik

Pada prancangan pabrik furfural, kebutuhan tenaga listrik dipenuhi oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN) serta BEP set (Genset) sebagai cagangan dikarenakan pabrik akan berjalan secara kontinyu untuk menghindari gangguan yang mungkin terjadi. Kebutuhan listrik diperuntukkan untuk keperluan proses dan utilitas, penerangan, pendingin ruangan (AC), laboratorium serta instrumentasi.

Pasokan listrik dari jaringan tegangan menengah adalah 20kV, sehingga pabrik diharuskan mempunyai trafo (transformator tegangan) untuk mengubahnya menjadi tegangan rendah 380 volt AC 3 fasa dan 220 volt AC 1 fasa.

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

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

Keuntungan menggunakan generator AC dengan jenis generator AC 3 fasa adalah sebagai berikut:

- Tegangan listrik serta daya kerja stabil
- Kawat penghantar yang digunakan lebih sedikit
- Harga motor 3 phase relatif lebih murah

4.3.1 Kebutuhan Listrik Untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik Proses

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
<i>Mixer-01</i>	1	3,25	3,25
<i>Expansion Valve</i>	1	27	27

Reaktor	1	0,33	0,33
<i>Crusher</i>	1	17	17
<i>Belt Conveyor-01</i>	1	0,44	0,44
<i>Screw Conveyor</i>	1	0,33	0,33
<i>Bucket Conveyor</i>	1	1	1
Filter Press	1	60	60
Pompa-01	1	0,25	0,25
Pompa-02	1	0,25	0,25
Pompa-03	1	0,25	0,25
Pompa-04	1	16	16
Pompa-05	1	2,5	2,5
Pompa-06	1	0,25	0,25
Pompa-07	1	0,25	0,25
Pompa-08	1	0,25	0,25
Pompa-09	1	0,25	0,25
Pompa-10	1	0,25	0,25
Pompa-11	1	0,25	0,25
Pompa-12	1	0,25	0,25
Pompa-13	1	1,25	1,25
Total	21	131,6	131,6

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan = 98,1391 kW

Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik Utilitas

Nama Alat	Jumlah	HP	Total HP
Pompa Utilitas 01	1	6	6
Pompa Utilitas 02	1	2,5	2,5

Pompa Utilitas 03	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 04	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 05	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 06	1	0,5	0,5
Pompa Utilitas 07	1	1,5	1,5
Pompa Utilitas 08	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 09	1	2,25	2,25
Pompa Utilitas 10	1	1	1
Pompa Utilitas 11	1	1,5	1,5
Pompa Utilitas 12	1	1	1
Pompa Utilitas 13	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 14	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 15	1	3	3
Pompa Utilitas 16	1	1,25	1,25
Pompa Utilitas 17	1	0,25	0,25
Pompa Utilitas 18	1	0,75	0,75
<i>Colling Tower</i>	1	1	1
Total	19	24	24

Diketahui 1 HP = 0,7457 kW

Power yang dibutuhkan untuk utilitas = 24 HP = 17,8968 kW

Kebutuhan listrik untuk pengolahan limbah diperkirakan = 30 HP

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

4.3.2 Kebutuhan Listrik Untuk Penerangan dan Pendingin Ruangan

1. Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

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

Lumen = Area x *lux*

Keterangan:

Area = luas daerah yang membutuhkan pencahayaan (m²)

Lux = kebutuhan energi cahaya persatuan luas (lumen/m²)

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

Tabel 4.8 Kebutuhan Listrik untuk Penerangan

Bangunan <i>Indoor</i>	Luas (m²)	<i>Lux</i> (lumen/m²)	Lumen
Pos Keamanan	5	100	500
Mushola	25	150	3.750
Laboratorium	33	500	16.500
Kantor Utama	117	500	58.500
Kantor RnD & K3	67	300	20.100
Bengkel	33	100	3.300
Koperasi & Kantin	33	150	4.950
Gudang	67	100	6.700
Ruang Kontrol	33	500	16.500
Poliklinik	50	250	12.500
Total	463		143.300
Bangunan <i>Outdoor</i>	Luas (m²)	<i>Lux</i> (lumen/m²)	Lumen
Area Proses	417	100	41.700
Area Utilitas	250	100	25.000
Area Parkir	100	30	3.000
Area Pengolahan Limbah	167	100	16.700
<i>Fire Station</i>	17	80	1.360
Taman dan Jalan	333	50	16.650
Area Perluasan	500	20	10.000

Total	1.784	114.410
--------------	--------------	----------------

Lampu yang direncanakan pada semua area di dalam bangunan menggunakan lampu *Light-emitting diode* (LED) philips (*Helix Spiral energi saving bulb*) 24 watt. Lumen output setiap lampu adalah 1.450 lumen (philips.co.id).

Jumlah lumen di dalam ruangan = 143.300 lumen

Jumlah lumen yang dibutuhkan = 143.300/1.450

= 99 lampu

Pada area outdoor juga akan menggunakan lampu *Light-emitting diode* (LED) philips (*Helix Spiral energi saving bulb*) 42 watt. Lumen output tiap lampu adaah 2.650 lumen (philips.co.id).

Jumlah lumen di luar ruangan = 114.410 lumen

Jumlah lumen yang dibutuhkan = 114.410/2.650

= 43 lampu

Total daya penerangan:

Indoor = (24 watt x 99) = 2.376 watt = 2,376 kW

Outdoor = (42 watt x 43) = 1.806 watt = 1,806 kW

2. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Ruangan

Perencanaan AC (*Air Conditioner*) akan menggunakan AC inverter LG D13CMV *Hybrid Ultima Series*-1,5 PK yang membutuhkan daya listrik sebesar 970 watt (LG, 2018) dan diperkirakan cukup untuk memenuhi ruangan 7x7 meter (49m²), berikut adalah kebutuhan AC dan listrik dalam pabrik. Luas area yang membutuhkan AC adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Kebutuhan AC Ruangan

Ruangan yang membutuhkan AC	Luas (m²)
------------------------------------	-----------------------------

Poliklinik	50
Kantor Utama	117
Kantor RnD & K3	67
Ruang Kontrol	33
Mushola	25
Laboratorium	33
Koperasi & Kantin	33
Total	358

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

$$\begin{aligned}\text{Jumlah AC yang dibutuhkan} &= (358 \text{ m}^2 / 49 \text{ m}^2/\text{buah}) \\ &= 7 \text{ buah}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}\text{Total daya AC} &= 7 \text{ buah} \times 970 \text{ watt} \\ &= 6.790 \text{ watt} \\ &= 6,790 \text{ kW}\end{aligned}$$

4.3.3 Kebutuhan Listrik untuk Peralatan Kantor

Listrik yang dibutuhkan untuk peralatan kantor seperti printer, monitor, komputer pegawai, dan komputer untuk sistem di ruang kontrol. Kebutuhan listrik yang digunakan untuk peralatan kantor sebesar 20 kW.

4.3.4 Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk Laboratorium dan Instrumentasi diperkirakan sekitar 20 kW dan 15 kW. Jadi total kebutuhan listrik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.10 Kebutuhan Listrik Total

No.	Keterangan	Daya (kW)
-----	------------	-----------

1.	Kebutuhan Listrik Proses	191,470
2.	Kebutuhan Listrik Utilitas	15,660
3.	Kebutuhan Listrik Pengolahan Limbah	22,380
4.	Kebutuhan Listrik Penerangan, Pendingin Ruangan, dan Kantor	81,693
5.	Kebutuhan Listrik Laboratorium	20,000
6.	Kebutuhan Listrik Instrumentasi	15,000
Total		346,203

Untuk alasan keamanan, maka jumlah tenaga listrik yang dibutuhkan dilebihkan sebanyak 110%, maka total akhir kebutuhan listrik adalah sebesar :

$$\text{Total} = 110\% \times 346,203 \text{ kW}$$

$$= 380,823 \text{ kW}$$

4.4 Unit Penyediaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar bertujuan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pada *boiler* dan *generator*. Bahan bakar yang digunakan pada *boiler* dan *generator* adalah naatural gas. Nanatural gas dipilih sebagai bahan bakar karena nilai kalornya yang tinggi serta mudah didapat.

$$\text{Kebutuhan bahan bakar untuk } \textit{boiler} = 334,654 \text{ lb/jam}$$

$$= 2.650.456,975 \text{ lb/tahun}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar untuk } \textit{generator} = 11.555,550 \text{ lb/tahun}$$

$$\text{Kebutuhan bahan bakar total} = 2.650.456,975 + 11.555.550$$

$$= 2.662.012,525 \text{ lb/tahun}$$

$$= 1.207.467,585 \text{ kg/tahun}$$

4.5 Unit Penyediaan Udara Proses dan Instrumentasi

Perangkat ini digunakan untuk menghasilkan udara bertekanan kering (udara pabrik) dan udara instrumen. Udara instrumen adalah udara yang dikeringkan melalui bantuan silika geel, dengan titik embun 0°C, tanpa minyak dan tanpa debu, dapat digunakan untuk menggerakkan katup *pneumatik*. Udara harus terbebas dari air untuk mencegah terjadinya korosi. Tekanan udara instrumen biasanya sebesar 45 psig (3 atm). Perangkat kontrol pneumatik membutuhkan udara terkompresi. Permintaan untuk setiap pengontrol pneumatik adalah sekitar 25,2 L/menit (Considin, 1970). Udara akan dikompresi dengan kompresor. Udara yang akan digunakan untuk sistem kontrol tidak boleh mengandung minyak. Kemudian udara masuk ke tangki penyangga yang dilengkapi dengan separator/drain kondensat. Proses ini diperlukan untuk memisahkan kondensat. Udara yang akan dipisahkan akan dihilangkan dari uap air dalam penyerapan uap air oleh media adsorpsi silika gel. Hal ini dilakukan karena udara terkompresi dari instrumen tidak boleh mengandung air. Udara dari penyerap kelembaban kemudian diarahkan untuk kebutuhan sistem kontrol.

4.6 Unit Pengolahan Limbah

Sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup mengenai Bahan Mutu Limbah. Limbah yang dihasilkan dari pabrik furfural diantaranya limbah proses, limbah pemompaan, dan limbah domestik. Sehingga diperlukan unit pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi pencemaran dan berusaha untuk memenuhi baku mutu limbah yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Limbah yang dihasilkan dari pabrik furfural berupa *slurry* yang dihasilkan dari *filter press* dan sejumlah kecil limbah cair yang dihasilkan dari distilasi. Selain itu terdapat limbah padat yang dihasilkan dari pabrik furfural ini tidak berasal dari proses produksi, melainkan dihasilkan dari kantin dan kantor. Limbah sisa makanan dari kantin dan kertas dari kantor tidak dilakukan pengolahan tetapi langsung dibuang ke TPA.

- a. *Slurry* digunakan untuk pembuatan arang briket.
- b. Limbah cair yang dihasilkan diendapkan dengan penambahan mikrobiologis untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik.

- c. Buangan air sanitasi.
- d. *Back wash filter*, air berminyak dari pompa.

Air buangan sanitasi dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran dikumpulkan lalu diolah dalam unit *stabilisasi* dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi klorin. Klorin berfungsi untuk desinfektan, yaitu dapat membunuh mikroorganisme yang menimbulkan penyakit.

Limbah lainnya berupa limbah cair larutan $C_5H_4O_2$ hasil kondensasi dari distilasi. Cairan tersebut tidak langsung dibuang ke lingkungan sekitar karena ditakutkan dapat merusak ekosistem lingkungan sekitarnya. limbah cair ini diolah secara bersamaan dengan limbah yang dihasilkan *filter press* yang sudah dinetralkan dengan cara penambahan mikroorganisme untuk mengendapkan senyawa-senyawa organik. kemudian air limbah tersebut masuk ke dalam bak sedimentasi dan air yang sudah memenuhi syarat akan dikembalikan ke proses utilitas untuk diolah menjadi air proses.

Limbah padat berasal dari *filter press*, yang tidak lolos dalam penyaringan. Limbah padat ini akan dikeringkan dengan sinar matahari secara langsung kemudian padatan mengalami pengarangan (karbonisasi). Setelah pengarangan, padatan ditumbuk hingga halus untuk mendapatkan ukuran butiran yang sama sehingga kerapatan yang dihasilkan pada proses selanjutnya besar. Selanjutnya padatan halus harus ditambahkan perekat berupa tepung kanji untuk selanjutnya melewati proses pembriketan. Arang briket yang dihasilkan digunakan untuk bahan bakar boiler.

Air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pompa akan diolah atau dipisahkan dari air melalui perbedaan berat jenisnya. Minyak dibagian atas akan dialirkan ke penampungan terakhir, selanjutnya dibuang.

4.6.1 Unit Pengendali Pencemaran Air dan Udara

Unit pengendalian pencemaran air dan udara berperan untuk mencegah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh kegiatan produksi. Faktor utama yang harus diperhatikan untuk mengendalikan pencemaran adalah karakteristik dari

pencemarnya, yang bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dilepaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemaran, dan kondisi meteorologi lingkungan.

4.6.2 Pencemaran Lingkungan

Menurut UU No. 32 Tahun 2009, limbah merupakan sisa suatu kegiatan dan usaha serta masuknya zat asing (polutan) ke lingkungan dalam jumlah yang berlebihan sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan. Agar tidak terjadi pencemaran, maka dilakukan *treatment* terhadap limbah yang dapat merusak lingkungan tersebut untuk menghindari munculnya polutan/cemaran/limbah yang merugikan. Pengendalian pencemaran dilakukan sebagai berikut:

1. Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik furfural dialirkan menuju *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) yang dikelola oleh Kawasan Industri Ngoro.
2. Limbah buangan air sanitasi yang berasal dari kamar mandi, pencucian, dapur dan lain sebagainya, dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan desinfektan *Ca-hypochlorite*. Air hasil klorinasi dialirkan menuju WWTP. Sedangkan kotoran yang berasal dari WC dibuang ke tempat pembuangan khusus *septic tank*.
3. Air berminyak (*oily water*) yang berasal dari buangan pelumas pada pompa dipisahkan dengan cara perbedaan berat jenisnya. Minyak di bagian atas dialirkan ke penampungan terakhir dan dibuang, air berada di bagian bawah dan dialirkan menuju WWTP.

4.6.3 Unit Pengolahan Limbah B3

Tujuan pengolahan limbah B3 adalah untuk mencegah serta mengatasi adanya pencemaran atau kerusakan limbah B3 terhadap lingkungan, mengembalikan kualitas lingkungan yang tercemar, dan memenuhi fungsinya kembali.

Pengolahan limbah B3 merupakan salah satu rangkaian kegiatan yang meliputi penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3, termasuk penyimpanan hasil pengolahan.

Upaya pengolahan limbah B3 dapat dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Reduksi limbah dengan mengoptimalkan penyimpanan bahan baku dalam proses kegiatan atau housekeeping, substitusi bahan, modifikasi proses, upaya reduksi lainnya.
2. Kegiatan pengemasan dilakukan dengan memberikan simbol atau pelabelan yang menunjukkan karakteristik dan jenis limbah B3 berdasarkan acuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 14/2013 mengenai simbol B3.
3. Penyimpanan dapat dilakukan di tempat yang sesuai dengan persyaratan yang berlaku mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 101/2014 mengenai Pengolahan Limbah B3.
4. Pengumpulan dapat dilakukan dengan memenuhi persyaratan pada ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 101/2014 tentang Pengolahan Limbah B3 yang menitikberatkan pada ketentuan tentang karakteristik limbah, fasilitas laboratorium, perlengkapan penanggulangan kecelakaan, maupun lokasi.
5. Kegiatan pengangkutan perlu dilengkapi dengan dokumen pengangkutan dan ketentuan teknis pengangkutan.
6. Upaya pemanfaatan dapat dilakukan dengan kegiatan daur ulang (recycle), perolehan kembali (recovery) dan penggunaan kembali (reuse) limbah B3 yang dihasilkan ataupun bentuk pemanfaatan lainnya.
7. Pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara thermal, stabilisasi, solidifikasi secara fisika, kimia, maupun biologi dengan cara teknologi bersih atau ramah lingkungan.
8. Kegiatan penimbunan limbah B3 wajib memenuhi persyaratan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 101/2014 tentang Pengolahan Limbah B3. Limbah B3 yang dihasilkan akan dikirimkan ke pihak ketiga (contohnya Kawasan Industri Ngoro) karena untuk Pengolahan limbah B3 (pengumpulan, pemanfaatan, pengolahan, penimbunan, dan dumping limbah B3) dan pembuangan limbah B3 harus memiliki perizinan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sesuai dengan

peraturan yang berlaku sehingga pabrik tidak dapat mengolah limbah B3 secara mandiri.

4.7 Laboratorium

4.7.1 Peranan Laboratorium

Laboratorium merupakan bagian yang sangat penting untuk menunjang kelancaran proses produksi dan menjaga kualitas hasil produksi. Selain itu, laboratorium juga berperan untuk pengendalian pencemaran limbah, termasuk limbah udara dan cair. Selain itu, laboratorium memainkan peran yang penting dalam memperoleh data yang diperlukan untuk pabrik. Data digunakan sebagai bahan evaluasi pada unit yang sudah ada, menentukan tingkat efisiensi.

Quality control di suatu pabrik pada dasarnya adalah untuk mengontrol kualitas produk yang dihasilkan agar dapat memenuhi standar. Pengendalian mutu dimulai dari bahan baku dan dalam prosesnya dilakukan terhadap hasil atau produk. Melakukan pengendalian secara rutin untuk menjaga kualitas bahan baku dan produk agar dapat memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan.

Dengan adanya pemeriksaan secara rutin ini dapat mengetahui apakah proses dapat berjalan dengan normal atau menyimpang. Jika diketahui adanya produk yang tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi.

Tugas Laboratorium diantaranya:

1. Memeriksa bahan baku yang akan digunakan.
2. Menganalisis dan meneliti produk yang akan dipasarkan.
3. Menganalisis kadar zat-zat yang dapat menyebabkan pencemaran pada buangan pabrik.
4. Melakukan percobaan yang berkaitan dengan proses produksi.

Laboratorium kimia merupakan sarana untuk mengadakan penelitian bahan baku proses maupun produksi. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas produk. Laboratorium terdiri dari 3 bagian yaitu:

1. Laboratorium Pengamatan

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

2. Laboratorium Analitika dan Gas

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

3. Laboratorium Penelitian, Pengembangan, dan Perlindungan Lingkungan

Kerja dan tugas dari laboratorium melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan yang berhubungan dengan kualitas material terkait proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian baru guna melakukan pengembangan produk.

4.7.2 Program Laboratorium

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

1. Kelompok *shift*, bertugas memantau dan menganalisis proses produksi secara rutin. Setiap shift bekerja secara bergantian selama 24 jam dengan masing-masing shift bekerja selama 8 jam.
2. Kelompok non-*shift*, bertugas melakukan analisis khusus diantaranya melakukan analisis yang bersifat tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan oleh laboratorium. Kelompok ini bekerja di laboratorium utama dengan tujuan membantu kelancaran dan meningkatkan kinerja kelompok *shift* dengan melaksanakan tugas-tugas sebagai berikut:
 - a. Menyediakan reagen kimia untuk analisis laboratorium.

- b. Melakukan analisis bahan buangan yang dapat menyebabkan polusi.
- c. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran proses produksi.

Berikut adalah macam-macam analisis yang dilakukan laboratorium yaitu:

1. Analisis Mutu Bahan Baku

Analisis dilakukan terhadap bahan baku yang digunakan yaitu sekam padi dan asam sulfat. Analisis dilakukan pada saat bahan baku datang, sehingga pabrik dapat menolak bahan baku akan akan dibeli apabila hasil analisis tidak memenuhi syarat. Selain itu menanalisis densitas, viskositas, *specific gravity*, dan kandungan pentosan dalam sekam padi.

2. Analisis Mutu Produksi *Intermediete* dan Produk Komersial

Analisis produk meliputi berat jenis furfural dan kadar pengotornya.

3. Analisis Utilitas

Analisis laboratorium dilakukan terhadap:

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

- Resin penukar anion, yang akan dianalisis adalah kesadahan CaCO_3 , dan silika sebagai SiO_2 .
- Air bebas mineral, yang akan dianalisis adalah pH, kesadahan, jumlah O_2 terlarut, dan kadar Fe.
- Air dalam boiler, yang akan dianalisis adalah pH, zat padat terlarut, kadar Fe, O_2 , CaCO_3 , SiO_2 .
- Air minum, yang akan dianalisis adalah pH, klor sisa, dan kekeruhannya.
- Air buangan, yang akan dianalisis adalah pH, kekeruhan, COD, BOD, serta kandungan logam Fe.

4.7.3 Alat-alat Laboratorium

Alat-alat yang dibutuhkan di laboratorium diantaranya:

1. IRS (*Internal Rating System*), untuk menganalisis kandungan minyak dalam sampel air.
2. *Potable Oxygen Tester* (POT), berfungsi menganalisis kadar oksigen dalam suatu zat.
3. Alat titrasi *Karl Fisher*, berfungsi penentuan kadar air dalam suatu bahan baku atau produk.
4. *Viscosimeter*, berfungsi mengukur tingkat viskositas.
5. *Hydrometer*, berfungsi mengukur *specific gravity*.
6. *Hygrometer*, berfungsi mengukur humiditas udara.
7. Termometer, berfungsi mengukur suhu (temperature) ataupun pada perubahan suhu.
8. pH meter, berfungsi mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan air, bahan baku, dan produk.
9. *Turbidity meter*, berfungsi mengukur tingkat kekeruhan air.
10. *Wagner*, berfungsi menentukan partikel *size distribution* dari sekam padi.
11. *Gillmore*, berfungsi memeriksa kekeringan *slurry*.
12. BOD Meter, untuk mengukur kadar BOD dalam air.