

## BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES

Utilitas merupakan salah satu sarana pendukung guna menunjang proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Pada pabrik sirup glukosa dari ubi kayu dengan proses hidrolisis enzim, proses utilitas memegang peranan yang sangat penting dalam pelaksanaan operasi dan prosesnya. Adapun utilitas pada pabrik Sirup glukosa ini meliputi :

### 4.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$ , dimana satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau pada kondisi standar tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur  $273,15^{\circ}C$  ( $0^{\circ}C$ ).

Pada pabrik sirup glukosa ini air merupakan salah satu penunjang proses yang terbesar. Air yang digunakan diperoleh dari sungai. Air yang didapat perlu dilakukan water treatment yang lebih lanjut. Air sungai di saring dengan strainer untuk menghilangkan kotoran – kotoran yang berukuran makro maupun mikro sebelum masuk kedalam bak penampungan. Air didalam bak penampungan akan di proses sesuai kebutuhan produksi. Kebutuhan air dalam pabrik meliputi antara lain:

#### 4.1.1 Air Sanitasi

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan diantara lain ialah mandi, memasak, mencuci, dan lain sebagainya. Pada dasarnya air sanitasi yang akan digunakan harus memenuhi standar kualitas air bersih, yakni :

a. Parameter fisik

- Bau : tidak berbau
- Kekeruhan :  $<1$  mg  $SiO_2$ /liter
- Rasa : tidak berasa
- Suhu : dibawah suhu  $25^{\circ}C$
- Warna : tidak berwarna (jenjir)

b. Parameter Kimia

- pH : 6,5 – 8,5
- kesadahan kurang dari 70  $CaCO_3$
- tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- tidak mengandung zat beracun
- tidak mengandung logam berat seperti Pb, Ag, Cr, dan Hg.

c. Parameter Biologis

- Tidak mengandung kuman atau bakteri terutama bakteri pathogen
- Untuk air sanitasi ditambahkan kaporit  $\text{Ca}(\text{Cl})_2$  atau desinfektan.

Kebutuhan Air untuk perkantoran dan Laboratorium

- Air karyawan

Kebutuhan air = 40 L/orang/hari (Linskey,hal 93)

Sehingga untuk 166 karyawan , air yang dibutuhkan adalah

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Air} &= 40 \times 166 \\ &= 6640 \text{ L/hari} \\ &= 6.64 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

- Air Laboratrium

Kebutuhan Air = 2.5 m<sup>3</sup>/hari

- Air Kebersihan dan Pertamanan

Kebutuhan Air = 10 m<sup>3</sup>/hari

Total Kebutuhan Air bersih untuk sanitasi

Air Karyawan + Air Laboratorium + Air Kebersihan dan Pertamanan

$$= 19.14 \text{ m}^3/\text{hari}$$

#### 4.1.2 Air Proses

Air proses adalah air yang digunakan dalam proses pada pabrik Sirup glukosa ini, misalnya pada tangki pencuci. Hal yang perlu diperhatikan dalam pendiaan air proses adalah :

- Alkalinitas
- Keasaman (pH 6,5 – 8,5)
- Kekeruhan
- Warna
- Kadar amoniak

Kebutuhan Air Proses

- Washer = 8224.51 kg/jam

- Stepping Tank = 6069.69 kg/jam

Total = 14294.2 kg/jam

Volume Air Total = Massa Kebutuhan Air / Densitas Air

$$\begin{aligned}
&= 14294.2 \text{ kg/jam} / 995.68 \text{ kg/m}^3 \\
&= 14.35 \text{ m}^3/\text{jam} + \text{make up air (10\%)} \\
&= 14.35 \text{ m}^3/\text{jam} + 1.44 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 14.79 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

#### 4.1.3 Air Umpan Boiler

Air umpan boiler merupakan air yang dilunakkan dari kandungan mineral yang terkandung dalam air. Air umpan boiler juga digunakan untuk menghasilkan steam pada boiler. Pada umumnya air memiliki warna yang jernih atau tidak berwarna namun, terkadang air masih mengandung kation dan anion yang terbawa oleh air sungai yang dapat merusak boiler jika terikut.

Kebutuhan Air Umpan Boiler

- Heater (E-115)	= 404.01 kg/jam
- Jet Cooker (E-215)	= 773.62 kg/jam
- Heater (E-313)	= 309.94 kg/jam
- Heater (E-332)	= 231.057 kg/jam
- Evaporator	= 1281.92 kg/jam
Total	= 3000,54 kg/jam

$$\begin{aligned}
\text{Volume Air Total} &= \text{Massa Kebutuhan Air} / \text{Densitas Air} \\
&= 3000.54 \text{ kg/jam} / 995.68 \text{ kg/m}^3 \\
&= 3.01 \text{ m}^3/\text{jam} + \text{make up air (10\%)} \\
&= 3.01 \text{ m}^3/\text{jam} + 0.301 \text{ m}^3/\text{jam} \\
&= 3.31 \text{ m}^3/\text{jam}
\end{aligned}$$

#### 4.1.4 Air Pendingin

Pada umumnya air yang digunakan sebagai air pendingin memiliki sifat :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
- Dapat menyerap panas dalam jumlah yang besar per satuan volume
- Tidak mudah menyusur dengan adanya perubahan teperatur pendinginan.

Kebutuhan Air Pendingin

- Cooler (E-217)	= 3590.80 kg/jam
------------------	------------------

- Reaktor Likuifaksi = 14248.72 kg/jam
- Cooler (E-222) = 12737.12 kg/jam
- Reaktor Sakarifikasi = 43337.60 kg/jam
- Cooler (E-316) = 1932.29 kg/jam
- Barometric Condensor = 17374 kg/jam
- Total = 93220.53 kg/jam
- Volume Air Total = Massa Kebutuhan Air / Densitas Air
- = 93220.53 kg/jam / 995.68 kg/m<sup>3</sup>
- = 93.62 m<sup>3</sup>/jam + make up air (10%)
- = 93.62 m<sup>3</sup>/jam + 9.36 m<sup>3</sup>/jam
- = 102.62 m<sup>3</sup>/jam

#### 4.1.5 Water Process Treatment

- Pengolahan air secara fisika

Pengolahan air secara fisika meliputi sedimentasi (pengendapan), filtrasi (penyaringan), dan lain sebagainya. Air yang digunakan yang berasal dari sungai, sebelum masuk kedalam bak penampung dan dilewatkan saringan (strainer) untuk mengurangi kotoran yang berukuran makro maupun mikro. Ketika masuk bak penampung, kotoran akan dilewatkan melalui sekat filter untuk mengendapkan kotoran seperti pasir yang dapat terlarut dalam air. Setelah itu air dari bak penampung dialirkan ke proses pengolahan berikutnya.

- Pengolahan air secara kimia

Pengolahan air secara kimia meliputi koagulasi untuk memisahkan kontaminan yang terdapat pada air dengan menambahkan bahan kimia tertentu. Sebelum air masuk bak penjernih, air ditambahkan dengan bahan kimia tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ) yang berfungsi sebagai koagulan. Adanya penambahan tawas akan menggumpalkan kotoran-kotoran yang terdapat dalam air. Selain tawas, juga ditambahkan  $Ca(OH)_2$  untuk mengkondisikan pH air tetap pada keadaan netral. Tawas menyebabkan pH air menjadi rendah, sehingga perlu ditambahkan  $Ca(OH)_2$  agar pH air tetap pada keadaan netral.

- Pengolahan air secara fisika lanjutan

Untuk lebih mengoptimalkan proses sedimentasi pada pengolahan air secara fisika, maka dalam bak sedimentasi dilengkapi dengan

clarifier yang berputar pada kecepatan putar tertentu untuk mengambil kotoran yang telah mengendap pada dasar bak sedimentasi yang kemudian di pompa keluar. Dari bak sedimentasi, air bersih kemudian dialirkan secara overflow menuju bak penampungan air bersih. Setelah air di bak penampungan air bersih, air kemudian di pompa menuju perangkat filtrasi yang berupa sand filter untuk mengikat kotoran-kotoran yang masih terkandung dalam air. Selanjutnya air dari sand filter ditampung sementara dalam bak penampungan air bersih yang kemudian akan didistribusikan menurut fungsinya masing-masing, yaitu air sanitasi, air proses, air boiler, dan air pendingin. Untuk air sanitasi, perlu ditambahkan desinfektan terlebih dahulu agar air sanitasi yang digunakan memenuhi syarat parameter kualitas air bersih. Untuk air proses dan air boiler diperlukan alat softener agar air yang digunakan memenuhi standar operasi yang optimal. Sedangkan untuk air pendingin dapat digunakan secara langsung.

#### **4.2. Unit Pengadaan Listrik**

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari berbagai peralatan proses dan untuk penerangan. Kebutuhan listrik dipabrik sirup glukosa ini diperoleh dari PLN dan generator pabrik, hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh jaringan PLN dan sebagai cadangan dipakai generator set untuk mengatasi keadaan bila sewaktu-waktu terjadi gangguan PLN. Kebutuhan listrik untuk penerangan pabrik dapat dihitung berdasarkan kuat penerangan untuk masing-masing ruangan atau halaman di sekitar pabrik yang memerlukan penerangan. Tenaga listrik untuk pabrik ini disuplai oleh dua sumber, yaitu perusahaan Listrik Negara (PLN), merupakan sumber listrik utama dari pabrik ini.

Berikut beberapa jenis kebutuhan listrik pada pabrik yang akan dibangun antara lain adalah sebagai berikut :

1. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
2. Listrik untuk penerangan
3. Listrik untuk AC
4. Listrik untuk Instrumentasi dan Laboratorium

Dari PLN listrik yang disupply sebesar 20 kV, yang akan diturunkan dengan trafo stepdown. Supply listrik dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Tegangan 380 V, AC, 3-fase untuk menggerakkan peralatan yang menggunakan jenis arus AC dipabrik
2. Tegangan 220 V, AC, 1-fase untuk menyuplai listrik penerangan, alat rumah tangga pabrik, dan alat elektronik pabrik

Untuk menjaga dan mengantisipasi adanya gangguan kelistrikan maka pabrik menyediakan Emergency Generator dengan arus bolak balik

#### Kebutuhan Listrik Pabrik

- Listrik Proses dan Utilitas

Penggunaan listrik pada perusahaan untuk proses produksi dan utilitas adalah sebagai berikut :

No	Nama Alat	Power(HP)	Jumlah	Total (HP)
1	Pompa Air	0.1	1	0.1
2	Pompa Bahan	1	7	7
3	Pompa Proses	1	12	12
4	Bucket Elevator	8	5	40
5	Agitator Reaktor	0.1	2	0.2
6	Agitator Karbonasi	0.1	1	0.1
<b>TOTAL</b>				<b>59.5</b>

Kebutuhan listrik proses adalah = 59.5 HP

Maka power yang dibutuhkan = 59.5 HP x 0.746 kW/HP  
= 44.387 kW

Kebutuhan listrik pengolahan air dan limbah diperkirakan 40 HP = 29.89 kW

- Listrik Penerangan dan Air Conditioner

Perkiraan besar tenaga listrik untuk penerangan ditentukan dengan pendekatan konsep Luminous Efficiency, dengan tenaga radiasi cahaya dari lampu dalam bentuk lumen. Kebutuhan tenaga listrik pencahayaan per satuan luas didapat dengan rumus

$$\text{Lumen} = \text{Luas Area (M}^2\text{)} \times \text{Lux (Lumen/m}^2\text{)}$$

Besarnya lux berdasarkan pada luas area yang membutuhkan penerangan

No	Gedung	Luas (m <sup>2</sup> )	Lux (lumen/m <sup>2</sup> )	Lumen
1	Pos Keamanan	30	80	2400

2	Kantor 2 Lantai	1500	300	450000
3	Perpustakaan	225	300	67500
4	Area Parkir	800	75	60000
5	Area Evakuasi	50	75	3750
6	Bengkel	400	100	50000
7	Gudang Bahan Baku	800	100	80000
8	Gudang Produk	400	100	40000
9	Area Proses	2000	500	1000000
10	Kantor K3	225	100	22500
11	Utilitas	800	100	80000
12	Fire Station	100	100	10000
13	Fuel Storage	100	100	10000
14	Laboratorium	400	300	120000
15	Power Station	100	100	10000
16	Kantin	200	100	20000
17	Tempat Ibadah	100	100	10000
18	Area Parkir Truk	1000	75	75000
19	Control Room	200	300	60000
20	Pos Pemeriksaan	25	100	2500
21	Poliklinik	100	300	30000
22	Toilet	100	100	10000
23	Taman	500	75	37500
	<b>TOTAL</b>	<b>11155</b>	<b>3580</b>	<b>2251150</b>

\* Lumen adalah satuan internasional untuk flux cahaya yang dapat dirasakan manusia

Lampu yang digunakan pada semua area menggunakan lampu Flourescent 40 watt, satu lampu instant starting daylight 40 watt memiliki 1920 lumen (Perry 3<sup>rd</sup> ed,1984)

Jumlah Lumen pada semua area = 2251150 Lumen

Jumlah Lampu yang digunakan = 2251150 Lumen / 1920 = 1172 lampu

Total daya penerangan

40 watt x 1172 lampu = 46898.96 watt ( 46.90 kW)

Sedangkan Listrik yang digunakan pada Air Conditioner 1 PK memerlukan daya 520 Watt. Luas Area yang memerlukan AC 2400 m<sup>2</sup>, dan satu AC dapan memenuhi kebutuhan luas 49 m<sup>2</sup>, sehingga kebutuhan AC sebanyak 49 buah AC

$$49 \times 520 \text{ watt} = 25480 \text{ watt (25.48 kW)}$$

- Listrik Laboratorium, Instrumentasi dan Control System  
Khusus beberapa peralatan pada kontrol system diperlukan converter AC ke DC dan trafo ke tegangan rendah 24 V atau 12 V DC dan pada Laboratorium, instrumentasi, dan kontrol system dibutuhkan 10 kW

Maka kebutuhan total listrik untuk memenuhi kebutuhan seluruh pabrik adalah sebesar = 44.387kW+29.89kW+46.90kW+25.48kW+10kW

$$= 156.65 \text{ kW,}$$

Dengan faktor keamanan 10%, maka kebutuhan listrik total pabrik adalah sebesar = 1.1 x 156.65 kW

$$= 172.315 \text{ kW}$$

### 4.3. Unit Pengadaan Steam

*Steam* mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang proses produksi. *Steam* digunakan sebagai media pemanas, dimana pembangkitnya berasal dari :

- Turbin, dengan fluida penggerakanya berupa air.
- Motor bakar dengan bahan bakarnya bensin dan solar.

Pada pabrik sirup glukosa ini, *steam* yang digunakan adalah *steam* jenuh (*saturated steam*) dengan suhu 110°C dan tekanan 1.03 bar (*Ulrich, 1984*). Kebutuhan *steam* untuk pabrik ini didapat dengan menggunakan boiler feed water. Dari data yang didapat pada kebutuhan air untuk steam sebanyak 3000.54 kg/jam. Kebutuhan ini dipenuhi dari 1 unit boiler water feed.

#### 4.3.1. Perhitungan Kapasitas Boiler

Make up air pada T=30°C, sedangkan kondensat yang kembali pada T=132.86 °C

Kondisi Operasi : T = 150 °C, P = 4.8 atm (*low pressure steam*)

Dari steam tabel :  $\lambda = 2113.2 \text{ kJ/kg}$

Feed masuk baolier merupakan campuran kondensat pada suhu 132.86 °C dan make up suhu 30 °C. Maka suhu campuran dapat dihitung ( $T_{\text{reff}} = 298.15\text{K}$ )

$$\text{Entalpi} = m \int_{T_{\text{reff}}}^T C_p dt$$

Massa Air make up = 3000.54 kg/jam

Massa Kondensat Kembali = 0.9 x 17374.16 kg/jam = 15636.74 kg/jam

Entalpi air make up (T=30 °C) = 3000.54 kg/jam x 20.95 kJ/kg = 62861.31 kJ/jam

Entalpi Kondensat (T=150 °C) = 15636.74 kg/jam x 527.66 kJ/kg = 8250882.23 kJ/jam

Entalpi Campuran = 62861.31 kJ/jam + 8250882.23 kJ/jam = 8313743.54 kJ/jam

Maka dapat ditrial suhu campuran = 411 K

$$Q_{\text{boiler}} = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{later}}$$

$$Q_{\text{boiler}} = m_{\text{campuran}} \left( \int_{T_{\text{campuran}}}^{411} C_p dt \right) + (m_{\text{campuran}} \times Q_{\text{penguapan}})$$

$$Q_{\text{boiler}} = (17374.16 \times 48.75) + (17374.16 \times 2113.2)$$

$$= 37562065.21 \text{ kJ/jam}$$

$$= 35601968.29 \text{ btu/jam}$$

### 4.3.2. Perhitungan Bahan Bakar

Bahan Bakar yang dibutuhkan adalah solar. Berdasarkan Hougen volume 1.

Hal 519 :

Heating Value fuel oil grade 4 = 19440 Btu/lb

$$\rho = 59.14 \text{ lb/ft}^3$$

#### Massa Bahan Bakar

$$mf = Q / \eta \cdot f$$

Keterangan :

Mf : massa bahan bakar (lb/jam)

Q : kapasias boiler ((Btu/jam)

$\eta$  : Effisiensi boiler (80%)

f : heating value (Btu/lb)

$$mf = Q / \eta \cdot f$$

$$mf = 35601968.29 \text{ btu/jam} / (0.8 \times 19440 \text{ Btu/lb})$$

$$= 35601968.29 \text{ btu/jam} / 15552 \text{ Btu/lb}$$

$$= 2289.22 \text{ lb/jam}$$

$$vf = mf / \rho$$

$$vf = 2289.22 \text{ lb/jam} / 59.14 \text{ lb/ft}^3$$

$$= 38.71 \text{ ft}^3/\text{jam}$$

$$= 1096.15 \text{ L/jam}$$

### Spesifikasi Boiler

Tipe	: Water Feed Boiler
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 476 kPa
Temperatur	: 423.15 K
Bahan Bakar	: Fuel oil grade 4
Rate Bahan Bakar	: 1096.15 L/jam

#### 4.4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Bahan Bakar yang digunakan pada boiler adalah solar. Berdasarkan *Hougen volume 1. Hal 519* :

Heating Value fuel oil grade 4 = 19440 Btu/lb,  $\rho = 59.14 \text{ lb/ft}^3$

##### 4.4.1. Menghitung Massa Bahan Bakar

$$mf = Q / \eta \cdot f$$

Keterangan :

Mf : massa bahan bakar (lb/jam)

Q: kapasitas boiler ((Btu/jam)

$\eta$  : Efisiensi boiler (80%)

f : heating value (Btu/lb)

$$mf = Q / \eta \cdot f$$

$$\begin{aligned} mf &= 35601968.29 \text{ btu/jam} / (0.8 \times 19440 \text{ Btu/lb}) \\ &= 35601968.29 \text{ btu/jam} / 15552 \text{ Btu/lb} \\ &= 2289.22 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$vf = mf / \rho$$

$$\begin{aligned} vf &= 2289.22 \text{ lb/jam} / 59.14 \text{ lb/ft}^3 \\ &= 38.71 \text{ ft}^3/\text{jam} \\ &= 1096.15 \text{ L/jam} \end{aligned}$$

### Spesifikasi Boiler

Tipe	: Water Feed Boiler
Jumlah	: 1 buah
Tekanan	: 476 kPa

Temperatur	: 423.15 K
Bahan Bakar	: Fuel oil grade 4
Rate Bahan Bakar	: 1096.15 L/jam

## **4.5.Laboratorium**

### **4.5.1. Fungsi Laboratorium**

Laboratorium adalah bagian penting dalam sebuah industri yang menunjang proses dan menjaga mutu dari produk, selain itu peran dari laboratorium yaitu pengendalian pencemaran lingkungan dari limbah baik padat, gas, dan cair.

Laboratorium kimia merupakan sarana mengadakan pemeriksaan bahan baku hingga proses produksi. Pengawasan ketat bahan baku dan proses diterapkan untuk meningkatkan dan menjaga kualitas keluaran dari perusahaan. Analisa yang dilakukan dalam rangka pengendalian mutu adalah analisis bahan baku, dan bahan pendukung, analisa proses dan analisa kualitas produk. Berikut beberapa fungsi laboratorium ;

- Memeriksa bahan baku dan bahan pendukung yang akan digunakan
- Menganalisa dan meneliti produk yang akan dipasarkan
- Melakukan riset / percobaan yang berkaitan dengan proses industry
- Memeriksa kadar zat yang menyebabkan pencemaran pada limbah pabrik

### **4.5.2. Program Kerja Laboratorium**

Laboratorium dibagi menjadi beberapa bagian untuk mempermudah dan menunjang system kerja antara lain sebagai berikut :

#### **1. Laboratorium Pengamatan**

Kerja dan tugas dari laboratorium ini adalah melakukan analisis secara fisika. Semua aliran yang berasal dari proses maupun tangki. Tugas lain dari laboratorium pengamatan yaitu mengeluarkan sertifikat "*Certificate of Quality*" untuk menjelaskan spek hasil pengamatan. Sehingga hasil pemeriksaan dan pengamatan dilakukan terhadap bahan baku dan juga produk

#### **2. Laboratorium Analisa**

Kerja dan tugas dari laboratorium analisa adalah melakukan analisa sifat dan kandungan kimia terhadap bahan baku, bahan pendukung, produk akhir, analisa air bahan pendukung

- Analisis bahan baku dan produk

Analisis bahan baku ubi kayu dan produk sirup glukosa meliputi kemurnian, kadar air, densitas, viskositas, titik didih, specific gravity, dan kandungan impuritas

- Analisis keperluan utilitas

Analisis pada air proses yang digunakan, air sanitas, air umpan boiler, dan juga analisis resin penukar ion

- Analisis Utilitas

Analisis limbah yang telah diolah oleh unit pengolahan limbah sebelum dirilis ke lingkungan perlu dilakukan untuk menjaga agar limbah buangan tidak mencemari dan sesuai spek siap buang

### 3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Kerja dan tugas dari laboratorium Penelitian dan Pengembangan (Research and Development) ini adalah melakukan penelitian dan pengembangan terhadap permasalahan kualitas material proses untuk meningkatkan hasil akhir. Sifat dari laboratorium ini tidak rutin dan cenderung melakukan penelitian untuk mendapatkan inovasi baru untuk kepentingan perusahaan.

Pada proses pengembangan tugasnya, penelitian terhadap kondisi lingkungan terhadap pengaruh keadaan pabrik serta pengembangan untuk mengatasi masalah yang muncul dari akibat proses produksi

#### 4.5.3. Metode Analisa

Metode Analisis dan instruksi kerja dilakukan sesuai instruksi kerja yang disusun berdasarkan berbagai standard analisa

#### 4.5.4. Alat-Alat Utama Laboratorium

Alat utama yang digunakan di Laboratorium adalah sebagai berikut :

- Hidrometer

Alat ini digunakan untuk mengukur specific gravity

- Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS)

Alat ini digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat

- Water Content Test

Alat ini digunakan untuk menganalisis kadar air dalam produk

- Viscometer Bath  
Alat ini digunakan untuk mengukur viskositas produk
- Cromatografi (HPLC)  
Alat ini digunakan untuk mengukur kadar gula dalam produk

#### **4.6. Unit Pengolahan Limbah**

Pada setiap pabrik pasti menghasilkan limbah, sehingga diperlukan unit pendukung untuk mengolah limbah agar tidak mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari pabrik sirup glukosa antara lain sebagai berikut :

##### **1. Limbah Cair**

Limbah Cair yang dihasilkan pada pabrik sirup glukosa yaitu antara lain adalah sebagai berikut :

- Air buangan sanitasi dari toilet di seluruh wilayah pabrik sirup glukosa yang dikumpulkan sebelum diolah ke unit pengolahan limbah cair
- Air berminyak yang berasal dari buangan pelumas pada pompa dan turbin dipisahkan dengan memanfaatkan perbedaan berat jenis . Maka minyak yang telah terpisah akan dialirkan ke penampung dan dijual
- Produk sirup glukosa yang tercecce, sisa air proses dan regenerasi resin, limbah cair ini mengandung senyawa asam dan basa.

Proses pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Proses fisika dilakukan untuk memisahkan bahan padatan dan air limbah, proses kimia dilakukan untuk memisahkan bahan kimia terlarut, dan proses biologi dilakukan untuk mendegradasi zat organik pada air limbah. Secara umum, proses pengolahan air limbah dibagi menjadi 5 proses utama sebagai berikut.

##### **- Ekualisasi**

Pada awal proses, air limbah masuk ke saluran IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) melewati *coarse screen* atau saringan kasar yang berfungsi sebagai penyaringan padatan-padatan berukuran relatif besar yang terbawa bersama air limbah. Penyaringan dilakukan untuk menghindari rusaknya atau tersumbatnya peralatan yang digunakan dalam pengolahan air limbah, seperti pompa, *valve*, pipa penyalur, dan alat pengaduk. Selanjutnya, air limbah dialirkan ke bak pre ekualisasi yang berfungsi sebagai penampungan sementara sebelum dipompakan menuju bak netralisasi. Di dalam bak ekualisasi, tidak terjadi proses pengolahan, tetapi hanya terjadi

proses pencampuran dan penyeragaman kuantitas serta kualitas air limbah yang akan diolah. Penggunaan bak ekualisasi bertujuan untuk menstabilkan aliran limbah yang akan diolah serta menghomogenkan air limbah. Bak ekualisasi dilengkapi dengan aerasi yang berfungsi untuk pengadukan air limbah dan mencegah timbulnya bau. Bak ekualisasi juga dilengkapi dengan pompa untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya dengan debit konstan.

- **Netralisasi, Koagulasi dan Flokulasi**

Air limbah dengan debit konstan selanjutnya dialirkan menuju ke bak kimia untuk dilakukan pengolahan air limbah dengan proses netralisasi, koagulasi, dan flokulasi. Netralisasi merupakan proses penyeimbangan ion-ion hidrogen dengan ion hidroksil menjadi netral dengan penambahan zat-zat kimia. Air limbah yang dihasilkan bersifat asam, sehingga perlu dilakukan penambahan kapur untuk menetralkan pH air limbah. Kapur yang digunakan sebagai penetral air limbah adalah *hydrated lime* (CaO). Netralisasi dilakukan untuk menetralkan pH air limbah pada kisaran 6,5-8,5 yang merupakan kondisi optimal untuk proses pertumbuhan mikroorganisme sehingga proses pengolahan limbah dengan proses biologi dapat berjalan dengan baik. *Hydrated lime* (CaO) berkadar 10% dalam bak kimia juga berfungsi sebagai koagulan untuk menghilangkan material dalam air limbah yang berwujud koloid maupun tersuspensi. Proses koagulasi dan flokulasi bertujuan untuk mengikat padatan terlarut sehingga dapat dipisahkan dari proses. Bak kimia dilengkapi dengan pengaduk yang berfungsi untuk membantu proses netralisasi, koagulasi, dan flokulasi. Lumpur yang terbentuk dalam bak kimia selanjutnya dialirkan menuju ke *dry bed* untuk dikeringkan, sedangkan air limbah hasil pengolahan kimia dialirkan menuju ke bak anaerob untuk diolah secara biologi.

- **Anaerob**

Air limbah hasil pengolahan bak kimia kemudian dialirkan menuju ke bak biologi anaerob. Di dalam bak anaerob terjadi proses pengolahan air limbah tanpa menggunakan oksigen ( $O_2$ ). Materi-materi organik terdekomposisi menjadi senyawa lebih sederhana dan menghasilkan gas  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan  $NH_4$ . Bakteri anaerob yang digunakan dalam proses ini merupakan bakteri penguras WC. Bak biologi anaerob terdiri dari dua bak

mengalir secara *over flow* dan dilengkapi dengan pipa yang berfungsi untuk mengeluarkan gas yang terbentuk selama proses pengolahan air limbah.

- **Aerob**

Air limbah hasil pengolahan bak anaerob selanjutnya dialirkan menuju ke bak biologi aerob. Di dalam bak aerob terjadi proses pengolahan air limbah dengan menggunakan oksigen ( $O_2$ ). Proses yang digunakan dalam pengolahan aerob adalah proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*). Bak aerob dilengkapi dengan sistem aerasi menggunakan *blower* yang berfungsi untuk menyuplai oksigen ( $O_2$ ) serta pencampuran dan sirkulasi air limbah dalam bak. Di dalam bak aerasi, terjadi penguraian zat organik yang terkandung dalam air limbah secara biokimia oleh mikroorganisme membentuk gas karbondioksida ( $CO_2$ ) dan sel baru. Pengadukan pada lumpur aktif bertujuan untuk membentuk flok biomassa berukuran lebih besar dan mempunyai berat sehingga lebih mudah diendapkan. Hasil pengolahan air limbah pada bak aerob kemudian dialirkan menuju ke *clarifier* biologi untuk memisahkan lumpur aktif dari air limbah. Sebagian lumpur aktif yang telah dipisahkan dialirkan menuju ke *dry bed* dan sebagian lagi dimasukkan ke bak aerob, sedangkan air limbah hasil pengolahan bak aerasi dialirkan menuju ke bak sedimentasi. Bak sedimentasi terdiri dari 3 bak untuk proses pemisahan sisa lumpur biologi secara bertahap. Bak sedimentasi merupakan unit operasi yang didesain untuk menyisahkan padatan tersuspensi dari air limbah dengan gaya gravitasi.

- **Filtrasi**

Air limbah dari bak sedimentasi dialirkan menuju ke bak filtrasi untuk dilakukan proses penyaringan. Dalam proses filtrasi, digunakan 2 bak *multimedia filter* yang berisi batu koral pada bagian dasar, ijuk, zeloit dan karbon aktif di bagian atas. Air limbah yang telah difiltrasi kemudian dialirkan menuju ke bak kontrol yang berfungsi untuk menampung air hasil pengolahan dan didalamnya terdapat ikan yang digunakan sebagai indikator apakah air limbah layak untuk dibuang ke lingkungan.

Indikator yang digunakan dalam proses pengolahan air limbah adalah nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) dari sampel air limbah sebelum dan sesudah pengolahan. COD merupakan jumlah oksigen (mg  $O_2$ ) yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat dalam 1 liter sampel air. Analisa COD dilakukan menggunakan reagen HR yang dibeli dari *supplier* dengan *range* pembacaan konsentrasi 20-1500 ppm.

## **2. Limbah Padat**

Pengolahan limbah padat yang dilakukan dilakukan dengan beberapa metode yaitu antara lain Recycle & Reuse, Treatment, dan Ditampung sementara. Limbah padat yang dihasilkan pabrik sirup glukosa berasal dari beberapa bagian proses antara lain adalah sebagai berikut :

- Filter Press

Hasil filter press berupa impuritas dan pati yang tidak terkonversi akan menjadi limbah padat. Limbah tersebut ditampung dan dijadikan pupuk tanaman atau pakan ternak

- Sampah Organik dan Non-organik

Sampah organik dan non-organik dari aktivitas karyawan di pabrik yang dikumpulkan dari tempat sampah di seluruh area pabrik. Sampah yang terkumpul dari tempat sampah tersebut dikumpulkan dan akan di buang ke TPU terdekat

- Sisa bahan baku

Bahan baku yang tidak lolos spek dan tercecer di gudang penyimpanan bahan baku akan dikumpulkan dan dibuang ke TPU terdekat

## **3. Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun)**

Tujuan dari adanya pengelolaan limbah B3 adalah untuk mencegah dan menanggulangi adanya pencemaran atau kerusakan akibat limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi. Limbah B3 berbahaya jika tidak ditangani terlebih dahulu sebelum dirilis ke lingkungan.

Pengolahan limbah B3 merupakan rangkaian proses dari penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan limbah tersebut.

Tahap pengolahan limbah B3 dilakukan melalui proses sebagai berikut :

- Reduksi limbah dengan mengoptimalkan penyimpanan bahan baku dalam proses kegiatan atau house keeping, substitusi bahan, modifikasiproses, dan upaya reduksi

- Kegiatan pengemasan limbah yang diberi label guna menunjukkan jenis karakteristik limbah B3 berdasarkan acuan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No : Kep-05/Bapedal/09/1995
- Penyimpanan pada tempat yang sesuai standard dan persyaratan berdasarkan acuan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No : Kep-11/Bapedal/09/1995
- Kegiatan pengangkutan limbah perlu dilengkapi dengan dokumen pengangkutan limbah B3 dan ketentuan teknis pengangkutan
- Upaya pemanfaatan dapat dilakukan dengan cara *Reuse, Recycle, dan Recovery*
- Kegiatan penimbunan limbah B3 wajib mematuhi persyaratan dalam Peraturan Pemerintah No 18 Tahun 1999

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi sirup glukosa yaitu antara lain adalah bahan kimia yang sudah kadaluarsa , tumpahan, bekas kemasan, dan buangan produk yang tidak lolos spesifikasi. Limbah B3 yang dihasilkan dikirim ke pihak ketiga yaitu PPLI karena pengolahan limbah B3 harus memiliki perijinan yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sesuai peraturan.