

## BAB IV

### UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

#### 4.1 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau yang lebih dikenal dengan sebutan utilitas merupakan bagian penting untuk menunjang proses produksi dalam pabrik. Unit pendukung proses yang terdapat dalam pabrik *Diocetyl Phthalate* adalah:

1. Unit pengadaan air

Unit ini bertugas menyediakan dan mengolah air untuk memenuhi kebutuhan air sebagai berikut:

a. Air pendingin

Kebutuhan *make up* air pendingin sebesar 6.276,89 kg/jam.

b. Air umpan *boiler (steam)*

Kebutuhan *make up* air umpan *boiler* sebesar 2.761,13 kg/jam.

c. Air konsumsi umum dan sanitasi

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi sebesar 1.077,08 kg/jam.

2. Unit Refrigerasi

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *chilled water* menggunakan *refrigerant ammonia*. Kebutuhan *chilled water* sebesar 18.416,50 kg/jam, dan kebutuhan ammonia sebesar 101,62 kg/jam.

3. Unit pengadaan *steam*

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan *steam* sebagai media pemanas. Kebutuhan *steam* sebesar 11.504,71 kg/jam.

4. Unit pengadaan udara tekan

Unit ini bertugas untuk menyediakan udara tekan untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, penyediaan udara tekan di bengkel, dan kebutuhan umum yang lain. Kebutuhan udara tekan yang harus disediakan adalah sebesar 66,26 m<sup>3</sup>/jam.

5. Unit pengadaan listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik atau

listrik AC, maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik sebesar 170,56 kW disuplai dari PLN dan sebesar 250 kW disuplai dari generator sebagai cadangan apabila PLN mengalami gangguan.

#### 6. Unit pengadaan bahan bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan *boiler* dan *generator*. Kebutuhan *Industrial Diesel Oil* (IDO) untuk pabrik ini adalah sebesar 1.531,48 L/jam.

#### 4.1.1. Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Sumber air yang digunakan untuk keperluan air umpan *boiler*, air pendingin, air pemadam *hydrant*, air konsumsi umum dan sanitasi dalam pabrik diperoleh dari air sungai Bengawan Solo yang dekat lokasi pabrik. Air yang diperlukan di lingkungan pabrik dipergunakan untuk:

##### 4.1.1.1. Air Pendingin

Air yang digunakan adalah air sungai yang dekat dari lokasi pabrik. Alasan digunakannya air sungai sebagai media pendingin adalah karena faktor-faktor sebagai berikut:

- a. Air sungai dapat diperoleh dalam jumlah yang besar dengan biaya murah.
- b. Mudah dalam pengaturan dan pengolahannya.
- c. Sungai merupakan sumber air yang kontinuitasnya relatif tinggi sehingga kekurangan air dapat dihindari.

Air pendingin digunakan pada kondensor dan sebagai pendingin pada *neutralizer*, reaktor dan *cooler*. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air pendingin:

- Kesadahan (*hardness*) yang dapat menyebabkan kerak
- Besi yang dapat menimbulkan korosi
- Minyak yang merupakan penyebab terganggunya *film corrotion inhibitor*, menurunkan *heat transfer coefficient*, dapat menjadi makanan mikroba sehingga menimbulkan endapan.
- Kekeruhan maksimal 3 ppm
- Bebas bakteri

- Bebas mineral

#### 4.1.1.2. Air umpan boiler

Untuk kebutuhan umpan *boiler*, sumber air yang digunakan adalah air sungai. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air umpan *boiler* adalah:

- a. Kandungan yang dapat menyebabkan korosi

Korosi yang terjadi di dalam *boiler* disebabkan karena air mengandung larutan - larutan asam dan gas - gas yang terlarut.

- b. Kandungan yang dapat menyebabkan kerak (*scale forming*)

Pembentukan kerak disebabkan karena adanya kesadahan dan suhu tinggi, yang biasanya berupa garam - garam karbonat dan silikat.

- c. Kandungan yang dapat menyebabkan pembusaan (*foaming*)

*Foaming* pada *boiler* dan alat penukar panas karena adanya zat - zat organik, anorganik, dan zat - zat yang tidak larut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terjadi pada alkalinitas tinggi.

Tahapan pengolahan air sungai agar dapat digunakan sebagai air umpan *boiler* meliputi :

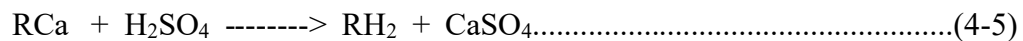
1. *Kation Exchanger*

Air bersih dari bak penampungan dialirkan menuju unit penyediaan air umpan *boiler*. Air umpan *boiler* harus dihilangkan kandungan garam-garamnya yang dapat menimbulkan kesadahan dalam air. *Kation exchanger* berfungsi untuk mengikat ion-ion positif dari garam yang terlarut dalam air lunak. Alat ini berupa silinder tegak yang berisi tumpukan butir-butir resin penukar ion. Resin yang digunakan adalah jenis C-300 dengan notasi RH<sub>2</sub>. Adapun reaksi yang terjadi dalam *kation exchanger* adalah:



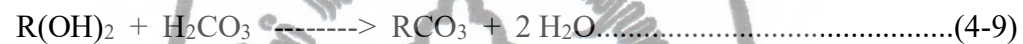
Apabila resin sudah jenuh maka pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2%. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



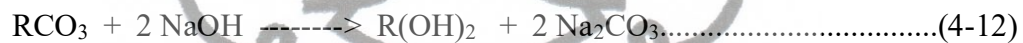
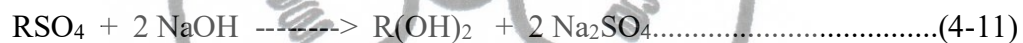
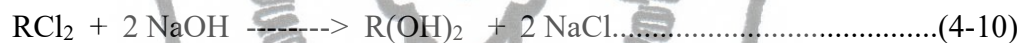


## 2. *Anion Exchanger*

Air hasil *kation exchanger* kemudian dialirkan menuju *anion exchanger*. Alat ini hampir sama dengan *kation exchanger* namun memiliki fungsi yang berbeda yaitu mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak. Dan resin yang digunakan adalah jenis C - 500P dengan notasi  $\text{R}(\text{OH})_2$ . Reaksi yang terjadi di dalam *anion exchanger* adalah:



Pencucian resin yang sudah jenuh digunakan larutan  $\text{NaOH}$  4%. Reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah:



## 3. Deaerasi

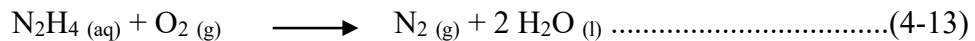
Air yang sudah bebas dari ion-ion positif dan negatif kemudian dialirkan menuju tangki deaerasi menggunakan pompa. Proses deaerasi bertujuan untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen dan karbon dioksida dengan cara pemanasan menggunakan *steam*. Oksigen terlarut dapat menyebabkan korosi pada alat-alat proses dan boiler. Gas ini kemudian dibuang ke atmosfer. Air bebas gas terlarut kemudian diumpankan menuju tangki penyimpanan umpan boiler.

## 4. Tangki Umpan *Boiler*

Alat ini berfungsi menampung air umpan *boiler* dengan waktu tinggal 6 jam. Bahan-bahan yang ditambahkan untuk mencegah korosi dan kerak, antara lain (Powell, 1954):

### a. Hidrazin ( $\text{N}_2\text{H}_4$ )

Zat ini berfungsi untuk menghilangkan sisa gas terlarut terutama gas oksigen sehingga dapat mencegah korosi pada *boiler*. Reaksi yang terjadi:



b.  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$

Zat ini berfungsi untuk mencegah timbulnya kerak. Reaksi yang terjadi:



#### 4.1.1.3. Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi juga berasal dari air sungai. Air ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan air minum, laboratorium, kantor, perumahan, dan pertamanan. Air konsumsi dan sanitasi harus memenuhi beberapa syarat, yang meliputi syarat fisik, syarat kimia, dan syarat bakteriologis. Syarat fisik:

- a. Suhu di bawah suhu udara luar
- b. Warna jernih
- c. Tidak mempunyai rasa dan tidak berbau

Syarat kimia:

- a. Tidak mengandung zat organik
- b. Tidak beracun

Syarat bakteriologis:

Tidak mengandung bakteri – bakteri, terutama bakteri yang *pathogen*.

#### 4.1.1.4. Pengolahan Air

Air yang digunakan adalah air Sungai Bengawan Solo yang tidak jauh dari lokasi pabrik. Untuk menghindari *fouling* yang terjadi pada alat-alat penukar panas maka perlu diadakan pengolahan air sungai. Pengolahan dilakukan secara fisis dan kimia. Pengolahan tersebut antara lain meliputi *screening*, pengendapan, penggumpalan, klorinasi, demineralisasi, dan deaerasi. Diagram alir dari pengolahan air sungai dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Air sungai dialirkan ke kolam penampungan dengan menggunakan pompa. Sebelum masuk pompa, air dilewatkan pada *traveling screen* untuk menyaring partikel dengan ukuran besar. Pencucian dilakukan secara kontinyu. Setelah dipompa kemudian dialirkan ke *strainer* yang mempunyai saringan *stainless steel* 0,4 mm dan mengalami pencucian balik secara periodik. Air kemudian

dialirkan ke *flokulator*. Di dalam *flokulator* ditambahkan larutan tawas 5%, larutan kapur 5%. Dari *flokulator* air sungai kemudian dialirkan ke dalam *clarifier* untuk mengendapkan gumpalan partikel-partikel halus. Endapan kemudian dikeluarkan sebagai *blowdown*, melalui bagian bawah *clarifier*. Air kemudian dialirkan ke saringan pasir untuk menghilangkan partikel-partikel yang masih lolos di *clarifier*. Air sungai yang sudah bersih kemudian dialirkan ke bak penampung air bersih. Dari bak penampung air bersih sebagian dipompa ke *kation exchanger* yang berfungsi untuk menukar ion-ion positif/kation ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) yang ada di air umpan. Alat ini sering disebut *softener* yang mengandung resin jenis *hydrogen-zeolite* dimana kation-kation dalam umpan akan ditukar dengan ion  $\text{H}^+$  yang ada pada resin. Akibat tertukarnya ion  $\text{H}^+$  dari kation-kation yang ada dalam air umpan, maka air keluaran *kation exchanger* mempunyai pH rendah (3,7) dan *Free Acid Material* (FMA) yaitu  $\text{CaCO}_3$  sekitar 12 ppm. FMA merupakan salah satu parameter untuk mengukur tingkat kejenuhan resin. Pada operasi normal FMA stabil sekitar 12 ppm, apabila FMA turun berarti resin telah jenuh sehingga perlu diregenerasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 4%.

Air keluaran *kation exchanger* kemudian diumpankan ke *anion exchanger*. *Anion exchanger* berfungsi sebagai alat penukar anion-anion ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{CO}_3^{2-}$ ) yang terdapat di dalam air umpan. Di dalam *anion exchanger* mengandung resin jenis *Weakly Basic Anion Exchanger* (WBAE) dimana anion-anion dalam air umpan ditukar dengan ion  $\text{OH}^-$  dari asam-asam yang terkandung di dalam umpan *exchanger* menjadi bebas dan berkaitan dengan  $\text{OH}^-$  yang lepas dari resin yang mengakibatkan terjadinya netralisasi sehingga pH air keluar *anion exchanger* kembali normal dan ada penambahan konsentrasi  $\text{OH}^-$  sehingga pH akan cenderung basa. Batasan yang diijinkan pH (8,8-9,1), kandungan  $\text{Na}^+$  = 0,08-2,5 ppm. Kandungan silika pada air keluaran *anion exchanger* merupakan titik tolak bahwa resin telah jenuh (12 ppm). Resin digenerasi menggunakan larutan  $\text{NaOH}$  4%. Air keluaran *cation* dan *anion exchanger* ditampung dalam tangki air demineralisasi sebagai penyimpan sementara sebelum dipakai sebagai air pendingin dan sebelum diproses lebih lanjut di unit *deaerator*.

Air yang sudah diolah di unit demineralisasi masih mengandung sedikit gas-gas terlarut terutama O<sub>2</sub>. Gas tersebut dihilangkan dari unit deaerator karena menyebabkan korosi. Pada deaerator kadarnya diturunkan sampai kurang dari 5 ppm. Proses pengurangan gas-gas dalam unit deaerator dilakukan secara mekanis dan kimiawi. Proses mekanis dilakukan dengan cara mengontakkan air umpan *boiler* dengan uap tekanan rendah, mengakibatkan sebagian besar gas terlarut dalam air umpan terlepas dan dikeluarkan ke atmosfer. Selanjutnya dilakukan proses kimiawi dengan penambahan bahan kimia hidrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).

#### 4.1.1.5. Kebutuhan Air

##### a. Kebutuhan Air Pendingin

Kebutuhan air pendingin dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1 Kebutuhan Air Pendingin**

No.	Alat	Kebutuhan ( kg/jam )
1.	R-01	24.231,82
2.	N-01	3.294,63
3.	CD-01	4.368,82
4.	HE-02	9.876,04
5.	HE-04	18.416,50
6.	Unit Refrigerasi	2.581,06

Total kebutuhan air pendingin = 62.768,89 kg/jam

Kebutuhan make up air pendingin diperkirakan 10% = 6.276,89 kg/jam

##### b. Kebutuhan Steam

Kebutuhan *steam* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2 Kebutuhan Air untuk Steam**

No.	Alat	Kebutuhan ( kg/jam )
1.	<i>Reboiler-01</i>	1.1504,71

Total kebutuhan air umpan *boiler* = 11504,71 kg/jam

Kebutuhan make up air umpan *boiler* diperkirakan 20% = 2.761,131 kg/jam

##### c. Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Kebutuhan Air Konsumsi Umum dan Sanitasi**

No	Nama Unit	Kebutuhan ( kg/hari)
1.	Perkantoran	15.000
2.	Laboratorium	2.000
3.	Kantin	4.500
4.	<i>Hidran</i> /Taman	2.350
5.	Poliklinik	2.000

Kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi = 25.850 kg/hari

= 1.077,08 kg/jam

d. Total kebutuhan air sungai tambahan setiap jam

**Tabel 4.5 Total Kebutuhan Air Sungai Tambahan**

1.	Air konsumsi dan sanitasi	1.077,08
2.	Air make up boiler	2.761,13
3.	Air make up pendingin	6.276,89
Total		10.115,10

Untuk keperluan keamanan dalam ketersediaan air, diambil kelebihan 20%.

Sehingga, total kebutuhan air sungai 101.266,45 kg dan total kebutuhan penambahan air sungai setiap jamnya adalah 10.115,10 kg/jam

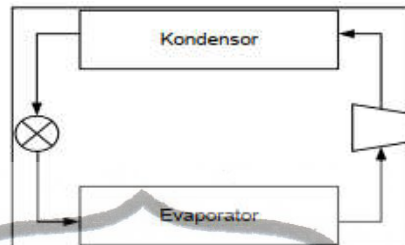
#### 4.1.2. Unit Refrigerasi

*Chilled Water* digunakan pada pabrik DOP sebagai media pendingin untuk mendinginkan DOP pada HE-04. *Chilled Water* memerlukan unit refrigerasi untuk dapat digunakan kembali sebagai pendingin. Pada unit refrigerasi tersebut digunakan ammonia cair sebagai *refrigerant*, pemilihan tersebut berdasarkan pada beberapa alasan berikut:

1. Harga Murah
2. Dapat digunakan pada range suhu -100-40 F



Unit *refrigerasi* menggunakan tipe *Mechanical Compression* dengan alasan dapat digunakan antara range suhu  $-200 - 40$  F dan merupakan tipe *refrigerasi* yang sering digunakan dan murah.



Gambar 4.1 Diagram Alir Refrigerasi

Spesifikasi *refrigerasi*:

1. Evaporator
  - Tipe : *Shell and tube 1-2 horisontal condenser*
  - Kebutuhan ammonia cair : 101,62 Kg/jam
2. Kompresor
  - Tekanan : 1,64 atm
  - Power : 10 HP
3. Kondensor
  - Tipe : *Shell and tube 1-2 horisontal condenser*
  - Kebutuhan air pendingin : 2.581,06 Kg/jam

#### 4.1.3. Unit Pengadaan *Steam*

*Steam* yang diproduksi pada pabrik diocetyl phthalate ini digunakan sebagai media pemanas *heater, reboiler*. Untuk memenuhi kebutuhan *steam* digunakan 1 buah *boiler*. *Steam* yang dihasilkan dari *boiler* ini adalah *superheated steam* yang mempunyai suhu  $454,44$  °C dan tekanan 8,163 atm.

Jumlah *steam* yang dibutuhkan sebesar 11.504,71 kg/jam. Untuk menjaga kemungkinan kebocoran *steam* pada saat distribusi dan *make up blowdown* pada *boiler*, maka jumlah *steam* dlebihihkan sebanyak 20%. Sehingga jumlah *steam* yang dibutuhkan adalah 13.805,65 kg/jam.

#### Perancangan *boiler*:

Dirancang untuk memenuhi kebutuhan *steam*.

*Steam* yang dihasilkan : T =  $454,44$  °C =  $850$  °F

$$P = 8,163 \text{ atm} = 120 \text{ psia}$$

Jenis *boiler* = *boiler* pipa air (untuk tekanan < 100 bar)

- Menentukan daya *boiler*

Daya yang diperlukan *boiler* dihitung dengan persamaan :

$$Daya = \frac{ms.(\Delta h_v - \Delta h_{feed})}{970,3 \times 34,5} \dots\dots\dots(4-15)$$

Dimana :

$M_s$  = massa *steam* yang dihasilkan

$$= 30.435,95 \text{ lb/jam}$$

$\Delta h_v$  = entalpi *superheated steam* pada 8,163 atm dan 454,44 °C

$$= 1.453,45 \text{ BTU/lbm} \quad (\text{Kern, 1950, tabel 7})$$

$\Delta h_{feed}$  = entalpi umpan (BTU/lbm)

Umpan air terdiri dari :

20 % *make up water* ( $T = 35^\circ\text{C}$ ,  $\Delta h = 62,98 \text{ BTU/lbm}$ ) dan 80 % kondensat

( $\Delta h$  kondensat = 298,4 BTU/lbm) (Kern, 1950, tabel 7)

$$\Delta h_{feed} = 251,36 \text{ BTU/lbm}$$

Jadi daya yang dibutuhkan adalah sebesar 1.093 HP

- Menentukan luas penampang perpindahan panas

Ditentukan luas bidang pemanasan = 12 ft<sup>2</sup>/HP (Severn, p.171)

$$\text{Total heating surface} = 13.115,83 \text{ ft}^2$$

- Perhitungan kapasitas *boiler*

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

$$= 30.435,95 \times (1.453,45 - 251,32)$$

$$= 36.588.091,42 \text{ BTU/jam}$$

- Kebutuhan bahan bakar

Bahan bakar yang digunakan adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO).

$$\text{Heating value (HV) IDO} = 19.600 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{Densitas} = 54,9366 \text{ lb/ft}^3$$

Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan panas yang ada adalah sebesar 1.503,445 L/jam.

**Spesifikasi boiler yang dibutuhkan :**

Kode	: B-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan <i>steam</i>
Jenis	: <i>Boiler</i> pipa air
Jumlah	: 1 buah
Tekanan <i>steam</i>	: 120 psia (8,163 atm)
Suhu <i>steam</i>	: 850 F (454,44 °C)
Efisiensi	: 80 %
Bahan bakar	: <i>Industrial Diesel Oil</i> (IDO)

**4.1.4. Unit Pengadaan Udara Tekan**

Kebutuhan udara tekan untuk prarancangan pabrik *dioctyl phthalate* digunakan sebagai instrumentasi *pneumatic*.

Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah alat kontrol yang digunakan, yaitu 39 *control valve* sehingga diperkirakan kebutuhan udara tekan sebesar 66,26 m<sup>3</sup>/jam, tekanan 4 atm (58,8 psi), dan suhu 35 °C. Alat untuk menyediakan udara tekan berupa kompresor.

**Perhitungan Daya Kompresor**

Daya yang diperlukan kompresor dihitung dengan persamaan :

$$\text{Daya} = \frac{\left[ \frac{144}{33000} \right] \left[ \frac{K}{K-1} \right] \left[ P_1 \cdot Q_1 \right] \left[ r^{\frac{(K-1)}{K}} - 1 \right]}{E_o} \dots\dots\dots(4-16)$$

K = adiabatik *exponent* = 1,19 (Branan, 1994, fig. 1)

P<sub>1</sub> = *suction pressure* = 1 atm (14,7 psi)

Q<sub>1</sub> = kapasitas aktual = 27 ft<sup>3</sup>/menit

r = *compression ratio* (P<sub>2</sub>/P<sub>1</sub>) = 4 (Perry, 2008, p. 10-45)

E<sub>o</sub> = efisiensi = 80%

Jadi daya yang dibutuhkan adalah sebesar = 7,5 HP

**Spesifikasi kompresor yang dibutuhkan:**

Kode	: KU-01
Fungsi	: Memenuhi kebutuhan udara tekan
Jenis	: <i>Single Stage Reciprocating Compressor</i>

Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 66,26 m <sup>3</sup> /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 1 atm (14,7 psi)
Tekanan <i>discharge</i>	: 4 atm (58,8 psi)
Suhu udara	: 35 °C
Efisiensi	: 80 %
Daya kompresor	: 7,5 HP

#### 4.1.5. Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pabrik *dioctyl phthalate* ini dipenuhi oleh PLN dan *generator* pabrik. Hal ini bertujuan agar pasokan tenaga listrik dapat berlangsung kontinyu meskipun ada gangguan pasokan dari PLN. *Generator* yang digunakan adalah *generator* arus bolak-balik dengan pertimbangan:

- Tenaga listrik yang dihasilkan cukup besar
- Tegangan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan

Kebutuhan listrik di pabrik ini antara lain terdiri dari :

- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- Listrik untuk penerangan
- Listrik untuk AC
- Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Besarnya kebutuhan listrik masing – masing keperluan di atas dapat diperkirakan sebagai berikut :

- Listrik untuk keperluan proses dan utilitas

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

**Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses**

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Horse Power (HP)
M-01	1	0,75	0,75
R-01	1	15,00	15,00
NT-01	1	1,00	1,00
P-01	1	0,08	0,08

<b>Nama Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Daya (HP)</b>	<b>Total <i>Horse Power</i> (HP)</b>
P-02	1	0,50	0,50
P-03	1	2,00	2,00
P-04	1	0,17	0,17
P-05	1	0,08	0,08
P-06	1	0,75	0,75
P-07	1	1,50	1,50
P-08	1	0,08	0,08
P-09	1	1,50	1,50
P-10	1	0,08	0,08
Jumlah			23,50

**Tabel 4.7 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas**

<b>Nama Alat</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Daya (HP)</b>	<b>Total <i>Horse Power</i> (HP)</b>
PU-01	1	1,50	1,50
PU-02	1	0,75	0,75
PU-03	1	0,08	0,08
PU-04	1	0,08	0,08
PU-05	1	0,50	0,50
PU-06	1	0,25	0,25
PU-07	1	0,13	0,13
PU-08	1	0,50	0,50
PU-09	1	0,08	0,08
PU-10	1	1,00	1,00
PU-11	1	0,08	0,08
PU-12	1	0,50	0,50
PU-13	1	7,50	7,50
PAP-01	1	1,00	1,00
PAP-02	1	5,00	5,00
PAP-03	1	2,00	2,00
FL	1	2,00	2,00

Nama Alat	Jumlah	Daya (HP)	Total Horse Power (HP)
Fan CT	5	2,00	10,00
KU-01	1	7,50	7,50
Jumlah			40,4583

Jadi jumlah listrik yang dikonsumsi untuk keperluan proses dan utilitas sebesar 63,9583 HP. Untuk faktor keamanan, kebutuhan listrik ini dilebihkan 20% sehingga total kebutuhan listrik adalah 76,75 HP atau sebesar 114,46 kW.

b. Listrik untuk penerangan

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik penerangan digunakan persamaan :

$$L = \frac{a.F}{U.D} \dots\dots\dots(4-17)$$

dengan :

L : Lumen per outlet

a : Luas area, ft<sup>2</sup>

F : *foot candle* yang diperlukan (Perry, 1984, tabel 13)

U : Koefisien utilitas (Perry, 1984, tabel 16)

D : Efisiensi lampu (Perry, 1984, tabel 16)

Berdasarkan SNI 03-6197-2011 Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan, *foot candle* masing masing lokasi dapat diperkirakan. Lampu yang digunakan adalah *Neutral White LED* yang memiliki koefisien utilitas 0,77 dan efisiensi 85%.

**Tabel 4.8 Jumlah Lumen Berdasarkan Luas Bangunan**

Bangunan	Luas, m <sup>2</sup>	Luas, ft <sup>2</sup>	F	U	D	Lumen
Pos Satpam	32,05	345,00	50	0,77	85%	2.448,58
Kantor Keamanan						
Utama	32,10	345,55	100	0,77	85%	4.904,97
Parkir	146,57	1577,63	60	0,77	85%	13.436,53
Area Perkantoran	222,12	2390,77	350	0,77	85%	118.778,40

Bangunan	Luas, m <sup>2</sup>	Luas, ft <sup>2</sup>	F	U	D	Lumen
Masjid	68,00	731,93	200	0,77	85%	20.779,41
Poliklinik	38,97	419,43	250	0,77	85%	14.884,38
Kantin	38,97	419,43	200	0,77	85%	11.907,50
Perpustakaan	38,97	419,43	200	0,77	85%	11.907,50
Gedung K3	38,97	419,43	200	0,77	85%	11.907,50
Parkir Pekerja Pabrik	102,16	1099,66	60	0,77	85%	9.365,71
Laboratorium	120,00	1291,66	500	0,77	85%	91.674,87
Garasi	120,00	1291,66	60	0,77	85%	11.000,98
Bengkel	120,00	1291,66	200	0,77	85%	36.669,95
Gudang	200,01	2152,78	100	0,77	85%	30.558,44
Pemadam Kebakaran	120,00	1291,66	100	0,77	85%	18.334,97
Unit Utilitas	200,01	2152,78	500	0,77	85%	152.792,21
Unit Proses	1380,00	14853,88	500	0,77	85%	1.054.243,09
Control room	90,00	968,73	250	0,77	85%	34.377,39
Area Peluasan	881,82	9491,58	100	0,77	85%	134.731,50
Area lain-lain	3569,28	38418,52	100	0,77	85%	545.345,11
Jumlah	7560	81373,2				233.0049,0

Jumlah lumen :

- untuk penerangan dalam ruangan = 442937,08 lumen
- untuk penerangan bagian luar ruangan = 1887111,89 lumen

Untuk semua area dalam bangunan direncanakan menggunakan lampu LED 110mA dimana satu buah lampu LED E27 cap 13 W mempunyai 1400 *lumen*/buah.

$$\begin{aligned} \text{Jadi jumlah lampu dalam ruangan} &= 442937,08 / 1400 \\ &= 316,38 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk penerangan bagian luar ruangan digunakan lampu LED 55 W, dimana *lumen output* tiap lampu adalah 6992 *lumen*.

$$\begin{aligned} \text{Jadi jumlah lampu luar ruangan} &= 1887111,89/6992 \\ &= 269,90 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Total daya penerangan} = ( 13 \text{ W} \times 316,38 + 55\text{W} \times 269,90 )$$

$$= 31102,57 \text{ W}$$

$$= 31,10 \text{ kW}$$

c. Listrik untuk AC

Kebutuhan listrik untuk kebutuhan AC diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 15.000 Watt atau 15 kW.

d. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Kebutuhan listrik untuk laboratorium dan instrumentasi diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 10.000 Watt atau 10 kW.

**Tabel 4.9 Total Kebutuhan Listrik Pabrik**

No.	Kebutuhan Listrik	Tenaga listrik (kW)
1.	Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	114,465
2.	Listrik untuk keperluan penerangan	31,10
3.	Listrik untuk AC	15
4.	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	10
	Total	170,56

*Generator* yang digunakan sebagai cadangan sumber listrik mempunyai efisiensi 80%, sehingga *generator* yang disiapkan harus mempunyai *output* sebesar 213,21 kW. Oleh karena itu, dipilih *generator* dengan daya 250 kW sehingga masih tersedia cadangan daya sebesar 36,79 kW.

**Spesifikasi *generator* yang diperlukan:**

Jenis	: AC <i>generator</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas / Tegangan	: 200 kW ; 220/360 Volt
Efisiensi	: 80 %
Bahan bakar	: IDO ( <i>Industrial Diesel Oil</i> )

**4.1.6. Unit Pengadaan Bahan Bakar**

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar *boiler* dan *generator*. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah *Industrial Diesel Oil* (IDO). IDO diperoleh dari Pertamina dan distributornya. Alasan pemilihan IDO sebagai bahan bakar adalah:



1. Mudah didapat
2. Lebih ekonomis
3. Mudah dalam penyimpanan

Bahan bakar IDO yang *digunakan* mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

<i>Specific gravity</i>	: 0,88
<i>Heating Value</i>	: 19.600 Btu/lb
Efisiensi bahan bakar	: 80%
Densitas	: 54,937 lb/ft <sup>3</sup>

Kebutuhan bahan bakar untuk tiap alat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Bahan bakar} = \frac{\text{Kapasitas alat}}{\text{eff} \cdot \rho \cdot h} \dots\dots\dots(4-18)$$

**Tabel 4.10 Total Kebutuhan Bahan Bakar Pabrik**

<b>Keterangan</b>	<b>Generator</b>	<b>Boiler</b>
Efisiensi bahan bakar	80%	80%
Kapasitas (Btu/jam)	853.038,52	36.588.091,42
Kebutuhan IDO (L/jam)	28,04	1.503,44

Generator hanya digunakan pada waktu darurat, salah satunya ketika ada pemadaman listrik dari PLN. Diasumsikan penggunaan generator selama 1 bulan adalah selama 168 jam, sehingga kebutuhan bahan bakar untuk generator selama 1 bulan adalah 257.289,4 L.

#### 4.1.7. Unit Pengolahan Limbah

Limbah dari proses produksi pabrik *dioctyl phthalate* ini berupa limbah cair dan padat. Limbah ini diolah di Unit Pengolahan Limbah (UPL).

##### a. Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini dapat berupa :

1. Limbah proses berupa limbah cair yaitu limbah hasil keluaran fraksi berat dekanter yang tidak dapat digunakan kembali, limbah akibat zat-zat yang terbuang, bocor, atau tumpah.
2. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik. Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

### 3. Limbah domestik dan kantor

Limbah ini mengandung bahan organik yang berasal dari kamar mandi di lokasi pabrik, serta limbah dari kantin berupa limbah padat dan cair.

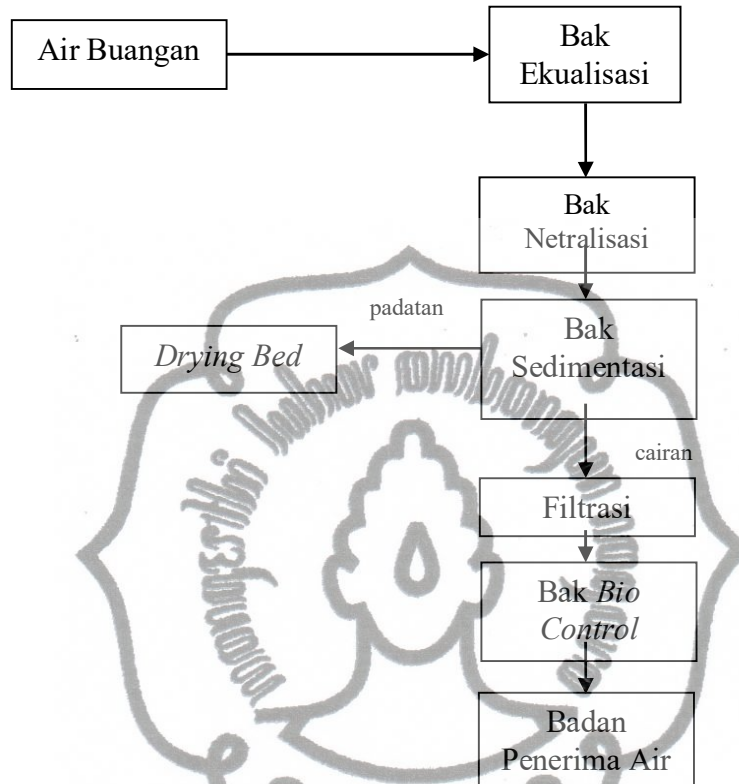
### 4. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium ini mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisa kualitas bahan baku dan produk, serta yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan proses. Limbah laboratorium termasuk kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) sehingga dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3, yaitu PT Ardi Restu Arta berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

Pada pengolahan limbah cair, seperti limbah domestik dan air dari *Heavy Component Decanter*, diolah di Unit Pengolahan Limbah (UPL) kecuali oli bekas yang akan ditampung di dalam penampungan yang selanjutnya dikirim ke badan yang berwenang. Limbah dari berbagai sumber sebelum masuk ke UPL dilewatkan melalui bak ekualisasi untuk menyamakan beban dalam pengolahan dengan jalan melakukan pengadukan pada limbah sehingga menjadi homogen, dari bak ekualisasi limbah masuk ke bak netralisasi untuk menetralkan pH, karena pH yang netral selain tidak mengganggu lingkungan juga dapat berguna untuk mempermudah proses pengendapan pada bak sedimentasi. Penetralkan pH dilakukan dengan jalan penambahan  $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$ , setelah netral limbah dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan kandungan padatan yang terdapat di dalamnya dengan bantuan koagulan.

Dari bak sedimentasi selanjutnya dilakukan penyaringan dengan menggunakan media penyaring berbutir seperti kerikil, pasir, dan juga ditambahkan karbon aktif untuk menghilangkan bau. Limbah setelah melalui proses filtrasi dimasukkan ke dalam bak *Bio Control* yang bertujuan untuk menguji apakah limbah tersebut sudah benar-benar tidak mencemari lingkungan, pengujian dilakukan dengan memasukkan ikan ke dalam bak *Bio Control*, bila ikan tersebut tetap hidup normal maka proses pengolahan air limbah dapat dikatakan sudah berhasil dan air yang dihasilkan selanjutnya akan dibuang ke

badan penerima air baik di selokan, ataupun di laut. Skema pengolahan limbah pada UPL dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Unit Pengolahan Limbah (UPL)

#### b. Pengolahan Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan berasal dari limbah domestik dan UPL. Limbah domestik berupa sampah-sampah dari keperluan sehari-hari seperti kertas dan plastik, ditampung dalam bak penampungan dan selanjutnya dikirim ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Sedangkan limbah padat yang berasal dari *drying bed* dipendam di dalam tanah yang dindingnya dilapisi dengan *clay* (tanah liat) sehingga apabila limbah yang dipendam termasuk berbahaya tidak menyebar ke lingkungan sekitarnya.

#### 4.2 Laboratorium

Laboratorium memiliki peranan sangat besar di dalam suatu pabrik untuk memperoleh data – data yang diperlukan. Data – data tersebut digunakan untuk evaluasi unit – unit yang ada, menentukan tingkat efisiensi, dan untuk pengendalian mutu.

Pengendalian mutu atau pengawasan mutu di dalam suatu pabrik dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengendalian mutu dilakukan mulai bahan baku, saat proses berlangsung, dan juga pada hasil atau produk.

Pengendalian rutin dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku dan produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dengan pemeriksaan secara rutin juga dapat diketahui apakah proses berjalan normal atau tidak. Jika diketahui analisa produk tidak sesuai dengan yang diharapkan maka dengan mudah dapat diketahui atau diatasi.

Laboratorium berada di bawah bidang teknik dan perekayasaan yang mempunyai tugas pokok antara lain :

- a. Sebagai pengontrol kualitas bahan baku dan produk
- b. Sebagai pengontrol proses produksi
- c. Sebagai pengontrol terhadap mutu air pendingin, air umpan *boiler*, dan lain-lain yang berkaitan langsung dengan proses produksi

Laboratorium melaksanakan kerja 24 jam sehari dalam kelompok kerja *shift* dan *non-shift*.

1. Kelompok *shift*

Kelompok ini melaksanakan tugas pemantauan dan analisa–analisa rutin terhadap proses produksi. Dalam melaksanakan tugasnya, kelompok ini menggunakan sistem bergilir, yaitu sistem kerja *shift* selama 24 jam dengan dibagi menjadi 3 *shift*. Masing – masing *shift* bekerja selama 8 jam.

2. Kelompok *non-shift*

Kelompok ini mempunyai tugas melakukan analisa khusus yaitu analisa yang sifatnya tidak rutin dan menyediakan reagen kimia yang diperlukan di laboratorium. Dalam rangka membantu kelancaran pekerjaan kelompok *shift*, kelompok ini melaksanakan tugasnya di laboratorium utama dengan tugas antara lain:

- a. Menyediakan reagen kimia untuk analisa laboratorium
- b. Melakukan analisa bahan pembuangan penyebab polusi

- c. Melakukan penelitian atau percobaan untuk membantu kelancaran produksi

Dalam menjalankan tugasnya, bagian laboratorium dibagi menjadi:

1. Laboratorium fisik
2. Laboratorium analitik
3. Laboratorium penelitian dan pengembangan

#### 4.2.1. Laboratorium Fisik

Bagian ini bertugas mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat bahan baku, produk, dan air yang meliputi air baku, air pendingin, dan air limbah. Pengamatan yang dilakukan antara lain:

1. *Specific gravity*
2. Konsentrasi

#### 4.2.2. Laboratorium Analitik

Bagian ini mengadakan pemeriksaan terhadap bahan baku dan produk mengenai sifat-sifat kimianya. Analisa yang dilakukan, yaitu:

- Analisa komposisi bahan baku
- Analisa komposisi produk utama
- Analisa air, meliputi analisa air baku, air pendingin, dan air limbah.

#### 4.2.3. Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya diversifikasi produk dan perlindungan terhadap lingkungan. Disamping mengadakan penelitian rutin, laboratorium ini juga mengadakan penelitian yang sifatnya non rutin, misalnya penelitian terhadap produk di unit tertentu yang tidak biasanya dilakukan penelitian guna mendapatkan alternatif lain terhadap penggunaan bahan baku.

Alat analisa penting yang digunakan antara lain:

1. *Hidrometer*, untuk mengukur *specific gravity*.
2. *Gas Liquid Chromathogarphy*, alat yang digunakan untuk analisa konsentrasi material cair.

## 1. Prosedur Analisa Bahan Baku

### a. Kemurnian

Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel *2-Ethyl Hexanol* secukupnya kemudian dianalisa langsung menggunakan *Gas Chromatography / Mass Spectrometry* (GC-MS). Dengan alat ini dapat diketahui *2-Ethyl Hexanol* apakah sudah memenuhi spesifikasi bahan baku yang akan digunakan. *Sampling* dilakukan setiap *shift*.

### b. Densitas

Alat yang digunakan : *Hidrometer*

*Sampling* : Setiap *shift*

Cara pengujian :

- 1) Menuang sampel ke dalam gelas ukur 1 liter (usahakan tidak terbentuk gelembung).
- 2) Memasukkan termometer ke dalam gelas ukur.
- 3) Memasukkan hidrometer yang telah dipilih sesuai dengan sampel.
- 4) Memasukkan hidrometer terapung pada sampel sampai konstan lalu membaca skala pada hidrometer tersebut.
- 5) Mengkonversi menggunakan tabel yang tersedia.

## 2. Prosedur Analisa Proses Produksi

Produk hasil atas dan bawah menara distilasi 1 dianalisa langsung menggunakan *Gas Chromatography / Mass Spectrometry* (GC-MS). Dengan alat ini dapat diketahui kemurnian produk dan bahan baku yang akan *direcycle* apakah sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan. *Sampling* dilakukan setiap *shift*.

## 3. Prosedur Analisa Produk

### a. Kemurnian

Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel *Dioctyl phthalate* secukupnya kemudian dianalisa langsung menggunakan *Gas Chromatography / Mass Spectrometry* (GC-MS). Dengan alat ini dapat diketahui *Dioctyl phthalate* apakah sudah memenuhi spesifikasi produk sesuai dengan keperluan. *Sampling* dilakukan setiap *shift*.

b. Densitas

Alat yang digunakan : *Hidrometer*

*Sampling* : Setiap *shift*

Cara pengujian :

- 1) Menuang sampel ke dalam gelas ukur 1 liter (usahakan tidak terbentuk gelembung).
- 2) Memasukkan termometer ke dalam gelas ukur.
- 3) Memasukkan hidrometer yang telah dipilih sesuai dengan sampel.
- 4) Memasukkan hidrometer terapung pada sampel sampai konstan lalu membaca skala pada hidrometer tersebut.
- 5) Mengkonversi menggunakan tabel yang tersedia.

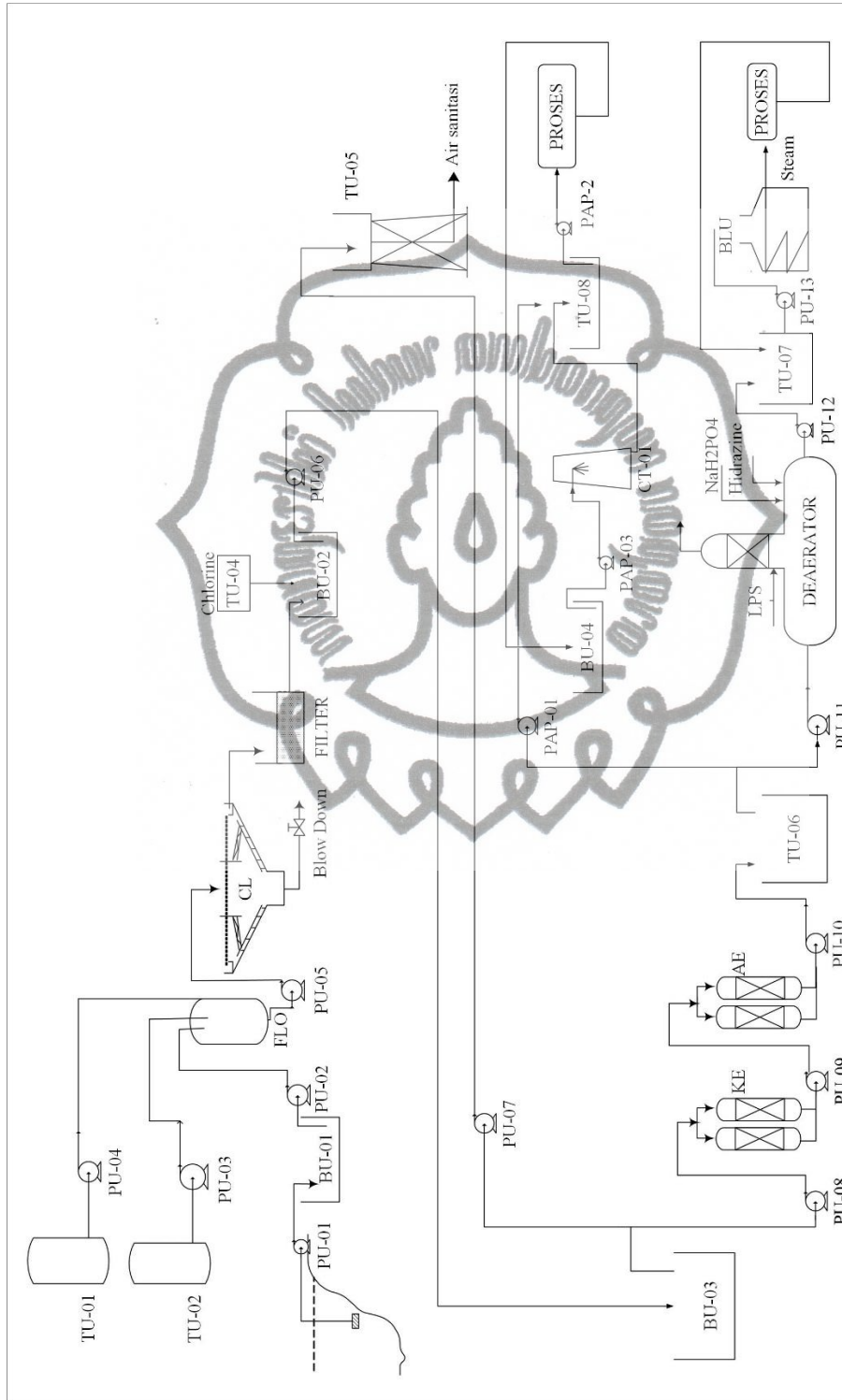
4. Prosedur Analisa Utilitas

Air yang dianalisa secara rutin meliputi:

1. Air baku
2. Air pendingin
3. Air demineralisasi
4. Air umpan boiler
5. Air limbah

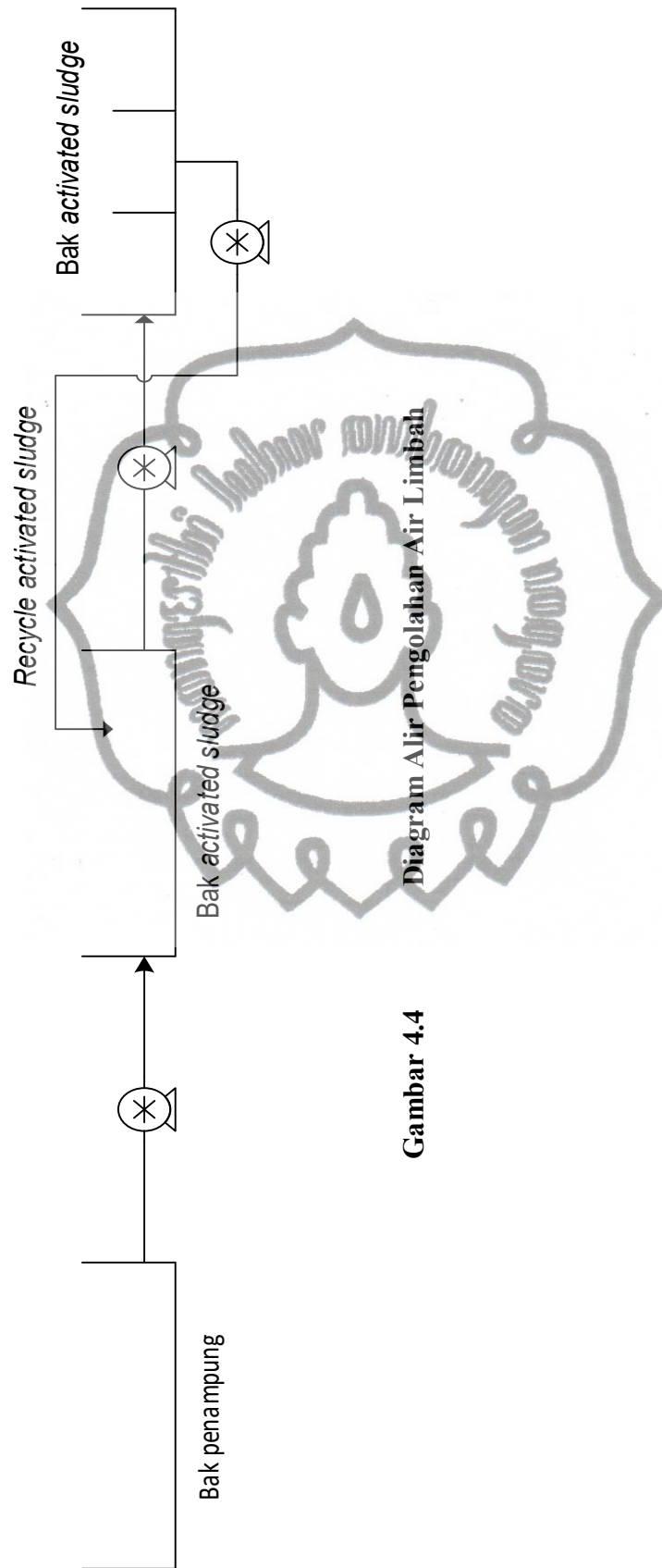
Parameter yang diuji antara lain warna, *turbidity*, kandungan klorin, tingkat kekeruhan, total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, sulfat, dan silika. Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisa air ini antara lain:

1. Spektrofotometer, digunakan untuk mengetahui konsentrasi suatu senyawa terlarut dalam air.
2. *Spectroscopy*, digunakan untuk mengetahui kadar silika, sulfat, hidrazin, turbiditas, kadar fosfat, dan kadar sulfat.
3. Peralatan titrasi, untuk mengetahui jumlah kandungan klorida, kesadahan dan alkalinitas.



**Gambar 4.3** Diagram Alir Pengolahan Air Sungai





Gambar 4.4

Diagram Alir Pengolahan Air Limbah