

BAB IV

UNIT PENDUKUNG PROSES DAN LABORATORIUM

4.1 Unit Pendukung Proses

Unit pendukung proses atau utilitas yang menunjang proses produksi di pembangkit listrik tenaga biogas meliputi unit pengadaan air (air konsumsi dan sanitasi, air pendingin, serta air proses), unit pengadaan udara tekan, unit pengadaan listrik, unit pengadaan bahan bakar dan unit pengolahan limbah.

1. Unit Pengadaan Air

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

a. Air konsumsi dan sanitasi

Kebutuhan air konsumsi dan sanitasi sebesar 579,79 kg/jam

b. Air pendingin

Kebutuhan *make up* air pendingin sebesar 349,94 kg/jam

c. Air proses

Kebutuhan *make up* air proses sebesar 3.617,12 kg/jam

Total kebutuhan air PLTBg sebesar 4.546,85 kg/jam dengan kebutuhan spesifik air sebesar 8,66 kg/kg produk atau 0,009 m³/kg produk

2. Unit Pengadaan Udara Tekan

Unit ini bertugas menyediakan udara tekan (4 atm) untuk kebutuhan instrumentasi *pneumatic*, penyediaan udara tekan di bengkel, dan kebutuhan umum yang lain. Kebutuhan udara tekan yang harus disediakan sebesar 54,20 m³/jam dengan kebutuhan spesifik 0,10 m³/kg produk.

3. Unit Pengadaan Listrik

Unit ini bertugas menyediakan listrik sebagai tenaga penggerak pada peralatan proses, keperluan pengolahan air, peralatan-peralatan elektronik, listrik AC, maupun untuk penerangan. Kebutuhan listrik pada pabrik ini sebesar 309,45 kW dengan kebutuhan spesifik 0,589 kW/kg produk yang disuplai secara mandiri oleh generator pabrik dengan kapasitas sebesar 1-1,5 MW.

4. Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit ini bertugas menyediakan bahan bakar untuk kebutuhan generator berupa biogas. Kebutuhan biogas untuk pabrik ini sebesar 96,08 m³/jam dengan kebutuhan spesifik 0,183 m³/kg produk.

4.1.1 Unit Pengadaan dan Pengolahan Air

Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga biogas, air yang digunakan berasal dari Sungai Batang Hari, Jambi yang cukup dekat dengan lokasi pabrik. Alasan digunakannya air sungai 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 sungai tersebut digunakan untuk memenuhi seluruh kegiatan di lingkungan pabrik, yaitu sebagai air konsumsi dan sanitasi, air pendingin, serta air proses.

1. Air Konsumsi dan Sanitasi

Sumber air untuk keperluan konsumsi dan sanitasi 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 memiliki rasa ataupun bau

Syarat kimia:

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

Syarat bakteriologis:

Tidak mengandung bakteri terutama patogen.

Tahapan pengolahan air sungai ialah sebagai berikut:

- Pengendapan Awal
Air yang berasal dari Sungai Batang Hari, Jambi dialirkan melewati *traveling screen* untuk menyaring kotoran berukuran besar. Air tersebut kemudian dialirkan menuju bak pengendapan awal menggunakan pompa. Pada bak ini, kotoran-kotoran akan mengendap karena gaya gravitasi.
- Pengendapan dengan cara koagulasi
Kotoran-kotoran yang tersuspensi dalam air digumpalkan pada flokulator. Pembentukan gumpalan (flok) dengan menambahkan tawas ($\text{Al}_3(\text{SO}_4)_3$) dan larutan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Larutan kapur kadar 5% berfungsi sebagai pengikat garam-garam yang terlarut dalam air sungai, sedangkan larutan tawas kadar 5% berfungsi sebagai koagulan yang dapat mempercepat pengendapan flok.
- Pemisahan dengan *clarifier*
Air dari flokulator kemudian dialirkan menggunakan pompa menuju *clarifier*. Flok yang terbentuk pada proses koagulasi akan mengendap pada bagian bawah *clarifier* dan dikeluarkan melalui pipa *blow down*. Air yang telah terpisah dari flok kemudian dialirkan menuju bak saringan pasir (*sand filter*).
- Pemisahan dengan *sand filter*
Sand filter berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel yang belum mengendap pada alat-alat sebelumnya. Air keluaran *sand filter* dialirkan menuju bak klorinasi. Pada bak ini akan ditambahkan klorin untuk membunuh kuman yang terdapat di dalam air sungai. Air bersih ini dapat digunakan sebagai air konsumsi dan sanitasi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 14/PRT/M/2010 Tahun 2010, kebutuhan air per orang adalah 60 liter/hari. Kebutuhan air hidran diasumsikan sebesar 10% dari total kebutuhan air konsumsi umum dan sanitasi. Kebutuhan air dan sanitasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kebutuhan Air Konsumsi dan Sanitasi

No.	Nama Unit	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Perkantoran	208,33
2.	Laboratorium	62,50
3.	Kantin	125
4.	Poliklinik	83,33
5.	Air hidran/taman	47,92
Total		527,08

2. Air Proses

Untuk kebutuhan air proses, sumber air yang digunakan juga berasal dari air sungai. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penanganan air proses adalah:

- a. Kandungan yang dapat menyebabkan korosi
 Korosi yang terjadi di dalam alat proses 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 alat proses 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.

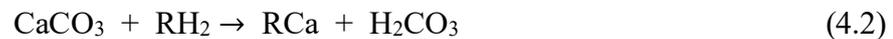
Tahapan pengolahan air sungai agar dapat digunakan sebagai air proses meliputi :

- *Kation Exchanger*

Air bersih dari bak penampungan dialirkan menuju unit penyediaan air proses. Air proses 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_2 .

Adapun reaksi yang terjadi dalam *kation exchanger* adalah:



Apabila resin sudah jenuh maka pencucian dilakukan dengan menggunakan larutan H_2SO_4 2%. Reaksi yang terjadi pada waktu regenerasi adalah:



- *Anion Exchanger*

Air hasil *kation exchanger* kemudian dialirkan menuju *anion exchanger*.

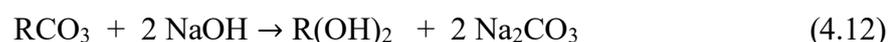
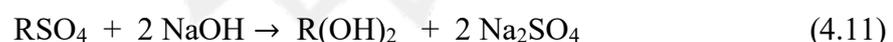
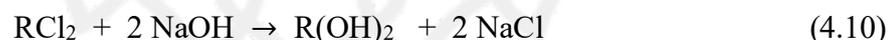
Alat ini hampir sama dengan *kation exchanger* namun memiliki fungsi yang berbeda yaitu mengikat ion-ion negatif yang ada dalam air lunak.

Dan resin yang digunakan adalah jenis C-500P dengan notasi $R(OH)_2$.

Reaksi yang terjadi di dalam *anion exchanger* adalah:



Pencucian resin yang sudah jenuh digunakan larutan Natrium hidroksida 4%. Reaksi yang terjadi saat regenerasi adalah:



- 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. Oksigen terlarut dapat menyebabkan korosi pada alat-alat proses. Gas ini kemudian dibuang ke atmosfer. Air

bebas gas terlarut kemudian diumpankan menuju tangki penyimpanan air proses.

▪ Tangki Air Proses

Alat ini berfungsi menampung air proses. Bahan-bahan yang ditambahkan untuk mencegah korosi dan kerak, antara lain (Powell 1954):

a. Hidrazin (N₂H₄)

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



b. NaH₂PO₄

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



Air proses digunakan pada alat *scrubber* dan kebutuhan airnya disajikan pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Kebutuhan Air Proses

No.	Keterangan	Kode Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	<i>Scrubber</i>	SCB-01	65.765,78
Kebutuhan air proses			65.765,78
<i>Make up</i> air proses (5%)			3.288,29

3. Air pendingin

Air yang berasal dari bak klorinasi dialirkan menuju proses untuk digunakan sebagai media pendingin pada alat proses PLTBg. Air pendingin digunakan pada *cooler* dan kebutuhan airnya disajikan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Kebutuhan Air Pendingin

No.	Keterangan	Kode Alat	Kebutuhan (kg/jam)
1.	<i>Cooler</i>	HE-01	3.181,27
Kebutuhan air pendingin			3.181,27
<i>Make up</i> air pendingin (10%)			318,13

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

Penggunaan air pendingin melibatkan peran *cooling tower* untuk mendinginkan kembali air pendingin yang telah digunakan pada alat proses. Spesifikasi *cooling tower* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tipe	: <i>Inducted draft cooling tower</i>
Jumlah	: 1 buah
Jumlah air yang didinginkan	: 3.181,27 kg/jam
Jumlah <i>fan</i>	: 5 buah
Tenaga <i>fan</i>	: 0,2 hp/ <i>fan</i>
Tenaga motor	: 0,25 hp/ <i>fan</i>

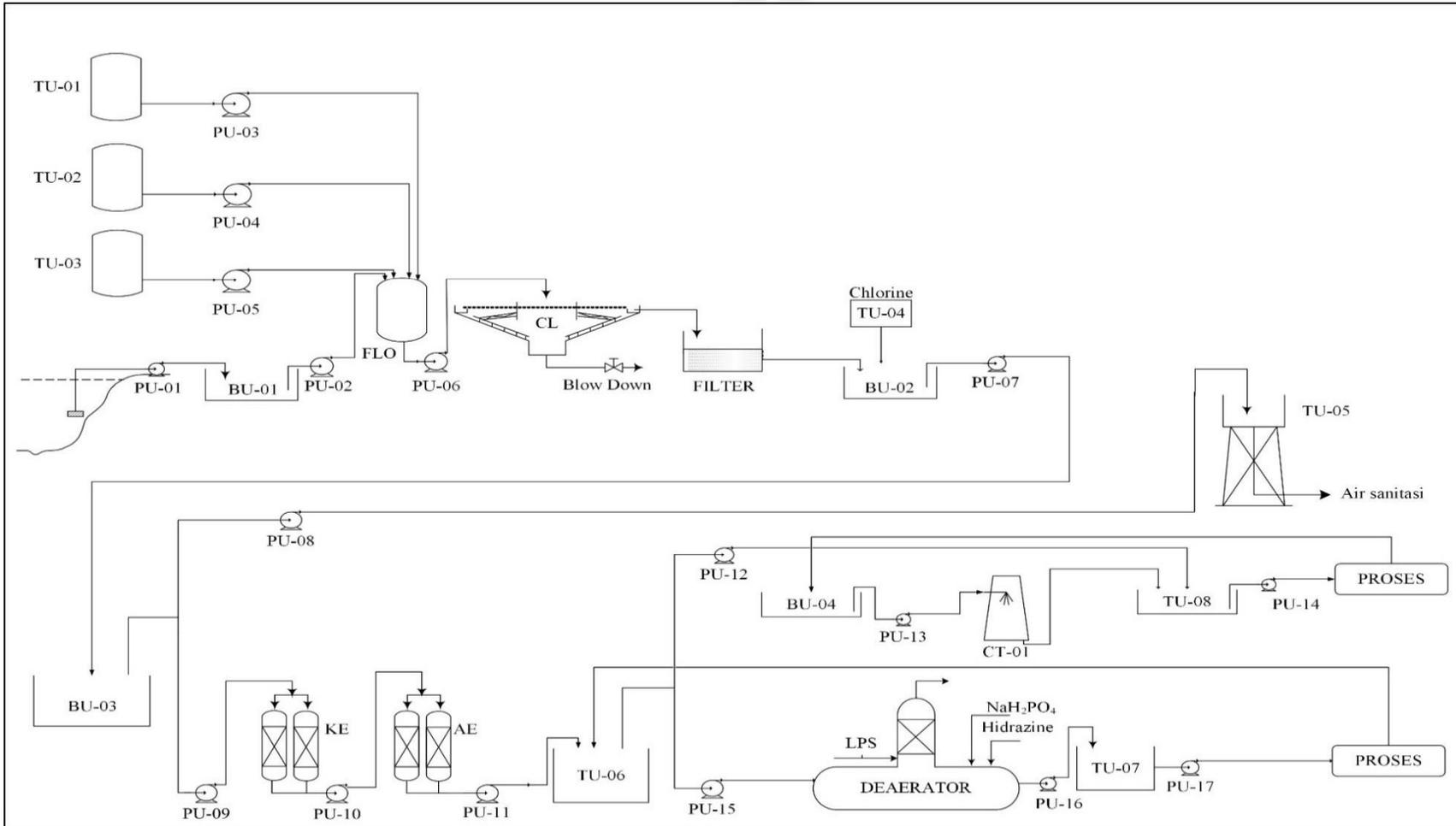
Kebutuhan air total di lingkungan pembangkit listrik tenaga biogas meliputi air konsumsi dan sanitasi, air proses, serta air pendingin disajikan dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Kebutuhan Air Seluruhnya

No.	Keterangan	Kebutuhan (kg/jam)
1.	Air konsumsi dan sanitasi	527,08
2.	Air <i>make up</i> alat proses	3.288,29
3.	Air <i>make up</i> pendingin	318,13
Total		4.133,50

Kebutuhan air tersebut dirancang berlebih sebesar 10% untuk keamanan, maka total kebutuhan air sungai menjadi 4.546,85 kg/jam. Skema pengolahan air sungai dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
 dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
 Kapasitas 1,5 MW



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengolahan Air Sungai

4.1.2 Unit Pengadaan Udara Tekan

Udara tekan pada perancangan pembangkit listrik tenaga biogas digunakan sebagai instrumentasi *pneumatic*. Kebutuhan udara tekan dihitung berdasarkan jumlah alat kontrol yang dipakai, yaitu 29 *control valve* dengan nilai udara tekan tiap *valve* sebesar 1,7 m³/jam. Kebutuhan udara tekan dirancang berlebih sebesar 10% untuk menghindari kebocoran selama proses distribusi sehingga kebutuhan udara tekan pabrik ini diperkirakan sebesar 49,27 m³/jam dengan kebutuhan spesifik 0,10 m³/kg produk, tekanan 4 atm, dan suhu 35°C. Kebutuhan ini disediakan oleh kompresor yang dilengkapi dengan *dryer* berisi *silica gel* untuk menyerap kandungan air pada udara tekan.

1. Perhitungan Daya Komprssor

Daya yang diperlukan kompresor dihitung menggunakan persamaan 4.15 (Branan 2002).

$$\text{Daya} = \frac{\left(\frac{144}{33.000}\right) \left[\frac{K}{(K-1)}\right] (P_1 Q_1) \left[r^{\frac{(k-1)}{k}} - 1\right]}{E_o} \quad (4.15)$$

Keterangan :

K = konstanta <i>exponent</i>	= 1,19
P ₁ = <i>suction pressure</i>	= 1 bar (14,7 psi)
Q ₁ = kapasitas aktual	= 31,9 ft ³ /menit
r = <i>compression ratio</i> (P ₂ /P ₁)	= 4
E _o = efisiensi kompresor	= 80%

Maka, daya kompresor yang dibutuhkan sebesar 5 hp.

2. Spesifikasi Kompresor

Kode	: CU-01
Tipe	: <i>Single stage reciprocating compressor</i>
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	: 54,2 m ³ /jam
Tekanan <i>suction</i>	: 1 bar
Tekanan <i>discharge</i>	: 4 bar
Suhu udara	: 35°C

*Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW*

Efisiensi : 80%
Daya kompresor : 5 hp

4.1.3 Unit Pengadaan Listrik

Kebutuhan tenaga listrik di pembangkit listrik tenaga biogas dipenuhi secara mandiri menggunakan generator pabrik. Generator yang digunakan adalah generator arus bolak-balik dengan pertimbangan:

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

Kebutuhan listrik di pabrik ini terdiri dari:

- a. Listrik untuk keperluan proses dan utilitas
- b. Listrik untuk penerangan
- c. Listrik untuk AC
- d. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi
- e. Listrik untuk alat-alat elektronik

Besarnya kebutuhan listrik masing-masing keperluan tersebut dapat diperkirakan sebagai berikut :

- a. Listrik untuk Keperluan Proses dan Utilitas

Pembangkit listrik tenaga biogas beroperasi selama 330 hari dalam setahun. Kebutuhan listrik unit proses dan utilitas selama setahun dihitung dalam satuan kilowatt jam (kWh) dengan menyesuaikan kebutuhan tiap peralatan proses. Masing-masing kebutuhan listrik unit proses dan utilitas disajikan pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

*Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW*

Tabel 4.5 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses

Alat	Jumlah	Daya (hp)	Total Daya	
			(hp)	(kW)
BC-01	1	0,05	0,05	0,037
BE-01	1	0,05	0,05	0,037
SC-01	1	0,05	0,05	0,037
SC-02	1	0,05	0,05	0,037
SC-03	1	0,05	0,05	0,037
M-01	1	0,5	0,5	0,373
M-02	1	1,5	1,5	1,119
C-01	1	75	75	55,928
P-01	1	1,5	1,5	1,119
P-02	1	1,5	1,5	1,119
P-03	1	7,5	7,5	5,593
P-04	6	1,5	9	6,711
P-05	1	0,75	0,75	0,559
P-06	1	50	50	37,285
BL-01	1	5	5	3,729
Total			152,50	113,719

Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas

Alat	Jumlah	Daya (hp)	Total Daya	
			(hp)	(kW)
FL	1	0,5	0,5	0,373
Fan CT	5	0,25	1,25	0,932
CU-01	1	5	5	3,729
PU-01	1	1,50	1,5	1,119
PU-02	1	0,5	0,5	0,373
PU-03	1	0,05	0,05	0,037
PU-04	1	0,05	0,05	0,037
PU-05	1	0,05	0,05	0,037
PU-06	1	0,125	0,125	0,093
PU-07	1	0,25	0,25	0,186
PU-08	1	0,125	0,125	0,093
PU-09	1	1	1	0,746

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

Tabel 4.6 Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas (lanjutan)

Alat	Jumlah	Daya (hp)	Total Daya	
			(hp)	(kW)
PU-10	1	0,05	0,05	0,037
PU-11	1	0,50	1,5	1,119
PU-12	1	2,00	0,5	0,373
PU-13	1	0,75	0,125	0,093
PU-14	1	5,00	0,125	0,093
PU-15	1	0,50	0,25	0,186
PU-16	1	0,50	0,5	0,373
PU-17	1	5,00	0,083	0,062
Total			13,533	10,092

Jadi, kebutuhan listrik yang digunakan untuk memenuhi kegiatan pada unit proses dan utilitas sebesar 123,811 kW. Kebutuhan listrik untuk alat yang tidak terdiskripsikan diperkirakan sebesar $\pm 20\%$ dari total kebutuhan. Maka, total kebutuhan listrik unit proses dan utilitas sebesar 148,573 kW.

b. Listrik untuk Penerangan

Penentuan besarnya tenaga listrik penerangan digunakan standar SNI 03-6197-2011 tentang Konversi Energi pada Sistem Pencahayaan dimana mempunyai standar daya maksimum per luas (Watt/m²) setiap jenis bangunan.

Untuk menentukan besarnya tenaga listrik digunakan persamaan:

$$N = \frac{1,25 \times E \times A}{Q \times n_{LB} \times n_R} \quad (4.16)$$

Dengan: N : jumlah armatur titik lampu
1,25 : faktor perencanaan
E : intensitas penerangan (lux)
A : luas permukaan bidang (m²)
Q : flux cahaya (lumen)
n_{LB} : efisiensi armatur (%)
n_R : faktor utilitas ruangan (%)

Perhitungan jumlah lampu dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

Tabel 4.7 Jumlah Lampu Berdasarkan Luas Bangunan

No.	Bangunan	A, m ²	E, lux	Q, lumen	nLb, %	nR, %	N
1.	Klinik	35	250	1.170	0,77	0,85	14
2.	Mushola	35	200	1.170	0,77	0,85	11
3.	Kantin	100	200	1.170	0,77	0,85	33
4.	Kantor	400	300	1.170	0,77	0,85	196
5.	Pos Keamanan	150	200	1.170	0,77	0,85	49
6.	Garasi	150	100	1.170	0,77	0,85	24
7.	Safety	113	250	1.170	0,77	0,85	46
8.	Pemadam Kebakaran	50	200	1.170	0,77	0,85	16
9.	Parkir	424	100	5.000	0,77	0,85	16
10.	Laboratorium	200	500	1.170	0,77	0,85	163
11.	Gudang	300	100	1.170	0,77	0,85	49
12.	Bengkel	300	200	1.170	0,77	0,85	98
13.	Unit Utilitas	900	200	1.170	0,77	0,85	294
14.	Unit Pengolahan limbah	460	200	1.170	0,77	0,85	150
15.	Unit Proses	6.000	200	1.170	0,77	0,85	1.959
16.	Ruang kontrol	160	500	1.170	0,77	0,85	131
17.	Area Peluasan	3.750	100	5.000	0,77	0,85	143
18.	Jalan dan Taman	13.634	100	5.000	0,77	0,85	521
Total		27.160					3.914

Semua area bagian dalam ruangan direncanakan menggunakan lampu Harvest Lighting T Bulb 13 Watt (0,013 kW), dimana satu buah lampu Harvest Lighting T Bulb 13 Watt (0,013 kW) menghasilkan 1.170 lumen. Berdasarkan Tabel 4.7, jumlah lampu Harvest Lighting T Bulb 13 Watt yang dibutuhkan sebanyak 3.233 buah. Penerangan untuk bagian luar ruangan digunakan lampu Erenigh LED 30 Watt (0,3 kW), dimana lumen output tiap lampu adalah 5.000 lumen. Berdasarkan Tabel 4.7, jumlah lampu Erenigh LED 30 Watt (0,3 kW) yang dibutuhkan sebanyak 680 buah.

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya penerangan} &= (13 \text{ W} \times 3.233 + 30 \text{ W} \times 680) \\
 &= 62.441,22 \text{ W} \\
 &= 62,44 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

c. Listrik untuk AC

Penggunaan AC dibutuhkan pada beberapa tempat tertentu, yaitu mushola, laboratorium, ruang kontrol, klinik, gedung K3, dan perkantoran. Kebutuhan listrik untuk keperluan AC dihitung menggunakan SNI No. 6389 tahun 2000 tentang Konservasi Selubung Bangunan Pada Bangunan Gedung (SNI 2000).

Energi yang dibutuhkan AC setiap 1 m² sebesar 500 Btu/jam. Total area yang membutuhkan AC seluas 943 m², sehingga total beban AC sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total beban AC} &= \text{luas ruangan} \times \text{energi yang dibutuhkan AC/m}^2 \\ &= 943 \text{ m}^2 \times 500 \text{ Btu/jam.m}^2 \\ &= 471.250 \text{ Btu/jam} \end{aligned}$$

Apabila 1 PK = 9.000 Btu/jam, maka kebutuhan PK dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan PK} &= \frac{\text{total beban AC}}{\text{daya AC}} \\ &= \frac{471.2 \text{ Btu/jam}}{9.000 \text{ Btu/jam}} \\ &= 52 \text{ PK} \end{aligned}$$

Apabila 1 PK = 0,84 kW, maka daya listrik untuk AC dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Daya listrik untuk AC} &= 52 \text{ PK} \times 0,84 \text{ kW/PK} \\ &= 43,98 \text{ kW} \end{aligned}$$

Pemakaian AC diasumsikan selama 9 jam/hari, sehingga kebutuhan listrik untuk AC dalam satu hari sebesar 395,85 kWh. Kebutuhan listrik untuk AC selama satu tahun yaitu

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan listrik untuk AC} &= 395,85 \text{ kWh/hari} \times 365 \text{ hari} \\ &= 144.485,25 \text{ kWh/tahun} \end{aligned}$$

Total kebutuhan listrik untuk *air conditioner* (AC) dalam satu tahun sebesar 144.485,25 kWh

d. Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi

Laboratorium dan instrumentasi diperkirakan menggunakan tenaga listrik sebesar 43.055,64 W atau 43,06 kW.

*Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW*

e. Listrik untuk alat elektronik

Kebutuhan listrik untuk PC diperkirakan sekitar 38 buah PC dengan daya 250 Watt/PC. Dengan demikian diperoleh kebutuhan listrik untuk PC sebesar 9.500 W atau 9,5 kW. Kebutuhan listrik tambahan untuk alat listrik lain diperkirakan sebesar $\pm 20\%$ dari total kebutuhan. Maka, total kebutuhan listrik untuk alat elektronik sebesar 11,4 kW.

Tabel 4.8 Total Kebutuhan Listrik Pabrik

No.	Kebutuhan Listrik	Tenaga Listrik, kW
1.	Listrik untuk keperluan proses dan utilitas	148,57
2.	Listrik untuk keperluan penerangan	62,44
3.	Listrik untuk AC	43,98
4.	Listrik untuk laboratorium dan instrumentasi	43,06
5.	Listrik untuk alat elektronik	11,40
Total		309,45

Kebutuhan listrik pabrik disuplai secara mandiri oleh generator pabrik dengan spesifikasi sebagai berikut :

Jenis : AC generator
 Jumlah : 1 buah
 Kapasitas : 1-1,5 MW
 Efisiensi : 43%
 Bahan bakar : Biogas

4.1.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Unit pengadaan bahan bakar mempunyai tugas untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar generator. Jenis bahan bakar yang digunakan adalah biogas yang merupakan produk dari pabrik.

Bahan bakar biogas yang digunakan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

Konversi energi listrik : 7,49 kWh/m³
 Efisiensi bahan bakar : 43%
 Kebutuhan bahan bakar untuk generator
 Kapasitas generator = 1-1,5 MWh
 Kebutuhan biogas = 96,08 m³/jam

4.2 Unit Pengolahan Limbah

Limbah dari proses produksi biogas yang diolah pada Unit Pengolahan Limbah (UPL) pembangkit listrik tenaga biogas dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Limbah padat
2. Limbah cair
3. Limbah gas

4.2.1 Pengolahan Limbah Padat

Pengolahan limbah padat mengacu pada SNI 19-2454-2002 tentang tata cara teknik operasional pengelolaan sampah.

a. Pola Pewadahan

Melakukan pewadahan sampah sesuai jenis sampah yang telah terpilah, yaitu:

- Sampah anorganik, seperti gelas, plastik, logam, dan lainnya dengan warna-warna terang
- Sampah organik, seperti daun sisa, sayuran, kulit buah lunak, dan sisa makanan dengan warna gelap
- Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan warna merah yang diberi lambang khusus

b. Kriteria Lokasi dan Pewadahan

Lokasi penempatan wadah adalah sebagai berikut :

- Wadah individual ditempatkan di halaman muka dan halaman belakang sumber sampah
- Wadah komunal ditempatkan di lokasi yang dekat dengan sumber sampah, tidak mengambil lahan trotoar, dan tidak mengganggu pemakai jalan atau sarana umum lainnya

c. Pola Pengumpulan Sampah

Periodisasi 1-2 hari atau maksimal tiga hari sekali tergantung dari kondisi komposisi sampah. Semakin besar persentase sampah organik, periodisasi pelayanan maksimal satu kali dalam sehari. Periode pengumpulan sampah kering disesuaikan dengan jadwal yang telah ditentukan dan dapat dilakukan lebih dari tiga

hari sekali. Sampah B3 disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku yaitu, mempunyai daerah pelayanan tertentu dan tetap, mempunyai petugas pelaksana yang tetap dan dipindahkan secara periodik, serta pembebasan pekerjaan diusahakan merata dengan kriteria jumlah sampah terangkut, jarak tempuh, dan kondisi daerah.

d. Peralatan Pengangkut Sampah

Alat sampah harus dilengkapi dengan penutup sampah, minimal dengan jaring. Tinggi bak maksimum 1,6 meter dan sebaiknya ada alat unkit. Kapasitas disesuaikan dengan kelas jalan yang akan dilalui. Bak truk/dasar kontener sebaiknya dilengkapi pengaman air sampah.

e. Teknik Pengolahan Sampah

Pengomposan berdasarkan proses (alami, biologis dengan cacing, biologis dengan organisme tambahan). Daur ulang disesuaikan jenis sampah organik maupun non-organik. Pengurangan volume dengan pencacahan serta biogasifikasi atau pemanfaatan energi hasil pengolahan sampah.

f. Pemilihan Lokasi TPA

Metode pembuangan akhir sampah dilakukan dengan cara penimbunan terkendali termasuk pengolahan lindi dan gas. Lahan urug saniter termasuk pengolahan lindi dan gas. Metode penimbunan sampah untuk daerah pasang surut dengan sistem kolam (anaerob, fakultatif, dan maturasi).

4.2.2 Pengolahan Limbah Cair

Limbah cair pabrik ini berupa :

a. Limbah proses

Limbah proses berupa limbah cair yaitu limbah air sisa absorben dari *scrubber* yang tidak dapat digunakan kembali, limbah akibat zat-zat yang terbang, bocor, atau tumpah.

b. Limbah cair hasil pencucian peralatan pabrik

Limbah ini diperkirakan mengandung kerak dan kotoran-kotoran yang melekat pada peralatan pabrik.

c. 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.

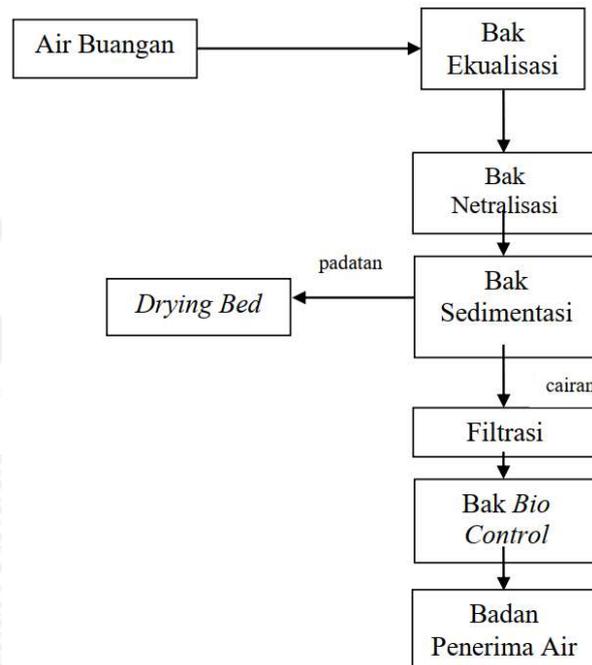
d. Limbah laboratorium

Limbah yang berasal dari laboratorium mengandung bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menganalisis kualitas bahan baku dan produk, serta yang digunakan untuk penelitian dan pengembangan proses. Limbah laboratorium termasuk kategori limbah B3 sehingga dalam penanganannya harus dikirim ke pengumpul limbah B3, yaitu PT Kenali Indah Sejahtera yang berlokasi di Kota Jambi, Provinsi Jambi.

Pada pengolahan limbah cair berupa limbah domestik dan air sisa absorben dari *scrubber* diolah pada 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. Selanjutnya, limbah dari bak ekualisasi masuk ke bak netralisasi untuk menetralkan pH agar tidak mengganggu lingkungan dan dapat berguna untuk mempermudah proses pengendapan pada bak sedimentasi. Penetralkan pH dilakukan dengan jalan penambahan $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4$. Limbah yang telah netral kemudian dialirkan ke bak sedimentasi untuk mengendapkan kandungan padatan yang terdapat di dalamnya dengan bantuan koagulan.

Setelah proses pengendapan, limbah disaring menggunakan media penyaring berbutir seperti kerikil, pasir, dan juga ditambahkan karbon aktif untuk menghilangkan bau. Selanjutnya, limbah dialirkan ke bak *bio control* yang bertujuan untuk menguji apakah limbah tersebut telah benar-benar tidak mencemari lingkungan. Pengujian dilakukan dengan memasukkan ikan ke dalam bak *bio control*. Apabila ikan tersebut masih hidup normal, maka proses pengolahan air

limbah dapat dikatakan sudah berhasil. Selanjutnya, limbah yang telah diolah tersebut dibuang ke badan penerima air, baik selokan, sungai, maupun di laut. Skema pengolahan limbah pada UPL dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema Unit Pengolahan Limbah

4.2.3 Pengolahan Limbah Gas

Limbah gas pabrik berasal dari *flue gas* generator dan residu gas pemisahan pada unit regenerator berupa sedikit gas CH_4 , CO_2 , NH_3 , dan H_2S . *Flue gas* generator dibuang ke lingkungan melalui cerobong dengan ketinggian minimum 4 kaki lebih tinggi dari ketinggian bangunan sekitar. Residu gas sebelum dibuang ke lingkungan diolah terlebih dahulu dengan dibakar menggunakan *flare stack* dengan diameter minimum 6 inchi dan ketinggian minimum 40 kaki karena dapat menyebabkan pencemaran yang berbahaya bagi lingkungan (Belyadi et al. 2016).

4.3 Laboratorium

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Kegiatan proses produksi diharapkan

menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standar dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal.

Pengendalian dan peningkatan kualitas produk dilakukan oleh bagian laboratorium. Layanan yang diberikan oleh laboratorium ini adalah pengujian bahan baku, pengujian kualitas air utilitas dan air buangan, pengujian kualitas produk biogas serta pengembangan produk dan layanan konsumen.

Fungsi laboratorium pada pabrik ini adalah sebagai berikut:

1. Menjamin bahan baku yang akan digunakan dalam proses sesuai dengan spesifikasi bahan tersebut.
2. Membantu operasi dengan menjaga kualitas bahan baku agar selama proses berlangsung operasi dapat terkendali.
3. Meneliti kualitas produk, apakah kualitasnya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan atau menyimpang dari spesifikasi produk.
4. Meneliti kualitas air utilitas dan limbah.

4.3.1 Laboratorium Fisis

Bagian ini bertugas mengadakan pemeriksaan atau pengamatan terhadap sifat-sifat bahan baku, produk, dan air yang meliputi air proses, air pendingin, dan air limbah. Pengamatan yang dilakukan meliputi *specific gravity*, viskositas, dan kandungan air.

4.3.2 Laboratorium Analisis

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

a. Analisis Bahan Baku

Analisis yang dilakukan terhadap bahan baku yaitu densitas, viskositas, dan kemurnian. Alat yang digunakan adalah hidrometer untuk mengukur densitas, viskometer untuk mengukur viskositas, dan *gas liquid chromatography* untuk menganalisis kemurnian bahan baku.

b. Analisis Produk Utama

Analisis yang dilakukan untuk menjaga mutu produk biogas yaitu analisis komposisi dan *heating value*. Alat yang digunakan adalah *gas chromatography* untuk menganalisis kemurnian bahan baku.

c. Analisis Air Proses

Analisis air proses meliputi pH, konduktivitas, *total dissolved solids* (TDS), kesadahan, kadar silika, kadar besi, kadar fosfat, dan kadar sulfat.

4.3.3 Laboratorium Penelitian dan Pengembangan

Bagian ini bertujuan untuk mengadakan penelitian, misalnya diversifikasi produk dan perlindungan terhadap lingkungan. Selain 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.

4.3.4 Prosedur Analisis Bahan Baku

a. Densitas

Alat : Hidrometer

Cara pengujian :

1. Menuang sampel ke dalam gelas ukur satu liter (usahakan tidak terbentuk gelembung)
2. Memasukkan termometer ke dalam gelas ukur
3. Memasukkan hidrometer yang telah dipilih sesuai kebutuhan sampel
4. Menunggu hidrometer terapung sampai konstan kemudian mencatat skala yang terbaca pada hidrometer
5. Mengkonversi menggunakan tabel yang tersedia

b. Viskositas

Alat : *Viscometer tube, bath, stopwatch*, termometer

Cara pengujian :

1. Mengisikan sampel sampai batas tertentu (sesuai kapasitas kapiler) ke dalam *viscometer tube* yang telah dipilih

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

2. Memasukkan sampel ke dalam *bath*, didiamkan selama 15 menit agar sampel sesuai dengan temperatur *bath*/temperatur pengetesan
3. Melakukan pengetesan dengan mengalirkan sampel melalui kapiler sambil menghitung waktu alirnya

c. Komposisi

Alat : *Gas liquid chromatography*

Cara pengujian :

1. Mengambil sampel bahan baku secukupnya
2. Menginjeksikan sampel melalui kolom yang terdapat pada alat
3. Menganalisis hasil yang tercatat pada *recorder*

4.3.5 Prosedur Analisis Produk

a. Komposisi & *Heating Value*

Alat : *Gas chromatography*

Cara pengujian :

1. Mengambil sampel produk secukupnya
2. Menginjeksikan sampel melalui kolom yang terdapat pada alat
3. Menganalisis hasil yang tercatat pada *recorder*

4.3.6 Prosedur Analisis Air

Air yang dianalisis meliputi air baku, air pendingin, air proses, dan air konsumsi umum dan sanitasi. Parameter yang diuji antara lain warna, pH, kandungan klorin, tingkat kekeruhan (*turbidity*), total kesadahan, jumlah padatan, total alkalinitas, sulfat, silika, dan konduktivitas air. Alat-alat yang digunakan dalam laboratorium analisis air antara lain:

1. pH meter untuk mengetahui tingkat keasaman dan kebasaan air
2. Spektrofotometer untuk mengetahui konsentrasi logam berat
3. *Spectroscopy* untuk mengetahui kadar silika, sulfat, hidrazin, turbiditas, kadar fosfat, dan kadar sulfat
4. Turbidimeter untuk analisis turbiditas (kekeruhan) pada air

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

5. Peralatan titrasi, untuk mengetahui jumlah kandungan klorida, kesadahan, dan alkalinitas
6. *Conductivity meter*, untuk mengetahui konduktivitas suatu zat yang terlarut dalam air.

Analisis yang dilakukan di laboratorium ini dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengujian Sampel

No.	Sampel	Titik Pengambilan	Parameter yang Diuji	Metode Analisis	Alat	Frekuensi
1.	POME	T-01	Densitas	ASTM D5790-18	Hidrometer	4 jam sekali
			Viskositas		Viskometer	
			Komposisi		<i>Gas Liquid Chromatography</i>	
2.	Natrium hidroksida	S-01	Densitas	ASTM E291-18	Hidrometer	4 jam sekali
			Viskositas		Viskometer	
			Kemurnian		<i>Gas Liquid Chromatography</i>	
3.	FeCl ₂	H-02	Densitas	ASTM D1068-15	Hidrometer	4 jam sekali
			Viskositas		Viskometer	
			Kemurnian		<i>Gas Liquid Chromatography</i>	
4.	Urea	H-03	Densitas	ASTM D7821-12	Hidrometer	4 jam sekali
			Viskositas		Viskometer	
			Kemurnian		<i>Gas Liquid Chromatography</i>	
5.	Produk Mixer	Arus 3	pH	ASTM D1293	pH meter	4 jam sekali
6.	Biogas	Arus 8	<i>Heating Value</i>	ASTM D1945-14	<i>Gas chromatography</i>	4 jam sekali
			Komposisi			
7.	POC	T-02	Densitas	ASTM D2908-91	Hidrometer	4 jam sekali
			Viskositas		Viskometer	
			Komposisi		<i>Gas Liquid Chromatography</i>	

Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW

Tabel 4.9 Pengujian Sampel (lanjutan)

No.	Sampel	Titik Pengambilan	Parameter yang Diuji	Metode Analisis	Alat	Frekuensi
8.	Air	Unit utilitas	pH	ASTM D1293	pH meter	8 jam sekali
			Silika	ASTM D8016	Spektrofotometer	
			Besi	ASTM D1068	Spektrofotometer	
			Fosfat	ASTM D1091	Spektrofotometer	
			Sulfit	ASTM D4658-15	Spektrofotometer	
			Kekeruhan	ASTM D1889	Turbidimeter	
			Konduktivitas	ASTM D1125	Konduktometer	

4.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pedoman keselamatan kerja dibuat agar memberikan informasi yang lengkap tentang tata tertib dalam bekerja yang baik dan benar, serta kesehatan dan keselamatan pekerja selama melakukan tugasnya terjamin sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan oleh pihak pabrik yang bekerja sama dengan departemen tenaga kerja.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pabrik cukup berbahaya, oleh karena itu diperlukan disiplin kerja yang baik. Kesalahan akan dapat mengakibatkan kecelakaan bagi manusia dan peralatan pabrik, untuk itu setiap karyawan pabrik diberikan alat pelindung diri. Alat pelindung diri bukan merupakan alat yang bisa melenyapkan bahaya di tempat kerja, tetapi hanya merupakan usaha mencegah dan mengurangi kontak antara bahaya dan tenaga kerja sesuai dengan standar yang diizinkan. APD meliputi *safety helmet, goggle glasses, spectacle, face shield, dust mask, ear plug, gloves, safety belt, aluminium suit, full body harness, lifelines, wear pack, breathing apparatus*, dan *safety shoes*. Keamanan kerja berkaitan erat dengan aktivitas suatu industri, sehingga perlu dipikirkan suatu sistem keamanan yang

*Prarancangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
dari Palm Oil Mill Effluent (POME)
Kapasitas 1,5 MW*

memadai, karena menyangkut keselamatan manusia, bahan baku, produk dan peralatan pabrik.

