

**LAPORAN KERJA PRAKTEK  
PENGOLAHAN LIMBAH POME MENJADI PEMBANGKIT  
LISTRIK TENAGA BIOGAS (PLTBG) DI PABRIK KELAPA  
SAWIT PT.AGRO MUKO PALM OIL MILL**

**DISUSUN OLEH :  
AMAN ZIKRI AINUL HAKIM  
17.812.0028**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2021**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/11/22

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KERJA PRAKTEK

DI PT. AGRO MUKO PALM OIL MIIL

PENGOLAHAN LIMBAH POME MENJADI PEMBANGKIT LISTRIK

TENAGA BIOGAS (PLTBG)

DISUSUN OLEH :

NAMA : AMAN ZIKRI AINUL HAKIM

NPM : 17.812.0028

PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS : TEKNIK


UNIVERSITAS : UNIVERSITAS MEDAN AREA

PERIODE KERJA PRAKTEK : 03 Agustus 2020 – 12 September 2020

Dosen Pembimbing Kerja Praktek

NILAI :

Pembimbing Lapangan



A



Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc

(Asist Biogas Plant)

Ketua Program Studi Teknik Elektro



UNIVERSITAS MEDAN AREA Syarifah Mathia Putri, ST, MT

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat melaksanakan Kerja Praktek (KP) serta dapat menyelesaikan laporannya dengan lancar dan tanpa adanya halangan yang berarti.

Laporan kerja praktek ini disusun berdasarkan kegiatan yang dilakukan pada saat di lapangan yakni pada “Biogas Plant Di Pabrik Sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill” yang beralamat di Teruntung, Teras Terunjam, Kabupaten Mukomuko, Bengkulu dimulai tanggal 03 Agustus 2020 s/d 12 September 2020.

Kerja praktek ini merupakan syarat wajib yang harus dipenuhi dalam Program Studi Teknik Elektro, selain untuk memenuhi persyaratan program studi yang penulis tempuh, kerja praktek ini juga banyak memberikan manfaat kepada penulis baik dari segi akademis maupun untuk pelajaran yang tidak didapatkan penulis pada saat berada di bangku kuliah.

Pada kesempatan kali ini juga penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan kerja praktik ini, terutama kepada :

1. Orang tua yang telah memberi dukungan moril/spiritual kepada penulis.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
4. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M. Sc, selaku dosen pembimbing kerja praktek jurusan Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Bapak MRT Aritonang selaku *asistant* biogas plant sebagai pembimbing lapangan.
6. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis.

Penulis tidaklah sempurna, apabila nantinya terdapat kekeliruan dalam penulisan laporan kerja praktek ini penulis mengharapkan kritik dan sarannya.

Akhir kata semoga laporan kerja praktek ini dapat memberikan banyak manfaat untuk kita semua.

Mukomuko, 15 November 2020



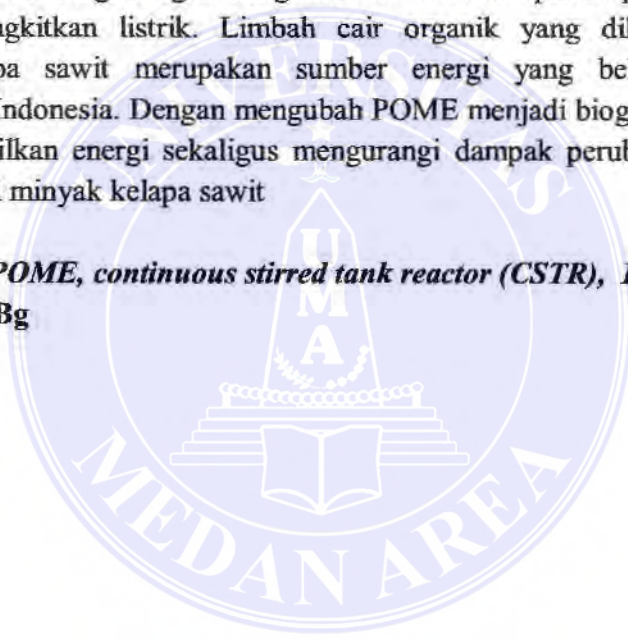
Aman Zikri Ainul Hakim



Salah satu produk samping dari pabrik pengolahan kelapa sawit adalah POME yang merupakan limbah cair. Limbah ini cukup besar jumlahnya dan dapat dikonversi menjadi biogas yang selanjutnya dapat digunakan sebagai sumber energi listrik dengan proses *continuous stirred tank reactor* (CSTR) yang di terapkan oleh PT. Agro Muko Palm Oil Mill. Biogas terbentuk secara alami ketika limbah cair kelapa sawit ( POME) teruraikan pada kondisi anaerob. Tanpa pengendalian, biogas merupakan kontributor utama bagi perubahan iklim global. Biogas biasa terdiri dari 50-75%,metana (CH<sub>4</sub>), 25-45 % kabon dioksida (CO<sub>2</sub>, dan sejumlah kecil gas-gas lainnya. Jika pengeolaan POME tidak terkendali, maka metana (CH<sub>4</sub>) di dalam biogas akan terlepas langsung ke atmosfer sebagai gas rumah kaca (GRK), metana mempunyai efek 21 kali lebih besar dibandingkan dengan O<sub>2</sub>.

Pembangkit listrik tenaga biogas mengambil manfaat dari proses penguraian alami untuk membangkitkan listrik. Limbah cair organik yang dihasilkan selama produksi kelapa sawit merupakan sumber energi yang belum banyak di manfaatkan di Indonesia. Dengan mengubah POME menjadi biogas untuk dibakar dapat menghasilkan energi sekaligus mengurangi dampak perubahan iklim dari proses produksi minyak kelapa sawit

**Kata Kunci :** *POME, continuous stirred tank reactor (CSTR), Digester Anaerob, PLTBg*



LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	i
ABSTRAK .....	iv
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Umum.....	1
1.2. Latar Belakang.....	1
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metode Penelitian .....	4
1.6. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek.....	4
BAB 2 PROFIL INSTANSI.....	5
2.1. Sejarah Ringkas .....	5
2.2. Visi Perusahaan PT.Agro Muko .....	5
2.3. Misi Perusahaan PT.Agro Muko .....	6
2.4. Struktur Organisasi PT.Agro Muko .....	6
BAB 3 LANDASAN TEORI .....	8
3.1. Pengertian Biogas .....	8
3.2. Perbandingan Penguraian <i>Anaerobik</i> dan <i>Aerobik</i> .....	10
3.3. Proses Penguraian <i>Anaerobik</i> .....	10
3.4. Kondisi Ideal untuk Penguraian <i>Anaerobik</i> .....	12
3.5. Teknologi Penguraian <i>Anaerobik</i> .....	16

BAB 4 PENGOLAHAN LIMBAH POME MENJADI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS (PLTBG) DI PABRIK KELAPA SAWIT PT.AGRO MUKO PALM OIL MILL .....	18
4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).....	18
4.2. Proses Pengolahan Pome Menjadi Biogas .....	18
4.2.1. Proses yang digunakan dalam pengolahan awal limbah POME .	20
4.3. Proses <i>scrubber</i> hidrogen sulfida ( Pembersihan Biogas ).....	26
4.3.1. Proses Pembersihan Biogas .....	28
4.3.2. Tujuan Pembersihan Gas .....	28
4.3.3. Sistem Instrumentasi Dan Kontrol .....	29
4.4. Pembakaran Biogas.....	29
4.4.1. <i>Dehumidifier Biogas ( Chiller )</i> .....	29
4.4.2. Gas Engine .....	30
4.4.3. <i>Flare Stank</i> .....	31
4.5. Sistem Kelistrikan.....	33
4.5.1. Sistem Sinkronisasi .....	33
4.5.2. Sistem Manual .....	35
4.5.3 Sistem Otomatis .....	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	37
5.1. Kesimpulan.....	347
5.1. Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA .....	38
Lampiran 1 Dokumentasi Penulis .....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Organisasi PT.Agro Muko Palm Oil Mill.....	7
Gambar 3.1.	Kolam Tertutup .....	16
Gambar 3.2.	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i> .....	17
Gambar 4.1.	Proses Pengolahan POME Menjadi Biogas .....	18
Gambar 4.2.	Pengolahan Biogas Di PT. Agro Muko Palm Oil Mill .....	19
Gambar 4.3.	<i>Oil Trap</i> atau <i>Oil Grease</i> .....	20
Gambar 4.4.	Kolam Penampungan Limbah Panas ( <i>Equalzation Tank</i> ) .....	21
Gambar 4.5.	<i>Plat Heat Exchanger (PHE)</i> .....	21
Gambar 4.6.	<i>Cooling Tower</i> .....	22
Gambar 4.7.	<i>Primary Clarifier</i> .....	22
Gambar 4.8.	<i>Buffer Tank</i> .....	23
Gambar 4.9.	<i>Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)</i> .....	23
Gambar 4.10.	<i>Degasifier</i> .....	24
Gambar 4.11.	Tanki <i>lamellar</i> .....	24
Gambar 4.12.	<i>Gas Holder</i> .....	25
Gambar 4.13.	<i>Vacum Breaker Dan Pressure Breaker</i> .....	26
Gambar 4.14.	Proses <i>scrubber</i> hidrogen sulfida.....	26
Gambar 4.15.	<i>scrubber</i> hidrogen sulfida.....	27
Gambar 4.16.	Gambar Packing Media.....	28
Gambar 4.17.	Proses Pembakaran Biogas.....	29
Gambar 4.18.	<i>Dehumidifier Biogas ( Chiller )</i> .....	29
Gambar 4.19.	Panel <i>Analizer</i> .....	30
Gambar 4.20.	Generator <i>Engine Gas</i> .....	31
Gambar 4.21.	<i>Flare Stank</i> .....	32
Gambar 4.22.	Sistem kelistrikan di PT. Agro Muko Palm Oil Mill.....	33
Gambar 4.23.	Panel <i>Sinkronisasi</i> Ke PLN Di Biogas Plant.....	34
Gambar 4.24.	Panel Sinkronisasi Ke Pabrik Dan Panel <i>ATS</i> .....	34
Gambar 4.25.	Sinkronisasi Manual Dengan Kendali Pengawas .....	36
Gambar 4.26.	Siknronisasi Otomatis .....	36



Tabel 3.1. Komposisi Biogas.....	8
Tabel 3.2. Proyeksi Potensi Daya dari POME Berdasarkan Kapasitas PKS ..	9
Tabel 3.3. Parameter proses instalasi komersial biogas dari limbah cair...	15
Tabel 3.5. Perbandingan Antara CSTR Dan Kolam Tertutup .....	17



## PENDAHULUAN

### 1.1. Umum

Salah satu potensi perkebunan yang cukup besar didapatkan dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS), yang mengolah Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit menjadi Crude Palm Oil (CPO), adalah limbah biomassa dengan jumlah yang cukup besar dalam bentuk limbah organik berupa tandan kosong kelapa sawit (Tankos), cangkang dan sabut, serta limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME).

POME memiliki potensi energi yang tinggi, namun pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. POME diurai di kolam limbah dibiarkan membusuk secara alami. Proses pembusukan biomassa ini akan menghasilkan biogas dengan kandungan utama (62%) gas methana ( $CH_4$ ). Gas ini muncul sebagai akibat dari proses perombakan senyawa-senyawa organik secara anaerobik.

Gas methana tersebut ternyata juga memiliki tingkat emisi yang tinggi. UNFCCC, badan PBB yang menangani perubahan iklim, mencatat gas methana memiliki tingkat emisi 24 kali jika dibandingkan dengan gas karbon ( $CO_2$ ). Di sisi lain, gas methana ini juga memiliki tingkat energi yang cukup tinggi. Gas methana ini memiliki nilai kalor 50,1 MJ/kg. Jika densitas methana 0,717 kg/m<sup>3</sup> maka 1 m<sup>3</sup> gas methana akan memiliki energi setara dengan 35,9 MJ atau sekitar 10 kWh. Jika kandungan gas methana adalah 62% dalam biogas, maka 1 m<sup>3</sup> biogas akan memiliki tingkat energi sebesar 6,2 kWh. Melihat potensi tersebut sangat disayangkan jika gas-gas yang dihasilkan dari penguraian biomassa tersebut dibiarkan begitu saja.

## 1.2. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini energi merupakan persoalan yang mulai di perbincangkan bagi dunia. Peningkatan permintaan energi yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi penduduk dan menipisnya sumber cadangan minyak dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan.

Selain itu, peningkatan harga minyak dunia hingga mencapai 100 US\$/berel juga menjadi alasan serius yang menimpa banyak negara di dunia terutama Indonesia

Untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak. Kebijakan tersebut menekankan pada sumber daya yang dapat diperbarui sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak.

Salah satu sumber energi alternatif adalah Biogas. Biogas ini merupakan gas yang terbentuk atau terbuat dari endapan limbah organik dengan proses anaerobic dan menghasilkan zat gas dimana gas ini dapat digunakan sebagai bahan bakar (gas) dan sebagai pembangkit tenaga listrik.

Gas ini berasal dari berbagai macam limbah organik seperti limbah cair hasil pengolahan kelapa sawit, sampah, biomassa, kotoran manusia dan hewan dan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses-proses dan tahapan penguraian. Proses ini merupakan peluang besar untuk menghasilkan energi alternatif sehingga akan mengurangi dampak penggunaan bahan bakar fosil.

Alasan mendasar menggunakan energi alternatif biogas adalah , karena semakin tingginya pertumbuhan dan padatnya jumlah penduduk dan banyaknya jumlah industri yang tidak seimbang dengan jumlah kebutuhan energi sehingga masyarakat harus membuat energi alternatif seperti biogas agar dapat terus menggunakannya, karena biogas merupakan salah satu energi terbarukan (energi yang tidak akan habis).

### 1.3. Tujuan

Tujuan dalam penulisan laporan kerja praktek ini adalah untuk lebih mengerti tentang Pengolahan Limbah POME Menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (Pltbg) Di Pabrik Kelapa Sawit. Secara mendalam tujuan yang akan dicapai dalam pembahasan ini adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai sarana mahasiswa berlatih mengimplementasikan dan menerapkan teori yang telah mereka peroleh dari bangku perkuliahan.
- b. Melatih mahasiswa untuk disiplin dan bertanggung jawab atas tugasnya.
- c. Sebagai media pembelajaran mahasiswa.
- d. Mengembangkan wawasan dan pengalaman mahasiswa dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan keahlian yang dimiliki.
- e. Agar mahasiswa memperoleh keterampilan dan pengalaman kerja praktis sehingga secara langsung dapat memecahkan permasalahan dalam bidang kelistrikan.
- f. Meningkatkan hubungan kerja sama yang baik antara perguruan tinggi, perusahaan, pemerintah, dan instansi yang terkait.

### 1.4. Batasan Masalah

Terkait dalam pelaksanaan Kerja Praktek (KP) ini, permasalahan tentang “Pengolahan Limbah Pome Menjadi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG)” dirasakan terlalu luas. Untuk menghindari terlalu luasnya masalah yang dibahas maka perlu dibatasi sesuai dengan kemampuan penulis, antara lain adalah sebagai berikut :

- a) Pengertian Biogas dan Sistem Pengolahan POME Menjadi Biogas.  
Yang akan diteliti ialah pengertian sistem pengolahan POME menjadi biogas sebelum digunakan ke engine gas.
- b) Proses Pemurnian Atau Pembersihan Gas.  
Proses pembersihan gas yang diteliti ialah pembersihan gas di *scrubber*.
- c) Cara Sinkronisasi Gas *Engine* Ke Pabrik Dan PLN.  
cara sinkronisasi yang akan diteliti ialah proses sinkronisasi untuk beban pada pabrik kelapa sawit dan PLN.

Metode penelitian yang dilakukan penulis dalam penyusunan laporan ini adalah sebagai berikut :

- a. Data-data studi kepustakaan yang penulis dapatkan dari literatur dan sumber tertulis lainnya baik dari dalam perusahaan, buku perpustakaan, laporan atau jurnal penulisan yang pernah dibuat maupun dari media internet yang terkait dengan topik penulisan laporan kerja praktek ini.
- b. Pengamatan dan wawancara langsung dengan petugas dan asistant biogas plant PT. Agro Muko Palm Oil Mill

## 1.6. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek

Adapun waku dan tempat pelaksanaan kerja praktek adalah sebagai berikut:

- Waktu : 03 Agustus 2020 – 12 September 2020
- Hari dan Jam Kerja : Senin s/d Sabtu (07.00 – 17.00)
- Tempat : Pabrik Kelapa Sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill

## PROFIL INSTANSI

### 2.1. Sejarah Ringkas

Perusahaan kelapa sawit *SIPEF Group* adalah perusahaan tertua di sumatra utara dan sudah beberapa kali mengganti nama perusahaan. Untuk memperluas jaringan bisnis dan melihat potensi alam yang ada di kabupaten Mukomuko maka perusahaan pun memilih mengembangkan bisnisnya di daerah kabupaten Mukomuko, karena tanah, iklim dan potensi alamnya cocok untuk ditanami kelapa sawit maka didirikanlah pabrik pengolahan kelapa sawit dengan nama PT. Agro Muko. Pemegang saham atau investor dari awal berdirinya perusahaan *SIFEFF Group* sampai memperluas jaringan bisnis sampai di Bengkulu yaitu perusahaan PT. Agro Muko adalah pihak Belgia sebagai pemegang saham dan pihak belanda mempunyai andil sebagai manajemen keuangan.

PT. Agro Muko Mukomuko *Palm Oil Mill* di dirikan mulai tahun 1990 sesuai dengan Akte Pendirian No. 2456 Th. 1990 dan mulai di operasikan sejak tahun 1994 dengan kapasitas terpasang 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam. PT. Agro Muko adalah perusahaan yang bergerak di bidang kelapa sawit sesuai dengan Izin Usaha Perkebunan (IUP) No. HK. 709 Tahun 2012 di Desa Teruntung, Kecamatan Teras Terunjam, Kabupaten Mukomuko, Provinsi Bengkulu. Perkebunan ini memiliki luas 22,928 hektar dan dilengkapi dengan pabrik pengolahan kelapa sawit dengan kapasitas 60 ton TBS/jam dan di bangun di Desa Teruntung, Kecamatan Teras Terunjam, Kabupaten Mukomuko, Provinsi Bengkulu.

### 2.2. Visi Perusahaan PT.Agro Muko

Kami, pihak manajemen, staff dan karyawan antusias untuk menjadikan PT.Agro Muko pengelola perusahaan perkebunan terbaik di Provinsi Bengkulu, dengan demikian memberikan penghargaan kepada pemangku berkempentingan PT. Agro Muko.

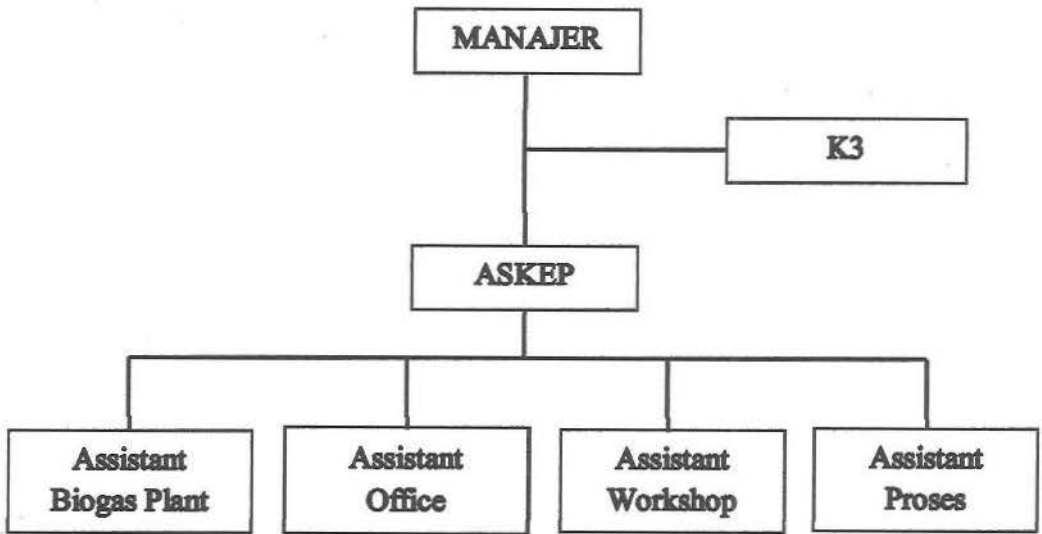
Manajemen, staff dan karyawan percaya untuk terus meningkatkan operasional mereka setiap hari dan yakin dapat mencapai target nihil polusi lingkungan dan nihil masalah hubungan kemasyarakatan dan juga memastikan konservasi lingkungan berjalan dengan baik dan dengan mematuhi peraturan konservasi lingkungan. PT. Agro Muko komitmen untuk tepat waktu dalam pengiriman kepada pembeli CPO, PK dan crumb rubber yang berkualitas baik tanpa ada keluhan.

#### 2.4. Struktur Organisasi PT. Agro Muko

Setiap perusahaan baik perusahaan pemerintah maupun swasta mempunyai struktur organisasi, karena perusahaan juga merupakan organisasi. Organisasi adalah suatu sistem dari aktivitas kerjasama yang terorganisasi, yang dilaksanakan oleh sejumlah orang untuk mencapai tujuan bersama. Dalam struktur organisasi ditetapkan tugas-tugas wewenang dan tanggung jawab setiap orang dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan serta bagaimana hubungan satu dengan yang lain.

Pengaturan ini dihubungkan dengan pencapaian instansi yang telah diterapkan sebelumnya. Wadah tersebut disusun dalam suatu struktur organisasi dalam instansi. Melalui struktur organisasi yang baik, pengaturan pelaksanaan dapat diterapkan, sehingga efisiensi dan efektivitas kerja dapat diwujudkan melalui kerja sama dengan koordinasi yang baik sehingga tujuan perusahaan dapat tercapai.

Dalam menjalankan tugas-tugasnya, pabrik kelapa sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill memiliki struktur organisasi yang tertata menurut fungsi dan golongannya. Tujuan adanya struktur organisasi adalah untuk pencapaian kerja/pendelegasian dalam organisasi yang berdasarkan pada pola hubungan kerja serta lalu lintas wewenang dan tanggung jawab. Pada **Gambar 2.1** memperlihatkan struktur organisasi sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill.



**Gambar 2.1 Struktur Organisasi pabrik kelapa sawit PT.Agro Muko Palm Oil Mill**





## LANDASAN TEORI

### 3.1. Pengertian Biogas

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau aktifitas fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya adalah kotoran manusia dan hewan, limbah industri kelapa sawit dan limbah domestik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas terbentuk ketika mikroorganisme, khususnya bakteri, menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Biogas terdiri dari 50% sampai 75% metana ( $\text{CH}_4$ ), 25% sampai 45% karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan sejumlah kecil gas lainnya. Komposisi biogas di tunjukan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Komposisi Biogas**

Sumber: *nachwasende-rahstoffe.de*

Unsur	Rumus	Konsentrasi (% volume)
Metana	$\text{CH}_4$	50 – 75
Karbon dioksida	$\text{CO}_2$	25 – 45
Uap air	$\text{H}_2\text{O}$	2-7
Oksigen	$\text{O}_2$	< 2
Nitrogen	$\text{N}_2$	< 2
Hidrogen sulfida	$\text{H}_2\text{S}$	< 2
Amonia	$\text{NH}_3$	< 1
Hidrogen	$\text{H}_2$	< 1

Pabrik kelapa sawit menghasilkan  $0,7-1 \text{ m}^3$  POME untuk setiap ton tandan buah segar yang diolah. POME yang baru dihasilkan umumnya panas (suhu  $60^\circ-80^\circ\text{C}$ ), bersifat asam (pH 3,3–4,6), kental, berwarna kecoklatan dengan kandungan padatan, minyak dan lemak, *chemical oxygen demand* (COD), dan *biological oxygen demand* (BOD) yang tinggi.

Aman Zikri Ainul Hakim - Laporan Kerja Praktek Pengolahan Limbah Pome...  
 Jika pengelolaan POME tidak terkendali, metana di dalam biogas terlepas langsung ke atmosfer. Sebagai gas rumah kaca (GRK), metana mempunyai efek 21 kali lebih besar dibandingkan dengan CO<sub>2</sub>.

Pembangkit listrik tenaga biogas mengambil manfaat dari proses penguraian alami untuk membangkitkan listrik. Limbah cair organik yang dihasilkan selama produksi kelapa sawit merupakan sumber energi besar yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Mengubah POME menjadi biogas untuk dibakar dapat menghasilkan energi sekaligus mengurangi dampak perubahan iklim dari proses produksi minyak kelapa sawit. Seperti dijelaskan pada Tabel 3.2, menunjukkan potensi daya dari konversi POME menjadi biogas yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit.

**Tabel 3.2. Proyeksi Potensi Daya dari POME**  
**Berdasarkan Kapasitas PKS**

Kapasitas PKS (ton TBS/jam)	POME yang Dihasilkan		Potensi Daya (MWe)
	m <sup>3</sup> /jam	m <sup>3</sup> /hari	
30	21	400	1,1
45	31,5	600	1,6
60	42	800	2,1
90	63	1200	3,2
<b>Total Potensi di Indonesia</b>			
34.280	23.996	479.920	1.280

Asumsi: Setiap ton TBS menghasilkan 0,7 m<sup>3</sup> limbah cair, PKS beroperasi 20 jam per hari, konsentrasi COD 55.000 mg/l

Biogas sekitar 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki temperatur nyala antara 650°C sampai 750°C. Biogas merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang terbakar dengan bara biru yang serupa dengan *liquefied petroleum gas* (LPG). Biogas terbakar dengan efisiensi 60% dalam tungku biogas konvensional, ia memiliki nilai kalori 20 MJ/Nm<sup>3</sup>. Volume biogas biasanya dinyatakan dalam satuan normal meter kubik (Nm<sup>3</sup>) yaitu volume gas pada suhu 0°C dan tekanan atmosfer.

Metana, merupakan komponen utama biogas, dapat terbakar dengan oksigen. Energi yang dilepaskan dari pembakaran menjadikan biogas berpotensi sebagai bahan bakar. Biogas bisa digunakan untuk berbagai tujuan pemanasan, mulai dari memasak hingga sebagai bahan bakar untuk mesin di industri. Di dalam *biogas engine*, biogas diubah kandungan energinya menjadi listrik dan panas. Biogas yang dikompresi dapat dijadikan bahan bakar untuk kendaraan bermotor melalui pembakaran di mesin, namun penggunaannya masih terbatas.

### 3.2. Perbandingan Penguraian *Anaerobik* dan *Aerobik*

Baik penguraian anaerobik maupun aerobik secara efektif dapat mendegradasi zat organik. Proses *anaerobik* terjadi dalam kondisi tanpa oksigen, sedangkan proses *aerobik* berlangsung apabila terdapat oksigen. Aplikasi konversi POME menjadi energi menggunakan proses *anaerobik*.

Alasan utama memilih proses *anaerobik* adalah kemampuannya dalam menghasilkan biogas dengan baik. Proses aerobik tidak mengkonversi zat organik menjadi metana, menghasilkan lebih banyak lumpur dan mengolah limbah lebih tuntas. Sebaliknya, proses *anaerobik* menghasilkan metana dan sisa limbah cair yang kaya nutrisi seperti nitrogen dan fosfor. Pemilik perkebunan kelapa sawit dapat menggunakan sisa limbah cair ini untuk pemupukan.

### 3.3. Proses Penguraian *Anaerobik*

Penguraian *anaerobik* berlangsung dalam beberapa tahap. Beberapa kelompok mikroorganisme yang berbeda menguraikan zat organik dengan menggunakan ketersediaan energi yang terbatas.

Proses penguraian dimulai dengan hidrolisis yang memanfaatkan enzim dari bakteri, yang memecah polimer rantai panjang tidak terlarut seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi polimer rantai pendek. Selanjutnya, bakteri asidogenik mengkonversi asam lemak, asam amino, dan gula menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , dan asam organik. Bakteri asetogenik kemudian mengubah asam organik ini menjadi asam asetat. Akhirnya, bakteri metanogen mengubah produk ini menjadi gas, yang sebagian besar adalah metana. berikut ini menjelaskan setiap langkah dari pencernaan anaerobik secara lebih rinci.

## **a. Hidrolisis**

Aman Zikri Ainul Hakim - Laporan Kerja Praktek Pengolahan Limbah Pome....

Pada tahap hidrolisis, air bereaksi dengan polimer organik rantai panjang seperti polisakarida, lemak, dan protein untuk membentuk polimer rantai pendek yang terlarut, seperti gula, asam lemak rantai panjang, dan asam amino. Selulosa, amilase, lipase, atau protease (enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme) melakukan proses ini

## **b. Asidogenesis**

Selama fase asidogenesis, oksidasi anaerobik memanfaatkan gula, asam lemak rantai panjang, dan asam amino yang terbentuk dari proses hidrolisis sebagai substrat. Berbagai bakteri yang berbeda melakukan asidogenesis. Asidogenesis sering kali merupakan langkah tercepat untuk konversi zat organik kompleks selama penguraian dalam fase cair. Dalam digester anaerobik yang stabil, alur degradasi utama adalah melalui asetat, karbon dioksida, dan hidrogen. Bakteri bereaksi terhadap peningkatan konsentrasi hidrogen pada cairan dengan memproduksi laktat, etanol, propionat, butirat, dan asam lemak volatil (VFA), yang digunakan oleh mikroorganisme metanogen sebagai substrat.

## **c. Asetogenesis**

Pada tahap asetogenesis, bakteri asetogenik yang memproduksi hidrogen mengkonversi asam lemak dan etanol/alkohol menjadi asetat, karbon dioksida, dan hidrogen. Konversi lanjutan ini sangat penting bagi keberhasilan produksi biogas, karena metanogen tidak bisa menggunakan senyawa asam lemak dan etanol secara langsung. Asetogen tumbuh lambat dan bergantung pada tekanan parsial hidrogen yang rendah untuk degradasi asetogenik yang menghasilkan energi. Asetogen sensitif terhadap perubahan lingkungan, mereka membutuhkan waktu yang lama untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan baru.

#### d. Metanogenesis (pembentukan metana atau biogas)

Selama tahap metanogenesis, metana dibentuk melalui dua rute utama. Pada rute primer, fermentasi produk utama yang berasal dari tahap pembentukan asam yakni asam asetat diubah menjadi metana dan karbon dioksida. Bakteri yang mengubah asam asetat adalah bakteri asetoklastik (atau asetofilik). Reaksi keseluruhan adalah sebagai berikut:



### 3.4. Kondisi Ideal untuk Penguraian Anaerobik

#### a. Suhu

Ada dua rentang suhu yang biasa digunakan dalam digester anaerobik, yaitu suhu mesofilik (25–40°C) dan suhu termofilik (50–60°C). Instalasi biogas biasanya menggunakan rentang suhu mesofilik karena pengoperasiannya lebih mudah, sementara rentang suhu termofilik memerlukan kendali sistem suhu yang lebih ketat. Metana dapat diproduksi pada suhu rendah, tetapi untuk produksi yang optimal, suhu di dalam digester harus dijaga di atas 20°C. Tingkat produksi metana akan naik sekitar dua kali lipat untuk setiap kenaikan suhu 10°C dalam rentang suhu mesofilik.

Parameter fisik seperti viskositas dan tegangan permukaan air dapat berubah seiring dengan perubahan suhu. Suhu termofilik menghasilkan perpindahan massa yang lebih baik dan tingkat penguraian yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi mesofilik. Suhu yang stabil memberikan hasil yang lebih baik daripada suhu yang berfluktuasi. PHB pengaman transformator).

#### b. PH dan Sistem Penyangga

setiap kelompok mikroba yang terlibat dalam degradasi anaerobik memiliki rentang pH tertentu untuk pertumbuhan yang optimal. Untuk bakteri asidogen, pH optimalnya sekitar 6, sedangkan untuk bakteri asetogen

Aman Zikri Ainul Hakim - Laporan Kerja Praktek Pengolahan Limbah Pome....  
dan **metanogen**, pH yang optimal sekitar 7. Banyak penelitian menunjukkan bahwa kisaran pH 6,5–7,5 menghasilkan kinerja dan stabilitas dalam sistem anaerobik yang baik, meskipun operasi yang stabil dapat juga terjadi di luar kisaran ini.

Sistem anaerobik harus memiliki kemampuan sistem penyangga yang memadai untuk mengimbangi produksi asam volatil dan karbon dioksida yang akan terlarut pada tekanan operasi. Untuk menghindari akumulasi asam volatil berlebih, harus terdapat basa (*alkalinity*) berlebih atau kemampuan untuk mengontrol pH. Zat kapur, natrium bikarbonat, dan natrium hidroksida, yang merupakan tiga sumber kimia utama alkalinitas, dapat berperan sebagai sistem penyangga ini. Namun demikian, sebagian besar aplikasi POME terutama teknologi kolam tertutup tidak memerlukan penambahan bahan kimia untuk menetralkan pH. Hal ini terjadi karena air limbah anaerobik mengandung penyangga alkalinitas dari bikarbonat ( $\text{HCO}_3$ ) sehingga resirkulasi air limbah ke tangki pencampuran POME dapat menjaga pH tetap netral.

### c. Kelarutan Gas

Dalam proses anaerobik, gas terbentuk dalam fase cair dan cenderung lepas ke udara. Perpindahan fase cair menjadi gas sangat penting dalam proses penguraian anaerobik. Perpindahan fase cair menjadi gas ini akan dibatasi oleh parameter desain proses seperti luas area antarmuka cairan dan gas (liquid gas interface), kecepatan pengadukan, dan suhu cairan yang mempengaruhi viskositas dan tegangan permukaan. Biasanya laju pembentukan gas jauh lebih tinggi dari laju perubahan cairan menjadi gas sehingga menghasilkan konsentrasi gas yang tinggi dalam cairan. Konsentrasi berlebih gas tertentu seperti  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  dapat menyebabkan penurunan pH dan mempengaruhi proses biologis.

#### d. Pengadukan

Proses pengadukan berperan penting dalam mengontrol pH dan menjaga lingkungan yang seragam. Tanpa pengadukan yang memadai, lingkungan mikro yang tidak menguntungkan dapat terbentuk. Pengadukan berfungsi untuk mendistribusikan larutan penyangga ke seluruh area digester dan mencegah penumpukan produk metabolisme berkonsentrasi tinggi yang dapat menghambat pembentukan bakteri metanogen. Pengadukan umumnya dilakukan dengan menggunakan pengaduk mekanis, yaitu pengadukan cairan dengan memasukkan POME melalui pipa distribusi, atau pengadukan dengan menggunakan biogas yang diresirkulasi.

#### e. Nutrisi

Biodegradasi yang efisien membutuhkan nutrisi seperti nitrogen, fosfor dan unsur-unsur lainnya dalam jumlah yang cukup (mikronutrisi). Nutrisi membangun sel-sel yang membentuk mikroorganisme dan menghasilkan biogas. Unsur-unsur kimia yang membentuk mikroorganisme antara lain karbon (50%), oksigen (20%), nitrogen (12%), hidrogen (8%), fosfor (2%), sulfur (1%), dan kalium (1%). Proses pembentukan biogas membutuhkan rasio karbon terhadap nitrogen minimal 25:1.

POME umumnya memiliki nitrogen dan fosfor dalam kadar yang cukup. Kebutuhan nutrisi bakteri anaerob lebih rendah dibandingkan dengan bakteri aerob, karena laju pertumbuhan bakteri *anaerob* lambat. Proses pembentukan biogas harus mempertahankan rasio COD : nitrogen : fosfor pada tingkat yang memadai, oleh karena itu operator harus memantau rasio dan melakukan penyesuaian yang diperlukan selama proses berlangsung. Pompa dosis dapat digunakan untuk menambahkan nutrisi secara berkala. Selama proses, kadar mikronutrien seperti nikel dan kobalt juga harus dijaga untuk mendukung proses metanogenesis.

Dari semua mikroorganisme dalam penguraian *anaerobik*, bakteri metanogen umumnya dianggap paling sensitif terhadap toksisitas. Toksisitas NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S dan VFA tergantung pada pH. Dalam kultur bakteri yang tidak dikondisikan, tingkat NH<sub>3</sub> sekitar 150 mg/l dapat menghambat pertumbuhan mikroba. Bakteri metanogen dapat menoleransi konsentrasi yang lebih tinggi, jika kultur tersebut telah melalui masa adaptasi. NH<sub>3</sub> menjadi racun pada tingkat pH lebih dari 7. H<sub>2</sub>S dan VFA beracun pada tingkat pH kurang dari 7. Konsentrasi H<sub>2</sub>S hingga 200 mg/l tidak menghambat pertumbuhan mikroba, tetapi dapat mengeluarkan bau menyengat yang berasal dari hidrogen sulfida. Seperti dijelaskan pada Tabel 3.3. yang menjelaskan parameter proses pengolahan limbah.

Bakteri metanogen juga sensitif terhadap oksigen. Pada kultur campuran di dalam *digester anaerobik*, bakteri *anaerob* fakultatif membentuk beberapa bakteri hidrolisis dan asidogenik yang mengkonsumsi oksigen yang ada dalam *digester*.

**Tabel 3.3.** Parameter proses dalam instalasi komersial biogas dari limbah cair

Sumber : *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, Droste, 1997.*

Parameter	Satuan	Satuan	Keterangan
Suhu	°C	35 – 38	Proses mesofilik
		55 – 57	Proses termofilik
Waktu Retensi Hidrolik	Hari	20–50	Tergantung limbah cair
Konsentrasi COD	ppm COD	< 80.000	Tergantung PKS
Rasio POME terhadap TBS	m <sup>3</sup> /ton	0,6–1	Tergantung PKS
Konsentrasi Metana	%	50–75	Tergantung Substrat
Ph		6,7–7,5	Selama fermentasi



Pengolahan proyek biogas dapat memilih salah satu dari beberapa teknologi yang tersedia untuk penguraian limbah cair secara *anaerobik*. Semua desaian bertujuan untuk memastikan terjadinya kontak yang cukup antara substrat dan mikroorganismenya serta mencegah mikroorganismenya terbawa keluar dari sistem. Dari beberapa teknologi tersebut ada dua teknologi yang sangat umum dan banyak di gunakan dalam proses penguraian limbah cair. Yaitu sebagai berikut :

#### a. Kolam Tertutup (*anaerobik*)

Kolam *anaerobik* atau biasa disebut kolam tertutup, pada dasarnya merupakan kolam yang dilengkapi dengan membran penutup yang kuat untuk menyimpan biogas. Kolam *anaerobik* umumnya memiliki kontak bakteri ke substrat yang kurang baik, dengan tingkat pengolahan yang sangat rendah. Metode ini memerlukan waktu retensi hidrolis antara 20-90 hari dan membutuhkan area yang yang besar.

Pada umumnya untuk kapasitas pengolahan limbah yang sama, investasi modal untuk kolam tertutup lebih rendah dibandingkan dengan sistem tangki (CSTR), namun membutuhkan area yang lebih luas. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.1. Kolam Tertutup (*anaerobik*)**, desain kolam tertutup biasanya untuk menangani limbah dengan kandungan padatan kurang dari 3% dan umumnya beroperasi dalam kisaran suhu mesofilik.



**Gambar 3.1. Kolam Tertutup**

Sumber: [www.palmoilworld.org](http://www.palmoilworld.org)

## b. Continuous Stirred Tank Reactor

Aman Zikri Ainul Hakim - Laporan Kerja Praktek Pengolahan Limbah Pome....

*Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)*, juga dikenal sebagai reaktor kontak, biasanya berbentuk silinder yang terbuat dari beton atau logam dengan rasio diameter dan tinggi silinder yang kecil. Sistem ini dilengkapi dengan *thickener*, *clarifier*, atau *dissolvet air floatation (DAF)* untuk memekatkan biomassa. CSTR dapat beroperasi pada suhu mesofilik maupun termofilik.

Pengadukan dalam CSTR dapat dilakukan secara mekanik, hidrolik, maupun injeksi gas. CSTR dapat mengakomodasi berbagai padatan dalam rentang yang besar. Selain itu, CSTR juga memproses campuran dari berbagai jenis limbah. Desain ini umumnya digunakan untuk limbah dengan kandungan padatan 3-10%. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 3.2**. Di bawah ini.



**Gambar 3.2. Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)**

Sumber: [www.biothane.com](http://www.biothane.com)

Kedua teknologi ini dapat digunakan untuk mengkonversi POME menjadi biogas, tergantung kebutuhan dan kondisi dari pabrik kelapa sawit. Seperti dijelaskan pada **Tabel 3.4**. di bawah ini menyajikan perbandingan antara sistem CSTR.

**Tabel 3.4. Perbandingan Antara CSTR Dan Kolam Tertutup**

Sumber: Diadaptasi dari *Electrigaz*, 2007

Teknologi	Jenis limbah	HRT (hari)	Produksi energi	Biaya modal	Kerumitan pengoperasian
CSTR	Cair & padat	20-40	Baik	Tinggi	Sedang
Kolam tertutup	Cairan kental (<3% bahan kering)	20-90	Kurang baik	Sedang	Rendah

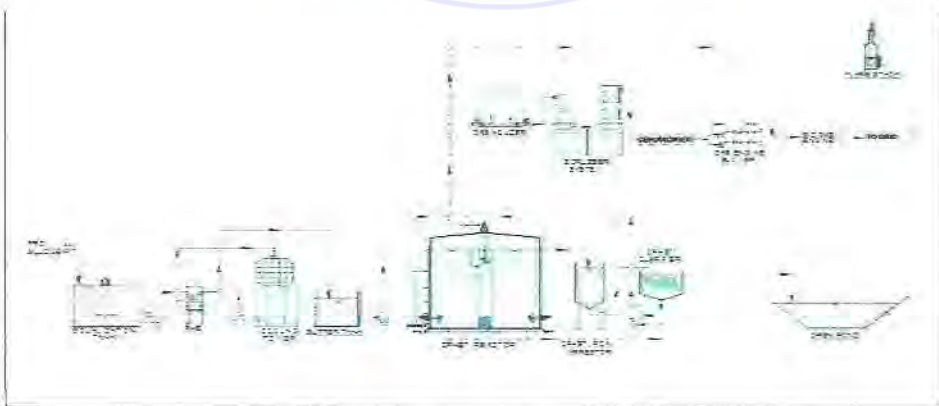
## BAB 4

### PENGOLAHAN LIMBAH POME MENJADI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS (PLTBG) DI PABRIK KELAPA SAWIT PT.AGRO MUKO PALM OIL MILL

#### 4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)

Pembangkit listrik tenaga biogas merupakan pembangkit listrik energi terbarukan. Pembangkit listrik tenaga biogas mengambil manfaat dari proses penguraian alami untuk membangkitkan listrik, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.1**. Limbah cair organik yang dihasilkan selama produksi kelapa sawit merupakan sumber energi besar yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Mengubah POME menjadi biogas untuk dibakar dapat menghasilkan energi sekaligus mengurangi dampak perubahan iklim dari proses produksi minyak kelapa sawit.

Biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau aktifitas fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya adalah kotoran manusia dan hewan, limbah industri kelapa sawit dan limbah domestik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida. Biogas terbentuk ketika mikroorganisme, khususnya bakteri, menurunkan kadar zat organik pada kondisi anaerob (tanpa oksigen). Volume biogas biasanya dinyatakan dalam satuan normal meter kubik ( $Nm^3$ ) yaitu volume gas pada suhu  $0^{\circ}C$  dan tekanan atmosfer.

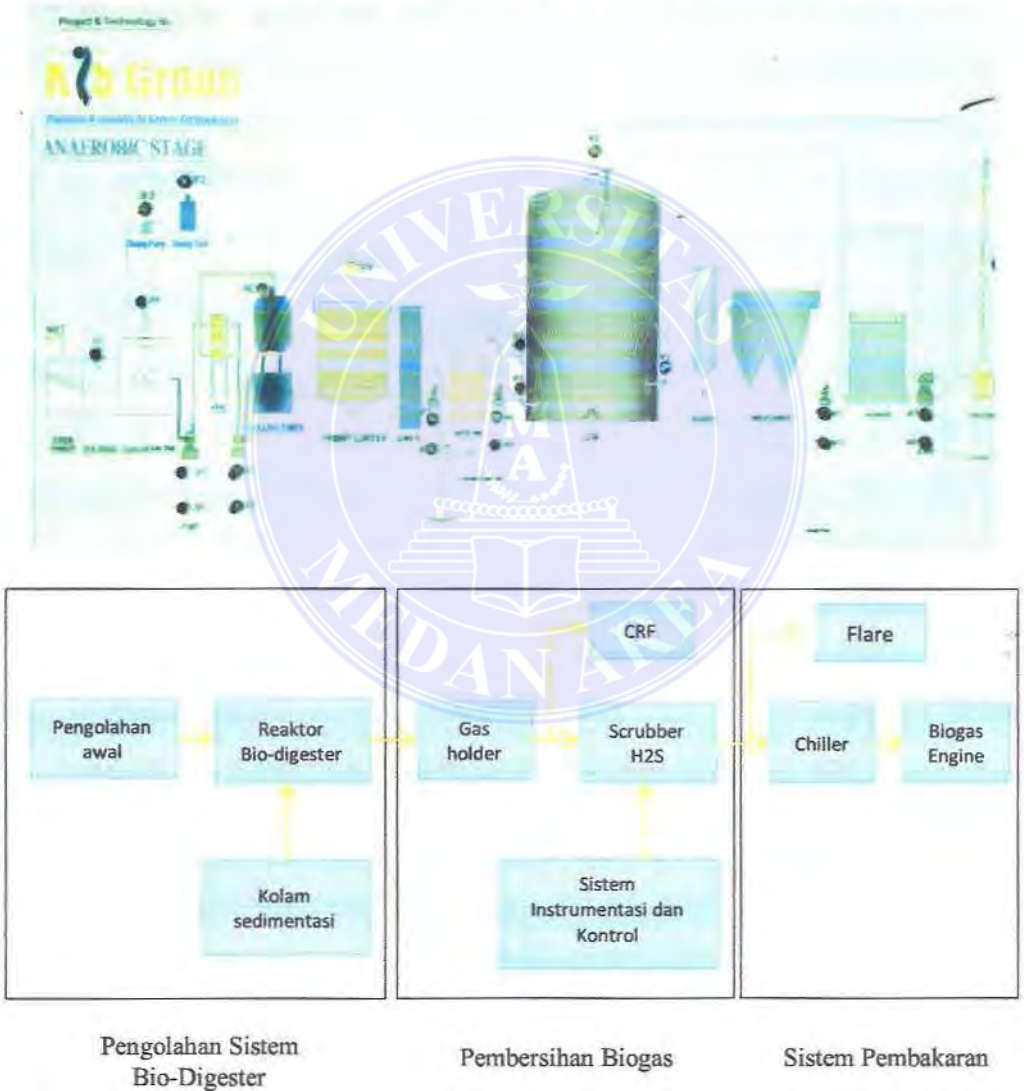


**Gambar 4.1. Proses Pengolahan POME Menjadi Biogas**

## 4.2. Proses Pengolahan Pome Menjadi Biogas

Pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk produksi minyak kelapa sawit menghasilkan 23% minyak, 60% limbah cair, 17% limbah janjangan kosong dan cakang. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.2.** Proses pengolahan Palm Oil Mill effluent (POME) menjadi biogas di PT. Agro Muko Palm Oil Mill

Pabrik kelapa sawit Pt.Agro Muko Palm Oil Mill mengolah tandan buah segar (TBS) sebanyak 60 ton/jam dan mengolah 900 ton/hari sehingga POME yang dihasilkan  $900 \times 0,6 = 540 \text{ m}^3/\text{hari}$  POME yang dihasilkan dalam satu hari.



**Gambar 4.2.** Proses pengolahan Palm Oil Mill effluent (POME) menjadi biogas di PT. Agro Muko Palm Oil Mill

Proses pembentukan biogas di Biogas Plant PT. Agro Muko Palm Oil Mill diperlukan beberapa instalasi atau tahapan sebelum menghasilkan gas metana yang digunakan untuk pembakaran boiler dan sebagai bahan bakar dari engine gas untuk menghasilkan listrik. Proses tersebut terdiri dari *screen chamber*, *oil grease trap*, *equalization tank (EQT)*, *colling tower*, *primary clarifier*, *sludge pit*, *buffer tank*, *continuous stirred tank reactor (CSTR)*, *degasifier*, *lamellarr*, *gas holder*, *flare stank*. Dan kemudian proses pembersihan gas di *scrubber* H<sub>2</sub>S. Dan proses pembakaran gas di *engine gas*.

#### 4.2.1. Proses yang digunakan dalam pengolahan awal limbah POME

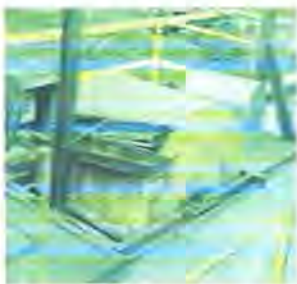
Adapun proses pengolaan lomba POME yang di lakukan oleh biogas plant pabrik kelapa sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill yaitu :

##### 1. *Screen Chamber*

Tahanp pertama limbah POME yang dikirim dari pabrik sawit masuk ke bak penampungan *screen chamber*, didalam *screen chamber* ini terdapat saringan yang berfungsi sebagai pemisah antara limbah dengan kotoran maupun benda-benda lainnya yang terbawa oleh limbah dari pabrik kelapa sawit.

##### 2. *Oil Trap* atau *Oil Grease*

Kemudian POME dari *screen chamber* akan masuk ke *oil trap* atau *oil grease*. Didalam *oil grease* terjadi proses pengambilan sisa-sisa minyak terkandung di dalam limbah. Dimana didalam bak *oil grease* tersebut terdapat tong baja besar seperti kaleng susu yang di pasang secara horizontal, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.3**. Sehingga ketika tong tersebut berputar maka sisa-sisa minyak pada limbah akan menempel pada badan tong baja tersebut dan masuk ke tanki penampungan sisa minyak.



**Gambar 4.3.** *Oil Trap* atau *Oil Grease*

### 3. *Equalization Tank (EQT)*

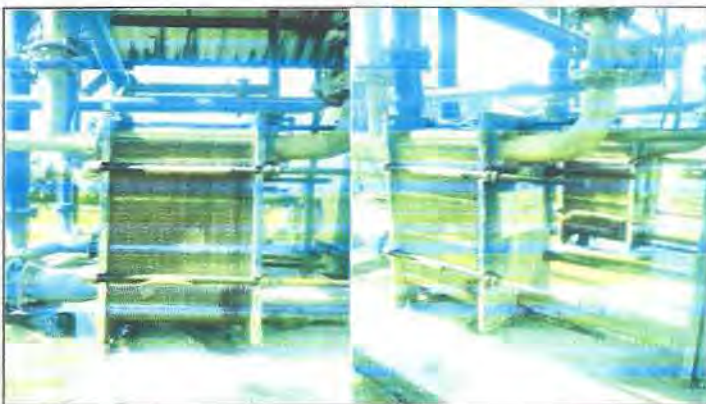
Setelah limbah sudah di bersihkan dari sisa minyak selanjutnya limbah mengalir ke equalization tank, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.4.** *Equalization tank* ini berfungsi untuk kolam penampungan awal limbah POME dengan suhu  $65^{\circ}\text{C}$ - $70^{\circ}\text{C}$ . didalam *equalization tank* terdapat mixer sebagai alat bantu untuk mendinginkan limbah POME.



**Gambar 4.4.** Kolam Penampungan Limbah Panas (*Equalization Tank*)

### 4. *Plat Heat Exchanger (PHE)*

*Plat Heat Exchanger* di gunakan sebagian alat pendingin limbah sebelum masuk ke reactor, limbah dengan suhu awal  $65^{\circ}\text{C}$  diturunkan menjadi  $36^{\circ}\text{C}$  dan maksimal  $40^{\circ}\text{C}$  ditunjukkan pada **Gambar 4.5.** Dengan salah satu tipe *Heat Exchanger* yang menggunakan plat logam untuk memindahkan panas antara dua liquid . PHE terbagi dua ruangan yang tipis berada di dalam, membagi dua fluida dengan luas permukaan yang paling luas oleh plat logam, plat tersebut memunkinkan perpindahan panas yang paling cepat.

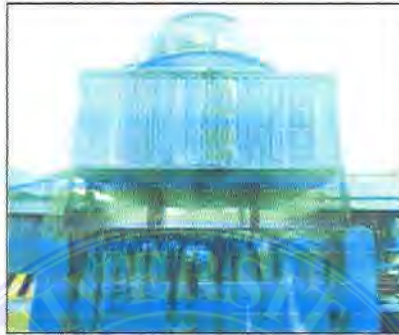


**Gambar 4.5.** *Plat Heat Exchanger (PHE)*

## 5. Cooling Tower

Aman Zikri Ainul Hakim - Laporan Kerja Praktek Pengolahan Limbah Pome....

*Cooling tower* berfungsi sebagai alat pendingin air dari sisa proses di PHE yaitu menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan memisahkannya ke atmosfer dengan bantuan kipas yang terdapat di dalam *cooling tower*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.6**. Dan menara pendingin menggunakan penguapan dimana sebagian air diuapkan ke aliran udara yang bergerak dan kemudian dibuang ke atmosfer sehingga air yang tersisa di *cooling tower* akan dingin secara signifikan.



**Gambar 4.6.** *Cooling Tower*

## 6. Primary Clarifier

*Primary clarifier* adalah tanki penampungan limbah yang sudah didinginkan di *Plat Heat Exchanger (PHE)*, *primary clarifier* berfungsi untuk pengendapan atau mengambil kotoran dan lumpur pada limbah dan kemudian kotoran dan lumpur di buang ke *collection tank*. Di dalam *primary clarifier* seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.7**. setiap harinya dimasukan soda ash sebanyak 150 kg yang bertujuan untuk menjaga pH tetap bagus yaitu 6.5-7



**Gambar 4.7.** *Primary Clarifier*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 28/11/22

## 7. Buffer tank

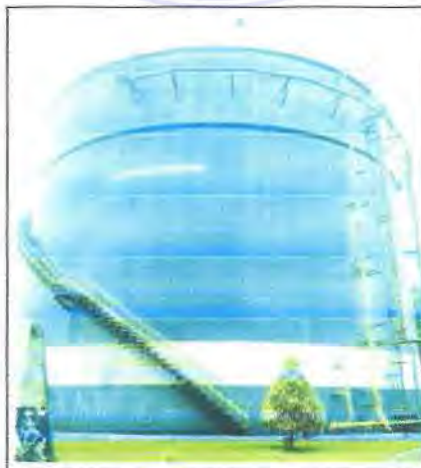
Stelah proses pemisahan limbah dengan kotoran dan lumpur di dalam tanki *primary clarifier*, kemudian limbah yang sudah bersih akan mengalir ke *buffer tank* dengan sistem *over flow* atau mengalir dari atas. *Buffer tank* ini berfungsi sebagai kolam penampungan limbah yang sudah dingin sebelum masuk ke *tank reactor*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.8**.



**Gambar 4.8.** Buffer Tank

## 8. Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)

*Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), juga dikenal sebagai *reaktor kontak*, biasanya berbentuk silinder yang terbuat dari beton atau logam dengan rasio diameter dan tinggi silinder yang kecil. Sistem ini dilengkapi dengan *thickener*, *clarifier*, atau *dissolvet air floatation* (DAF) untuk memekatkan biomassa. CSTR seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.9**. Dapat beroperasi pada suhu mesofilik maupun termofilik. Tetapi di pabrik kelapa sawit PT.Agro Muko Palm Oil Mill menggunakan pengoperasian pada suhu mesofilik di karenakan pengoperasiannya lebih mudah dan murah.



**Gambar 4.9.** Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)



*Degasifier* adalah tanki penampungan limbah yang keluar dari tank *reactor*, ditunjukkan pada **Gambar 4.10**. Fungsi *degasifier* ini untuk menangkap sisa-sisa gas atau mengendapkan aroma gas supaya tidak menyebar kemana-mana yang bisa mengakibatkan pencemaran lingkungan.



**Gambar 4.10.** *Degasifier*

#### 10. Tanki *lamellar*

*Lamellar* adalah tanki penampungan yang digunakan sebagai sirkulasi limbah yang keluar dari *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR) dengan tujuan untuk memisahkan scum atau buih yang dihasilkan oleh sisa minyak yang masuk ke *reactor*, didalam *lamellar* ini sudah di rancang suatu sistem sirkulasi sehingga scum akan mengalir keluar secara *over flow* atau mengalir dari atas dan masuk ke pipa pembuangan limbah ke kolam limbah,

Karenakan jika didalam *reactor* terlalu banyak scum seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.11**. akan berdampak buruk dan mengasilkan gas metana yang rendah yaitu  $<50$  dan sangat mempengaruhi kinerja *engine* gas. dan limbah yang sudah disaring dan bersi dari scum akan di pompa kembali ke *reactor* untuk di olah lagi menjadi biogas.



**Gambar 4.11.** Tanki *lamellar*

Gas holder adalah tanki penampungan gas yang di hasilkan oleh tank reactor, gas holder merupakan wadar besar dimana gas dari reactor akan disimpan dengan tekanan pada suhu kamar. Volume wadah mengikuti jumlah gas yang disimpan dengan tekanan yang berasal dari berat tutup yang dapat digerakkan oleh gas didalamnya.

Didalam tanki gas holder menggunakan air sebagai media penahan gas dikarenakan air memiliki kerapatan yang sangat rapat sehingga gas tidak bisa keluar dari tanki gas holder, penampungan gas ini digunakan untuk tujuan penyeimbangan, untuk memastikan pipa gas dapat dioperasikan dalam kisaran tekanan yang aman, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12.** Gas Holder

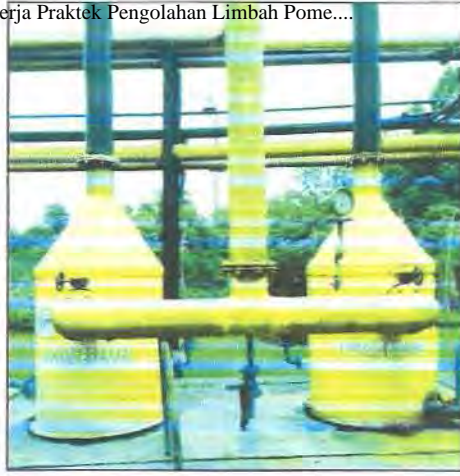
## 12. *Vacum Beaker Dan Pressure Breaker*

### a. *vacum breaker*

berfungsi untuk menjaga reactor agar selalu *vacum* atau tanpa udara, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.13**.

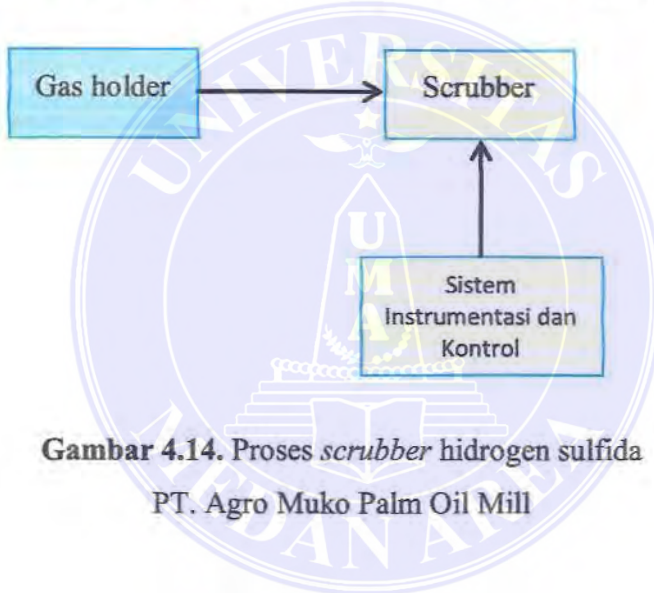
### b. *pressure breaker*

berfungsi untuk mengetahui tekanan gas yang ada di dalam reactor, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.13**.



Gambar 4.13. *Vacum Breaker Dan Pressure Breaker*

#### 4.3. Proses *scrubber* hidrogen sulfida ( Pembersihan Biogas )



Gambar 4.14. Proses *scrubber* hidrogen sulfida  
PT. Agro Muko Palm Oil Mill

Sebelum biogas dapat menghasilkan daya listrik, *scrubber* hidrogen sulfida digunakan untuk menurunkan konsentrasi  $H_2S$  ke tingkat yang disyaratkan oleh *gas engine*, biasanya dibawah 200 ppm, hal ini bertujuan untuk mencegah korosi, mengoptimalkan operasi dan memperpanjang umur *gas engine*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. *scrubber* hidrogen sulfida

H<sub>2</sub>S dalam biogas berasal dari komponen sulfat SO<sub>2</sub> dan sulfur didalam air limbah, didalam *digester* (reactor) pada saat kondisi tidak ada oksigen (*anaerobic*) sulfat berubah menjadi H<sub>2</sub>S.

ada tiga jenis *scrubber* yang digunakan dalam proses *disulfurisasi* untuk menurunkan kandungan H<sub>2</sub>S yang terkandung didalam biogas yaitu:

- Scrubber biologis*, yaitu menggunakan bakteri sulfur-oksidasi untuk mengubah H<sub>2</sub>S menjadi SO<sub>4</sub> dan cara ini dilakukan oleh PT. Agro Muko Palm Oil Mill. *Scrubber biologis* biasa digunakan untuk aplikasi POME menjadi energi karena biaya operasionalnya rendah.
- Scrubber kimia*, yaitu menggunakan bahan kimia seperti NaOH untuk mengubah H<sub>2</sub>S menjadi SO<sub>4</sub>.
- Scrubber air*, yaitu bekerja berdasarkan penyerapan fisik dari gas-gas terlarut dalam air dan menggunakan tekanan air bertekanan kecil.

Proses pembersihan biogas yang masuk ke *scrubber* yaitu dengan cara limbah dari lamellar masuk ke *digester* dengan Ph 7,2. Kemudian limbah dari *digester* masuk ke PTU (proses technical unit) dengan tujuan mengambil limbah dari *scrubber* sebanyak 0,25 % dengan tujuan untuk mengikat kadar kotoran yang terkandung didalam gas dan kemudian masuk ke MW 1 (*make-up water*).

Selanjutnya dari MW 1 limbah masuk ke MW 2 kemudian mengalir lagi masuk ke dalam *scrubber*. Dan limbah dibagian bawah *scrubber* akan dipompakan masuk kembali ke dalam *scrubber* dengan disemprotkan dari bagian atas, sehingga H<sub>2</sub>S yang terkandung didalam gas tersebut tersingkir dan melekat pada packing media yang ada didalam *scrubber* dengan jumlah kurang lebi 800 keping, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.16. Maka terjadilah proses yang dinamakan dengan *disulfurisasi* yaitu proses pengambilan atau mengurangi kandungan sulfur di dalam gas.



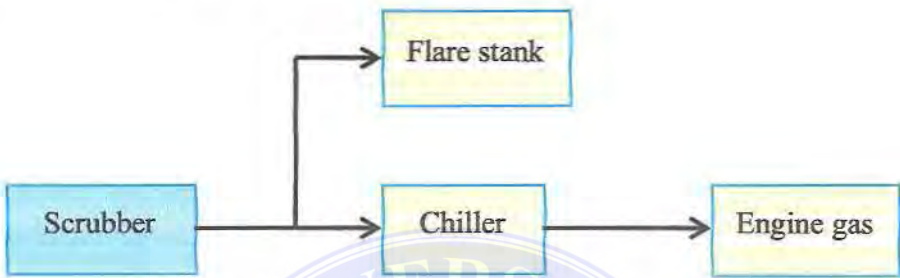
Gambar 4.16. Gambar Packing Media

### 4.3.2. Tujuan Pembersihan Gas

Tujuan pembersihan gas yaitu di karenakan H<sub>2</sub>S yang keluar dari *reactor* sangatlah tinggi hingga mencapai 800 ppm dan bisa menyebabkan korosi pada *engine* gas dan merusak *engine* gas. Dikarenakan didalam *reactor* terjadi proses perubahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mejadi H<sub>2</sub>S dengan proses *anaerobik* (tanpa udara) maka dilakukanlah proses pembersihan gas didalam *scrubber*. Setelah gas di bersihkan maka gas yang keluar dari *scrubber* sudah dapat dapat dipastikan bersih dengan H<sub>2</sub>S yaitu 150 ppm dan baik untuk *engine* gas.

Operator menggunakan sistem instrumentasi dan kontrol untuk memantau parameter seperti suhu, pH, aliran cairan gas, serta tekanan gas. Sistem kontrol juga digunakan untuk menghentikan sistem secara manual maupun otomatis saat kondisi tidak aman.

#### 4.4. Pembakaran Biogas



Gambar 4.17. Proses Pembakaran Biogas  
PT. Agro Muko Palm Oil Mill

##### 4.4.1. Dehumidifier Biogas ( Chiller )

Dehumidifier biogas adalah dalam bentuk dryer, chiller atau cyclone yang berfungsi untuk mengurangi kadar air didalam biogas sebelum di alirkan ke engine gas (pembakaran). Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Dehumidifier Biogas ( Chiller )

*Dehumidifier* mengambil air yang terkandung didalam biogas dan juga mendinginkan biogas dikarenakan gas yang keluar dari *scrubber* sangat panas, hal ini membantu mengoptimalkan proses pembakaran pada *engine* gas, mencegah pengembunan dan melindungi mesin dari pembentukan asam. Asam terbentuk saat air bereaksi dengan H<sub>2</sub>S dan oksigen. Dikarenakan biogas yang berkualitas tinggi dan baik dengan kelembapan relatif dibawah 80 % sehingga meningkatkan efisiensi mesin dan mengurangi konsumsi bahan bakar gas.

Setelah proses *dehumidifier*, dan sebelum gas di gunakan di *engine* kita harus melihat parameter yang di anjurkan oleh engine gas di panel *analizer*. Seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.19**. Yaitu :

1. H<sub>2</sub>S < 150
2. O<sub>2</sub> = 1,2 – 1,3
3. CO<sub>2</sub> = 25 – 40
4. CH<sub>4</sub> > 50

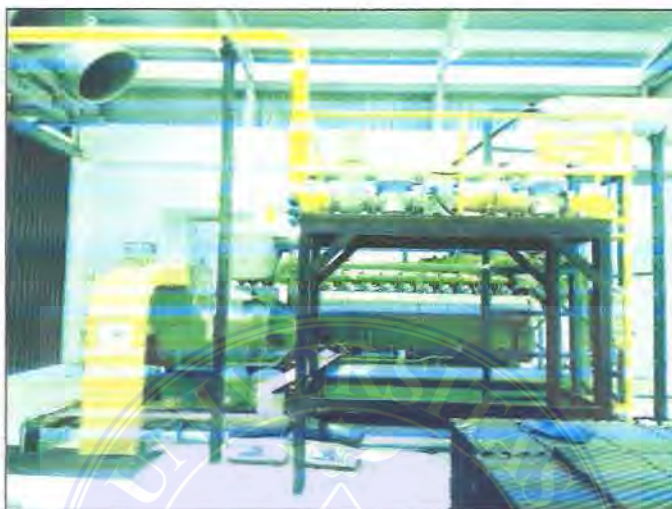


**Gambar 4.19.** Panel *Analizer*

#### 4.4.2. Gas Engine

*Gas engine* merupakan mesin pembakaran dalam yang bekerja dengan bahan bakar gas ( gas alam dan biogas ). Setelah kandungan pengotor di dalam biogas diturunkan atau dibersihkan di *scrubber*, sehingga mencapai kadar tertentu sesuai ketentuan yang dapat kita lihat di panel *analizer*, maka kemudian biogas dapat di alirkan ke gas *engine*, ditunjukkan pada **Gambar 4.20**. Sebagai bahan bakar dan menghasilkan energi listrik.

**Gas engine yang berbahan bakar biogas** umumnya memerlukan biogas dengan kadar air dibawah 80% dan H<sub>2</sub>S yang sudah di bersihkan di *scrubber* yaitu maksimum 150 ppm. Gas engine mengubah energi yang terkandung dalam biogas menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Biasanya gas engine memiliki efisiensi listrik antara 36% – 42%.



**Gambar 4.20.** Generator *Engine Gas*

#### 4.4.3. *Flare Stank*

*Flare stank* digunakan di industri proses atau pabrik untuk membakar kelebihan gas. Dengan alasan dan bertujuan untuk keamanan, pembangkit listrik tenaga biogas harus memasang *flare stank* untuk membakar kelebihan biogas, terutama pada saat biogas tidak bisa diumpankan ke gas engine atau peralatan pembakaran lainnya. Umumnya hal ini terjadi pada saat puncak panen tandan buah segar, yang menyebabkan kelebihan produksi biogas. Kelebihan produksi dapat meningkatkan laju air biogas melebihi batas maksimum biogas yang dapat masuk ke gas engine. *Flare stank* seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.21**, juga digunakan saat gas engine sedang tidak beroperasi dalam masa pemeliharaan.



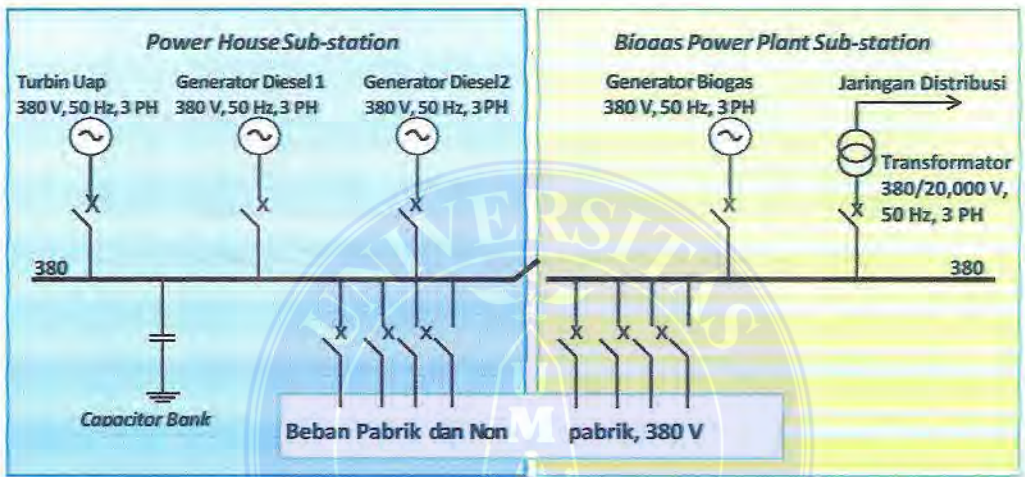
secara terus-menerus untuk membakar biogas. Operator tidak boleh melepaskan kelebihan biogas secara langsung ke atmosfer karena sifatnya mudah terbakar pada konsentrasi tinggi. Selain itu pelepasan biogas secara langsung juga berarti pelepasan gas rumah kaca ke atmosfer seperti layaknya di penggunaan kolam terbuka.



Gambar 4.21. Flare Stank

## 4.5. Sistem Kelistrikan

Untuk memenuhi kebutuhan listriknya, pabrik kelapa sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill menggunakan generator diesel, generator turbin uap, dan pembangkit listrik tenaga biogas untuk memenuhi beban listrik pabrik dan non pabrik. Pembangkit listrik tenaga biogas di PT. Agro Muko Palm Oil Mill menghasilkan daya yaitu 1 Mega watt dan kelebihan daya tersebut di manfaatkan oleh PT. Agro Muko Palm Oil Mill menjual ke pihak PLN, seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.22**. Sistem kelistrikan di PT. Agro Muko Palm Oil Mill.



**Gambar 4.22.** Sistem kelistrikan di PT. Agro Muko Palm Oil Mill

### 4.5.1. Sistem Sinkronisasi

*Sinkronisasi* adalah proses kerja paralel antara dua atau lebih pembangkit listrik untuk dapat memasok listrik ke beban yang sama, misalnya untuk operasi pabrik, kantor, dan perumahan karyawan pabrik. Prinsip kerja *sinkronisasi* adalah memasang saklar pemutus (*circuit breaker*) antara berbagai pembangkit yang dapat ditutup.

Sistem pembangkit listrik konvensional yang terdapat di pabrik kelapa sawit PT. Agro Muko Palm Oil Mill seperti turbin uap dan generator diesel bekerja secara paralel. Pembangkit listrik tenaga biogas yang memanfaatkan POME di pabrik kelapa sawit dapat di paralelkan dengan sumber listrik yang telah ada atau berfungsi sebagai sistem pembangkit yang terpisah.

Jika seluruh output PLTBG akan diparalelkan dengan jaringan PLN seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.23**. Panel *Sinkronisasi Ke PLN*, maka keluaran dari generator PLTBg (380 V) harus memenuhi syarat kerja paralel, yaitu memiliki tegangan, frekuensi, dan urutan fasa yang sama. Bila proses sinkronisasi tidak berjalan dengan baik, maka akan timbul gangguan sistem kelistrikan dan kerusakan peralatan.



**Gambar 4.23.** Panel *Sinkronisasi Ke PLN Di Biogas Plant*  
PT. Agro Muko Palm Oil Mill

Jika pembangkit listrik tenaga biogas diparalelkan dengan pembangkit listrik yang sudah ada dalam pabrik seperti generator turbin uap, dan generator diesel jaringan PLN seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.24**. Panel *Sinkronisasi Ke Pabrik*. Maka harus diselaraskan besaran tegangan, frekuensi, dan perbedaan sudut fasa dari berbagai jenis pembangkit listrik tersebut.



**Gambar 4.24.** Panel *Sinkronisasi Ke Pabrik Dan*  
Panel *Automatic Transfer Switch (ATS)*

Terdapat persyaratan kerja paralel dari dua atau lebih pembangkit listrik, yaitu:

- Besara tegangan listrik generator 1 dan generator 2 harus sama
- Frekuensi generator 1 dan generator 2 harus sama
- Sudut fasa generator 1 dan generator 2 harus sama
- Urutan fasa masing-masing generator

Apabila perbedaan nilai pada variabel-variabel tersebut dalam batas yang masih dapat diterima, maka *circuit breaker* dapat ditutup secara manual maupun secara otomatis. Batas normal yang ditetapkan untuk sinkronisasi adalah:

- 4 volt untuk diferensial tegangan maksimum
- 0,1 Hz untuk selisih frekuensi maksimum
- Kurang atau lebih dari 10 derajat untuk sudut fasa

Terdapat dua cara sinkronisasi, yaitu secara manual dan otomatis. *Sinkronisasi* manual membutuhkan ketelitian dan keterampilan operator dalam menyelaraskan besaran-besaran proses sinkronisasi.

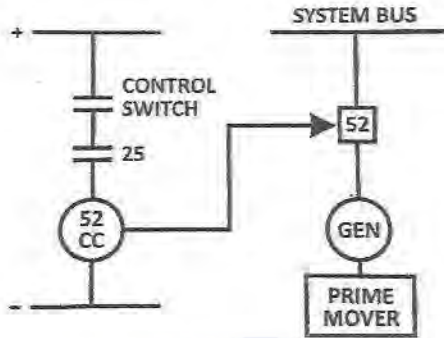
Sinkronisasi otomatis merupakan cara *sinkronisasi* yang paling praktis karena proses penyelarasan variabel-variabel sinkronisasi dilakukan oleh peralatan, sehingga operator tidak lagi disibukan dalam proses sinkronisasi.

#### 4.5.2. Sinkronisasi Manual

Untuk melakukan sinkronisasi manual, operator harus menyesuaikan kecepatan putaran generator sehingga frekuensinya sedikit lebih tinggi dari pada frekuensi bus. Hal ini memungkinkan generator untuk segera bekerja bekerja paralel. Selanjutnya, operator mengamati *relay synch-check* multifungsi atau *supervisory relay* untuk membandingkan variabel sinkronisasi yang digunakan (di beri label sebagai perangkat 25 pada **Gambar 4.25**). Operator mengamati panel sinkronisasi untuk memantau parameter dan menentuka kapan menutup breaker secara manual.

Sinkronisasi manual dengan *supervisory relay* memerlukan operator untuk mengontrol tegangan, sudut fasa dan frekuensi secara manual. Ketika semua syarat telah sesuai atau besaran-besaran variabel telah sama, maka operator dapat menutup *circuit breaker* untuk memparalelkan generator.

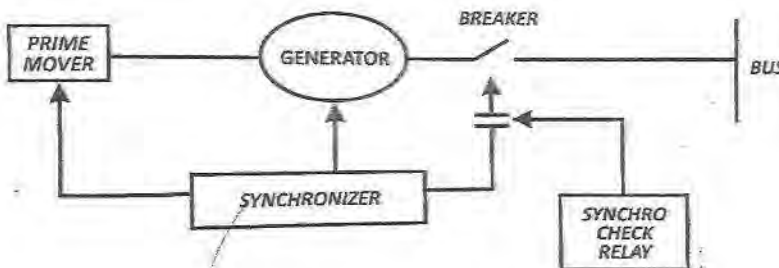
- Operator mencoba secara manual menutup *circuit breaker*
- Kontak *supervisory relay* ditutup setelah semua parameter terpenuhi



Gambar 4.25. Sinkronisasi Manual Dengan Kendali Pengawas

### 4.5.3. Sinkronisasi Otomatis

Beberapa beban membutuhkan reaksi cepat dari generator cadangan yang *standby* dan membutuhkan sinkronisasi otomatis (Gambar 4.26). Sinkronisasi otomatis memonitor frekuensi, tegangan dan sudut fasa, kemudian memberikan sinyal koreksi tegangan dan frekuensi serta memberikan sinyal untuk memparalelkan generator. Hal ini dikenal sebagai “close command” (CC). Setiap generator memerlukan peralatan sinkronisasi agar generator dapat bekerja paralel secepat mungkin.



Gambar 2.26. Sinkronisasi Otomatis

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari laporan ini adalah:

- Pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk produksi minyak kelapa sawit menghasilkan 23% minyak, 60% limbah cair, 17% limbah janjangan kosong dan cakang. Pabrik kelapa sawit Pt.Agro Muko Palm Oil Mill mengolah tandan buah segar (TBS) sebanyak 60 ton/jam dan mengolah 900 ton/hari sehingga *POME* yang dihasilkan  $900 \times 0,6 = 540 \text{ m}^3/\text{hari}$  *POME* yang dihasilkan dalam satu hari.
- Suhu temperatur *POME* sangat mempengaruhi perkembang biakan bakteri dalam menghasilkan gas metana, jika suhunya di atas diatas 40 °C bisa mengakibatkan pH limbah menjadi turun dan gas metana dibawah 50, yang berdampak tidak baik bagi *engine* gas dan *engine* gas tidak bisa di operasikan.
- pH di reactor harus selalu di jaga yaitu 6,5-7. Untuk mendapatkan nilai pH yang bagus, maka setiap harinya harus memasukan soda Ash di bak *primary clarifier* sebanyak 150 kg.

#### 5.2. Saran

- Untuk mendapatkan hasil yang akurat perlunya melakukan pengukuran data dari limbah cair kelapa sawit secara berkala dalam waktu yang lebih lama dan tentunya pada titik tertentu, seperti pengukuran
  - Ph Limbah
  - Suhu Limbah
  - Gas Metana Yang Dihasilkan
- Sebelum biogas digunakan ke gas *engine*, sebaiknya operator lebih teliti melihat kadar yang terkandung dalam biogas, seperti kadar kebersihan biogas dan kelembapan biogas, agar umur pakai *engine* gas lebih panjang dan *engine* tidak sering *trip*

## DAFTAR PUSTAKA

- Korres E., Nicholas. et al. 2013. *Bioenergy Production by Anaerobic Digestion Using Agricultural Biomass and Organic Wastes*. New York: Routledge.
- Lam and Lee. et al. 2011. *Molecular Conservation of Estrogen-Response Associated with Cell Cycle Regulation, Hormonal Carcinogenesis and Cancer in Zebrafish and Human Cancer Cell Lines*. BMC Med. Genomics 4(1):41.
- Lauwers, Joost. et al. 2012. *Anaerobic Co-digestion of Fats, Oils and Grease (FOG) with Waste Activated Sludge*. AIDIC 10.3303/CET1229119.
- O'Keefe, D.; Chynoweth, D.P. et al. 1993. *Sequential Batch Anaerobic Composting of Municipal Solid Waste (MSW) and Yard Waste*. Wat. Sci. Techn. 27, 77-86.
- Pauss. 1990. *Liquid to Mass Transfer in Anaerobic Processes*.
- Peters-Stanley, Molly. et al. 2011. *State of the Voluntary Carbon Markets 2011*. New York: Ecosystem Marketplace, Bloomberg New Energy Finance.
- <https://id.m.wikipedia.org/wiki/biogas>
- <https://m.merdeka.com/trending/biogas-adalah-gas-hasil-fermentasi-dan-pemanfaatan-dari-limbah>
- <https://mui-lplhsda.org/apa-itu-biogas-pengertian-dan-penjelasan>