

**ANALISIS PENGARUH KADAR AIR DALAM BIOGAS TERHADAP  
PROSES PEMBAKARAN GAS ENGINE**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan  
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Oleh :**

**Valentin Rinaldi**

**13.813.0001**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH KADAR AIR DALAM BIOGAS TERHADAP  
PROSES PEMBAKARAN GAS ENGINE**

SKRIPSI


Oleh :

Valentin Rinaldi

13.813.0001

Disetujui :

Pembimbing I

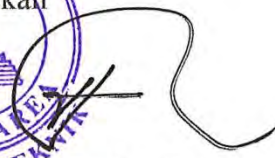
  
Ir. Husin Ibrahim, MT,

Pembimbing II

  
Ir. H. Darianto, MSc

Mengetahui :



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



  
Bobby Umroh, ST.MT


## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri, bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah, Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari di temukan adanya plagiat dalam skripsi ini



Medan, 2018



  
Valentin Rinaldi

13.813.0001

## ABSTRAK

Pada penelitian kali ini saya akan mengamati tentang analisis pengaruh kadar air dalam biogas terhadap proses pembakaran gas engine. Pada pembangkit listrik biogas (PLTB) biogas digunakan sebagai bahan bakar mesin gas untuk menghasilkan listrik. Sebelum menggunakan pada mesin gas, biogas di murnikan untuk mengurangi kandungan karbondioksida dan hidrogen sulfida dengan metode water scrubbing. Selanjutnya di lakukan proses kondensasi pada biogas untuk menghilangkan kandungan uap air (satu ratet water vapour) dengan didinginkan menggunakan cooler (heat exchanger )pada proses pembakaran dalam mesin gas, uap air akan mengurangi nilai kalor dan dapat menyebabkan terjadinya korosi. pada penelitian ini kandungan air yang dihasilkan adalah sebesar 200 Kg/h dengan kadar metana 50%. Kandungan air yang dapat pada instalansi pengolahan air limbah (IPAL) di pabrik Ukindo adalah 200 Kg/h dengan putaran mesin pada gas engine adalah sebesar 1200 rpm. Dan dari pengujian nilai kalor pada limbah cair sampel 1 dengan massa 1 gr menghasilkan nilai kalor 380 Kj/kg, sampel 2 dengan massa 0,6 gr menghasilkan nilai kalor sebesar 1945 Kj/kg dan sampel 3 dengan massa 0.5 gr menghasilkan nilai kalor sebesar 1046 Kj/kg.

Kata kunci : Biogas, mesin gas , pembakaran nilai panas

## **ABSTRACT**

*The study aims to analyze the water content effect in biogas toward engine gas combustion process. In a biogas power plant, biogases are used as the engine gas fuel to produce electricity before it is used on engine gas, it needs to be purified to decrease carbon dioxide and hydrogen sulfide content by using water scrubbing method. Then, it needs to do a condensation process on biogas to remove water vapour content (saturated water vapour) by cooling it through cooler (heat exchanger). On combustion process in gas engine, water vapour will decrease the heat value and cause the corrosion. The result in the study reveals that water content is as much as 200 kg/h with methane content as much as 50%.*

*Furthermore, water content gained in waste water treatment plant (WWTP) at Ukindo factory is as much 200 Kg/h with engine rotary on gas engine is as much as 1200 rpm. Moreover, from heat value test on liquid paste in sample 1 with mass 1 gr results head value as much as 380 Kj/Kg, in sample 2 with mass 0,6 gr results 1945 Kj/Kg, and in sample 3 with 0,5 gr results 1046 Kj/Kg.*

**Keywords :** *Biogas, Engine Gas, and Head Value Combustion*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat tuhan yang maha esa karena atas limpahan rahmat serta anugerah-nya lah penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Pengaruh Kadar Air Dalam Biogas Terhadap Proses Pembakaran Gas Engine”**

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik mesin fakultas teknik universitas medan area

Selama penulisan skripsi ini tentunya penulis mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis. Kasih yang tulus serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Ir.Husin Ibrahim, MT,  
Selaku pembimbing I
2. Bapak Ir. Darianto, MSc  
Selaku pembimbing II
3. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdan,M.Eng.MSc  
Selaku DEKAN
4. Bapak Bobby Umroh, ST.MT  
Ketua prodi
5. Kedua orang tua saya yang tak henti-hentinya memberikan ketulusan doanya agar proses skripsi bisa berjalan dengan lancar
6. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu dalam kontribusinya membantu proses penyusunan skripsi ini

Penulis menyadari dalam penyusunan penelitian ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi yang membutuhkannya,

Medan, 2018

Valentin Rinaldi

13.813.0001



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	i
RIWAYAT HIDUP.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Mnfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Biogas.....	4
2.1.1 Pengertian Biogas.....	4
2.1.2 Sifat Biogas.....	6
2.1.3 Syarat Biogas.....	9
2.1.4 Pemurnian Biogas.....	11
2.2 Kadar air.....	12
2.2.1 Pengertian Kadar air.....	12
2.2.2 Pengurangan Kadar Air.....	15
2.2.3 Biogas Sistem Dehumidifier.....	16
2.3 Pengeringan.....	18
2.3.1 Pengertian Pengeringan.....	18



2.3.2 Prinsip Dasar Pengeringan.....	20
2.3.3 Mekanisme Pengeringan.....	21
2.3.4 Jenis-jenis Alat Pengeringan.....	22
2.3.5 Laju Pengeringan.....	25
2.4 Proses Pembakaran.....	27
2.4.1 Pengertian Proses Pembakaran.....	27
2.4.2 Temperatur Nyala Api (Flame Temperatures).....	30
2.4.3 Kebutuhan Udara Pembakaran.....	32
2.4.4 Kebutuhan Udara Teoritis.....	32
2.4.5 Kebocoran Udara.....	34
2.5 Gas Engine.....	36
2.5.1 Pengertian Gas Engine.....	36
2.5.2 Prinsip Kerja Dari Gas Engine.....	36
<b>BAB III METEOLOGO PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
3.1 Tempat dan Waktu.....	37
3.2 Bahan dan Peralatan.....	37
3.3 Data-data yang di peroleh dari PT. Ukindo Blankahan, Langkat.....	39
3.4 Prosedur Penelitian.....	39
3.5 Diagram Alir.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1 Pemurnian gas.....	41
4.2 Perhitungan pembakaran nilai kalor.....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran .....	47

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1.Latar belakang

Digestasi anaerobik adalah proses degradasi biokimia yang banyak di gunakan untuk mendapatkan energi terbarukan berupa biogas dari unsur-unsur biomasa. Limbah pada pengolahan kelapa sawit dapat di degredasi menjadi biogas dengan proses digredasi anaerobik. Proses ini terbagi empat tahapan, yaitu. Hidrolisasi, asidogenesis, asetogenesis, metanogenesis.(Dede Hanafi Fajrin 2016)

Hidrolisis merupakan tahapan yang paling awal terjadi pada proses anaerob, dalam tahap ini terjadi pemecahan dari senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana (monomer). Senyawa kompleks ini, antara lain protein, karbohidrat dan lemak, dimana dengan bantuan eksoenzim dari bakteri anaerob, senyawa ini akan menjadi monomer (Doublen & Steinhauser/ luthfi dwiyanto 2012)

Asidogenesis dimana monomer yang dihasilkan dari tahap hindrolisasi akan didegredasi pada tahap ini. Fermentasi merupakan tahap yang akan mengubah monomer menjadi asam organik rantai pendek, asam butirat, asam aseat, asam asetic, alkohol, hidrogen dan karbon dioksida (Doublen & Steinhauser/ luthfi dwiyanto 2012,hal 10). Selain itu, terjadi pula pertumbuhan dan perkembangan sel bakteri. Pembentukan asam-asam organik tersebut terjadi dengan bantuan bakteri, seperti pseudomonas,eshericia,flavobacterium, dan alcaligenes ( hambali/ luthfi dwiyanto 2012).

Asetogenesis adalah asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap fermentasi dan asam lemak yang berasal dari hidrolisis lemak akan di fermentasi menjadi asam asetat, H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri asetogenik (Drapcho / luthfi dwiyanto 2012). Pada fase ini, mikroorganisme akan mengurangi H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk di ubah menjadi asam asetat (Drapcho / luthfi dwiyanto 2012).

Metanogenesis dimana dominasi perkembangan sel mikroorganism dengan spesies tertentu yang menghasilkan gas metana sebagai komponen utama biogas. Bakteri yang berperan dalam proses ini, antara methanococcus, methanobacillus, methanobacterium, dan methanosarcina. Terbentuknya gas metana terjadi karena adanya reaksi dekarboksilasi asetat dan reduksi CO<sub>2</sub> (Drapcho dan luthfi dwiyanto 2012).

Pada pembangkit listrik tenaga biogas(PLTB) biogas digunakan sebagai bahan bakar mesin gas untuk menghasilkan listrik. Sebelum menggunakan pada mesin gas, biogas dimurnikan untuk mengurangi kandungan karbon dioksida dan hidrogen sulfida dengan metode water scrubbing. Selanjutnya dilakukan proses kondensasi pada biogas untuk menghilangkan kandungan uap air (saturatet water vapour) dengan di dinginkan menggunakan cooler (heat exchanger). (Dede Hanafi Fajrin 2016)

## **1.2.Perumusan masalah**

Pada saat proses pembakaran di dalam gas engine terjadi pengurangan nilai kalor dan menyebabkan korosi di karenakan uap air pada gas yang berlebih.

## **1.3.Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pelaksanaan analisa pengaruh kadar air dalam biogas terhadap proses pembakaran gas engine ini mahasiswa diharapkan mampu:

1. Mengamati pengurangan kadar air pada proses pembakaran di dalam gas engine
2. Untuk mendapatkan proses pembakaran di dalam gas engine dengan baik dan pada gas engine tidak mengalami korosi
3. Mengetahui perhitungan peembakaran nilai kalor limbah cair kelapa sawit

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Peneliti
  - Mengetahui bagai mana cara mengurangi kadar air pada proses pembakaran di dalam gas engine.
2. Bagi Perusahaan
  - Sebagai masukan yang bermanfaat dan tambahan informasi bagi perusahaan dalam menigkat kan proses produksi di dunia industr.
3. Bagi Universitas Medan Area
  - Sebagai tambahan literature perpustakaan di bangku perkuliahan khususnya mengenai studi biogas dan
  - Sebagai peningkatan penelitian di UNIVERSITAS MEDAN AREA.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 BIOGAS

##### 2.1.1 Pengertian biogas

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik dari bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik, termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Komponen terbesar (penyusun utama) biogas adalah metana ( $\text{CH}_4$ , 50 - 70 %) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ , 30 - 40 %). Namun, komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Beberapa kandungan biogas dapat dilihat pada tabel 2.1 (Fitri Meidina Harahap 2009).

Tabel 2.1 Kandungan Biogas

Sumber : Kadah wati, 2003

Komponen	Persentase %
Metan ( $\text{CH}_4$ )	50-70%
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	30-40%
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	0,3%
Hidrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ )	Sedikit sekali
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	1- 2%
Hidrogen	5-10%

Biogas sangat potensial untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan karena kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 4.800 – 6.700 kkal/m<sup>3</sup> (Harahap, 1980) metana ( $\text{CH}_4$ ) yang hanya memiliki satu karbon dalam setiap rantainya, dapat membuat pembakarannya lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar berantai karbon panjang. Hal ini disebabkan karena jumlah  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan selama pembakaran bahan bakar berantai karbon pendek adalah lebih sedikit. (Fitri Meidina Harahap 2009).

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu Menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Hidrogen sulphur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi, bila biogas mengandung senyawa ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang di iijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakarmaka hidrogen sulphur akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama – sama oksigen, yaitu sulphur dioksida /sulphur trioksida ( $\text{SO}_2 / \text{SO}_3$ ). Senyawa ini lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan karbon dioksida yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas, sehingga gas dapat digunakan

untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosif.(fitri meidina harahap 2009).

### 2.1.2 Sifat biogas

Sifat fisik dan kimia dari biogas mempengaruhi pemilihan teknologi yang akan digunakan, dimana pengetahuan tentang sifat-sifat dari biogas bermanfaat untuk mengoptimalkan peralatan yang menggunakan gas ini. Karena kandungan utama biogas terdiri dari metana dan karbondioksida, maka sifat biogas difokuskan pada sifat-sifat dari masing-masing gas tersebut. Unsur – unsur lain seperti nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), relatif dalam jumlah sangat kecil, namun gas hidrogen sulfida mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap material yaitu dapat menyebabkan korosi jika bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O).(Ageng Tri Anggito,2014).Sifat – sifat methane pada karbon dioksida dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat – sifat metane dan karbon dioksida

Sumber : Heisler, 1981

Metana (CH <sub>4</sub> )	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	
Berat molekul	16,04	44,1
Berat jenis (specific gravity)	0,554	1,52
Titik didih 14,7 psia	26,43 oC	42,99 oC
Titik beku 14,7 psia	182,53oC	-56,60 oC
Volume jenis	4,2 ft <sup>3</sup> /lb	8,8 ft <sup>3</sup> /lb
Temperatur kritis	46,6 oC	31,10 oC
Tekanan kritis	673 psia	1072 psia
Perbandingan panas jenis	1,307	1,303

Proses pembentukan biogas di dalam digester disebut dengan fermentasi *anaerob* (pembusukkan tanpa oksigen). Proses fermentasi *anaerob* di dalam digester dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

- a. Hidrolisa merupakan perubahan zat organik menjadi bahan cairan mikroba oleh mikroba asam
- b. Asidifikasi adalah perubahan organik cair menjadi asam – asam organik oleh mikroba asam
- c. Metanasi adalah perubahan asam organik menjadi metana, karbon dioksida, asam sulfida, nitrogen, dan sel-sel mikroba oleh mikroba metanasi.

Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirat, gas karbondioksida, hidrogen dan amoniak. Sedangkan pada tahap metanogenik adalah proses pembentukan gas metan. Sebagai ilustrasi dapat dilihat salah satu adalah proses pembentukan gas metan. Sebagai ilustrasi dapat dilihat salah satu

Ada beberapa golongan bakteri yang memegang peranan penting dalam proses terbentuknya biogas ini, yaitu:

- a. Golongan bakteri pengunselulosa

Bakteri-bakteri ini akan mengubah selulosa menjadi gula. Selulosa merupakan komponen terbesar penyusun bahan-bahan organik. Pada kondisi anaerob akan menghasilkan karbondioksida, air, dan panas. Sedangkan pada kondisi anaerob akan menghasilkan karbondioksida, etanol panas.



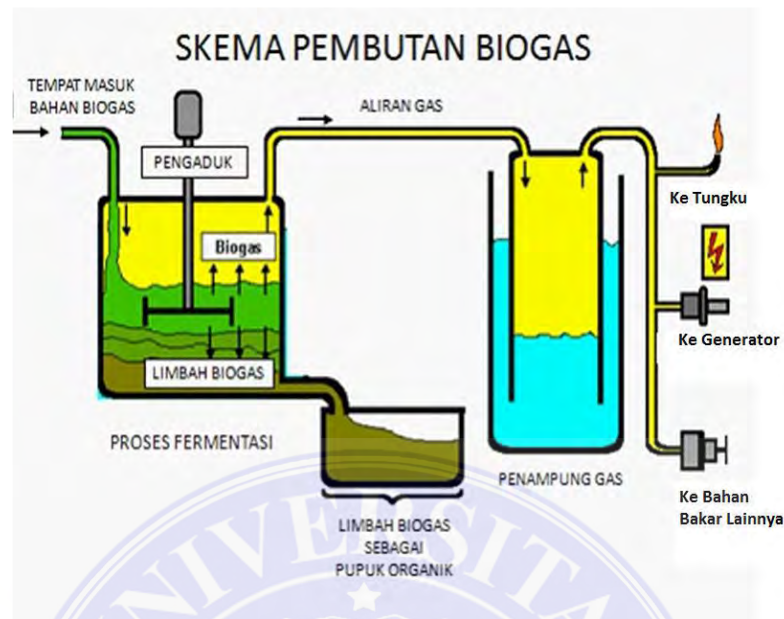
#### b. Golongan bakteri pembentuk asam

Bakteri pembentuk asam ini aktif menguraikan substans-substans polimer kompleks, yaitu protein, karbohidrat, dan lemak menjadi asam-asam organik sederhana yaitu asam-asam butirat, propinat, laktat, asetat, dan alkohol. Pada kondisi anaerob, bakteri ini masih dapat berkembang biak dan aktif menguraikan bahan organik menjadi asam-asam organik. Tetapi tahap awal pada proses pembentukan biogas dalam digester, tahapan ini disebut juga tahap oksidagenik. Adapun jenis bakteri yang aktif memproduksi asam-asam tersebut adalah bakteri *Hethanobacterium Propiunicum* dan *Methanobacterium suboxydan*.

#### c. Golongan bakteri pembentuk gas metana

Kondisi anaerob merupakan kondisi yang sangat mendukung terjadinya Kondisi anaerob merupakan kondisi yang sangat mendukung terjadinya aktif dan memproduksi gas metana antara lain, *Methonobacterium Sohngeniei*, *Methonococcus Mozei*, *Methono Sarcina Methanica*. Bakteri pembentuk metana sangat sensitif terhadap pH, komposisi substat dan temperatur. Apabila kadar pH di bawah 6.0 maka proses pembentukan metana akan terhentikan tidak ada penurunan kandungan organik pada endapan.

### 2.1.3 Syarat biogas



Gambar 2.1 Skema Pembuatan Biogas

Sumber: Biologi Indonesia 24 juni 2014

Prinsip terjadinya biogas adalah fermentasi anaerob bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar (*flammable*). Secara kimia, reaksi yang terjadi pada pembuatan biogas cukup panjang dan rumit, meliputi tahap hidrolisis, tahap pengasaman, dan tahap metanogenik. Meskipun dalam praktiknya, pembuatan biogas relatif mudah dilakukan. Adapun syarat pembuatan biogas yaitu

#### a. Kondisi Anaerob atau Kedap Udara

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Karena itu, instalasi pengolah biogas harus kedap udara.

b. Ada bahan pengisian

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, sisa dapur dan sampah organik. Bahan baku isian harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme. Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8. Pada tahap awal fermentasi bahan organik akan terbentuk asam (asam organik yang akan menurunkan pH).

d. Imbangan C/N

Imbangan karbon (C) dan nitrogen (N) yang terkandung dalam aktivitas bahan organik sangat menentukan kehidupan mikroorganisme. Imbangan C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak adalah 25-30. Kotoran sapi mempunyai kandungan C/N sebesar 18.

e. Temperatur

Produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam digester. Upaya yang praktis untuk menstabilkan temperatur adalah dengan memberikan penutup di atas digester. Hal ini bertujuan supaya digester tidak terkena sinar matahari secara langsung.

#### f. Starter

Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. Starter merupakan mikroorganisme perombak yang berupa lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Starter juga ada yang dijual secara komersial. Namun pada proses pembuatan biogas kotoran kambing tidak menggunakan starter. Sehingga membutuhkan waktu fermentasi yang lebih lama.

#### 2.1.4 Pemurnian biogas

##### 2.1.4.1 Penghilang H<sub>2</sub>S

Proses asidifikasi menghasilkan senyawa H<sub>2</sub>S yang sifatnya bau. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menghilangkan H<sub>2</sub>S dari biogas hasil fermentasi, yaitu:

a. Cara pertama adalah dengan menyempatkan NaOH pada bubur kotoran yang sedang difermentasikan sehingga H<sub>2</sub>S yang baru terbentuk akan langsung dinetralkan oleh NaOH yang ada. Namun secara ekonomis dan ditinjau dari faktor fermentasi, cara ini tidak begitu disukai. Hal ini karena ketersediaan senyawa NaOH yang cukup mahal dan penggunaan yang berlebihan akan mengurangi efisiensi fermentasi (derajat pH akan meningkat sehingga faktor pH dari fermentasi tidak dapat dipenuhi). Masalah paling buruk adalah jika pH dari larutan terlalu tinggi dapat mematikan bakteri tersebut sehingga proses fermentasi dapat terhenti (Zicari 2003).

b. Cara kedua adalah dengan konsep *adsorpsi ferat hidrat* (Fe(OH)<sub>3</sub>), dalam proses ini gas H<sub>2</sub>S akan diserap oleh senyawa *ferat hidrat* dan mengalami *reaksi*

*redoks* (ferat tereduksi menjadi ferit, sulfida teroksidasi menjadi belerang). Belerang lebih tidak berbau dibanding dengan sulfida sehingga cara ini dianggap cukup efektif. Karena karakteristik dari tanah tropis mempunyai komposisi besi(III) yang tinggi, maka dapat digunakan tanah sebagai *adsorben*. Hal inilah yang menyebabkan cara ini jauh lebih disukai dari pada cara lainnya (Zicari 2003).

## 2.2 Kadar air

### 2.2.1 Pengertian Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).

Kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut (Tabrani, 1997).

Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100 gr bahan disebut kadar air berat basah. Berat bahan kering adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses

pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan (Kusumah, dan Andarwulan, 1989).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997).

Air ada yang berbentuk bebas, ada pula yang terikat baik didalam matriks bahan maupun didalam jaringannya. Air yang berbentuk bebas sangat mudah menguap karena biasanya terdapat pada permukaan bahan pangan. Kadar air perlu diukur untuk menentukan umur simpan suatu bahan pangan. Dengan demikian, suatu produsen makanan olahan dapat langsung mengetahui umur simpan produknya tanpa harus menunggu sampai produknya busuk.

Beberapa cara untuk menetapkan kadar air suatu bahan makanan misalnya dengan metode pemanasan langsung dan dengan metode destilasi (Azeotroph). Metode destilasi menggunakan pelarut yang tidak bercampur dalam air dan mempunyai titik didih sedikit diatas titik didih air, sehingga ketika dilakukan destilasi, air akan terkumpul dan jatuh dalam tabung Aufhauser. Hal ini dapat terjadi karena berat jenis air lebih besar dari pada berat jenis pelarut.

Ketika semua air telah terdestilasi, volume air dapat dibaca pada skala tabung Aufhauser. Pada percobaan ini kami menggunakan pelarut toluene dan xylene. Penentuan kadar air bahan pangan. Penetapan kadar air bahan pangan dapat

dilakukan dengan beberapa cara tergantung dari sifat bahannya. Pada umumnya penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan sejumlah sampel dalam oven pada suhu 105-110° C selama 3 jam atau hingga didapat berat yang konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan.

Penentuan kadar air untuk berbagai bahan berbeda-beda metodenya tergantung pada sifat bahan. Misalnya:

1. Untuk bahan yang tidak tahan panas, berkadar gula tinggi, berminyak dan lain-lain penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan oven vakum dengan suhu rendah.
2. Untuk bahan yang mempunyai kadar air tinggi dan mengandung senyawa volatil (mudah menguap) penentuan kadar air dilakukan dengan cara destilasi dengan pelarut tertentu yang berat jenisnya lebih rendah daripada berat jenis air. Untuk bahan cair yang berkadar gula tinggi, penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan refraktometer, dsb (Winarno, 1997).

Kadar air keseimbangan didefinisikan sebagai kandungan air pada bahan yang seimbang dengan kandungan air udara sekitarnya. Hal tersebut merupakan satu faktor yang menentukan sampai seberapa jauh suatu bahan dapat dikeringkan pada kondisi lingkungan tertentu (aktivitas air tertentu) dan dapat digunakan sebagai tolak ukur pencegahan kemampuan berkembangnya mikroorganisme yang menyebabkan terjadinya kerusakan bahan pada saat penyimpanan.

Kadar air keseimbangan (*equilibrium moisture content*) adalah kadar air minimum yang dapat dicapai pada kondisi udara pengeringan yang tetap atau

pada suhu dan kelembaban relatif yang tetap. Suatu bahan dalam keadaan seimbang apabila laju kehilangan air dari bahan ke udara sekelilingnya sama dengan laju penambahan air ke bahan dari udara di sekelilingnya. Kadar air pada keadaan seimbang disebut juga dengan kadar air keseimbangan atau keseimbangan higroskopis untuk menentukan kadar air keseimbangan (Henderson,1952).

Pengukuran kandungan air yang berada dalam bahan ataupun sediaan yang dilakukan dengan cara yang tepat diantaranya cara titrasi, destilasi atau gravimetrik yang bertujuan memberikan batasan minimal atau rentang tentang besarnya kandungan air dalam bahan, dimana nilai maksimal atau rentang yang diperbolehkan terkait dengan kemurniaan dan kontaminasi (Dirjen POM, 2000).

### 2.2.2 Pengurangan Kadar Air dan Uap Air

Air merupakan salah satu produk utama dari proses fermentasi. Oleh karena itu dilakukan suatu cara untuk mengurangi kadar air dari biogas yang dihasilkan sehingga kemurniaannya cukup tinggi. Cara paling mudah dari proses penghilangan air adalah dengan cara kondensasi dari uap tersebut. Cara kondensasi ini dapat dilakukan secara alami dengan menggunakan pipa berlekuk pada proses penyaluran biogas dari biodigestion menuju penampungan biogas. Pipa-pipa berlekuk dan suhu yang cukup rendah secara alami akan mengkondensasikan uap air menjadi air sehingga jumlah air dalam biogas akan berkurang. Alat penjebak air seperti pada gambar 2.4 watertrap, berfungsi untuk penjebak air, agar air tidak ikut di bakar pada mesin pembakaran.



Cara yang dilakukan untuk mempertinggi kemurnian biogas yaitu dengan penghilangan CO<sub>2</sub>. Dapat dilakukan dengan melarutkan CO<sub>2</sub> kedalam air membentuk asam karbonat. Pada proses ini akan mengubah CO<sub>2</sub> dalam biogas menjadi asam karbonat, dengan mereaksikannya dengan KOH

### 2.1.3 Biogas Sistem Dehumidification

Biogas, berasal dari biomassa, limbah tanaman dan TPA adalah mendapatkan pentingnya peningkatan di seluruh dunia sebagai diakui sumber energi terbarukan. Umumnya, biogas jenuh dengan air uap dan mengandung kotoran lainnya yang, bila digunakan sebagai bahan bakar, harus dihapus untuk mencegah korosi dan kerusakan

untuk peralatan dan sistem dan meningkatkan Efisiensi Unit cogeneration. Biogas terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida dengan lebih kecil jumlah hidrogen sulfida dan amonia. jumlah jejak gas lain seperti hidrogen, nitrogen atau karbon monoksida juga hadir dalam biogas. Biasanya gas campuran jenuh dengan uap air dan mungkin berisi partikel kotoran. Pemilihan pengobatan biogas yang efektif

Oleh karena itu peralatan ini sangat penting, baik dalam mengoptimalkan kogenerasi listrik dan termal energi, membuat sebagian besar tersedia energi terbarukan, dan mengurangi konsumsi energi dan operasi biaya untuk minimum.

Bolusi Parker adalah untuk mengeringkan gas, pertama dengan pendinginan menggunakan penukar panas berpendingin air bekerja dengan air berpendingin udara chiller dan kedua, dengan menghapus air kental dengan air siklon pemisah.

Gas didinginkan kemudian dapat dipanaskan untuk mengurangi kelembaban relatif dan dengan demikian memenuhi tuntutan teknis mesin gas, turbin dan hilir lainnya peralatan seperti Parker PpTek siloksan Penghapusan Sistem dan Biogas komponen Upgrade Sistem

Standar Sistem Biogas Dehumidification mendinginkan biogas ke titik embun ditentukan pengguna, menggunakan penukar panas Hypercool bioenergi bekerja dengan Hyperchill bioenergi chiller dan menghapus kental air dengan pemisah Hypersep bioenergi. Isolasi, Hyperfilter bioenergi dan Hyperdrain Bioenergi dapat disediakan sebagai pilihan Konfigurasi ini dirancang untuk instalasi di mana blower dipasang hilir Dehumidification yang Sistem, mengambil keuntungan dari posisinya untuk meningkatkan suhu biogas dan dengan demikian menurunkan Kelembaban Relatif nya.



Gambar : Dehumidification system sumber : Bolusir Parker 2000

Petunjuk merujuk ke operasi dengan pendingin bersih dan pemisah, laju alir gas pada  $20^{\circ} \text{C} / 1 \text{ barg}$ . kondisi kerja Nominal: 60% CH<sub>4</sub>, 40% CO<sub>2</sub>, gas Suhu

inlet 40 ° C jenuh, suhu pendingin air inlet 1 ° C, suhu 35 ° C, suhu gas outlet pada kondisi nominal 8 ° C (dari model yang skd60-007 untuk model skd265-024) dan 4 ° C (dari model yang skd240-029 untuk model skd1620-116). Rata-rata penurunan tekanan tanpa filter 11 mbar +/- 2 untuk semua model, tekanan rata-rata tetes dengan filter 14 mbar +/- 2 untuk semua model.

Biogas Sistem Dehumidification dengan 'Gas- 2Gas' Recuperator bioenergi mendinginkan biogas untuk Kelembaban relatif lebih rendah dari 50%. Isolasi, Hyperfilter Bioenergi dan Hyperdrain bioenergi dapat disediakan sebagai pilihan.

Konfigurasi ini dirancang untuk instalasi di mana blower dipasang hulu Dehumidification yang Sistem dengan Recuperator yang 'Gas2Gas' menyediakan bebas pendinginan untuk menghemat energi dan bebas pemanasan untuk mengurangi Kelembaban relatif dari biogas - tanpa perlu untuk pemanasan tambahan.

Petunjuk merujuk ke operasi dengan pendingin bersih dan pemisah, laju alir gas pada 20 ° C / 1 barg. kondisi kerja Nominal: 55% CH<sub>4</sub>, 45% CO<sub>2</sub>, gas inlet suhu 50 ° C (40 ° C jenuh), gas tekanan inlet 75 mbarg, refrigeran suhu air inlet 1 ° C, suhu 35 ° C, gas titik embun pada kondisi nominal 8 ° C (dari model yang skd60-007 untuk model skd265-024) dan 4 ° C (dari model yang skd240-029 untuk model skd1620-116), gas saluran keluar kelembaban relatif di bawah 50%

## 2.3 Pengeringan

### 2.3.1 Pengertian Pengeringan

Pengeringan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan (Trayball 1981). Sedangkan menurut Hall (1957) proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat biologis dan kimia sebelum bahan diolah (digunakan). Menurut Brooker, Bakker dan Hall (1974) Kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban udara, jenis bahan yang dikeringkan dan tingkat kematangan.

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap dari bahan ke udara.

Menurut Earle (1969), faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah :

- a. laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap puond (lb) air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

### 2.3.2 Prinsip Dasar Pengeringan

Proses pengeringan pada prinsipnya menyangkut proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi secara bersamaan (simultan). Pertama panas harus di transfer dari medium pemanas ke bahan. Selanjutnya setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan ke medium sekitarnya. Proses ini akan menyangkut aliran fluida di mana cairan harus di transfer melalui struktur bahan selama proses pengeringan berlangsung. Jadi panas harus di sediakan untuk menguapkan air dan air harus mendifusi melalui berbagai macam tahanan agar supaya dapat lepas dari bahan dan berbentuk uap air yang bebas. Lama proses pengeringan tergantung pada bahan yang di keringkan dan cara pemanasan yang digunakan (Rahmawan, 2001).

Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengeringan makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering, makin besar energi panas yang di bawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang di uapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Pada kelembaban udara tinggi, perbedaan tekanan uap air didalam dan diluar bahan kecil, sehingga pemindahan uap air dari dalam bahan keluar menjadi terhambat (Rahmawan, 2001).

Pada pengeringan dengan menggunakan alat umumnya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (*heater*) serta alat-alat kontrol. Sebagai sumber tenaga untuk mengalirkan udara dapat digunakan motor bakar atau motor

listrik. Sumber energi yang dapat digunakan pada unit pemanas adalah gas, minyak bumi, batubara, dan elemen pemanas listrik (Rahmawan, 2001).

Proses utama dalam pengeringan adalah proses penguapan air maka perlu terlebih dahulu diketahui karakteristik hidratisasi bahan pangan yaitu sifat-sifat bahan yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang dikandungnya dan molekul air di udara sekitarnya. Peranan air dalam bahan pangan dinyatakan dengan kadar air dan aktivitas air ( $a_w$ ), sedangkan peranan air di udara dinyatakan dengan kelembaban relatif (RH) dan kelembaban mutlak (H) (Rahmawan, 2001).

### 2.3.3 Mekanisme Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan melalui dua periode yaitu periode kecepatan konstan dan periode kecepatan penurunan. Periode kecepatan konstan sering kali disebut sebagai periode awal, dimana kecepatannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan massa dan panas (Rao et al, 2005). Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Desrosier, 1988).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan adalah (Buckle et al, 1987) :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengering.

Proses pengeringan juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening* (Desrosier,1988).

#### 2.3.4 Jenis-Jenis Alat Pengeringan

##### 1. *Tray Dryer*

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media

pengering. Pengeringan talam digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talam sering digunakan untuk laju produksi kecil.

Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan *ejector* atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak (Anonim, 2011).

## 2. *Spray Dryer*

Pengeringan semprot merupakan jenis pengering yang digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubur (*slurry*) sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Pengeringan semprot dapat menggabungkan fungsi evaporasi, kristalisator, pengering, unit penghalus dan unit klasifikasi. Penguapan dari permukaan tetesan menyebabkan terjadinya pengendapan zat terlarut pada permukaan. *Spray drying* ini, menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplet, selanjutnya droplet yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Dalam pengering semprot, bubur atau



larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut atau tetesan halus. (Anonim, 2011).

### 3. *Freeze Dryer*

*Freeze Dryer* merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *Conduction Dryer/Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah/lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga *Conduction Dryer/ Indirect Dryer*.

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Adapun prinsip kerja *Freeze Dryer* meliputi pembekuan larutan, menggranulasikan larutan yang beku tersebut, mengkondisikannya pada vakum *ultra-high* dengan pemanasan pada kondisi sedang, sehingga mengakibatkan air dalam bahan pangan tersebut akan menyublim dan akan menghasilkan produk padat.

### 4. *Rotary Dryer*

*Rotary dryer* atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. *Rotary dryer* sudah sangat dikenal luas di

kalangan industri karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar minyak dan gas, maka teknologi *rotary dryer* mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti *burner*, batubara, gas sintesis dan sebagainya. Pengereng *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas.

### 2.3.5 Laju Pengeringan

Dalam suatu proses pengeringan, dikenal adanya suatu laju pengeringan yang dibedakan menjadi dua tahap utama, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan air bebas yang terdapat pada permukaan biji-bijian. Laju pengeringan ini terjadi sangat singkat selama proses pengeringan berlangsung, kecepatan penguapan air pada tahap ini dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas.

Besarnya laju pengeringan ini tergantung dari:

- a) Lapisan yang terbuka,
- b) Perbedaan kelembaban antara aliran udara dan daerah basah,
- c) Koefisien pindah massa, dan

d) Kecepatan aliran udara pengering (Nurba, 2010).

Laju pengeringan bahan pangan dengan kadar air awal di atas 70% – 75% basis basah, selama periode awal pengeringan, laju pengeringan ditinjau dari tiga parameter pengeringan eksternal yaitu kecepatan udara, suhu udara dan kelembaban udara. Jika kondisi lingkungan konstan, maka laju pengeringan akan konstan (Brooker *et al.*, 1981).

Sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air bebas dari dalam biji ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum dari biji (Nurba, 2010). Proses pengeringan dengan laju menurun sangat tergantung pada sifat-sifat alami bahan yang dikeringkan. Laju perpindahan massa selama proses ini dikendalikan oleh perpindahan internal bahan (Istadi *et al.*, 2002). Periode laju pengeringan menurun meliputi 2 proses yaitu perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan ke udara sekitar (Henderson and Perry, 1976). Kadar air kritis (*critical moisture content*) menjadi batas antara laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun (Nurba, 2010). Menurut Henderson and Perry (1976) dalam bukunya menyatakan bahwa kadar air kritis adalah kadar air terendah pada saat kecepatan aliran air bebas dari dalam biji ke permukaan sama dengan kecepatan pengambilan uap air maksimum dari biji.

Proses pengeringan berlangsung sampai kesetimbangan dicapai antara permukaan dalam dan permukaan luar bahan dan antara permukaan luar bahan dengan lingkungan. Pada tahap awal, dimulai dengan masa pemanasan singkat dengan laju pengeringan maksimum dan konstan. Dalam tahap pengeringan ini,

kadar air melebihi kadar air maksimum higroskopis diseluruh bagian dalam bahan. Dalam hal ini, tingkat pengeringan bahan tertentu tergantung pada karakteristik bahan yaitu suhu bahan, kelembaban relatif dan kecepatan udara pengeringan (Sitkei and György, 1986).

Laju penguapan air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Laju aliran air} = \frac{w_t - w_{t-1}}{w_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $w_t$  merupakan berat awal bahan,  $w_{t+1}$  merupakan berat bahan pada waktu ( $t$ , jam) dan  $w_a$  merupakan berat bahan saat konstan serta  $t_1$  dan  $t_2$  merupakan perubahan waktu setiap jam. Laju penguapan air adalah banyaknya air yang diuapkan setiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu (Yadollahinia *et al.*, 2008).

## 2.4 Proses pembakaran

### 2.4.1 Pengertian Proses Pembakaran

Pengertian pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur.

Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “Tiga T” yaitu :

- a. T-Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. T-Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. T-Time (Waktu)

Waktu yang cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari tahap awal yaitu penyalaan dimana keadaan transisi dan tidak reaktif menjadi reaktif karena dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung. Penyalaan terjadi bila panas yang dihasilkan oleh pembakaran lebih besar dari panas yang hilang ke lingkungan. Dalam proses penyalaan ini dapat dipicu oleh energi *thermal* yang merupakan transfer energi *thermal* ke reaktan oleh konduksi, konveksi, radiasi atau kombinasi dari ketiga macam proses tersebut.

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya besar kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Kualitas bahan bakar perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristiknya sehingga homogenitas campuran bahan bakar dengan udara terjadi secara sempurna agar terjadi pembakaran yang sempurna.

Energi panas yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran senyawa hidrokarbon merupakan kebutuhan energi yang paling dominan dalam refinery. Pengolahan energi yang tepat dan efisien merupakan langkah penting dalam upaya penghematan biaya produksi secara menyeluruh. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang bersifat eksotermis dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dengan oksigen serta menghasilkan panas. Proses pembakaran memerlukan udara, namun jumlah udara yang dibutuhkan tidak diberikan dalam jumlah yang tepat secara stoikiometri, namun dlebihihkan. Hal ini bertujuan supaya pembakaran berlangsung sempurna. Kelebihan udara ini disebut *Excess air* (udara yang berlebih).

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan jumlah panas yang maksimum. Pembakaran dinyatakan secara kualitatif atau kuantitatif dengan reaksi kimia. Jumlah panas yang dihasilkan bahan bakar dinyatakan sebagai nilai kalori pembakaran (*Calorie Value*). Reaksi kimia terjadi melalui suatu proses oksidasi senyawa-senyawa karbon, hidrogen, dan sulfur yang ada dalam bahan bakar. Reaksi ini umumnya menghasilkan nyala api. Terdapat dua istilah pembakaran yang berhubungan dengan udara excess, yaitu :

1) Neutral combustion

Merupakan pembakaran tanpa excess atau defisit udara dan tanpa bahan bakar yang tidak terbakar

2) Oxidizing combustion

Merupakan pembakaran dengan excess udara, udara yang berlebih bukan merupakan jaminan pembakaran yang sempurna

#### 2.4.2 Temperatur Nyala Api (*Flame Temperatures*)

Temperatur nyala api (*Flame Temperatures*) adalah suhu maksimum nyala bahan bakar yang terjadi apabila tidak ada kebocoran panas ke sekeliling. Suhu nyala adibatik diperlukan untuk mengetahui berapa besar panas yang terjadi ketikabahan bakar tersebut bakar. Hal ini merupakan salah satu parameter karakteristik termal dari bahan bakar, seperti halnya bahan bakar solar yang dipakai sebagai bahan bakar. Perhitungan suhu nyala adibatik di dasarkan atas persentase massa dari kandungan carbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen di dalam bahan bakar. Dalam pembakaran, semua kalor yang terkandung di dalam bahan bakar menjadi produk + kalor sensibel.

*Flame* temperatur adalah temperatur dimana suatu zat atau material melepaskan uap yang cukup untuk membentuk campuran dengan udara yang ada sehingga terbakar. Walaupun banyak orang yang mengatakan bahwa temperatur nyala tidak dapat ditentukan secara nyata. Karena hal itulah para ahli mencari metode untuk menentukan nilainya secara teori. Temperatur nyala api ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu tergantung pada jenis bahan bakar dan oksida yang digunakan. Untuk api konvensional yang digunakan dalam fotometri nyala, temperatur nyala yang lebih tinggi diperoleh dengan oksigen digunakan sebagai oksida bukan udara, karena di dalam udara terdapat nitrogen yang dapat menurunkan suhu nyala api (Melisa 2015).

*Flame* temperatur juga bervariasi sesuai dengan rasio masing-masing komponen dalam campuran yang mudah terbakar, jika campuran tidak masuk pembakaran dalam komposisi optimal, bahan bakar kelebihan atau oksidan tidak

berpartisipasi dalam reaksi dan gas *inert* seperti komponen berlebih menurunkan suhu nyala api.

Temperatur yang dapat secara adiabatik, dimana tidak ada panas yang masuk dan panas yang keluar padasaat terjadinya pembakaran. Sedangkan suhu pembakaran disebut dengan *flame* temperatur. Untuk menghitung *flame* temperatur digunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta HR_T = \Delta H_{oR} + (\Delta H_p - H_R)$$

Rumus menghitung panas reaksi standar

$$\Delta H_{oR} = n \sum \Delta H^\circ C + n \cdot \lambda H_2O \text{ sumber : Hougen 1943}$$

Dimana

$\Delta HR_T$  = Panas reaksi pembakaran

$\Delta H_{oR}$  = Panas reaksi

$\Delta H_p$  = Panas produk

$H_R$  = Panas reaktan

Faktor-faktor yang mempengaruhi *flame* temperatur :

1. Temperatur Adiabatik
2. Tekanan Atmosfir
3. Bahan bakar yang terbakar
4. Ada tidaknya pengoksidasi dalam bahan bakar
5. Bagaimana stokiometri pembakaran yang terjadi



### 2.4.3 Kebutuhan Udara Pembakaran

Dalam suatu proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen, dibutuhkan oksigen murni untuk proses pembakaran didalam ruang bakar. Namun hal ini merupakan hal yang tidak efisien karena harga oksigen murni yang sangat mahal, selain itu dapat mengakibatkan suhu lokal yang sangat tinggi di dalam ruang bakar sehingga dapat merusak pipa-pipa dan logam pembungkus boiler. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan oksigen yang cukup banyak tersedia yaitu udara. Jika mengabaikan kandungan kecil dari gas-gas mulia yang ada di dalam udara seperti neon, xenon, dan sebagainya, maka dapat menganggap udara kering sebagai campuran dari gas nitrogen dan oksigen. Proporsi oksigen dan nitrogen dapat diatur dalam udara, dalam satuan volume maupun satuan berat.

Dalam bentuk persentase, proporsinya adalah :

Berdasarkan berat : Oksigen = 23,2 %

Nitrogen = 76,8 %

Berdasarkan volume : Oksigen = 21 %

Nitrogen = 79 %

### 2.4.4 Kebutuhan Udara Teoritis

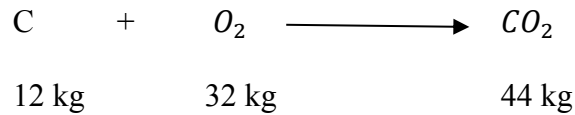
Analisis pembakaran untuk menghitung kebutuhan udara teoritis dapat dilakukan dengan dua cara :

- a. Berdasarkan pada satuan berat
- b. Berdasarkan pada satuan volume

Pada suatu analisis pembakaran selalu diperlukan data-data berat molekul dan berat atom dari unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar.

a. Analisis Pembakaran Berdasarkan Berat

Analisis ini digunakan untuk menghitung kebutuhan teoritis pada pembakaran sempurna sejumlah bahan bakar tertentu. Sebagai contoh :



Ini berarti bahwa setiap kg karbon memerlukan 32 kg oksigen secara teoritis untuk membakar sempurna karbon menjadi karbondioksida. Apabila oksigen yang dibutuhkan untuk membakar masing-masing unsur pokok dalam bahan bakar dihitung lalu dijumlahkan, maka akan ditemukan kebutuhan oksigen teoritis yang dibutuhkan untuk membakar sempurna seluruh bahan bakar. Oleh karena itu untuk memperoleh harga kebutuhan oksigen teoritis yang sebenarnya maka dibutuhkan oksigen yang telah dihitung berdasarkan persamaan reaksi pembakaran kemudian dikurangi dengan oksigen yang terkandung dalam bahan bakar.

b. Analisis Pembakaran Berdasarkan Volume

Apabila dalam suatu analisis bahan bakar dinyatakan dalam persentase berdasar volume, maka suatu perhitungan yang serupa dengan perhitungan berdasarkan berat bisa digunakan untuk menentukan volume dari udara teoritis yang dibutuhkan. Untuk menentukan udara teoritis harus memahami hukum avogadro yaitu “gas-gas dengan volume yang sama pada suhu dan tekanan standar (0°C dan tekanan sebesar 1 bar) berisikan molekul dalam jumlah yang sama” (Diklat PLN 2006).

## 2.4.5 Kebocoran Udara

Mengevaluasi bahan bakar yang terbuang yang disebabkan kebocoran udara. Kebocoran udara di bagian konveksi akan menurunkan efisiensi panas dari furnace akibat pencampuran udara luar yang bersuhu rendah dengan gas buang yang bersuhu tinggi. Persamaan beban energi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta F = \frac{(T_s - T_a)(O_{2,s} - O_{2,c})}{500}$$

Sebagai contoh, katakanlah suhu stack sebesar 600° F dan suhu udara lingkungan sebesar 100°F, bagian konveksi memiliki 10% Oksigen, dan di firebox mengandung 6% oksigen yang diukur dibawah shock tube. Berapa persen bahan bakar yang terbuang dengan adanya kebocoran udara pada bagian konveksi ?

$$\Delta F = \frac{(600 - 100)(10 - 6)}{500} = 4\%$$

Meminimalisir pemborosan bahan bakar yang disebabkan kebocoran udara jika mengacu pada contoh diatas, seandainya kita mengurangi udara pembakaran dengan sedikit menutup air register, sehingga kadar oksigen dalam firebox sekarang menjadi 3%. Kadar oksigen di bagian konveksi juga turun, katakanlah menjadi sekitar 9% oksigen. Perbedaan kadar oksigen di firebox dengan di bagian konveksi sekarang meningkat menjadi 6%. Hal ini disebabkan karena draft yang melewati heater meningkat (berarti tekanan lebih negatif), dan lebih banyak udara yang diisap melewati lubang-lubang atau dari kebocoran udara pada bagian konveksi. Jika kita masih mempertahankan suhu stack 600°F dan suhu lingkungan 100°F, kita mendapatkan sekarang 6% bahan bakar yang terbuang. Sehingga akan lebih banyak lagi bahan bakar yang harus dibakar di dalam firebox untuk mengimbangi meningkatnya kebocoran udara.

Seandainya kita mengatur air register kembali seperti semula, dan sebagai gantinya kita menjepit stack damper, sehingga kita bisa menurunkan laju alir udara dengan stack damper hingga oksigen pada firebox turun dari 6% menjadi 3%. Oksigen pada bagian konveksi juga turun katakanlah 5%. Pada kasus ini kita melihat bahwa  $\Delta O_2$  juga berkurang menjadi hanya 2%. Hal ini dikarenakan berkurangnya draft yang melewati heater, yang berarti tekanan pada bagian konveksi meningkat sehingga menurunkan laju kebocoran udara. Hal ini menunjukkan bagaimana kebocoran udara bervariasi sesuai dengan kombinasi operasi antara stack damper dan air register.

#### *Udara Berlebih (Excess Air)*

Konsentrasi oksigen pada gas buang merupakan parameter penting untuk menentukan status proses pembakaran karena dapat menunjukkan kelebihan  $O_2$  yang digunakan. Secara kuantitatif udara lebih dapat ditentukan dari :

- a. Komposisi gas buang yang meliputi  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  dan  $CO$
- b. Pengukuran secara langsung udara yang disuplai

Rumus untuk menghitung udara berlebih dari komposisi gas buang adalah:

$$\% \text{ Udara berlebih} = \frac{\text{udara suplai} - \text{udara teoritis}}{\text{udara teoritis}} \times 100 \text{ sumber: Himmelblau}$$

1991

Efisiensi pembakaran akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah *excess air* hingga pada nilai tertentu, yaitu saat nilai kalor yang terbuang pada gas buang lebih besar daripada kalor yang dapat disuplai oleh pembakaran yang optimal.

Parameter yang diperlukan untuk kualifikasi bahan bakar dan udara didalam sebuah proses pembakaran adalah rasio udara atau bahan bakar, yaitu jumlah udara di dalam sebuah reaksi terhadap jumlah bahan bakar = mol udara / mol bahan bakar atau massa udara (kg) / massa bahan bakar (kg)

## 2.5 Gas Engine



### 2.5.1 Pengertian Gas engine

Gas engine di buat dan di rancang dengan sistem kerja sederhana dimana energi panas di hasilkan dari pembakaran bahan bakar, di ubah menjadi energi mekanis dan selanjut nya menjadi energi sesuai kebutuhan seperti energi listrik dan lain nya.terdapat kekurangan dari pusat listrik ini seperti adanya unsur kimia bahan bakar minyak yang korosif dan sifat korosif dari material yang di gunakan untuk komponen gas engine karena bekerja pada temperatur tinggi.

### 2.5.2 Prinsip Kerja Dari Gas Engine

- Udara dengan tekanan atmosfer ditarik masuk kedalam kompresor.

- Kemudian udara ditekan ke dalam ruang bahan bakar dan bercampur dengan bahan bakar.
- Gas yang merupakan hasil pembakaran berupa energi thermal akan menimbulkan panas.
- Hasil dari energi panas inilah akan dimanfaatkan gas engine ,sedangkan energi panas sudah turun pada temperatur dan di tekanannya.
- Kemudian gas engine akan menghasilkan energi mekanis sehingga menghasilkan energi listrik.

Sebagai pendukung gas engine maka digunakan alat bantu untuk menangani proses siklus turbin berjalan dengan baik. Gunanya adalah untuk menjaga pelumas bahan bakar, tekanan udara mengontrol udara, dll. Sehingga mesin dapat terjaga dan bekerja dalam kondisi normal dan stabil. Energi listrik akan di peroleh dengan daya tertentu sesuai penerapan pada turbin.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan waktu

- Penelitian ini dilaksanakan setelah tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi teknik mesin sampai dinyatakan selesai
- Tempat penelitian adalah PT. UKINDO BLANKAN OIL MILL POM, Kuala Langkat

No.	Kegiatan	Bulan (2017)						
		2	3	4	5	6	7	8
1	Pencarian Judul	■	■					
2	Pencarian Referensi		■	■	■			
3	Pembuatan Proposal judul		■	■	■			
4	Penelitian				■	■	■	
5	Seminar							■
6	Ujian Akhir							■

Gambar 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

#### 3.2. Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian:

- Bahan adalah biogas



Gambar 3.1 Limbah cair (pome)

- Peralatan adalah Digester anaerobik, dehumidifier biogas, gas engine, dan bom kalori meter.

### 3.3 Data – data yang diperoleh dari PT. Ukindo Blankan, Langkat

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Kandungan metana                          | = 40 – 60%    |
| 2. Aliran air umpan (feed stream water)      | = 200 Kg/hari |
| 3. Temperatur pada scrubber                  | = 60°C        |
| 4. Temperatur pada mesin chiller (pendingin) | = 20°C        |
| 5. Putaran mesin pada gas engine             | = 1200 rpm    |

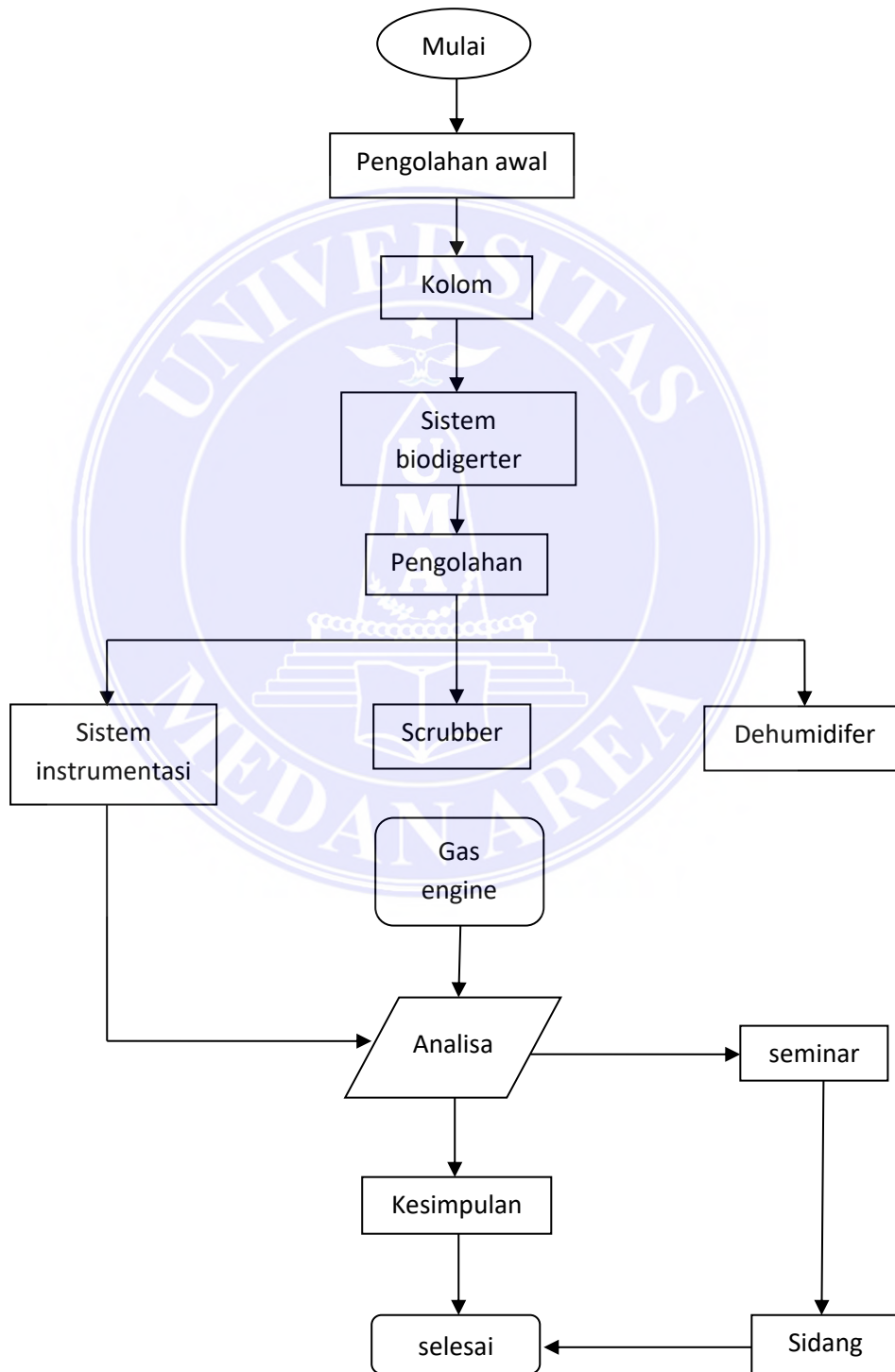
### 3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian kali ini saya melakukan penelitian di PT. Ukindo Blankan, Langkat, disana saya mengamati pengurangan kadar air pada proses pembakaran di dalam gas engine, untuk mendapatkan proses pembakaran di dalam gas engine dengan baik dan pada gas engine tidak mengalami korosi, dan mengetahui perhitungan peembakaran nilai kalor limbah cair kelapa sawit.



### 3.5 Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan mengikuti mrtologi yang secara singkat dapat di jelaskan pada diagram di bawah ini :



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 BIOGAS

##### 2.1.1 Pengertian biogas

Biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik dari bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik, termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi anaerobik. Komponen terbesar (penyusun utama) biogas adalah metana ( $\text{CH}_4$ , 50 - 70 %) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ , 30 - 40 %). Namun, komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Beberapa kandungan biogas dapat dilihat pada tabel 2.1 (Fitri Meidina Harahap 2009).

Tabel 2.1 Kandungan Biogas

Sumber : Kadah wati, 2003

Komponen	Persentase %
Metan ( $\text{CH}_4$ )	50-70%
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	30-40%
Air ( $\text{H}_2\text{O}$ )	0,3%
Hidrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ )	Sedikit sekali
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	1- 2%
Hidrogen	5-10%

Biogas sangat potensial untuk dijadikan sebagai sumber energi terbarukan karena kandungan metana ( $\text{CH}_4$ ) yang tinggi dan nilai kalornya yang cukup tinggi yaitu berkisar antara 4.800 – 6.700 kkal/m<sup>3</sup> (Harahap, 1980) metana ( $\text{CH}_4$ ) yang hanya memiliki satu karbon dalam setiap rantainya, dapat membuat pembakarannya lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar berantai karbon panjang. Hal ini disebabkan karena jumlah  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan selama pembakaran bahan bakar berantai karbon pendek adalah lebih sedikit. (fitri meidina harahap 2009).

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil kandungan metana semakin kecil nilai kalor. Kualitas biogas dapat ditingkatkan dengan memperlakukan beberapa parameter yaitu Menghilangkan hidrogen sulphur, kandungan air dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ). Hidrogen sulphur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi, bila biogas mengandung senyawa ini maka akan menyebabkan gas yang berbahaya sehingga konsentrasi yang di iijinkan maksimal 5 ppm. Bila gas dibakarmaka hidrogen sulphur akan lebih berbahaya karena akan membentuk senyawa baru bersama – samaoksigen, yaitu sulphur dioksida /sulphur trioksida ( $\text{SO}_2 / \text{SO}_3$ ). Senyawa ini lebih beracun. Pada saat yang sama akan membentuk asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) suatu senyawa yang lebih korosif. Parameter yang kedua adalah menghilangkan kandungan karbon dioksida yang memiliki tujuan untuk meningkatkan kualitas, sehingga gas dapat digunakan

untuk bahan bakar kendaraan. Kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosif.(fitri meidina harahap 2009).

### 2.1.2 Sifat biogas

Sifat fisik dan kimia dari biogas mempengaruhi pemilihan teknologi yang akan digunakan, dimana pengetahuan tentang sifat-sifat dari biogas bermanfaat untuk mengoptimalkan peralatan yang menggunakan gas ini. Karena kandungan utama biogas terdiri dari metana dan karbondioksida, maka sifat biogas difokuskan pada sifat-sifat dari masing-masing gas tersebut. Unsur – unsur lain seperti nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), relatif dalam jumlah sangat kecil, namun gas hidrogen sulfida mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap material yaitu dapat menyebabkan korosi jika bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O).(Ageng Tri Anggito,2014).Sifat – sifat methane pada karbon dioksida dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat – sifat metane dan karbon dioksida

Sumber : Heisler, 1981

Metana (CH <sub>4</sub> )	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	
Berat molekul	16,04	44,1
Berat jenis (specific gravity)	0,554	1,52
Titik didih 14,7 psia	26,43 oC	42,99 oC
Titik beku 14,7 psia	182,53oC	-56,60 oC
Volume jenis	4,2 ft <sup>3</sup> /lb	8,8 ft <sup>3</sup> /lb
Temperatur kritis	46,6 oC	31,10 oC
Tekanan kritis	673 psia	1072 psia
Perbandingan panas jenis	1,307	1,303

Proses pembentukan biogas di dalam digester disebut dengan fermentasi *anaerob* (pembusukkan tanpa oksigen). Proses fermentasi *anaerob* di dalam digester dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

- a. Hidrolisa merupakan perubahan zat organik menjadi bahan cairan mikroba oleh mikroba asam
- b. Asidifikasi adalah perubahan organik cair menjadi asam – asam organik oleh mikroba asam
- c. Metanasi adalah perubahan asam organik menjadi metana, karbon dioksida, asam sulfida, nitrogen, dan sel-sel mikroba oleh mikroba metanasi.

Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol, dan sedikit butirrat, gas karbondioksida, hidrogen dan amoniak. Sedangkan pada tahap metanogenik adalah proses pembentukan gas metan. Sebagai ilustrasi dapat dilihat salah satu adalah proses pembentukan gas metan. Sebagai ilustrasi dapat dilihat salah satu

Ada beberapa golongan bakteri yang memegang peranan penting dalam proses terbentuknya biogas ini, yaitu:

- a. Golongan bakteri pengunselulosa

Bakteri-bakteri ini akan mengubah selulosa menjadi gula. Selulosa merupakan komponen terbesar penyusun bahan-bahan organik. Pada kondisi anaerob akan menghasilkan karbondioksida, air, dan panas. Sedangkan pada kondisi anaerob akan menghasilkan karbondioksida, etanol panas.

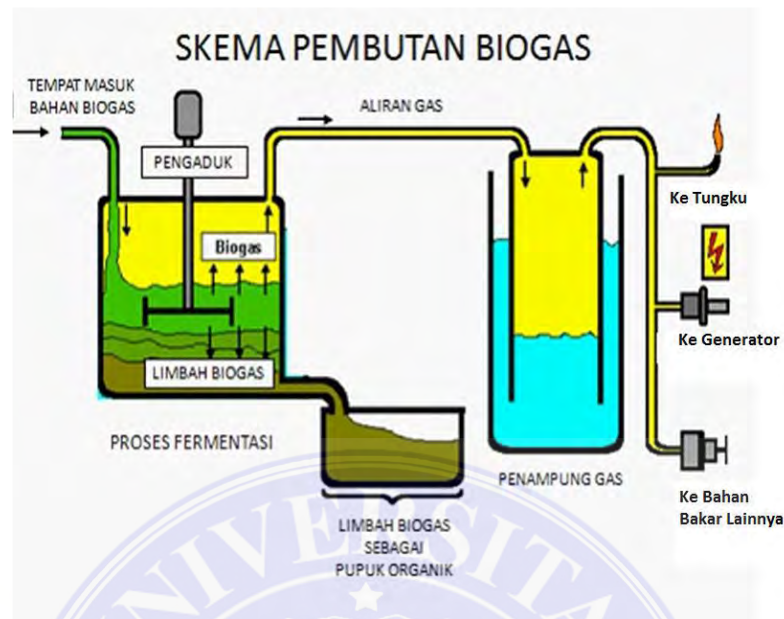
#### b. Golongan bakteri pembentuk asam

Bakteri pembentuk asam ini aktif menguraikan substansi-substansi polimer kompleks, yaitu protein, karbohidrat, dan lemak menjadi asam-asam organik sederhana yaitu asam-asam butirat, propinat, laktat, asetat, dan alkohol. Pada kondisi anaerob, bakteri ini masih dapat berkembang biak dan aktif menguraikan bahan organik menjadi asam-asam organik. Tetapi tahap awal pada proses pembentukan biogas dalam digester, tahapan ini disebut juga tahap oksidagenik. Adapun jenis bakteri yang aktif memproduksi asam-asam tersebut adalah bakteri *Methanobacterium Propionicum* dan *Methanobacterium suboxydan*.

#### c. Golongan bakteri pembentuk gas metana

Kondisi anaerob merupakan kondisi yang sangat mendukung terjadinya. Kondisi anaerob merupakan kondisi yang sangat mendukung terjadinya aktif dan memproduksi gas metana antara lain, *Methanobacterium Sohngenei*, *Methanococcus Mozei*, *Methanobacterium Sarcina Methanica*. Bakteri pembentuk metana sangat sensitif terhadap pH, komposisi substrat dan temperatur. Apabila kadar pH di bawah 6.0 maka proses pembentukan metana akan terhenti dan tidak ada penurunan kandungan organik pada endapan.

### 2.1.3 Syarat biogas



Gambar 2.1 Skema Pembuatan Biogas

Sumber: Biologi Indonesia 24 juni 2014

Prinsip terjadinya biogas adalah fermentasi anaerob bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar (*flammable*). Secara kimia, reaksi yang terjadi pada pembuatan biogas cukup panjang dan rumit, meliputi tahap hidrolisis, tahap pengasaman, dan tahap metanogenik. Meskipun dalam praktiknya, pembuatan biogas relatif mudah dilakukan. Adapun syarat pembuatan biogas yaitu

#### a. Kondisi Anaerob atau Kedap Udara

Biogas dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme anaerob. Karena itu, instalasi pengolahan biogas harus kedap udara.

b. Ada bahan pengisian

Bahan baku isian berupa bahan organik seperti kotoran ternak, sisa dapur dan sampah organik. Bahan baku isian harus terhindar dari bahan anorganik seperti pasir, batu, plastik, dan beling.

c. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme. Derajat keasaman yang optimum bagi kehidupan mikroorganisme adalah 6,8-7,8. Pada tahap awal fermentasi bahan organik akan terbentuk asam (asam organik yang akan menurunkan pH).

d. Imbangan C/N

Imbangan karbon (C) dan nitrogen (N) yang terkandung dalam aktivitas bahan organik sangat menentukan kehidupan mikroorganisme. Imbangan C/N yang optimum bagi mikroorganisme perombak adalah 25-30. Kotoran sapi mempunyai kandungan C/N sebesar 18.

e. Temperatur

Produksi biogas akan menurun secara cepat akibat perubahan temperatur yang mendadak di dalam digester. Upaya yang praktis untuk menstabilkan temperatur adalah dengan memberikan penutup di atas digester. Hal ini bertujuan supaya digester tidak terkena sinar matahari secara langsung.



#### f. Starter

Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik hingga menjadi biogas. Starter merupakan mikroorganisme perombak yang berupa lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. Starter juga ada yang dijual secara komersial. Namun pada proses pembuatan biogas kotoran kambing tidak menggunakan starter. Sehingga membutuhkan waktu fermentasi yang lebih lama.

#### 2.1.4 Pemurnian biogas

##### 2.1.4.1 Penghilang H<sub>2</sub>S

Proses asidifikasi menghasilkan senyawa H<sub>2</sub>S yang sifatnya bau. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menghilangkan H<sub>2</sub>S dari biogas hasil fermentasi, yaitu:

a. Cara pertama adalah dengan menyempatkan NaOH pada bubur kotoran yang sedang difermentasikan sehingga H<sub>2</sub>S yang baru terbentuk akan langsung dinetralkan oleh NaOH yang ada. Namun secara ekonomis dan ditinjau dari faktor fermentasi, cara ini tidak begitu disukai. Hal ini karena ketersediaan senyawa NaOH yang cukup mahal dan penggunaan yang berlebihan akan mengurangi efisiensi fermentasi (derajat pH akan meningkat sehingga faktor pH dari fermentasi tidak dapat dipenuhi). Masalah paling buruk adalah jika pH dari larutan terlalu tinggi dapat mematikan bakteri tersebut sehingga proses fermentasi dapat terhenti (Zicari 2003).

b. Cara kedua adalah dengan konsep *adsorpsi ferat hidrat* (Fe(OH)<sub>3</sub>), dalam proses ini gas H<sub>2</sub>S akan diserap oleh senyawa *ferat hidrat* dan mengalami *reaksi*

*redoks* (ferat tereduksi menjadi ferit, sulfida teroksidasi menjadi belerang). Belerang lebih tidak berbau dibanding dengan sulfida sehingga cara ini dianggap cukup efektif. Karena karakteristik dari tanah tropis mempunyai komposisi besi(III) yang tinggi, maka dapat digunakan tanah sebagai *adsorben*. Hal inilah yang menyebabkan cara ini jauh lebih disukai dari pada cara lainnya (Zicari 2003).

## 2.2 Kadar air

### 2.2.1 Pengertian Kadar Air

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).

Kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut (Tabrani, 1997).

Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100 gr bahan disebut kadar air berat basah. Berat bahan kering adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses

pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan (Kusumah, dan Andarwulan, 1989).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997).

Air ada yang berbentuk bebas, ada pula yang terikat baik didalam matriks bahan maupun didalam jaringannya. Air yang berbentuk bebas sangat mudah menguap karena biasanya terdapat pada permukaan bahan pangan. Kadar air perlu diukur untuk menentukan umur simpan suatu bahan pangan. Dengan demikian, suatu produsen makanan olahan dapat langsung mengetahui umur simpan produknya tanpa harus menunggu sampai produknya busuk.

Beberapa cara untuk menetapkan kadar air suatu bahan makanan misalnya dengan metode pemanasan langsung dan dengan metode destilasi (Azeotroph). Metode destilasi menggunakan pelarut yang tidak bercampur dalam air dan mempunyai titik didih sedikit diatas titik didih air, sehingga ketika dilakukan destilasi, air akan terkumpul dan jatuh dalam tabung Aufhauser. Hal ini dapat terjadi karena berat jenis air lebih besar dari pada berat jenis pelarut.

Ketika semua air telah terdestilasi, volume air dapat dibaca pada skala tabung Aufhauser. Pada percobaan ini kami menggunakan pelarut toluene dan xylene. Penentuan kadar air bahan pangan. Penetapan kadar air bahan pangan dapat

dilakukan dengan beberapa cara tergantung dari sifat bahannya. Pada umumnya penentuan kadar air dilakukan dengan mengeringkan sejumlah sampel dalam oven pada suhu 105-110° C selama 3 jam atau hingga didapat berat yang konstan. Selisih berat sebelum dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan.

Penentuan kadar air untuk berbagai bahan berbeda-beda metodenya tergantung pada sifat bahan. Misalnya:

1. Untuk bahan yang tidak tahan panas, berkadar gula tinggi, berminyak dan lain-lain penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan oven vakum dengan suhu rendah.
2. Untuk bahan yang mempunyai kadar air tinggi dan mengandung senyawa volatil (mudah menguap) penentuan kadar air dilakukan dengan cara destilasi dengan pelarut tertentu yang berat jenisnya lebih rendah daripada berat jenis air. Untuk bahan cair yang berkadar gula tinggi, penentuan kadar air dapat dilakukan dengan menggunakan refraktometer, dsb (Winarno, 1997).

Kadar air keseimbangan didefinisikan sebagai kandungan air pada bahan yang seimbang dengan kandungan air udara sekitarnya. Hal tersebut merupakan satu faktor yang menentukan sampai seberapa jauh suatu bahan dapat dikeringkan pada kondisi lingkungan tertentu (aktivitas air tertentu) dan dapat digunakan sebagai tolak ukur pencegahan kemampuan berkembangnya mikroorganisme yang menyebabkan terjadinya kerusakan bahan pada saat penyimpanan.

Kadar air keseimbangan (*equilibrium moisture content*) adalah kadar air minimum yang dapat dicapai pada kondisi udara pengeringan yang tetap atau

pada suhu dan kelembaban relatif yang tetap. Suatu bahan dalam keadaan seimbang apabila laju kehilangan air dari bahan ke udara sekelilingnya sama dengan laju penambahan air ke bahan dari udara di sekelilingnya. Kadar air pada keadaan seimbang disebut juga dengan kadar air keseimbangan atau keseimbangan higroskopis untuk menentukan kadar air keseimbangan (Henderson,1952).

Pengukuran kandungan air yang berada dalam bahan ataupun sediaan yang dilakukan dengan cara yang tepat diantaranya cara titrasi, destilasi atau gravimetrik yang bertujuan memberikan batasan minimal atau rentang tentang besarnya kandungan air dalam bahan, dimana nilai maksimal atau rentang yang diperbolehkan terkait dengan kemurniaan dan kontaminasi (Dirjen POM, 2000).

### 2.2.2 Pengurangan Kadar Air dan Uap Air

Air merupakan salah satu produk utama dari proses fermentasi. Oleh karena itu dilakukan suatu cara untuk mengurangi kadar air dari biogas yang dihasilkan sehingga kemurniaannya cukup tinggi. Cara paling mudah dari proses penghilangan air adalah dengan cara kondensasi dari uap tersebut. Cara kondensasi ini dapat dilakukan secara alami dengan menggunakan pipa berlekuk pada proses penyaluran biogas dari biodigestion menuju penampungan biogas. Pipa-pipa berlekuk dan suhu yang cukup rendah secara alami akan mengkondensasikan uap air menjadi air sehingga jumlah air dalam biogas akan berkurang. Alat penjebak air seperti pada gambar 2.4 watertrap, berfungsi untuk penjebak air, agar air tidak ikut di bakar pada mesin pembakaran.

Cara yang dilakukan untuk mempertinggi kemurnian biogas yaitu dengan penghilangan CO<sub>2</sub>. Dapat dilakukan dengan melarutkan CO<sub>2</sub> kedalam air membentuk asam karbonat. Pada proses ini akan mengubah CO<sub>2</sub> dalam biogas menjadi asam karbonat, dengan mereaksikannya dengan KOH

### 2.1.3 Biogas Sistem Dehumidification

Biogas, berasal dari biomassa, limbah tanaman dan TPA adalah mendapatkan pentingnya peningkatan di seluruh dunia sebagai diakui sumber energi terbarukan. Umumnya, biogas jenuh dengan air uap dan mengandung kotoran lainnya yang, bila digunakan sebagai bahan bakar, harus dihapus untuk mencegah korosi dan kerusakan

untuk peralatan dan sistem dan meningkatkan Efisiensi Unit cogeneration. Biogas terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida dengan lebih kecil jumlah hidrogen sulfida dan amonia. jumlah jejak gas lain seperti hidrogen, nitrogen atau karbon monoksida juga hadir dalam biogas. Biasanya gas campuran jenuh dengan uap air dan mungkin berisi partikel kotoran. Pemilihan pengobatan biogas yang efektif

Oleh karena itu peralatan ini sangat penting, baik dalam mengoptimalkan kogenerasi listrik dan termal energi, membuat sebagian besar tersedia energi terbarukan, dan mengurangi konsumsi energi dan operasi biaya untuk minimum.

Bolusi Parker adalah untuk mengeringkan gas, pertama dengan pendinginan menggunakan penukar panas berpendingin air bekerja dengan air berpendingin udara chiller dan kedua, dengan menghapus air kental dengan air siklon pemisah.

Gas didinginkan kemudian dapat dipanaskan untuk mengurangi kelembaban relatif dan dengan demikian memenuhi tuntutan teknis mesin gas, turbin dan hilir lainnya peralatan seperti Parker PpTek siloksan Penghapusan Sistem dan Biogas komponen Upgrade Sistem

Standar Sistem Biogas Dehumidification mendinginkan biogas ke titik embun ditentukan pengguna, menggunakan penukar panas Hypercool bioenergi bekerja dengan Hyperchill bioenergi chiller dan menghapus kental air dengan pemisah Hypersep bioenergi. Isolasi, Hyperfilter bioenergi dan Hyperdrain Bioenergi dapat disediakan sebagai pilihan Konfigurasi ini dirancang untuk instalasi di mana blower dipasang hilir Dehumidification yang Sistem, mengambil keuntungan dari posisinya untuk meningkatkan suhu biogas dan dengan demikian menurunkan Kelembaban Relatif nya.



Gambar : Dehumidification system sumber : Bolusir Parker 2000

Petunjuk merujuk ke operasi dengan pendingin bersih dan pemisah, laju alir gas pada 20 ° C / 1 barg. kondisi kerja Nominal: 60% CH<sub>4</sub>, 40% CO<sub>2</sub>, gas Suhu

inlet 40 ° C jenuh, suhu pendingin air inlet 1 ° C, suhu 35 ° C, suhu gas outlet pada kondisi nominal 8 ° C (dari model yang skd60-007 untuk model skd265-024) dan 4 ° C (dari model yang skd240-029 untuk model skd1620-116). Rata-rata penurunan tekanan tanpa filter 11 mbar +/- 2 untuk semua model, tekanan rata-rata tetes dengan filter 14 mbar +/- 2 untuk semua model.

Biogas Sistem Dehumidification dengan 'Gas- 2Gas' Recuperator bioenergi mendinginkan biogas untuk Kelembaban relatif lebih rendah dari 50%. Isolasi, Hyperfilter Bioenergi dan Hyperdrain bioenergi dapat disediakan sebagai pilihan.

Konfigurasi ini dirancang untuk instalasi di mana blower dipasang hulu Dehumidification yang Sistem dengan Recuperator yang 'Gas2Gas' menyediakan bebas pendinginan untuk menghemat energi dan bebas pemanasan untuk mengurangi Kelembaban relatif dari biogas - tanpa perlu untuk pemanasan tambahan.

Petunjuk merujuk ke operasi dengan pendingin bersih dan pemisah, laju alir gas pada 20 ° C / 1 barg. kondisi kerja Nominal: 55% CH<sub>4</sub>, 45% CO<sub>2</sub>, gas inlet suhu 50 ° C (40 ° C jenuh), gas tekanan inlet 75 mbarg, refrigeran suhu air inlet 1 ° C, suhu 35 ° C, gas titik embun pada kondisi nominal 8 ° C (dari model yang skd60-007 untuk model skd265-024) dan 4 ° C (dari model yang skd240-029 untuk model skd1620-116), gas saluran keluar kelembaban relatif di bawah 50%



## 2.3 Pengeringan

### 2.3.1 Pengertian Pengeringan

Pengeringan merupakan suatu cara untuk menurunkan kandungan air yang terdapat didalam suatu bahan (Trayball 1981). Sedangkan menurut Hall (1957) proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan biji-bijian akibat biologis dan kimia sebelum bahan diolah (digunakan). Menurut Brooker, Bakker dan Hall (1974) Kadar air keseimbangan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara dalam ruang pengering, suhu dan kelembaban udara, jenis bahan yang dikeringkan dan tingkat kematangan.

Proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air. Cara ini dilakukan dengan menurunkan kelembaban udara dengan mengalirkan udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar daripada tekanan uap air di udara. Perbedaan tekanan ini menyebabkan terjadinya aliran uap dari bahan ke udara.

Menurut Earle (1969), faktor-faktor yang mempengaruhi penguapan adalah :

- a. laju pemanasan waktu energi (panas) dipindahkan pada bahan.
- b. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan tiap puond (lb) air.
- c. Suhu maksimum pada bahan.
- d. Tekanan pada saat terjadinya penguapan.
- e. Perubahan lain yang mungkin terjadi di dalam bahan selama proses penguapan berlangsung.

### 2.3.2 Prinsip Dasar Pengeringan

Proses pengeringan pada prinsipnya menyangkut proses pindah panas dan pindah massa yang terjadi secara bersamaan (simultan). Pertama panas harus di transfer dari medium pemanas ke bahan. Selanjutnya setelah terjadi penguapan air, uap air yang terbentuk harus dipindahkan melalui struktur bahan ke medium sekitarnya. Proses ini akan menyangkut aliran fluida di mana cairan harus di transfer melalui struktur bahan selama proses pengeringan berlangsung. Jadi panas harus di sediakan untuk menguapkan air dan air harus mendifusi melalui berbagai macam tahanan agar supaya dapat lepas dari bahan dan berbentuk uap air yang bebas. Lama proses pengeringan tergantung pada bahan yang di keringkan dan cara pemanasan yang digunakan (Rahmawan, 2001).

Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengeringan makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering, makin besar energi panas yang di bawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang di uapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfer. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses pemindahan uap air. Pada kelembaban udara tinggi, perbedaan tekanan uap air didalam dan diluar bahan kecil, sehingga pemindahan uap air dari dalam bahan keluar menjadi terhambat (Rahmawan, 2001).

Pada pengeringan dengan menggunakan alat umumnya terdiri dari tenaga penggerak dan kipas, unit pemanas (*heater*) serta alat-alat kontrol. Sebagai sumber tenaga untuk mengalirkan udara dapat digunakan motor bakar atau motor

listrik. Sumber energi yang dapat digunakan pada unit pemanas adalah gas, minyak bumi, batubara, dan elemen pemanas listrik (Rahmawan, 2001).

Proses utama dalam pengeringan adalah proses penguapan air maka perlu terlebih dahulu diketahui karakteristik hidrasi bahan pangan yaitu sifat-sifat bahan yang meliputi interaksi antara bahan pangan dengan molekul air yang dikandungnya dan molekul air di udara sekitarnya. Peranan air dalam bahan pangan dinyatakan dengan kadar air dan aktivitas air ( $a_w$ ), sedangkan peranan air di udara dinyatakan dengan kelembaban relatif (RH) dan kelembaban mutlak (H) (Rahmawan, 2001).

### 2.3.3 Mekanisme Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan melalui dua periode yaitu periode kecepatan konstan dan periode kecepatan penurunan. Periode kecepatan konstan sering kali disebut sebagai periode awal, dimana kecepatannya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan perpindahan massa dan panas (Rao et al, 2005). Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Desrosier, 1988).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan adalah (Buckle et al, 1987) :

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengering.

Proses pengeringan juga harus memperhatikan suhu udara dan kelembaban. Suhu udara yang tinggi dan kelembaban udara yang relatif rendah dapat mengakibatkan air pada bagian permukaan bahan yang akan dikeringkan menjadi lebih cepat menguap. Hal ini dapat berakibat pada terbentuknya suatu lapisan yang tidak dapat ditembus dan menghambat difusi air secara bebas. Kondisi ini lebih dikenal dengan *case hardening* (Desrosier,1988).

#### 2.3.4 Jenis-Jenis Alat Pengeringan

##### 1. *Tray Dryer*

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, dapat digunakan untuk mengeringkan padatan bergumpal atau pasta, yang ditebarkan pada baki logam dengan ketebalan 10-100 mm. Pengeringan jenis baki atau wadah adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang langsung berhubungan dengan media

pengering. Pengeringan talam digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang tidak boleh diaduk dengan cara termal, Sehingga didapatkan hasil yang berupa zat padat yang kering. Pengering talam sering digunakan untuk laju produksi kecil.

Prinsip kerja pengering *tray dryer* yaitu dapat beroperasi dalam keadaan vakum dan dengan pemanasan tak langsung. Uap dari zat padat dikeluarkan dengan *ejector* atau pompa vakum. Pengeringan zat padat memerlukan waktu sangat lama dan siklus pengeringan panjang yaitu 4-8 jam per tumpak. Selain itu dapat juga digunakan sirkulasi tembus, tetapi tidak ekonomis karena pemendekan siklus pengeringan tidak akan mengurangi biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk setiap tumpak (Anonim, 2011).

## 2. *Spray Dryer*

Pengeringan semprot merupakan jenis pengering yang digunakan untuk menguapkan dan mengeringkan larutan dan bubur (*slurry*) sampai kering dengan cara termal, sehingga didapatkan hasil berupa zat padat yang kering. Pengeringan semprot dapat menggabungkan fungsi evaporasi, kristalisator, pengering, unit penghalus dan unit klasifikasi. Penguapan dari permukaan tetesan menyebabkan terjadinya pengendapan zat terlarut pada permukaan. *Spray drying* ini, menggunakan atomisasi cairan untuk membentuk droplet, selanjutnya droplet yang terbentuk dikeringkan menggunakan udara kering dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Dalam pengering semprot, bubur atau

larutan didispersikan ke dalam arus gas panas dalam bentuk kabut atau tetesan halus. (Anonim, 2011).

### 3. *Freeze Dryer*

*Freeze Dryer* merupakan suatu alat pengeringan yang termasuk ke dalam *Conduction Dryer/Indirect Dryer* karena proses perpindahan terjadi secara tidak langsung yaitu antara bahan yang akan dikeringkan (bahan basah) dan media pemanas terdapat dinding pembatas sehingga air dalam bahan basah/lembab yang menguap tidak terbawa bersama media pemanas. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas terjadi secara hantaran (konduksi), sehingga disebut juga *Conduction Dryer/ Indirect Dryer*.

Pengeringan beku (*freeze drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang mempunyai keunggulan dalam mempertahankan mutu hasil pengeringan, khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas. Adapun prinsip kerja *Freeze Dryer* meliputi pembekuan larutan, menggranulasikan larutan yang beku tersebut, mengkondisikannya pada vakum *ultra-high* dengan pemanasan pada kondisi sedang, sehingga mengakibatkan air dalam bahan pangan tersebut akan menyublim dan akan menghasilkan produk padat.

### 4. *Rotary Dryer*

*Rotary dryer* atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering yang berbentuk sebuah drum dan berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. *Rotary dryer* sudah sangat dikenal luas di

kalangan industri karena proses pengeringannya jarang menghadapi kegagalan baik dari segi output kualitas maupun kuantitas. Namun sejak terjadinya kelangkaan dan mahalnya bahan bakar minyak dan gas, maka teknologi *rotary dryer* mulai dikembangkan untuk berdampingan dengan teknologi bahan bakar substitusi seperti *burner*, batubara, gas sintesis dan sebagainya. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas.

### 2.3.5 Laju Pengeringan

Dalam suatu proses pengeringan, dikenal adanya suatu laju pengeringan yang dibedakan menjadi dua tahap utama, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan air bebas yang terdapat pada permukaan biji-bijian. Laju pengeringan ini terjadi sangat singkat selama proses pengeringan berlangsung, kecepatan penguapan air pada tahap ini dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas.

Besarnya laju pengeringan ini tergantung dari:

- a) Lapisan yang terbuka,
- b) Perbedaan kelembaban antara aliran udara dan daerah basah,
- c) Koefisien pindah massa, dan

d) Kecepatan aliran udara pengering (Nurba, 2010).

Laju pengeringan bahan pangan dengan kadar air awal di atas 70% – 75% basis basah, selama periode awal pengeringan, laju pengeringan ditinjau dari tiga parameter pengeringan eksternal yaitu kecepatan udara, suhu udara dan kelembaban udara. Jika kondisi lingkungan konstan, maka laju pengeringan akan konstan (Brooker *et al.*, 1981).

Sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air bebas dari dalam biji ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum dari biji (Nurba, 2010). Proses pengeringan dengan laju menurun sangat tergantung pada sifat-sifat alami bahan yang dikeringkan. Laju perpindahan massa selama proses ini dikendalikan oleh perpindahan internal bahan (Istadi *et al.*, 2002). Periode laju pengeringan menurun meliputi 2 proses yaitu perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan ke udara sekitar (Henderson and Perry, 1976). Kadar air kritis (*critical moisture content*) menjadi batas antara laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun (Nurba, 2010). Menurut Henderson and Perry (1976) dalam bukunya menyatakan bahwa kadar air kritis adalah kadar air terendah pada saat kecepatan aliran air bebas dari dalam biji ke permukaan sama dengan kecepatan pengambilan uap air maksimum dari biji.

Proses pengeringan berlangsung sampai kesetimbangan dicapai antara permukaan dalam dan permukaan luar bahan dan antara permukaan luar bahan dengan lingkungan. Pada tahap awal, dimulai dengan masa pemanasan singkat dengan laju pengeringan maksimum dan konstan. Dalam tahap pengeringan ini,



kadar air melebihi kadar air maksimum higroskopis diseluruh bagian dalam bahan. Dalam hal ini, tingkat pengeringan bahan tertentu tergantung pada karakteristik bahan yaitu suhu bahan, kelembaban relatif dan kecepatan udara pengeringan (Sitkei and György, 1986).

Laju penguapan air dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Laju aliran air} = \frac{w_t - w_{t-1}}{w_a} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $w_t$  merupakan berat awal bahan,  $w_{t+1}$  merupakan berat bahan pada waktu ( $t$ , jam) dan  $w_a$  merupakan berat bahan saat konstan serta  $t_1$  dan  $t_2$  merupakan perubahan waktu setiap jam. Laju penguapan air adalah banyaknya air yang diuapkan setiap satuan waktu atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu (Yadollahinia *et al.*, 2008).

## 2.4 Proses pembakaran

### 2.4.1 Pengertian Proses Pembakaran

Pengertian pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah terbakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur.

Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “Tiga T” yaitu :

- a. T-Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. T-Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. T-Time (Waktu)

Waktu yang cukup agar input panas dapat terserap oleh reaktan sehingga berlangsung proses termokimia.

Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari tahap awal yaitu penyalaan dimana keadaan transisi dan tidak reaktif menjadi reaktif karena dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung. Penyalaan terjadi bila panas yang dihasilkan oleh pembakaran lebih besar dari panas yang hilang ke lingkungan. Dalam proses penyalaan ini dapat dipicu oleh energi *thermal* yang merupakan transfer energi *thermal* ke reaktan oleh konduksi, konveksi, radiasi atau kombinasi dari ketiga macam proses tersebut.

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya besar kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Kualitas bahan bakar perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristiknya sehingga homogenitas campuran bahan bakar dengan udara terjadi secara sempurna agar terjadi pembakaran yang sempurna.

Energi panas yang dihasilkan dari suatu proses pembakaran senyawa hidrokarbon merupakan kebutuhan energi yang paling dominan dalam refinery. Pengolahan energi yang tepat dan efisien merupakan langkah penting dalam upaya penghematan biaya produksi secara menyeluruh. Pembakaran merupakan reaksi kimia yang bersifat eksotermis dari unsur-unsur yang ada di dalam bahan bakar dengan oksigen serta menghasilkan panas. Proses pembakaran memerlukan udara, namun jumlah udara yang dibutuhkan tidak diberikan dalam jumlah yang tepat secara stoikiometri, namun dlebihihkan. Hal ini bertujuan supaya pembakaran berlangsung sempurna. Kelebihan udara ini disebut *Excess air* (udara yang berlebih).

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan jumlah panas yang maksimum. Pembakaran dinyatakan secara kualitatif atau kuantitatif dengan reaksi kimia. Jumlah panas yang dihasilkan bahan bakar dinyatakan sebagai nilai kalori pembakaran (*Calorie Value*). Reaksi kimia terjadi melalui suatu proses oksidasi senyawa-senyawa karbon, hidrogen, dan sulfur yang ada dalam bahan bakar. Reaksi ini umumnya menghasilkan nyala api. Terdapat dua istilah pembakaran yang berhubungan dengan udara excess, yaitu :

1) Neutral combustion

Merupakan pembakaran tanpa excess atau defisit udara dan tanpa bahan bakar yang tidak terbakar

2) Oxidizing combustion

Merupakan pembakaran dengan excess udara, udara yang berlebih bukan merupakan jaminan pembakaran yang sempurna

#### 2.4.2 Temperatur Nyala Api (*Flame Temperatures*)

Temperatur nyala api (*Flame Temperatures*) adalah suhu maksimum nyala bahan bakar yang terjadi apabila tidak ada kebocoran panas ke sekeliling. Suhu nyala adibatik diperlukan untuk mengetahui berapa besar panas yang terjadi ketikabahan bakar tersebut bakar. Hal ini merupakan salah satu parameter karakteristik termal dari bahan bakar, seperti halnya bahan bakar solar yang dipakai sebagai bahan bakar. Perhitungan suhu nyala adibatik di dasarkan atas persentase massa dari kandungan carbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen di dalam bahan bakar. Dalam pembakaran, semua kalor yang terkandung di dalam bahan bakar menjadi produk + kalor sensibel.

*Flame* temperatur adalah temperatur dimana suatu zat atau material melepaskan uap yang cukup untuk membentuk campuran dengan udara yang ada sehingga terbakar. Walaupun banyak orang yang mengatakan bahwa temperatur nyala tidak dapat ditentukan secara nyata. Karena hal itulah para ahli mencari metode untuk menentukan nilainya secara teori. Temperatur nyala api ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu tergantung pada jenis bahan bakar dan oksida yang digunakan. Untuk api konvensional yang digunakan dalam fotometri nyala, temperatur nyala yang lebih tinggi diperoleh dengan oksigen digunakan sebagai oksida bukan udara, karena di dalam udara terdapat nitrogen yang dapat menurunkan suhu nyala api (Melisa 2015).

*Flame* temperatur juga bervariasi sesuai dengan rasio masing-masing komponen dalam campuran yang mudah terbakar, jika campuran tidak masuk pembakaran dalam komposisi optimal, bahan bakar kelebihan atau oksidan tidak

berpartisipasi dalam reaksi dan gas *inert* seperti komponen berlebih menurunkan suhu nyala api.

Temperatur yang dapat secara adiabatik, dimana tidak ada panas yang masuk dan panas yang keluar padasaat terjadinya pembakaran. Sedangkan suhu pembakaran disebut dengan *flame* temperatur. Untuk menghitung *flame* temperatur digunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta HR_T = \Delta H_{oR} + (\Delta H_p - H_R)$$

Rumus menghitung panas reaksi standar

$$\Delta H_{oR} = n \sum \Delta H^\circ C + n \cdot \lambda H_2O \text{ sumber : Hougen 1943}$$

Dimana

$\Delta HR_T$  = Panas reaksi pembakaran

$\Delta H_{oR}$  = Panas reaksi

$\Delta H_p$  = Panas produk

$H_R$  = Panas reaktan

Faktor-faktor yang mempengaruhi *flame* temperatur :

1. Temperatur Adiabatik
2. Tekanan Atmosfir
3. Bahan bakar yang terbakar
4. Ada tidaknya pengoksidasi dalam bahan bakar
5. Bagaimana stokiometri pembakaran yang terjadi

### 2.4.3 Kebutuhan Udara Pembakaran

Dalam suatu proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen, dibutuhkan oksigen murni untuk proses pembakaran didalam ruang bakar. Namun hal ini merupakan hal yang tidak efisien karena harga oksigen murni yang sangat mahal, selain itu dapat mengakibatkan suhu lokal yang sangat tinggi di dalam ruang bakar sehingga dapat merusak pipa-pipa dan logam pembungkus boiler. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan oksigen yang cukup banyak tersedia yaitu udara. Jika mengabaikan kandungan kecil dari gas-gas mulia yang ada di dalam udara seperti neon, xenon, dan sebagainya, maka dapat menganggap udara kering sebagai campuran dari gas nitrogen dan oksigen. Proporsi oksigen dan nitrogen dapat diatur dalam udara, dalam satuan volume maupun satuan berat.

Dalam bentuk persentase, proporsinya adalah :

Berdasarkan berat : Oksigen = 23,2 %

Nitrogen = 76,8 %

Berdasarkan volume : Oksigen = 21 %

Nitrogen = 79 %

### 2.4.4 Kebutuhan Udara Teoritis

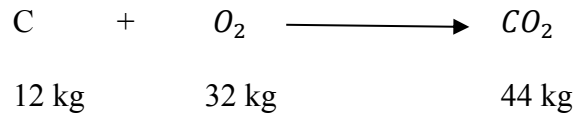
Analisis pembakaran untuk menghitung kebutuhan udara teoritis dapat dilakukan dengan dua cara :

- a. Berdasarkan pada satuan berat
- b. Berdasarkan pada satuan volume

Pada suatu analisis pembakaran selalu diperlukan data-data berat molekul dan berat atom dari unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar.

a. Analisis Pembakaran Berdasarkan Berat

Analisis ini digunakan untuk menghitung kebutuhan teoritis pada pembakaran sempurna sejumlah bahan bakar tertentu. Sebagai contoh :



Ini berarti bahwa setiap kg karbon memerlukan 32 kg oksigen secara teoritis untuk membakar sempurna karbon menjadi karbondioksida. Apabila oksigen yang dibutuhkan untuk membakar masing-masing unsur pokok dalam bahan bakar dihitung lalu dijumlahkan, maka akan ditemukan kebutuhan oksigen teoritis yang dibutuhkan untuk membakar sempurna seluruh bahan bakar. Oleh karena itu untuk memperoleh harga kebutuhan oksigen teoritis yang sebenarnya maka dibutuhkan oksigen yang telah dihitung berdasarkan persamaan reaksi pembakaran kemudian dikurangi dengan oksigen yang terkandung dalam bahan bakar.

b. Analisis Pembakaran Berdasarkan Volume

Apabila dalam suatu analisis bahan bakar dinyatakan dalam persentase berdasar volume, maka suatu perhitungan yang serupa dengan perhitungan berdasarkan berat bisa digunakan untuk menentukan volume dari udara teoritis yang dibutuhkan. Untuk menentukan udara teoritis harus memahami hukum avogadro yaitu “gas-gas dengan volume yang sama pada suhu dan tekanan standar (0°C dan tekanan sebesar 1 bar) berisikan molekul dalam jumlah yang sama” (Diklat PLN 2006).

## 2.4.5 Kebocoran Udara

Mengevaluasi bahan bakar yang terbuang yang disebabkan kebocoran udara. Kebocoran udara di bagian konveksi akan menurunkan efisiensi panas dari furnace akibat pencampuran udara luar yang bersuhu rendah dengan gas buang yang bersuhu tinggi. Persamaan beban energi dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta F = \frac{(T_s - T_a)(O_{2,s} - O_{2,c})}{500}$$

Sebagai contoh, katakanlah suhu stack sebesar 600° F dan suhu udara lingkungan sebesar 100°F, bagian konveksi memiliki 10% Oksigen, dan di firebox mengandung 6% oksigen yang diukur dibawah shock tube. Berapa persen bahan bakar yang terbuang dengan adanya kebocoran udara pada bagian konveksi ?

$$\Delta F = \frac{(600 - 100)(10 - 6)}{500} = 4\%$$

Meminimalisir pemborosan bahan bakar yang disebabkan kebocoran udara jika mengacu pada contoh diatas, seandainya kita mengurangi udara pembakaran dengan sedikit menutup air register, sehingga kadar oksigen dalam firebox sekarang menjadi 3%. Kadar oksigen di bagian konveksi juga turun, katakanlah menjadi sekitar 9% oksigen. Perbedaan kadar oksigen di firebox dengan di bagian konveksi sekarang meningkat menjadi 6%. Hal ini disebabkan karena draft yang melewati heater meningkat (berarti tekanan lebih negatif), dan lebih banyak udara yang diisap melewati lubang-lubang atau dari kebocoran udara pada bagian konveksi. Jika kita masih mempertahankan suhu stack 600°F dan suhu lingkungan 100°F, kita mendapatkan sekarang 6% bahan bakar yang terbuang. Sehingga akan lebih banyak lagi bahan bakar yang harus dibakar di dalam firebox untuk mengimbangi meningkatnya kebocoran udara.



Seandainya kita mengatur air register kembali seperti semula, dan sebagai gantinya kita menjepit stack damper, sehingga kita bisa menurunkan laju alir udara dengan stack damper hingga oksigen pada firebox turun dari 6% menjadi 3%. Oksigen pada bagian konveksi juga turun katakanlah 5%. Pada kasus ini kita melihat bahwa  $\Delta O_2$  juga berkurang menjadi hanya 2%. Hal ini dikarenakan berkurangnya draft yang melewati heater, yang berarti tekanan pada bagian konveksi meningkat sehingga menurunkan laju kebocoran udara. Hal ini menunjukkan bagaimana kebocoran udara bervariasi sesuai dengan kombinasi operasi antara stack damper dan air register.

#### *Udara Berlebih (Excess Air)*

Konsentrasi oksigen pada gas buang merupakan parameter penting untuk menentukan status proses pembakaran karena dapat menunjukkan kelebihan  $O_2$  yang digunakan. Secara kuantitatif udara lebih dapat ditentukan dari :

- a. Komposisi gas buang yang meliputi  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  dan  $CO$
- b. Pengukuran secara langsung udara yang disuplai

Rumus untuk menghitung udara berlebih dari komposisi gas buang adalah:

$$\% \text{ Udara berlebih} = \frac{\text{udara suplai} - \text{udara teoritis}}{\text{udara teoritis}} \times 100 \text{ sumber: Himmelblau}$$

1991

Efisiensi pembakaran akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah *excess air* hingga pada nilai tertentu, yaitu saat nilai kalor yang terbuang pada gas buang lebih besar daripada kalor yang dapat disuplai oleh pembakaran yang optimal.

Parameter yang diperlukan untuk kualifikasi bahan bakar dan udara didalam sebuah proses pembakaran adalah rasio udara atau bahan bakar, yaitu jumlah udara di dalam sebuah reaksi terhadap jumlah bahan bakar = mol udara / mol bahan bakar atau massa udara (kg) / massa bahan bakar (kg)

## 2.5 Gas Engine



### 2.5.1 Pengertian Gas engine

Gas engine di buat dan di rancang dengan sistem kerja sederhana dimana energi panas di hasilkan dari pembakaran bahan bakar, di ubah menjadi energi mekanis dan selanjut nya menjadi energi sesuai kebutuhan seperti energi listrik dan lain nya.terdapat kekurangan dari pusat listrik ini seperti adanya unsur kimia bahan bakar minyak yang korosif dan sifat korosif dari material yang di gunakan untuk komponen gas engine karena bekerja pada temperatur tinggi.

### 2.5.2 Prinsip Kerja Dari Gas Engine

- Udara dengan tekanan atmosfer ditarik masuk kedalam kompresor.

- Kemudian udara ditekan ke dalam ruang bahan bakar dan bercampur dengan bahan bakar.
- Gas yang merupakan hasil pembakaran berupa energi thermal akan menimbulkan panas.
- Hasil dari energi panas inilah akan dimanfaatkan gas engine ,sedangkan energi panas sudah turun pada temperatur dan di tekanannya.
- Kemudian gas engine akan menghasilkan energi mekanis sehingga menghasilkan energi listrik.

Sebagai pendukung gas engine maka digunakan alat bantu untuk menangani proses siklus turbin berjalan dengan baik. Gunanya adalah untuk menjaga pelumas bahan bakar, tekanan udara mengontrol udara, dll. Sehingga mesin dapat terjaga dan bekerja dalam kondisi normal dan stabil. Energi listrik akan di peroleh dengan daya tertentu sesuai penerapan pada turbin.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan waktu

- Penelitian ini dilaksanakan setelah tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi teknik mesin sampai dinyatakan selesai
- Tempat penelitian adalah PT. UKINDO BLANKAN OIL MILL POM, Kuala Langkat



No.	Kegiatan	Bulan (2017)						
		2	3	4	5	6	7	8
1	Pencarian Judul	■	■					
2	Pencarian Referensi		■	■	■			
3	Pembuatan Proposal judul		■	■	■			
4	Penelitian				■	■	■	
5	Seminar							■
6	Ujian Akhir							■

Gambar 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

#### 3.2. Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian:

- Bahan adalah biogas



Gambar 3.1 Limbah cair (pome)

- Peralatan adalah Digester anaerobik, dehumidifier biogas, gas engine, dan bom kalori meter.

### 3.3 Data – data yang diperoleh dari PT. Ukindo Blankan, Langkat

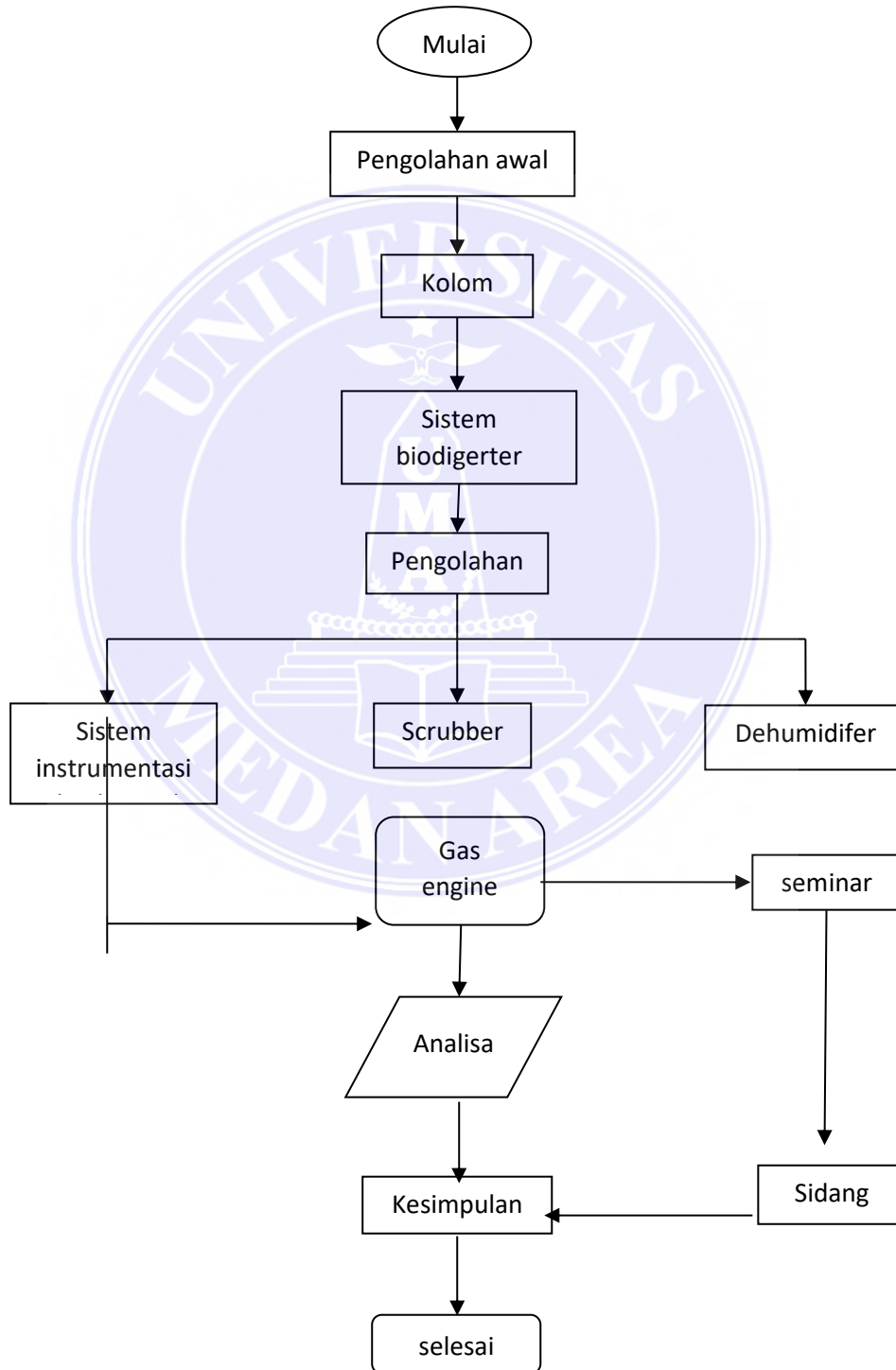
- |  |               |
|--|---------------|
| 1. Kandungan metana                          | = 40 – 60%    |
| 2. Aliran air umpan (feed stream water)      | = 200 Kg/hari |
| 3. Temperatur pada scrubber                  | = 60°C        |
| 4. Temperatur pada mesin chiller (pendingin) | = 20°C        |
| 5. Putaran mesin pada gas engine             | = 1200 rpm    |

### 3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian kali ini saya melakukan penelitian di PT. Ukindo Blankan, Langkat, disana saya mengamati pengurangan kadar air pada proses pembakaran di dalam gas engine, untuk mendapatkan proses pembakaran di dalam gas engine dengan baik dan pada gas engine tidak mengalami korosi, dan mengetahui perhitungan peembakaran nilai kalor limbah cair kelapa sawit.

### 3.5 Diagram Alir

Penelitian ini dilakukan mengikuti mrtologi yang secara singkat dapat di jelaskan pada diagram di bawah ini :



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pemurnian gas

Pada pembangkit listrik tenaga biogas (PLTB) biogas digunakan sebagai bahan bakar mesin gas untuk menghasilkan listrik. Sebelum menggunakan pada mesin gas, biogas dimurnikan untuk mengurangi kandungan karbon dioksida dan hidrogen sulfida dengan metode water scrubbing. Selanjutnya dilakukan proses kondensasi pada biogas untuk menghilangkan kandungan uap air (saturatet water vapour) dengan di dinginkan menggunakan cooler (heat exchanger). (Dede Hanafi Fajrin 2016).

Biogas terdiri dari gas metana dan karbon dioksida dalam biogas bersekitar 60% dan 40% yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber energi. Gas metana pada biogas 55-60%, karbon 35-40% dan kandungan air 2-7%.

Koefisien nilai kalor sesuai dengan konsentrasi  $\text{CH}_4$  sebagai mana untuk intel combustion engines, konsentrasi minimal dari  $\text{CH}_4$  pada biogas adalah 90% proses pemurnian biogas dengan memini malisir kandungan karbon dioksida di butuhkan untuk meningkatkan nilai pembakaran.

Komponen penyusun biogas dapat ditunjukkan pada tabel.

Tabel 4.1 komponen penyusun biogas

. Sumber : biogas pabrik ukindo.

Komponen	Konsentrasi (volume)
Metana (CH <sub>4</sub> )	55-60%
Karbon dioksida (Co <sub>2</sub> )	35-40%
Air (H <sub>2</sub> S)	2-7%
Hidrogen sulfida (H <sub>2</sub> S)	20-20.000 ppm (2%)
Amonia (NH <sub>3</sub> )	0-0.05%
Nitrogen (N)	0-2%
Oksigen (O <sub>2</sub> )	0-2%
Hidrogen (H <sub>2</sub> )	0-1%

## 4.2 Perhitungan pembakaran nilai kalor limbah cair

### 4.2.1 Sampel = limbah cair

$$M = 1 \text{ gr}$$

$$T_{initial} = 25,050 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 0,2433 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 380 \text{ Kj/kg}$$

Data hasil diatas menggunakan alat Bom kalori meter C 200 dengan massa limbah sebesar 1 gr = 380 Kj/kg



#### 4.2.2 Sampel = limbah cair

$$M = 0,6 \text{ gr}$$

$$T_{initial} = 23,3049 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 0,333 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q = 1945 \text{ Kj/kg}$$

Data hasil diatas menggunakan alat Bom kalori meter C 200 dengan massa limbah sebesar 0,6 gr = 380 Kj/kg

#### 4.2.3 Sampel = limbah cair

$$M = 0,5 \text{ gr}$$

$$T_{initial} = 23,9712 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 0,3439 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

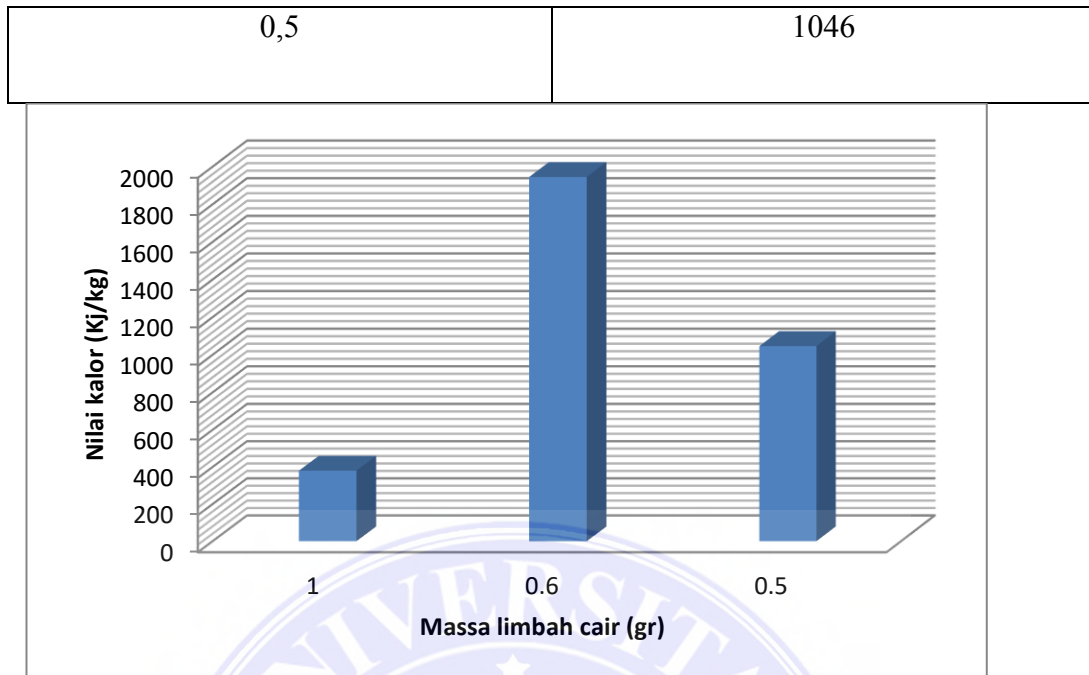
$$Q = 1046 \text{ Kj/kg}$$

Data hasil diatas menggunakan alat Bom kalori meter C 200 dengan massa limbah sebesar 0,5 gr = 1046 Kj/kg

Tabel 4.2 Massa limbah cair dengan nilai kalor

Sumber : Lab. Politeknik Negeri Medan

Massa limbah cair (gr)	Nilai kalor (Kj/kg)
1	380
0,6	1945



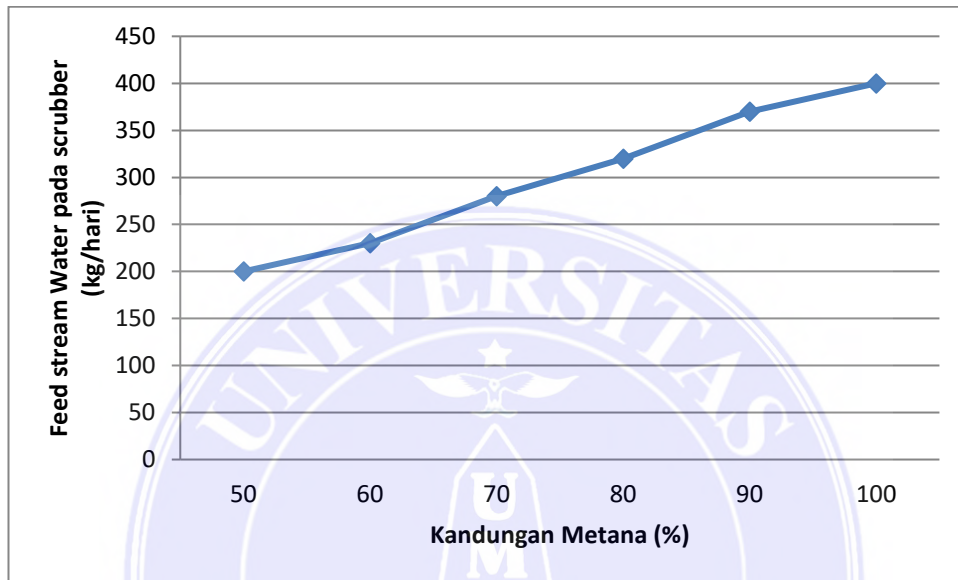
Gambar 4.1 Grafik antara massa limbah cair dengan nilai kalor

Variasi kandungan air pada biogas metana dengan feed stream water :

Tabel 4.2 data variasi kandungan air pada biogas dengan feed stream water (aliran air umpan) pada scrubber. Sumber : Biogas Pabrik Ukindo

Methane of biogas %	Feed stream water (aliran air umpan) pada scrubber (Kg/h)
50	200
60	240
70	280
80	320
90	360
100	400

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa semakin besar kandungan air yang dialiran oleh scrubber maka kadar metana yang dihasilkan semakin besar juga. Pada penelitian ini kandungan air yang dihasilkan dalah sebesar 200Kg/h dengan kadar metana 50%.



Variasi kandungan air (Kg/h) dengan putaran mesin pada gas mesin (rpm)

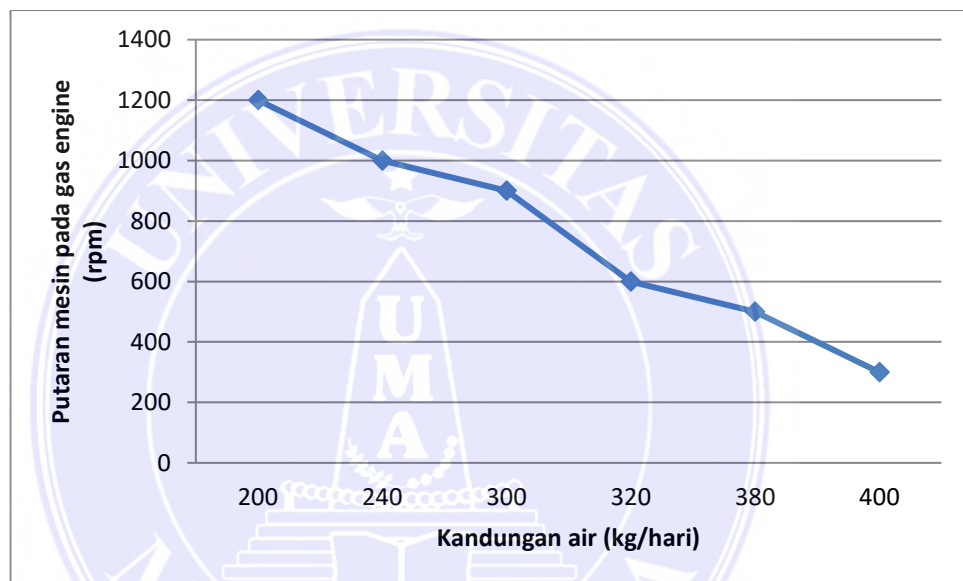
Tabel 4.3 Data variasi kandungan air dengan putaran mesin pada gas engine (rpm)

sumber : Data langsung diperoleh dari biogas pabrik ukindo.

Kandungan air (Kg/h)	Putaran mesin pada gas engine (rpm)
200	1200
240	1000
300	900
320	600
380	500

400	300
-----	-----

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa apabila kandungan air diperbesar, maka rpm pada gas engine akan semakin kecil. Kandungan air yang dapat pada instalansi pengolahan air limbah (IPAL) di pabrik Ukindo adalah 200 Kg/h dengan putaran mesin pada gas engine adalah 1200 rpm.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa semakin besar kandungan air yang dialiran oleh scrubber maka kadar metana yang dihasilkan semakin besar juga. Pada penelitian ini kandungan air yang dihasilkan dalah sebesar 200Kg/h dengan kadar metana 50%.

2. Pada tabel diatas menunjukkan bahwa apabila kandungan air diperbesar, maka rpm pada gas engine akan semakin kecil. Kandungan air yang dapat pada instalansi pengolahan air limbah (IPAL) di pabrik Ukindo adalah 200 Kg/h dengan putaran mesin pada gas engine adalah 1200 rpm.

3. Untuk massa limbah cair sebanyak 1 gr menghasilkan nilai kalor sebesar 380 Kj/kg.

4. Untuk massa limbah cair sebanyak 0,5 gr menghasilkan nilai kalor sebesar 1945 Kj/kg.

5. Untuk massa limbah cair sebanyak 0,5 gr menghasilkan nilai kalor sebesar 1046 Kj/kg.

#### 5.2 Saran

Pada prosedur pengambilan data di PT.Ukindo Blahkan membatasi atau dilarang mengambil foto atau video dikarenakan di area di lingkungan gas yang mudah terbakar dan pihak perusahaan tidak mau mengambil resiko untuk si peneliti.

## Daftar Pustaka

### Buku dan makalah

Efek variasi kandungan air terhadap kerja gas engine cooler, Dede Harafi Fajar  
2014

Pra rancangan Pabrik Pembuatan Biogas dari Limbah Kelapa Sawit Sebagai  
Sumber Energi Listrik, Fitri Meidina Harahap 2003

Konversi Pome Menjadi Biogas 2015

Studi Pembangkitan Energi Listrik Berbasis Biogas, Ageng Tri Anggita 2014

Harayti, T. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif:  
Wartazoa vol 16 no 03, 2006.

Karki, A.B dan K. Dixit. Biogas Fieldbook: Nepal: Sahayogi Press, 1984.

Mertahardianti, G.A dan S.R Juliastuti. Pengaruh Enzim A-Amylase dalam  
Pembuatan Biogas dari

Limbah Padat Tapioka yang Melibatkan Effective Microorganism (EM) dalam  
Anaerobic

Digester: Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, Yogyakarta, 2008.

Dede Hanafi Fajrin<sup>1</sup>, Nazaruddin Sinaga Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Diponegoro

Kadah wati 2003, kandungan biogas

Heisler 1981, sifat-sifat metana dan karbon dioksida

Biologi indonesia 2014, skema pembuatan biogas

Bolusir parker 2000, dehumidifien system

Gas engine, winwork internasional konversi pome 2015

Komponen penyusun biogas, biogas pabrik Ukindo

Data variasi kandungan air pada biogas dengan feed stream water (aliran air umpan) pada scrubber, Biogas Pabrik Ukindo.

Grafik antara Feed stream water pada scrubber dengan kandungan metana, Biogas Pabrik Ukindo.

Data variasi kandungan air dengan putaran mesin pada gas engine (rpm), Data langsung diperoleh dari Biogas Pabrik Ukindo.

Grafik antara kandungan air dengan putaran mesin pada gas engine (rpm), Biogas Pabrik Ukindo

