

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambaran Umum Biogas**

##### **2.1.1 Sejarah Biogas**

Biogas dari metana sudah lama digunakan atau dimanfaatkan oleh para lansia. Pada zaman Mesir, Cina dan Roma, prinsip aktif biogas digunakan untuk menghasilkan panas atau api. Namun secara ilmiah, proses fermentasi yang digunakan untuk menghasilkan gas metana pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta (1776). William Hendry kemudian mengidentifikasi gas yang terbakar pada tahun 1806 dan Becham (1868), diikuti oleh mahasiswa Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), adalah orang pertama yang menunjukkan asal mikrobiologi dari pembentukan metana. Generator biogas anaerob pertama ditemukan pada tahun 1900. Pada akhir abad ke-19, Jerman dan Prancis melakukan penelitian untuk mengubah gas metana menjadi biogas selama Perang Dunia II (Aidah, 2020).

Selama Perang Dunia II, banyak petani Inggris dan Eropa membangun generator biogas yang cukup kecil untuk menggerakkan traktor. Petani Inggris dan Eropa meninggalkan penggunaan biogas pada 1950-an karena ketersediaan dan harga minyak pemanas yang rendah. Namun, sumber energi murah tidak selalu tersedia di negara berkembang. Oleh karena itu, biogas telah diproduksi di India sejak abad ke-19. Berbagai alat penelitian dan pengembangan untuk pengelolaan biogas juga sedang dikembangkan di negara-negara berkembang. Teknologi biogas telah dikembangkan tidak hanya di negara berkembang tetapi juga di negara maju seperti Jerman (Aidah, 2020).

##### **2.1.2 Pengertian Biogas**

Biogas adalah campuran gas metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas lainnya yang diperoleh dari penguraian bahan organik (misalnya kotoran hewan, kotoran manusia dan tumbuhan) oleh bakteri metanogenik. Bahan organik yang dibutuhkan untuk menghasilkan biogas disuplai dalam Biodiger.

Pengertian lain dari biogas adalah gas yang dihasilkan ketika bahan-bahan organik seperti kotoran hewan, kotoran manusia atau sampah terendam dalam air dan disimpan di tempat tertutup, yang lebih dikenal dengan proses anaerobik (tanpa oksigen dari udara). Bahan organik diubah menjadi biogas oleh bakteri metanogenik. Biogas yang terbentuk terdiri dari 50-70% gas metana ( $\text{CH}_4$ ), 30-40% gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), 5-10% hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan sejumlah kecil gas lainnya. Diantara jenis gas tersebut, metana ( $\text{CH}_4$ ) merupakan gas yang dapat menyebabkan efek rumah kaca dan menyebabkan pemanasan global. Ini karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih besar daripada gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ).

Pembusukan limbah menghasilkan metana, karbon dioksida dan gas lainnya, serta air. Degradasi ini terjadi pada kondisi aerobik dan anaerobik. Pemulihan dalam suasana aerobik terjadi, misalnya, hanya dengan limbah yang terakumulasi. Dalam keadaan ini, udara masih bisa bersentuhan dengan sampah. Sebaliknya, penguraian terjadi dalam lingkungan anaerobik ketika sampah diisi dengan tanah atau ditempatkan dalam wadah kedap udara sehingga udara tidak bersentuhan dengan sampah. Pengolahan ini menggunakan bakteri anaerobik dan fakultatif dalam kondisi tanpa oksigen untuk memecah bahan organik menjadi produk gas yang stabil seperti metana 50-70% dan karbon dioksida 25-45% (Pernanda, 2021).

Tabel 2.1 Komposisi Senyawa Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana ( $\text{CH}_4$ )	54% - 70%
Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )	25% - 45%
Nitrogen ( $\text{N}_2$ )	3% - 5%
Hidrogen ( $\text{H}_2$ )	1% - 0%
Oksigen ( $\text{O}_2$ )	0,1%
Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )	Sedikit

Sumber : Pernanda (2021)

### 2.1.3 Proses Pembentukan Biogas

Menurut Nasution (2016), terbentuknya biogas disebabkan oleh proses anaerobik yang menjadi dasar reaktor biogas yaitu bahan organik dengan aktivasi bakteri metanogenik dan asinogenik dalam kondisi tanpa udara. Oleh karena itu,

proses moulding membutuhkan ruang dalam ruangan yang kedap udara atau tertutup agar stabil. Faktor yang mempengaruhi kualitas biogas adalah nilai pH bahan pengisi. Proses anaerobik diruang tertutup membawa manfaat bagi lingkungan karena tidak menimbulkan bau yang menyebar kemana – mana.



Gambar 2.1 Rancangan Digester Biogas

Tiga proses utama yang terlibat dalam pembentukan biogas: hidrolisis, pengasaman dan metanogenesis. Seluruh proses terkait erat dengan aksi mikroorganisme anaerob.

#### 1) Hidrolisis

Pada fase hidrolisis, bahan organik secara enzimatik diangkut ke luar oleh enzim ekstraseluler mikroorganisme (selulosa, amilase, protease dan lipase). Bakteri memecah rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipid menjadi senyawa rantai pendek. Suhu proses mesofilik 35-38°C dan suhu proses termofilik 55-57°C, pH 6,5-7,5. Mikroba hidrolitik seperti *Cellulomonas* sp, *Cytopaga* sp, *Cellvibrio* sp, *Pseudomonas* sp, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, dan *Lactobacillus plantarum* mampu mensekresikan enzim hidrolase yang mengubah biopolimer menjadi senyawa yang lebih sederhana. Misalnya, polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptida dan asam amino.

#### 2) Pengasaman (Acidifikasi)

Pada tahap ini, bakteri menghasilkan asam dan mengubah senyawa rantai pendek yang terbentuk selama hidrolisis menjadi asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Contoh bakteri asetogenik adalah

Acetobacter aceti. Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh dan berkembang dalam kondisi asam. Untuk membuat asam asetat, bakteri ini membutuhkan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen terlarut dalam larutan. Pembentukan asam dalam kondisi anaerob penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu, bakteri ini juga mengubah senyawa dengan berat molekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbon dioksida, H<sub>2</sub>S dan sejumlah kecil gas metana.

### 3) Metanogenesis

Bakteri yang terlibat dalam fase metanogenik adalah bakteri metanogenik. Bakteri metanogen menggunakan hasil langkah kedua yaitu asetat, format, karbon dioksida dan hidrogen, sebagai substrat untuk menghasilkan metana, karbon dioksida, gas sisa seperti H<sub>2</sub>S dan air. Hampir dapat dipastikan bahwa 70% metana terbentuk dari asetat dan sisanya dari karbon dioksida dan hidrogen. Pembentukan metana oleh bakteri metanogenik terjadi dalam kondisi anaerobik. Bakteri ini merupakan bakteri anaerob obligat dan sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Bakteri metanogenik seperti Methanococcus, Methanosarcina, dan Methanobacteria selanjutnya mengubah produk dari tahap pengasaman menjadi metana, karbon dioksida, dan air, yang merupakan komponen biogas.

Kualitas biogas yang dihasilkan juga dapat ditingkatkan dengan menghilangkan kelebihan hidrogen sulfida, kandungan air, dan karbon dioksida. Hidrogen sulfid merupakan senyawa beracun yang dapat menyebabkan korosi (karat). Oleh karena itu, jika biogas mengandung senyawa ini berbahaya karena dapat merusak peralatan. Kandungan air dihindari karena dapat menurunkan titik nyala biogas. Kandungan ketiga zat tersebut dapat dihilangkan dengan alat desulfurisasi yang diperlukan untuk menghidupkan mesin genset (mesin angin) agar mesin tidak mudah berkarat (Nasution, 2016).

#### **2.1.4 Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Biogas**

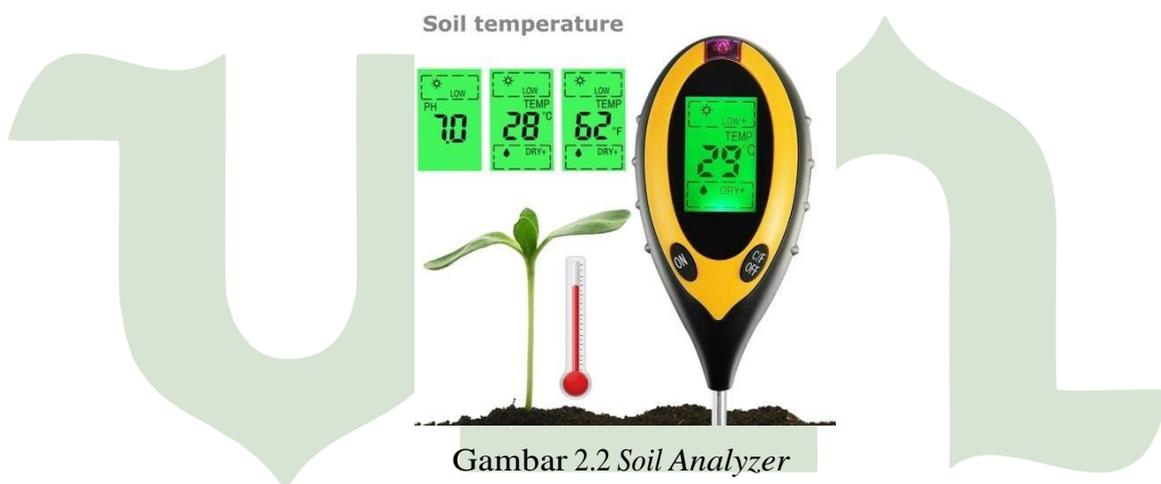
Menurut Haryanto (2014), ada beberapa faktor dalam tahapan proses pembentukan biogas yang harus diperhatikan sebagai pendorong keberhasilan produksi biogas. Faktor-faktor tersebut antara lain :

### 1) Jenis Substrat

Jenis substrat yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor penting. Hal ini sangat mempengaruhi berapa lama waktu yang dibutuhkan bahan untuk terurai menjadi gas metana. Bahan organik yang mengandung selulosa dan lignin membutuhkan waktu lebih lama untuk terurai dibandingkan kotoran sapi. Untuk mencapai proses yang optimal, bahan yang digunakan harus berupa campuran limbah pertanian dan kotoran hewan.

### 2) Suhu

Pengontrolan suhu yang tepat diperlukan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan biogas dalam digester anaerobik, karena suhu berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bakteri, khususnya bakteri metanogenik. Kisaran suhu yang baik untuk perkembangan bakteri metanogenik adalah pada kisaran mesofilik 25-30°C dan alat yang digunakan untuk mengukur suhu adalah *soil analyzer*.



Suhu yang melebihi batas merusak protein dan komponen sel penting lainnya, menyebabkan kematian sel. Ketika suhu di bawah batas, pengangkutan nutrisi dicegah dan proses kehidupan sel dihentikan, sehingga suhu mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik dan produksi gas. Kondisi suhu boiler tidak hanya mempengaruhi produksi biogas yang tinggi, tetapi juga kecepatan produksi mencapai tingkat optimal (Darmanto dkk, 2012).

### 3) Nilai pH

Keasaman (pH) menunjukkan sifat asam atau basa suatu bahan. Nilai pH memegang peranan yang sangat penting dalam pencernaan anaerobik, karena jika nilai pH tidak sesuai maka mikroba tidak dapat tumbuh secara optimal bahkan dapat menyebabkan kematian. Pada akhirnya, kondisi ini dapat

mencegah pemulihan gas metana. Keasaman mikroorganisme yang optimal adalah 6,8-7,8 (Simamora dkk, 2006).

#### 4) Rasio C/N

Rasio C/N adalah rasio karbon terhadap nitrogen dalam bahan organik. Karbon dan nitrogen adalah dua komponen utama substrat organik, keduanya dibutuhkan sebagai sumber energi untuk pemecahan mikroorganisme. Perhatian harus diberikan pada keseimbangan karbon dan nitrogen dalam bahan yang digunakan sebagai substrat. Untuk mencapai pertumbuhan bakteri anaerob yang optimal, diperlukan rasio C/N yang optimal sebesar 20:1 atau lebih 30:1. Dengan rasio C dan N ini maka unsur hara berupa karbon sebagai sumber energi dan nitrogen sebagai sumber pembentukan protein tersedia secara optimal untuk kebutuhan organisme (Sapahutar, 2020).

Kebutuhan karbon dipenuhi oleh karbohidrat, lemak dan asam organik, sedangkan kebutuhan nitrogen dipenuhi oleh protein, amonia dan nitrat. Rasio C/N masing-masing bahan organik mempengaruhi komposisi biogas yang dihasilkan. Rasio C/N yang terlalu rendah menghasilkan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> rendah, CO<sub>2</sub> tinggi, H<sub>2</sub> rendah, dan N<sub>2</sub> tinggi. Rasio C/N yang terlalu tinggi menghasilkan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> tinggi, CO<sub>2</sub> tinggi, H<sub>2</sub> tinggi, dan N<sub>2</sub> rendah. Rasio C/N yang seimbang menghasilkan biogas dengan kandungan CH<sub>4</sub> tinggi, CO<sub>2</sub> sedang, H<sub>2</sub>, dan N<sub>2</sub> rendah. Substrat organik yang digunakan untuk produksi biogas harus memenuhi standar rasio C/N optimal yaitu 25-30 (Rusdiyono dkk, 2017).

Tabel 2.2 Rasio C/N Dari Beberapa Bahan Organik

Bahan	Kandungan C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran Manusia	8
Kotoran Ayam	10
Kotoran Kambing	12
Kotoran Babi	18
Kotoran Domba	19

Kotoran Sapi/Kerbau	24
Eceng Gondok	25
Kotoran Gajah	43
Batang Jagung	60
Jerami Padi	70
Jerami Gandum	90
Serbuk Gergaji	Diatas 200
Ampas Tebu	220
Ampas Kelapa	8,2

---

Sumber : Pernanda (2021)

#### 5) Bahan Kering

Lumpur harus dihasilkan selama produksi biogas curah. Lumpur tersebut dapat diperoleh bila kadar air bahan baku tinggi. Bahan baku dengan kadar air rendah dapat diperoleh dengan kadar air tinggi dengan menambahkan air dalam proporsi tertentu sesuai dengan kadar bahan kering bahan. Tujuannya adalah untuk mencapai kadar air 91-93% yang diperlukan untuk produksi biogas dengan menambahkan air pada pengisi (Ratnaningsih dkk, 2009). Rasio kotoran sapi dan air umumnya 1:1 atau 1:2 (Haryanto, 2014).

#### 6) Pengadukan

Campuran dan produksi biogas harus dilakukan, bertujuan untuk menghomogenkan bahan baku untuk mempercepat kontak substrat dengan mikroorganisme seperti kotoran sapi, limbah pertanian dan bahan lainnya. Dikhawatirkan saat pencampuran, bahan-bahan tidak tercampur dengan baik dan merata. Pencampuran dapat dilakukan sebelum dimasukkan ke dalam tungku atau pada saat bahan sudah berada di dalam tungku (Haryanto, 2014).

#### 7) Biostarter

Mikroorganisme efektif (EM) adalah kultur campuran mikroorganisme yang menguntungkan. EM<sub>4</sub> dapat merangsang perkembangan dan pertumbuhan mikroorganisme, sehingga EM<sub>4</sub> dapat membantu mempercepat proses fermentasi pada bahan organik. EM<sub>4</sub> diformulasikan dalam bentuk cair dengan warna coklat kekuningan, berbau asam dan pH 3,5 serta mengandung 90% bakteri *Lactobacillus* sp dan tiga mikroorganisme lainnya yaitu bakteri fotosintetik, *Streptomyces* sp dan khamir yang bekerja secara sinergis

(Pernanda, 2021).

### 2.1.5 Warna Api

Secara kimia, pembakaran secara umum dijelaskan sebagai formula berikut :  $\text{Bahan Bakar} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Dari formula kimia tersebut, bisa dilihat bahwa api memerlukan oksigen agar bisa terbentuk. Karena itulah sejauh ini reaksi kimia api diketahui hanya bisa ada di Bumi, planet yang memiliki kandungan oksigen yang cukup tinggi untuk menyokong proses reaksi kimia api.

#### 1) Api Warna Merah (<1000°C )

Api merah dianggap paling tidak panas karena suhunya di bawah 1000°C. Biasanya kita bisa lihat warna api ini ketika membakar di bara kayu atau arang.

#### 2) Api Warna Jingga ( 1000-1200°C )

Api yang bersuhu sekitar 1000-1200°C ini biasanya terjadi ketika kita membakar kayu bahan bakar. Kalau kalian ikut camping atau kegiatan retreat, biasanya malam-malam ada api unggun yang berwarna cenderung jingga.

#### 3) Api Warna Kuning ( 1200-1500°C )

Api dengan warna kuning biasanya disebabkan ketika kita melakukan pembakaran dengan bensin. Suhunya dapat mencapai 1200-1500°C.

#### 4) Api Warna Biru ( >1500°C )

Api biru adalah api yang paling panas bila dibanding dengan api warna lain.

### 2.1.6 Manfaat Biogas

Sebagai energi alternatif, sebenarnya biogas merupakan pilihan yang tepat. Biogas tidak hanya murah, tetapi juga sangat ramah lingkungan. Keunggulan biogas adalah :

- 1) Biogas dapat mengurangi polusi, sehingga kebersihan kandang dan sekitarnya dapat lebih terjaga.
- 2) Dengan adanya biogas, ketergantungan terhadap penggunaan atau sumber energi lain dapat dikurangi, yang jumlahnya terbatas dan cukup mahal.
- 3) Adanya biogas juga dapat mengurangi penggundulan hutan secara liar untuk kayu bakar, sehingga menjaga kelestarian hutan.
- 4) Sisa produksi biogas masih bisa digunakan sebagai pupuk.

Berdasarkan pemaparan di atas Al-qur'an telah menjelaskan dalam QS. Yasin 36 : ayat 80 adalah sebagai berikut :

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman :

لَّذِي جَعَلَ لَكُم مِّنَ الشَّجَرِ الْأَخْضَرِ نَارًا فَإِذَا أَنْتُمْ مِّنْهُ تُوقِدُونَ

Artinya : *“(Allah) yang menjadikan api untukmu dari kayu yang hijau, maka seketika itu kamu nyalakan (api) dari kayu itu.”*

Menurut Tafsir Quraish Shihab tentang QS. Yasin ayat 80 sebagaimana Tuhan yang menciptakan api dari pohon hijau setelah mengalami pengeringan. Kekuatan surya dapat berpindah ke dalam tumbuh-tumbuhan melalui proses asimilasi sinar. Sel tumbuh-tumbuhan yang mengandung zat hijau daun (klorofil) mengisap karbondioksida dari udara. Sebagai akibat terjadinya interaksi antara gas karbondioksida dan air yang diserap oleh tumbuh-tumbuhan dari dalam tanah, akan dihasilkan zat karbohidrat berkat bantuan sinar matahari. Dari situ kemudian terbentuk kayu yang pada dasarnya terdiri atas komponen kimiawi yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Dari kayu itu, manusia kemudian membuat arang sebagai bahan bakar. Daya yang tersimpan di dalam arang itu akan keluar ketika ia terbakar. Daya itu sendiri dapat dimanfaatkan untuk keperluan memasak, penghangatan, penerangan dan lain-lain. Batu bara yang kita kenal itu pun pada mulanya adalah pohon yang tumbuh dan membesar melalui proses asimilasi sinar tadi, kemudian mengalami penghangatan dengan cara tertentu sehingga berubah menjadi batu bara setelah berjuta tahun lamanya akibat pengaruh faktor geologi seperti panas, tekanan udara dan sebagainya. Perlu diketahui pula kiranya bahwa kata "akhdlar" ('hijau') dalam ayat ini bukan disebut secara kebetulan tanpa maksud. Frase "min al-syajar al-akhdlar" yang berarti 'dari pohon yang hijau' itu justru menunjuk kepada zat hijau daun yang sangat diperlukan dalam proses asimilasi gas karbondioksida.

## 2.2 Limbah Kotoran Sapi



Gambar 2.3 Limbah Kotoran Sapi

Berdasarkan pemaparan di dalam Al-qur'an telah menjelaskan dalam QS.

An-Nahl 16 : ayat 66 adalah sebagai berikut :

Allah Subhanahu Wa Ta'ala berfirman:

طُ نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهِ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً

خَالِصًا سَابِغًا لِلشَّرْبِ بَيْنَ

Artinya : *"Dan sungguh, pada hewan ternak itu benar-benar terdapat pelajaran bagi kamu. Kami memberimu minum dari apa yang ada dalam perutnya (berupa) susu murni antara kotoran dan darah, yang mudah ditelan bagi orang yang meminumnya."*

Menurut Tafsir Ibnu Katsir tentang QS. An-Nahl ayat 66 sebagaimana Allah berfirman: *wa innalaku* ("Dan sungguh untukmu,") Hai manusia, *fil an'aami* (pada ternak) yaitu unta, sapi, dan kambing, *la-ibratan* (sesungguhnya ada pelajaran) artinya, merupakan tanda sekaligus bukti kebijaksanaan, kekuatan, kasih sayang, dan kelembutan Penciptanya.

*Nusqikum mimmaa fii buthuunihi* (Kami memberimu minum dari apa yang ada di perutnya) Dia sendiri di sini untuk kembali ke arti nikmat, atau dhamir (kata ganti) di sini kembali ke binatang, karena sebenarnya ternak adalah binatang. Artinya, Kami memberi kamu minum dari apa yang ada di dalam perut binatang itu. Sebagaimana terkandung dalam firman Allah yang artinya: "Tidak pernah (begitu)! Sesungguhnya ajaran-ajaran Allah itu adalah

peringatan, maka barang siapa yang menghendaki, pastilah dia akan memperhatikannya.

*Mim baini fartsiw wadamil laban khaalishan* (Berupa susu yang membersihkan antara kotoran dan darah) yaitu warna putih, rasa, dan manisnya benar-benar bersih, yaitu antara kotoran (kotoran) dan darah dalam perut binatang. Masing-masing mengalir dalam alirannya ketika makanan dimasak dan telah dicerna di saluran pencernaan. Kemudian dari sana, darah mengalir ke seluruh pembuluh darah, dan susu masuk ke payudara, sementara urin ke kandung kemih, dan feses ke rektum. Masing-masing tidak saling mencemarkan, tidak pula bercampur setelah berpisah, dan tidak berubah.

*Labanan khaalishan saa-ighal isy-syaaribiin* (Berupa susu bersih yang mudah ditelan bagi yang meminumnya) Artinya, tidak ada yang merasa tercekik karena meminumnya. Setelah menyebutkan susu yang Dia jadikan sebagai minuman bagi manusia dengan sangat mudah, kemudian Allah Ta'ala juga menyebutkan minuman yang diambil manusia dari kurma dan anggur serta minuman yang mereka buat dari Nabidz sebelum diharamkan.

Saat ini kotoran sapi masih dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan. Padahal, kotoran sapi masih bisa diolah menjadi produk yang memiliki nilai pasar. Setidaknya ada dua keuntungan yang diperoleh dari pengolahan kotoran sapi, yaitu mengurangi resiko pencemaran dan memperoleh produk yang bernilai dari pemanfaatan kotoran tersebut. Kotoran sapi sendiri terdiri dari kotoran dan sisa-sisa yang tidak dimakan sapi. Setidaknya tiga produk berharga dapat dibuat dari kotoran hewan: pupuk cair, biogas dan biochar.

Rata-rata sapi dengan berat 350 kg menghasilkan sekitar 15-20 kg pupuk kandang/hewan/hari. Masa induk memegang seama empat bulan dan menghasilkan 2,4 ton kotoran sapi/ekor. Rata-rata petani Indonesia memiliki empat ekor sapi dan menghasilkan 9,6 ton kotoran sapi dalam empat bulan.

### **2.3 Ampas Tebu**

Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang tumbuh di iklim tropis. Tumbuhan ini termasuk dalam kategori herba dalam keluarga seperti bambu, beras, jagung, dan lain sebagainya. Tebu adalah sumber utama pemanis, terhitung

70%, sisanya berasal dari gula bit. Menurut statistik dari Finlandia, kebutuhan gula Indonesia per tahun adalah 4.039,2 juta ton gula untuk memenuhi kebutuhan gula 260 juta penduduk Indonesia. Hal ini menunjukkan kebutuhan akan tanaman ini seiring dengan bertambahnya populasi dan peningkatan produksi gula. Dalam prosesnya, tebu diubah menjadi gula dan dihasilkan limbah berupa ampas tebu.

Bagasse dibuat dengan menggiling tebu setelah diekstraksi atau dijus. Rendemen ampas tebu adalah 30-40% dari berat tebu yang masuk ke penggilingan. Menurut data P3GI, terdapat 48 pabrik gula milik negara dan 17 pabrik gula swasta yang menggiling 33 juta ton tebu setiap tahunnya. Sekitar 10 juta ton ampas tebu dihasilkan dari jumlah tersebut (Rahma dkk, 2020).



Gambar 2.4 Ampas Tebu

#### 1. Komponen Ampas Tebu

Bagasse mengandung air, gula dan serat. Serat ampas tebu terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan ini merupakan turunan hidrokarbon yang dapat berubah menjadi jelaga. Bahan organik yang mengandung senyawa hidrokarbon, terutama yang kaya lignin, meningkatkan kualitas batubara.

##### 1) Selulosa

Rumus struktur selulosa ( $C_6H_{10}O_5$ ) merupakan polimer karbohidrat polisakarida rantai panjang yang berasal dari beta-glukosa. Selulosa adalah senyawa organik yang merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan. Selulosa adalah senyawa berserat dengan kekuatan tarik tinggi dan tidak larut dalam air dan pelarut organik.

## 2) Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu jenis senyawa polisakarida yang mengisi ruang antar serat selulosa pada dinding sel tumbuhan, mudah larut dalam basa, dan mudah terhidrolisis oleh asam mineral menjadi gula dan senyawa lainnya. Monomer penyusun hemiselulosa biasanya berupa rantai D-glukosa yang berikatan dengan berbagai bentuk monosakarida yang melekat pada rantai tersebut baik sebagai cabang maupun loop, seperti D-mannosa, D-galaktosa, D-fukosa dan pentosa seperti D-xilosa dan L-arabinosa. Komponen utama hemiselulosa di Dicotyledoneae didominasi oleh xyloglucans. Hemiselulosa lebih larut daripada selulosa dan dapat diisolasi dengan metode ekstraksi.

## 3) Lignin

Lignin merupakan zat yang berikatan dengan selulosa pada tanaman tebu. Lignin bertindak sebagai pengikat antara serat kayu, seperti lem atau semen, yang menyatukan sel-sel lain dan dengan demikian meningkatkan kekuatan tanaman. Struktur lignin berbeda dari polisakarida karena terdiri dari sistem aromatik yang terdiri dari unit fenilpropana.

## 2. Dampak Limbah Ampas Tebu

Sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan oleh masing-masing pabrik gula digunakan sebagai bahan bakar boiler, sisanya dibiarkan tercecer, mencemari lingkungan dan dibuang sebagai limbah. Menyimpan ampas tebu dalam jangka waktu lama dapat menimbulkan masalah, termasuk menghabiskan banyak ruang penyimpanan. Selain itu, ampas tebu merupakan bahan yang mudah terbakar sehingga dapat menyebabkan kebakaran di pabrik dan polusi udara.

Antara lain : ampas tebu banyak digunakan sebagai bahan untuk menghasilkan karbon hitam, yang kemudian digunakan sebagai karbon aktif. Salah satu alasan memilih batubara ampas tebu adalah karena ampas tebu memiliki kandungan karbon yang tinggi. Karbon hitam sering diperoleh dengan memanaskan bahan berkarbon. Adanya jelaga dari pembakaran ampas tebu memberikan harapan bagi pengelolaan ampas tebu yang merupakan sumber pigmen tinta. Warna hitam yang sempurna menjadi alasan dipilihnya karbon hitam sebagai pigmen tinta hitam. Selain itu, karbon hitam tahan terhadap pelarut

dan biasanya sudah tersedia. Seiring berkembangnya industri tinta, penggunaan karbon hitam menjadi pilihan yang disukai konsumen tinta hitam, menyalip penggunaan spinel black, rutile black dan iron black (Rahma dkk, 2020).

## 2.4 Pengujian Biogas

Dengan memproduksi biogas dari ampas tebu dan kotoran sapi, Anda dapat menghasilkan biogas yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sebelum menggunakan gas, terlebih dahulu dicek apakah gas tersebut layak pakai atau tidak. Pengujian biogas meliputi pengujian parameter fisik, parameter senyawa kimia dan penggunaan biogas.

### 2.4.1 Parameter Fisis

#### 1. pH

Bakteri tumbuh subur dalam kondisi sedikit asam (pH antara 6,6 dan 7,0) dan pH tidak boleh lebih rendah dari 6,2. Oleh karena itu, kunci utama keberhasilan pengoperasian fermentor adalah memberikan suhu yang merata dan bahan yang tepat (Purnomo, 2009). Jika pH lebih tinggi dari 8,5 maka berdampak negatif terhadap populasi bakteri metanogenik (Karlina, 2017).

#### 2. Suhu

Pengontrolan suhu yang tepat diperlukan dalam proses fermentasi untuk menghasilkan biogas dalam digester anaerobik, karena suhu berperan penting dalam mengatur jalannya reaksi metabolisme bakteri, khususnya bakteri metanogenik. Kisaran suhu yang baik untuk perkembangan bakteri metanogenik adalah pada kisaran mesofilik 25-30°C (Pernanda, 2021).

#### 3. Tekanan

Tekanan sering digunakan untuk mengukur kekuatan cairan atau gas. Satuan tekanan dapat dihubungkan dengan satuan volume (pengisian) dan suhu. Semakin tinggi tekanan di tempat yang sama, semakin tinggi suhunya (Karlina, 2017).

$$P = \frac{F}{A}$$

Keterangan :

P = Tekanan (N/m<sup>2</sup> = Pa)

F = Gaya (N)

A = Luas bidang (m<sup>2</sup>)

## 2.4.2 Parameter Senyawa Kimia

### 1. Metana ( $\text{CH}_4$ )

Metana adalah gas hidrokarbon paling sederhana dengan rumus kimia  $\text{CH}_4$ . Metana murni tidak berbau, tetapi sedikit bau belerang biasanya ditambahkan untuk penggunaan komersial guna mendeteksi potensi kebocoran. Sebagai komponen utama gas alam, metana merupakan sumber bahan bakar terpenting. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen melepaskan satu molekul  $\text{CO}_2$  (karbon dioksida) dan dua molekul  $\text{H}_2\text{O}$  (air).

### 2. Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ )

Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) atau karbon dioksida adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon. Ini adalah gas pada suhu dan tekanan normal dan ditemukan di atmosfer bumi. Karbon dioksida merupakan gas rumah kaca yang penting karena sangat menyerap gelombang inframerah.

### 3. Hidrogen ( $\text{H}_2$ )

Hidrogen adalah unsur kimia dalam tabel periodik dengan lambang H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan normal, hidrogen adalah gas diatomik yang tidak berbau, tidak berwarna, bukan logam, monovalen, dan sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 sma, hidrogen merupakan unsur paling ringan di bumi (Semin dkk, 2022).

### 4. Nitrogen ( $\text{N}_2$ )

Nitrogen adalah unsur kimia pada tabel periodik dengan lambang N dan nomor atom 7. Dikenal juga sebagai unsur lemah, unsur ini pertama kali ditemukan oleh dokter Skotlandia Daniel Rutherford pada tahun 1772 dan digambarkan berbahaya bagi udara. Meskipun dia tidak mengenalinya sebagai zat kimia yang sama sekali berbeda, dia dengan jelas membedakannya dari "udara padat" atau karbon dioksida Joseph Black (Aaron J, 2022).

### 5. Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )

Hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) adalah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan berbau seperti telur busuk. Gas ini dapat timbul dari aktivitas biologis ketika bakteri mengurai bahan organik dalam kondisi anoksik (aktivitas anaerobik), misalnya di rawa dan selokan (Semin dkk, 2022).

### 2.4.3 Pengaplikasian Biogas

#### 1. Uji Lama Nyala Api

Uji nyala api dengan melihat hasil perlakuan dengan membuka kran saluran biogas, menyalakan biogas dengan api dan menghitung panjang nyala api yang ditimbulkan dengan stopwatch (Pernanda, 2021).

#### 2. Warna Api

Warna nyala biogas ditentukan dengan mengamati langsung hasil pembakaran biogas. Jika warna nyala api yang dihasilkan biru maka kualitas gas yang dihasilkan baik, namun jika warna nyala api yang dihasilkan biru kemerahan maka biogas tersebut mengandung gas tercemar (Serly dkk, 2012).

### 2.5 Penelitian Relevan

Berdasarkan penelitian Karlina (2017) tentang “Pengujian Parameter Fisik Biogas Dari Komposisi Kotoran Sapi dan Limbah Eceng gondok Menggunakan Reaktor Berpengaduk” dengan tujuan penelitian untuk mengetahui hasil pengujian parameter fisik berupa pH, tekanan suhu, uji nyala dan warna nyala biogas. Sampel yang digunakan adalah kotoran sapi dan limbah eceng gondok dan air dengan 4 perlakuan. Perlakuan I = 100% : 0% : 100%, Perlakuan II = 100% : 0% : 100%, Perlakuan III = 50% : 50% : 100% dan Perlakuan IV = 75% : 25% : 100%. Pengujian yang dilakukan adalah parameter fisik seperti pH, suhu, tekanan, lama nyala api dan warna nyala biogas. Dengan lama waktu fermentasi 20 hari. Hasil uji parameter fisik menunjukkan kisaran nilai pH 6,0–7,2. Kemudian nilai temperaturnya adalah 23. Selanjutnya rentang nilai tekanannya adalah 103,1 cm. Untuk nyala biogas paling lama, perlakuan I selama 20 detik, sedangkan pada perlakuan II, III dan IV tidak mendapatkan nyala biogas.

Berdasarkan penelitian Muchamad Rico Pernanda (2021) tentang “Nilai pH, Suhu, Nyala Api dan Warna Nyala Biogas Yang Dihasilkan Pada C/N Kotoran Kerbau dan Ampas Kelapa Dengan Waktu Fermentasi Berbeda”, dengan tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh perbandingan C/N dan lama waktu Fermentasi pada produksi biogas kotoran kerbau dan ampas kelapa berdasarkan nilai pH awal, pH akhir, temperatur awal dan temperatur akhir digester, nyala api dan warna nyala api yang dihasilkan. Sampel yang digunakan adalah kotoran kerbau dan ampas kelapa. Pengujian dilakukan

berdasarkan 2 faktor yaitu faktor A dan faktor B. Faktor A adalah kotoran kerbau dan ampas kelapa (C/N ratio) A0 = 100% kotoran kerbau + 0% ampas kelapa C/N = 22,34 A1 = kotoran kerbau 75% + ampas kelapa 25% C/N = 27 A2 = 50% kotoran kerbau + 50% ampas kelapa C/N = 30. Faktor B adalah lamanya waktu fermentasi B0 = fermentasi 0 hari, B1 = fermentasi 10 hari, B2 = fermentasi 20 hari dan B3 = fermentasi 30 hari dengan perbandingan 1:1 penambahan air dari bahan baku. Hasil fermentasi 30 hari menghasilkan warna terbaik dengan interaksi antara C/N rasio digester dan lama fermentasi pada pH awal dan pH akhir digester, waktu fermentasi hingga 30 hari dapat meningkatkan hasil akhir fermentasi. suhu digester dan rasio C/N adalah 22,34 dan waktu fermentasi adalah 30 hari menghasilkan biogas dengan kualitas terbaik berdasarkan nyala dan warna nyala.

Berdasarkan penelitian Nurnay Siska Rosilawati Siallagan (2010) tentang “Pengaruh Waktu Tinggal dan Komposisi Bahan Baku Pada Proses Fermentasi Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Produksi Biogas”, dengan tujuan mengetahui perbandingan bahan baku dalam pembentukan biogas dari limbah cair tahu, mengetahui lama waktu tinggal fermentasi untuk menghasilkan biogas secara optimal dan mengetahui pengaruh penambahan koagulan biji asam jawa untuk menghasilkan biogas dari limbah cair tahu. Bahan baku utama penelitian ini adalah limbah cair industri tahu (tofu/whey water) dan peralatan yang digunakan adalah biodigester (reaktor batch) dengan volume biodigester 14 liter. Variabel penelitian adalah perbandingan volume air limbah industri tahu (tanpa atau setelah proses koagulasi dengan koagulan biji asam jawa) dengan air sebesar 1:0, 1:0,25 dan 1:0,5, dan lama fermentasi 7, 15 dan 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume biogas optimum 4,2 liter dicapai pada perbandingan 1:0 (v/v) terhadap limbah cair industri tahu (tanpa koagulasi) dan air dengan waktu fermentasi 15 hari. Pada kondisi ini COD removal yang dicapai sebesar 46,29%, TSS sebesar 7,56%, dan TDS sebesar 41,85%. Untuk uji nyala menghasilkan nyala api berwarna biru dan tidak mengeluarkan asap, sehingga dapat dikatakan biogas yang dihasilkan mengandung metana. Untuk limbah cair industri tahu dengan proses koagulasi menggunakan biji asam jawa sebanyak 3000 mg/L dengan ukuran partikel 140 mesh, volume biogas optimum adalah 3,1 liter dengan waktu

fermentasi 12 hari dengan perbandingan limbah cair industri tahu 1:0 dengan air (v /v). Persentase penyisihan COD sebesar 1,45%, TSS sebesar 77,51% dan TDS sebesar 44,65%.

Untuk uji nyala menghasilkan nyala api berwarna biru, sehingga dapat dikatakan biogas yang dihasilkan mengandung metana. Namun jika dibandingkan dengan baku mutu yang dipersyaratkan menurut KepMenLH Nomor 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Industri, hasil yang dicapai untuk nilai TDS sudah memenuhi. Nilai COD mendekati nilai standar yang dipersyaratkan. Sedangkan nilai TSS belum memenuhi standar kualitas yang dipersyaratkan.

## **2.6 Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini adalah biogas dengan hasil yang optimal dapat dihasilkan dari pengaruh waktu fermentasi terhadap produksi biogas dari campuran ampas tebu dan limbah kotoran sapi.



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN