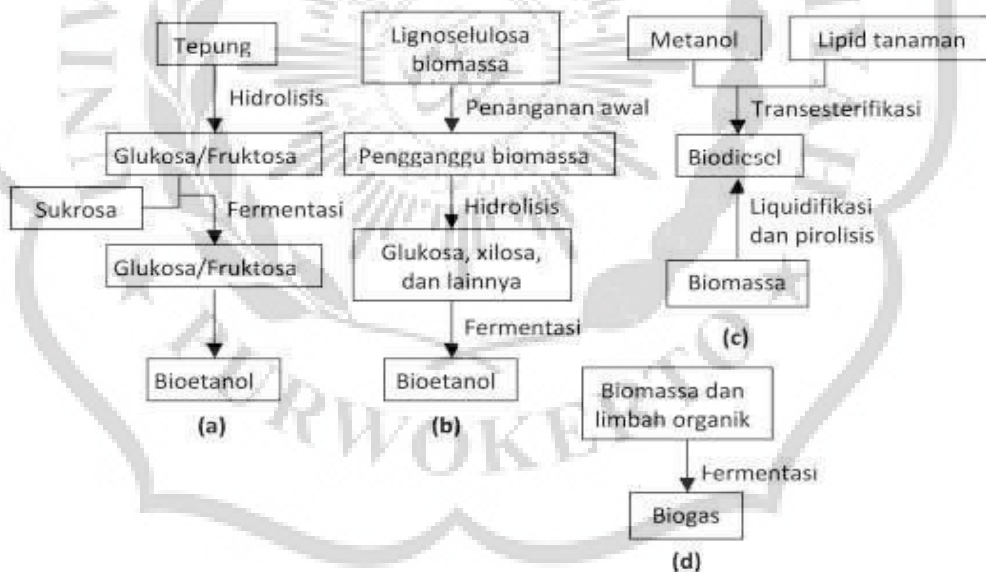


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bioenergi

Bioenergi merupakan energi yang berasal dari bahan biomassa, seperti limbah pertanian, produk sampingan industri kehutanan, limbah peternakan serta sebagian kecil limbah industri dan kota yang dapat terurai secara alami. Bioenergi sangat penting untuk mengurangi emisi karbon dioksida dan menggantikan bahan bakar fosil transportasi dalam jangka panjang. Salah satu bentuk bioenergi yang terus dikembangkan adalah biofuel, yaitu sumber energi yang dihasilkan dari biomassa, seperti biodiesel, bioetanol, dan biooil. Bioenergi memiliki banyak keuntungan. Sumbernya dapat diperbaharui, ramah lingkungan, mudah terurai, dan dapat mengurangi efek rumah kaca (Hambali et al., 2007). Berikut Gambar 2.1. Tahapan pembentukan bioenergi.



Gambar 2.1. Tahapan Pembentukan Bioenergi

## **2.2 Biogas**

### **2.2.1. Definisi dan kegunaan**

Kurniawan et al. (2016) menyatakan bahwa biogas adalah salah satu sumber energi terbarukan yang paling sederhana yang dihasilkan dari fermentasi anaerobik bahan organik. Biogas, menurut Abbasi et al. (2012) dalam Liliyasi, GA (2016), adalah campuran beberapa gas yang dapat terbakar yang berasal dari bahan organik yang telah terurai secara anaerobik. Biogas bisa dikategorikan sebagai bioenergi, karena energi dihasilkan dari biomassa. Biomassa adalah bahan organik yang umurnya relatif muda yang berasal dari kehidupan atau produk dan industri peternakan dan perikanan. Biogas adalah produk akhir dari bakteri methanogen yang memecah gas pencernaan /anaerobic (di lingkungan tanpa oksigen). Pratama et al. (2012)

Biogas biasanya terdiri dari metana (50%–75%) dan karbon dioksida (25%–50%), sejumlah gas tambahan dan uap air. Dalam proses anaerobik digester (AD), mikroorganisme menguraikan bahan organik kompleks dan menghasilkan biogas. Selama berabad-abad, kemampuan ini telah digunakan untuk produksi energi dalam bioreaktor, atau sistem buatan manusia (Bond and Templeton, 2011). Biogas adalah sumber energi berharga yang menghasilkan 5,5 hingga 7 kWh m<sup>3</sup>. Perannya dalam skenario pasokan metana terkait langsung dengan tingkat energinya. Ini akan berkontribusi pada pengurangan penggunaan bahan bakar fosil, yang pada gilirannya akan mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Sangat mungkin untuk menghasilkan biogas dari limbah, meskipun nilai perkiraan sangat berbeda antara studi.

### **2.2.2 Proses Produksi Biogas**

Tahapan proses produksi biogas tersebut dapat dibagi menjadi 4 (empat) degradasi yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

Tahap hidrolisis melibatkan penguraian biomassa yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa serta bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat, dan lipida menjadi senyawa rantai yang lebih pendek. Sebagai contoh, protein terurai

menjadi peptide dan asam amino, sementara polisakarida terurai menjadi monosakarida (Lilisari, G.A.A, 2016).

Tabel 2.1. Tahapan pembentukan metana.

Bahan organik	Tahapan			
	Hidrolisis	Asidogenesis	Asetogenesis	Metanogenesis
Karbohidrat	Gula →	Asam	Asam Asetat, Hidrogen, CO <sub>2</sub>	Metan, CO <sub>2</sub>
Lemak	Asam lemak →	Organik, Alkohol		
Protein	Asam amino →	Hidrogen, CO <sub>2</sub> , Amonia		

a. Fase Hidrolisis

Menurut Al-Saedi (2008), hidrolisis adalah tahap pertama dalam proses fermentasi anaerob, yang mencakup transformasi bahan kompleks menjadi bahan yang lebih sederhana. Pada proses hidrolisis, Polimer seperti karbohidrat, lemak, dan protein dihidrolisis menjadi glukosa, gliserol, dan asam amino. Pada tahap pertama (hidrolisis), senyawa terlarut, seperti selulosa, protein, dan lemak diretakan menjadi monomer (fragmen yang dapat larut dalam air) oleh exoenzim (hydrolase) bakteri anaerob fakultatif dan obligatorina. Sebenarnya, ikatan kovalen terbelah dalam reaksi kimia dengan air. Dalam beberapa jam, hidrolisis karbohidrat terjadi, sedangkan hidrolisis protein dan lemak terjadi dalam beberapa hari. Mikroorganisme aerobik fakultatif mengambil oksigen yang dilarutkan dalam air, yang menghasilkan potensi redoks yang rendah untuk mikroorganisme anaerobik obligasi. Mikroorganisme aerobik fakultatif hanya dapat mengdegradasi lignoselulosa dan lignin secara bertahap dan tidak lengkap (Deublein et al., 2008).

b. Fase Asidogenesis

Monomer yang terbentuk dalam fase hidrolisis diambil oleh bakteri anaerobik fakultatif dan obligatorina dan terdegradasi pada tahap kedua, fase

asamogenik, ke asam organik rantai pendek, molekul C<sub>1</sub>-C<sub>5</sub> (misalnya asam butirat, asam propionate, asetat, asetat asam) alcohol, hydrogen, dan karbon dioksidasi. Jenis produk fermentasi dipengaruhi oleh jumlah ion hydrogen yang terbentuk antara. Semakin tinggi tekanan parsial hydrogen, semakin sedikit senyawa yang berkurang, seperti asetat terbentuk. (Deublein.D, et al, 2008).

c. Fase Asetogenesis

Bakteri lain, yaitu fase asetamin, bergantung pada fase asetogen yang dihasilkan dari tahap asidogenik. Dalam fase asetogenik bersifat endergonic dengan degradasi asam propionate, mikroorganisme homoasetogenik terus mengurangi H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> exergonik menjadi asam asetat (Deublein.D, et al, 2008). Menurut Al Saedi (2008), produk metabolisme bakteri asidogenesis harus melalui tahap asetogenesis sebelum dapat dikonversi langsung menjadi metana. Bakteri asetogenesis mengubah asam asetat, hydrogen, dan CO<sub>2</sub> dari *volatile fatty acid (VFA)* dan alcohol. *Acetobacter aceti* adalah salah satu contoh bakteri asetogenesis.

d. Fase Metanogenesis

Karena proses reaksi biokimia yang paling lambat, metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses digestasi anaerobic. Kondisi operasi sangat mempengaruhi metanogenesis untuk berkembang dan menghasilkan gas metana. Faktor-faktor seperti komposisi bahan baku, laju umpan, suhu, dan pH adalah beberapa yang mempengaruhi proses pembentukan gas metan. Digestion overloading, perubahan suhu, atau masuknya oksigen dapat menyebabkan produksi metana berhenti (Deublein et al., 2008). Proses akhir metanogenesis menghasilkan biogas yang akan dibakar.

### 2.2.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi biogas

Kadar karbon dan nitrogen dalam bahan, kandungan air, derajat keasaman, suhu pencernaan, pengadukan, dan racun adalah beberapa komponen yang memengaruhi pembentukan biogas.

## 1. Kadar karbon dan nitrogen dalam bahan

Bakteri tinggal di ruang pencernaan, juga dikenal sebagai digester, di mana mereka makan, berkembang, dan mengubah bahan organik menjadi bentuk lain. Bakteri anaerobic sangat mengandalkan karbon dalam bentuk karbohidrat dan nitrogen dalam bentuk protein, serta asam nitrat, ammonia, dan unsur lainnya. Unsur karbon (C) membentuk energi, dan unsur nitrogen (N) membentuk struktur sel. Bakteri memakan habis unsur C tiga puluh kali lebih cepat dari pada unsur N. Perbandingan C/N berkisar antara 16:1 sampai 25:1. Namun, ini menunjukkan bahwa nitrogen dapat mengikat struktur lignin. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan C/N harus dipertimbangkan saat memproduksi biogas. Untuk proses penguraian anaerob, rentang nilai rasio C/N antara 20 s.d 30 adalah yang terbaik (Deublin dan Steinhauser, 2008).

Kebutuhan nutrien yang sangat rendah menunjukkan bahwa proses anaerob tidak menghasilkan banyak biomassa. Substrat dengan rasio C/N yang rendah akan mengurangi produksi metan dan meningkatkan produksi nitrogen. Jika rasio C/N tinggi, nitrogen akan berkurang, yang berdampak negatif pada pembentukan metan, energi, dan hasil metabolisme struktur material mikroorganisme. Sebuah komposisi yang seimbang antara C dan N sangat penting (Deublein dan Steinhauser, 2008).

## 2. Kandungan Air

Mikroorganisme akan membutuhkan air untuk beroperasi. Jumlah air yang dibutuhkan untuk membuat biogas berbeda-beda tergantung pada bahan apa yang digunakan. Secara umum, ada sekitar 7–9% solid dalam campuran.

## 3. Derajat Keasaman

Nilai pH menunjukkan seberapa asamnya. pH mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas bakteri.

## 4. Temperatur Substrat

Suhu di dalam digester juga dapat memengaruhi aktifitas bakteri yang menghasilkan biogas. Sebuah perubahan suhu yang mendadak dalam digester

biogas dapat menyebabkan penurunan cepat dalam produksi biogas. Menurut Hartono (2009) dalam Liliarsari (2016), proses anaerob secara garis besar diklasifikasikan menjadi psycropil, mesophil, dan thermophil berdasarkan temperatur operasinya. Pada proses anaerobik, Temperatur sangat penting dalam proses anaerobik karena mempengaruhi kinerja bakteri metanogen. Temperatur kerja yang lebih tinggi akan menghasilkan lebih banyak biogas, tetapi bakteri akan mudah mati pada temperatur yang terlalu tinggi.

#### 5. Kandungan oksigen

Sebagai bakteri anaerob fakultatif, keberadaan oksigen dalam bioreactor tidak mempengaruhi proses pembentukan asam. Namun, bakteri metanogen adalah bakteri anaerob obligat, sehingga kehadiran oksigen dapat mencegah pembentukan gas metana (Deublein, 2008).

### 2.3 Limbah Ikan

#### 2.3.1 Karakteristik Limbah Ikan

Hampir 64 juta ton limbah ikan dihasilkan setiap tahun. Limbah ini terdiri dari kepala, jeroan, tulang dan sisik, dan kaya lipid dan protein. Limbah ikan dapat digunakan untuk produksi energi. Limbah seperti lumpur ikan dan limbah ikan, yang kaya akan lipida dan protein, memiliki banyak manfaat karena menghasilkan kasil metana tinggi dan dapat menarik sebagai substrat untuk proses anaerobic. Kafle.G.K dan rekan., 2012

Tabel 2.2. Hasil analisis Komposisi Limbah Ikan

Parameter	Limbah Ikan (%)	Ikan Olahhan (%)
Air	7.34	10
Kadar Abu	17.10	18
Lemak	10.37	10
Protein	53.85	60
Serat Kasar	0,03	1

Sumber : Semarang Industry Service (dalam Pratama,PN 2012)

### 2.4 Anaerobic digestion

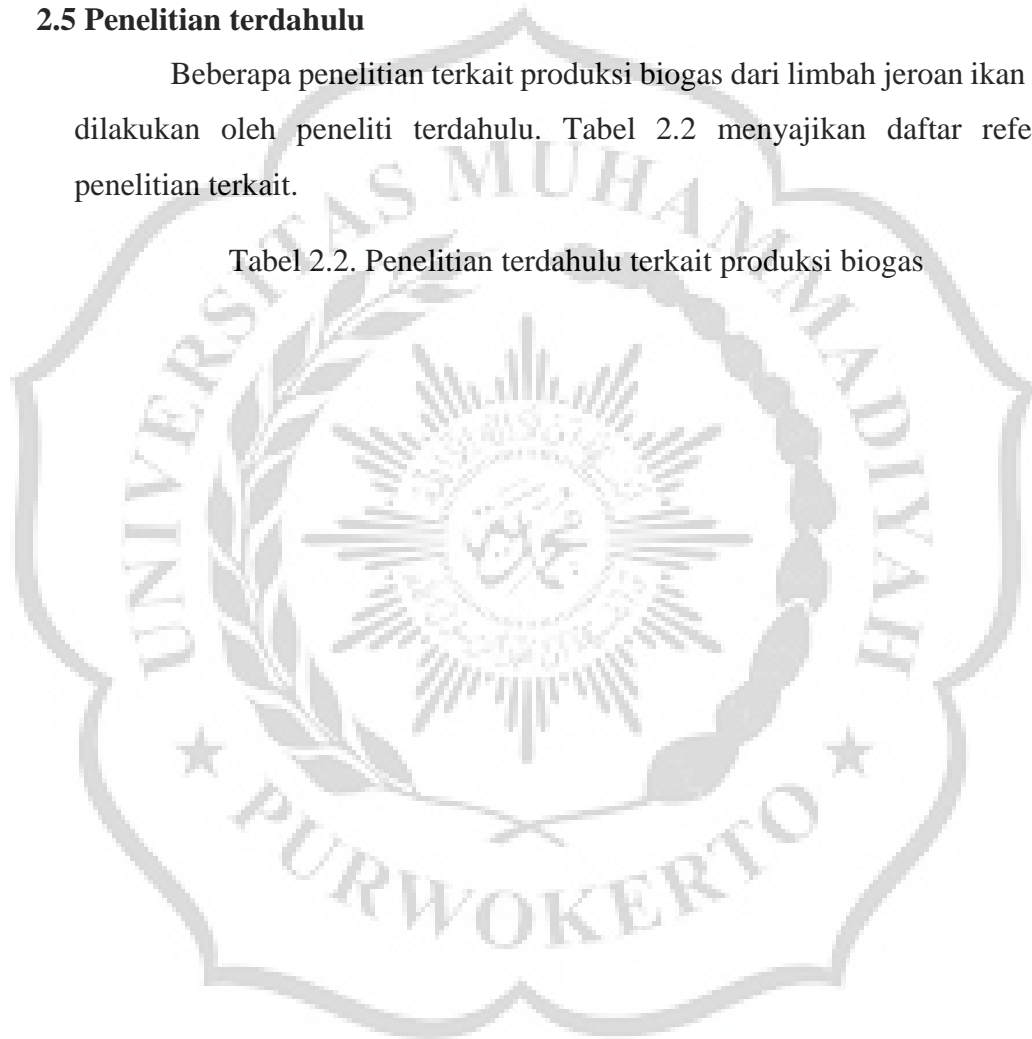
Pencernaan anaerobic (AD) adalah proses mikrobiologis di mana bahan organik terurai tanpa oksigen melalui penggunaan teknik rekayasa dan

pengawasan desain, proses AD digunakan untuk memproses bahan organik biodegradable di tangki kedap udara reactor. umumnya disebut digester, untuk menghasilkan biogas. Berbagai kelompok mikroorganismen berpartisipasi dalam proses degradasi anaerobic, yang menghasilkan dua produk utama: digestate bergizi dan kaya energi.

## 2.5 Penelitian terdahulu

Beberapa penelitian terkait produksi biogas dari limbah jeroan ikan telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Tabel 2.2 menyajikan daftar referensi penelitian terkait.

Tabel 2.2. Penelitian terdahulu terkait produksi biogas



Referensi	Kondisi Operasi	Metode	Hasil
Patcharin Rachoy, dkk (2019)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biodegradasi : 20 hari</li> <li>- Laju aliran : 15 L/h</li> <li>- Limbah tepung tapioca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hydraulic loading rate (HLR)</li> <li>- Besi nol-valen (ZVI-UASB)</li> <li>- Sistem mikroba toleransi garam (STM-UAB)</li> </ul>	Y BES-UASB : 60 %
Berlian Sitorusa, dkk (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kapasitas produksi : 200 liter</li> <li>- Waktu : 98 hari</li> <li>- Komposisi : 78% limbah sayur, 4% limbah umbi dan 18% limbah buah</li> </ul>	Anaerobic digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yield = 65%</li> <li>- Laju aliran = 20 – 40 ml/menit</li> </ul>
Budyono, dkk (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limbah sampah buah</li> <li>- Penambahan pupuk sapi dan buffer <math>\text{NH}_4\text{HCO}_3</math> : 1:3</li> <li>- Inokulum : Ruminansia</li> </ul>	Anaerobic digester	Hasil terbaik : Variabel dengan penambahan kotoran sapi 1 : 1 dan menggunakan buffer
Khori Ex Indarto (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan Urea 3% dan 6%</li> <li>- Suhu tertinggi : 50°C</li> <li>- Suhu ruangan : 31°C</li> <li>- Inokulum : Sludge ( lumpur aktif)</li> </ul>	Anaerobic Digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 314,58 (ml/hari)</li> <li>- Suhu : 50°C</li> </ul>
Ravi P, Dkk (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pabrik biodigester : Alumunium</li> <li>- Waktu : 30 hari</li> <li>- Limbah dapur</li> <li>- Rasio limbah, air dan inoculum : 8:16:6 L</li> <li>- Suhu : 32°C</li> </ul>	Anaerobic digester	- Y : 0,258157 m <sup>3</sup> /kg

Ludfia Windyasmara , dkk (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan daun jati : 0,5% dan 10%</li> <li>- Inokulum : Feses kuda dan feses sapi</li> </ul>	Anaerobic digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y feses kuda : 121,87 ml</li> </ul>
Kemas Ridhuan (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bakteri methanogen</li> <li>- Waktu fermentasi : 28 hari</li> </ul>	Anaerob digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 56,4 liter</li> <li>- Suhu : 27 – 32°C</li> <li>- pH : 6,8 - 8</li> </ul>
Heni Dwi Kurniasari (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inokulum : Sludge E.coli</li> <li>- Komposisi : 50% kotoran sapi dan 50% sludge biodigester</li> <li>- 40 liter</li> <li>- Waktu pengujian : 16 hari</li> </ul>	Biodigester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 13,14 %</li> <li>- Suhu : 26 – 30°C</li> <li>- pH : 6 - 8</li> </ul>
Ahmad Shobib dkk (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komposisi : 3:2 : 150 ml air dan 100 g kotoran burung puyuh</li> <li>- Waktu pengujian : 5 minggu</li> </ul>	Anaerob digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 65%</li> </ul>
Ramdiana (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Komposisi : campuran sapi dan limbah cair aren 1:1,25</li> <li>- Suhu ruang 25°C – 30°C</li> <li>- Waktu pengujian : 50 hari</li> </ul>	Anaerobic digester	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 42%</li> </ul>
Multi Idola Tricia, dkk (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume : 1 L</li> <li>- Waktu pengujian : 60 hari</li> <li>- Perbandingan (gram) : Kotoran sapi 200g, Eceng gondok 400g dan 200g air</li> </ul>	Rancangan acak Kelompok (RAK) Anaerobic batch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 4206,5 ml</li> </ul>

Rosita Dwityaningsih dkk (2018)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Larutan : NaOH</li> <li>- Perbandingan (gram) : Eceng gondok 45 g – Kotoran sapi 135 g – jeroan ikan 30 g</li> <li>- Waktu pengujian : 20 hari</li> </ul>	Anarobic batch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y : 30.647 ml</li> <li>- Nyala api : nyala selama 19 hari</li> </ul>
Wahyu Kurniawan, dkk (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Larutan penyerap atom karbon : NaCl dan NaOH</li> <li>- Waktu pengujian : 30 hari</li> <li>- Perbandingan (gram) : Kiambang 60g dan Limbah Patin 120g</li> </ul>	Reaktor batch anaerob	- Y : 50,16 %

