**BAB I**

**PENDAHULUAN**

1. **LATAR BELAKANG**

Teknologi biogas adalah teknologi yang memanfaatkan proses fermentasi biomassa secara anaerobik oleh bakteri metana sehingga dihasilkan gas metana. Gas metana yang dihasilkan dapat dibakar sehingga dihasilkan energi panas. Reaktor biogas merupakan salah satu solusi teknologi energi untuk mengatasi kesulitan masyarakat akibat kenaikan harga BBM. Teknologi ini bisa segera diaplikasikan terutama untuk kalangan masyarakat yang mempunyai bahan baku kotoran sapi yang melimpah (Megawati dan Kendali Wongso, 2014). Teknologi tepat guna biogas dapat diterapkan di masyarakat untuk meningkatkan nilai tambah dan mengatasi dampak negatif dari bahan-bahan limbah serat bernilai ekonomi.

Kegiatan manusia berupa peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, dan pengolahan produk ternak menghasilkan limbah. Seperti halnya sampah domestik, limbah berupa kotoran sapi juga mengandung bahan organik. Keberadaan kotoran sapi menjadi masalah bagi peternak maupun masyarakat di lingkungan sekitar peternakan. Limbah berupa kotoran sapi dapat menimbulkan pencemaran lingkungan serta ancaman terhadap kesehatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung (Sudiran, 2005)

Perusahan peternakan aktif pada akhir tahun 2017 berjumlah 35 perusahaan. Dari data diatas satu perusahaan melakukan kegiatan pembibitan, 27 perusahaan merupakan usaha budidaya sapi perah, dan 7 perusahaan pengumpul susu sapi perah. Stok sapi perah pada akhir tahun 2017 adalah 41.416 ekor dengan rata-rata penguasaan 1.183 ekor per perusahaan atau naik 586 ekor per perusahaan bila dibandingkan tahun 2016. (BPS, 2017). Semakin banyaknya perternak maka diperlukan pengolahan limbah dari proses kegiatan tersebut, sehingga tidak dibuang secara langsung yang dapat berdampak pada lingkungan sekitarnya.

Dalam pembuatan digester biogas, digester memanfaatkan mikroorganisme sebagai sarana percepatan penguraian unsur-unsur utama (berupa karbohidrat, protein, lemak, dll). Dalam hal ini diperlukan media tambahan untuk mempercepat proses berupa 2 jenis MOL yang digunakan yaitu MOL bonggol pisang dan MOL buah-buahan. Bonggol pisang memiliki banyak mata tunas yang didalamnya terdapat *giberelin* dan *sitokinin* sehingga dapat mengundang mikroorganisme lain untuk datang. Bonggol pisang mengandung beberapa mikroorganisme yang berperan baik dalam penguraian (Syariefa, dkk, 2012).

Pada umumnya biogas berupa campuran 50-70% gas metan (CH4), gas karbon dioksida (CO2) 30-40%, gas hidrogen (H2) 5-10%, dan sisanya berupa gas lainya (Arifin, 2008:3). Biogas memiliki pembakaran yang antar 4800-6200 kkal/m­3 lebih kecil daripada pembakaran gas metan murni yang mencapai 8900 kkal/m3(Mara, 2011)

Pembuatan biogas adanya prinsip dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup tanpa udara) menghasilkan gas sebagain besar metan (CH4­) dan karbon dioksida (CO2). Proses dekomposisi dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri penghasil metan. Salah satunya bakteri penghasil metan adalah *Metanococus* (Megawati,2014)

Sejalan dengan hal tersebut, pemerintah telah menerapkan upaya penggunaan sumber energi alternatif biogas karena dianggap layak dilihat dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan (Ditjen PPHP, 2009b).

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan oleh, dari dan untuk masyarakat, dalam meningkatkan volume biogas dengan mudah dan biaya yang relatif murah sekaligus menghasilkaan energi terbarukan pengganti LPG.

Dari latar belakang diatas, maka selanjutnya perlu dilakukan penelitian tentang “**Pengaruh Penambahan Mol Bonggol Pisang Dan Mol Buah Pepaya Terhadap Kuantitas Biogas Pada Kotoran Sapi**”

1. **IDENTIFIKASI MASALAH DAN PEMBATASAN MASALAH**
2. Identifikasi Masalah
3. Banyaknya limbah kotoran sapi yang tidak diolah sebagai bahan buangan
4. Banyaknya buah pepaya yang busuk sebagai bahan buangan
5. Kotoran sapi menjadi sumber energi terbarukan
6. Dalam penelitian ini, peneliti dibatasi pada mengetahui kecepatan terbentuknya gas yang dihasilkan dari penambahan berbagai jenis mikroorganisme local (MOL).
7. **RUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada permasalahan yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

“Berapa volume biogas kotoran sapi yang dihasilkan dengan variasi mikroorganisme lokal (MOL) bonggol pisang dan mol buah pepaya?”

1. **TUJUAN PENELITIAN**
2. Tujuan Umum

Menganalisis kecepatan terbentuknya biogas kotoran sapi dengan dihasilkan dengan penambahan mol bonggol pisang dan mol buah pepaya sebagai aktivator.

1. Tujuan Khusus
2. Menghitung volume biogas dengan penambahan MOL bonggol pisang setelah 21 hari
3. Menghitung volume biogas dengan penambahan MOL buah pepaya setelah 21 hari
4. Menganalisis volume biogas dengan penambahan MOL bonggol pisang dan MOL buah pepaya
5. **MANFAAT PENELITIAN**
6. Menambah wawasan ilmu tentang teknologi tepat guna
7. Menyediakan kuantitas volume biogas dengan mempercepat hasil produk bahan baku kotoran sapi
8. Membantu pengolahan limbah kotoran sapi menjadi POC dari proses fermentasi bahan baku kotoran sapi
9. **KEKHUSUSAN MODEL**

Kekhususan Model

1. Reaktor digester dibuat skala laboratorium
2. Bahan baku yang akan difermentasi menggunakan kotoran sapi perah
3. Mengukur kecepatan pembentukan biogas

**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

1. **Tinjauan Terdahulu**
2. Pengertian Kotoran Sapi

Kotoran sapi merupakan substrat yang dianggap paling cocok sebagai sumber pembuat biogas, karena substrat tersebut telah mengandung bakteri penghasil gas metan yang terdapat dalam perut hewan ruminansia. Keberadaan bakteri di dalam usus besar ruminansia tersebut membantu proses fermentasi sehingga proses pembentukan gas bio pada tangki pencerna dapat dilakukan lebih cepat. Walaupun demikian, bila kotoran tersebut akan langsung diproses dalam tangki pencerna, perlu dilakukan pembersihan terlebih dahulu (Eko Suwanto, 2016). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi bergantung pada jenis makanan, jumlah makanan yang dimakan serta sifat ternak itu sendiri (Abdulgani, 2008).

Kotoran ternak merupakan pilihan yang tepat sebagai bahan baku pembuatan biogas, karena didalam kotoran ternak telah mengandung bakteri metanogenik yang dapat menghasilkan gas metan (Omed dkk., 2000). Kotoran sapi, kuda, kambing dan kerbau memiliki kandungan selulosa yang tinggi dan mudah diuraikan oleh bakteri, selain itu kotoran ini mudah didapatkan dan menjadi limbah yang tidak termanfaatkan. Menurut Widodo dan Asari (2006) kotoran ternak mengandung nitrogen, fosfor dan kalium yang merupakan kandungan nutrient utama untuk bahan pengisi biogas.

Seekor sapi mampu menghasilkan kotoran padat sebanyak 10- 15 kg/hari dan menurut Yuli et al. (2010) kandungan unsur hara feses sapi terdiri dari kandungan nitrogen (N) 0.3-0.4 %, phospor (P) 0.1-0.2 % , kalium (K) 0.10- 0.15 % dan air 80-85 % serta C/N ratio berkisar 19 – 25.

Menurut Haryati (2006) mengatakan bahwan C/N rasio pada kotoran sapi adalah 24. Semakin tinggi rasio C/N, nitrogen akan dikonsumsi secara cepat oleh bakteri Metanogen yang salah satunya adalah bakteri *Methanobacillus*. Rasio C/N pada kotoran sapi memenuhi persyaratan bahan baku produksi biogas. Kotoran sapi berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi energi alternatif berupa biogas pengganti LPG. Hal tersebut disebabkan jumlah produksi biogas per kilogram kotoran lebih besar dari pada kotoran hewan lainnya.

Menurut Wahyuni (2011), kotoran sapi sebanyak 1 kg menghasilkan biogas sebanyak 0,023-0,040 m3 dengan jumlah produksi tersebut kotoran sangat potensial untuk diproduksi biogas dalam jumlah besar.

1. Sejarah Biogas

Sejarah biogas dimulai dari kebudayaan Mesir, China dan Romawi kuno yang diketahui telah memanfaatkan biogas alami yang ada di alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun demikian, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan sayuran adalah Alessandro Volta pada tahun 1776. Volta mengamati bahan organik yang sedang melapuk menghasilkan gas yang mudah terbakar dan ini disebut gas Metana. Pada akhir abad ke-19 Jerman dan Perancis melakukan beberapa riset unit pembangkit biogas dengan memanfaatkan limbah dari pertanian. Di Inggris dan benua Eropa selama perang dunia ke II banyak petani yang membuat digester (pencerna) kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk menggerakkan traktor (Karno dkk, 2013)

1. Biogas

Biogas merupakan hasil aktivitas mikroorganisme secara an-aerobik/fermentasi dari bahan-bahan yang berjenis organik, seperti kotoran manusia dan hewan, limbah rumah tangga, dan sampah organik yang mudah terturai (*biodegradable*). Biogas pada umumnya tersusun dari gas metana, karbon dioksida, dan beberapa gas impuritas lainnya (Steinhauser dan Deublein, 2008).

Metana dalam biogas bila terbakar akan relatif lebih bersih dari batubara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Pemanfaat biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

Kandungan biogas metana dan hidrogen merupakan energi terbarukan yang dihasilkan oleh mikroorganisme secara anaerob. Umumnya bakteri yang menghasilkan biogas berasal dari bakteri kotororan ternak termasuk kotoran sapi. Gas yang dominan dihasilkan berupa metana, karbon dioksida dan sedikit hidrogen. Hidrogen merupakan gas yang ramah lingkungan dan menjadi sumber energi alternatif yang dapat dicairkan.

Biogas dapat menyalakan bunga api dengan energi 6.400-6.600 kcal/m3. Kandungan 1 m3 biogas setara dengan 0,62 liter minyak tanah, 0,46 kg LPG, 0,52 liter solar, 0,80 liter bensin, 3,50 kg kayu bakar. Dengan demikian, biogas dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan (Wahyuni, 2012).

Pengembangan biogas sebagai energi alternatif sekarang dan dimasa depan diantaranya :

1. Pengolahan limbah ternak yang diubah menjadi berupa gas dan pupuk cair untuk pertanian
2. Rumah tangga dengan sektor pertenakan sebenarnya sudah tersedia bahan baku biogas pengganti LPG.
3. Pembuatan biogas dengan penerapan teknologi tepat guna (TTG) dari bahan baku limbah ternak yang ada dapat diterapkan dengan mudah dan biaya yang murah.

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. Bila proses pembentukannya dengan proses gas *landfill* memiliki konsentrasi metana sekitar 50 %, sedangkan bila menggunakan sistem pengolahan limbah maju dapat menghasilkan biogas dengan komposisi 55-75 % CH4.

Tabel 2.1. Komposisi biogas.

|  |  |
| --- | --- |
| **Kompnen** | **%** |
| Metana (CH4) | 55 – 75 |
| Karbon Dioksida (CO2) | 25 – 45 |
| Nitrogen (N2) | 0 - 0,3 |
| Hydrogen (H2) | 1 – 5 |
| Hidrogen Sulfida (H2S) | 0 – 3 |
| Oksigen (O2) | 0,1 - 0,5 |

*(Sumber: Wahyuni. S, 2011)*

Unsur-unsur gas dalam biogas sebagai berikut:

1. Gas metan (CH4)

Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas pada kondisi STP dengan rumus kimia CH4. Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi. Sebagai komponen utama gas alam metana adalah sumber bahan bakar utama. Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO2 (karbon dioksida) dan dua molekul H2O (air):

CH4 + 2O2 → CO2 + 2H2O

Metana adalah salah satu gas rumah kaca. Konsentrasi metana di atmosfer pada tahun 1998, dinyatakan dalam fraksi mol adalah 1745 nmol/mol (bagian per milyar), naik dari 700 nmol/mol pada tahun 1750. Pada tahun 2008, kandungan gas metana di atmosfer sudah meningkat kembali menjadi 1800 nmol/mol. Metana adalah molekul tetrahedral dengan empat ikatan C-H yang ekuivalen. Struktur elektroniknya dapat dijelaskan dengan 4 ikatan orbital molekul yang dihasilkan dari orbital valensi C dan H yang saling melengkapi. Energi orbital molekul yang kecil dihasilkan dari orbital 2s pada atom karbon yang saling berpasangan dengan orbital 1s dari 4 atom hidrogen.

Pada suhu ruangan dan tekanan standar, metana adalah gas yang tidak berwarna darn tidak berbau. Bau dari metana (yang sengaja dibuat demi alasan keamanan) dihasilkan dari penambahan *metanathiol* atau *etanathiol*. Metana mempunyai titik didih −161 °C (−257.8 °F) pada tekanan 1 atmosfer sebagai gas, metana hanya mudah terbakar bila konsentrasinya mencapai 5-15% di udara. Metana yang berbentuk cair tidak akan terbakar kecuali diberi tekanan tinggi (4-5 atmosfer)

1. Karbon dioksida

Karbon dioksida merupakan gas atmosfer yang terdiri dari satu karbo dan dua atom oksigen. Seperti metan, keduanya tidak berbau dan tidak berwarna. CO2 diproduksi oleh pembakaran bahan organik dengan adanya oksigen atau oleh fermentasi mikroba dan respirasi tanaman. Dalam biogas, CO2 diproduksi ketika bakteri metanogen memecah senyawa organik sedehana, melalui proses fermentasi. Dengan demikian tingkat tinggi CO2 adalah indikasi dari konten metana miskin dan karena itu nilai energi yang lebih rendah. Meskipun konsenterasi CO2 tinggi dalam biogas dapat menghalangi beberapa pembakaran energi. Gas CO2 dalam biogas perlu dihilangkan karena gas tersebut dapat mengurangi nilai kalor pembakaran biogas (Harasimonwicz.et.al, 2007). Menghapus kontaminan CO2 dan lainya dari aliran biogas bisa mahal, terutama untuk operasi pertanian kecil.

1. Nitrogen (N2)

Salah satu akibat dari limbah ruminansia ialah meningkatnya kadar nitrogen. Senyawa nitrogen sebagai polutan mempunyai efek polusi yang spesifik, dimana kehadiratnya dapat menimbulkan konsekuensi penurunan kualitas perairan akibat eutrofikasi, penurunan konsenterasi oksigen terlarut sebagai proses nitrifikasi yang terjadi dalam perairan dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan biota air (Eka Martikasari, 2017)

1. Hidrogen (H2)

Meskipun kandungan hidrogen total gas alam yang tinggi, jumlah hidrogen bebas rendah. Karena gas ini memiliki karakteristik mudah terbakar pada kandungan tinggi

1. Hidrogen sulfida (H2S)

Komponen jejak umum dari pupuk susu digester anaerobik termasuk amoniak, hidrogen sulfida (H2S) dan uap air. Uap air ini dapat sangat berbahaya karena sangat corrossive bila dikombinasikan dengan komponen asam seperti hidrogen sulfida (H2S) dan pada tingkat rendah karbon dioksida (CO2). Dalam pembakaran, H2S hadir dalam gas juga dikeluarkan sebagai belerang dioksida, berkontribusi terhadap polusi udara (Eka Martikasari, 2017). Selama proses anaerobik, kepala gas yang mengandung lebih dari 6% H2S dapat membatasi metanogenesis.

1. Oksigen (O2)

Proses pembakaran biogas menggunakan pencampuran sebagian oksigen (O2) (Eka Martikasari, 2017)

1. Mikro Organisme Lokal (MOL)
2. Pengertian

MOL adalah cairan yang berbahan dari berbagai sumber daya alam yang tersedia setempat. MOL mengandung unsur hara makro dan mikro dan juga mengandung mikroba yang berpotensi sebagai perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan dan sebagai agen pengendali hama penyakit tanaman. Berdasarkan kandungan yang terdapat dalam MOL tersebut, maka MOL dapat digunakan sebagai pendekomposer, pupuk hayati, dan sebagai pestisida organik terutama sebagai fungisida (Purwasasmita dan Kunia, 2009). Bahan utama dalam larutan MOL terdiri dari 3 jenis komponen, antara lain :

1. Karbohidrat seperti air cucian beras, nasi bekas, singkong, kentang dan gandum.
2. Glukosa seperti cairan gula merah, cairan gula pasir, air kelapa/nira
3. Sumber bakteri seperti keong mas, buah-buahan misalnya tomat, pepaya, dan kotoran hewan.

MOL sebagai cairan yang terbuat dari limbah atau bahan-bahan organik selain mengandung mikroba juga mengandung sifat-sifat kimia yang mempengaruhi pertumbuhan mikrobaa tersebut. Sifat-sifat kimia yang mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan mikrobaa antara lain adalah pH. Derajat kemasaman penting bagi pertumbuhan mikrobaa. Sebagian besar mikrobaa menyukai pH netral (pH 7) untuk pertumbuhannya.

1. Kegunaan MOL
2. Dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi
3. Menambah unsur hara, terutama unsur hara mikro bagi tanaman
4. Media tanaman yang bagus untuk tanaman hias.
5. Dapat digunakan untuk tanaman padi dan palawija.
6. Keunggulan MOL
7. Mengandung bermecam-macam unsur organik dan mikroba yang bermanfaat bagi tanaman
8. Penggunaan MOL terbukti mampu memperbaiki kualitas tanah dan tanaman
9. Tidak mengandung zat kimia berbahaya dan ramah lingkungan
10. Mudah dibuat, bahan mudah didapatkan dan juga mudah dalam aplikasinya
11. Sebagai salah satu upaya mengatasi pencemaran limbah rumah tangga dan limbah pertanian
12. Memperkaya keanekaragaman biota tanah
13. Bakteri yang Berperan Dalam Pembuatan Biogas

Adapun bakteri yang terlibat dalam proses anaerobik ini yaitu bakteri hidrolitik yang memecah bahan organik menjadi gula dan asam amino, bakteri fermentatif yang mengubah gula dan asam amino tadi menjadi asam organik , bakteri asidogenik mengubah asam organik menjadi hidrogen, karbon dioksida dan asam asetat dan bakteri metanogenik yang menghasilkan metan dari asam asetat, hidrogen dan karbon dioksida. Jenis-jenis bakteri ini sudah terdapat di dalam kotoran-kotoran hewan yang digunakan.

Jenis-jenis bakteri tersebut perlu eksis dalam jumlah yang berimbang.

1. Bakteri Hidrolitik

Golongan bakteri hidrolitik memiliki berbagai enzim hidrolitik ekstraseluler yang disekresikan ke luar sel untuk memecah senyawa kompleks seperti polisakarida, asam nukleat, dan lipid, menjadi molekul yang lebih kecil sehingga dapat masuk ke dalam sel untuk digunakan sebagai sumber karbon dan elekton donor (Madigan et al, 2003), contohnya yaitu bakteri genus *Bacillus sp*. *Bacillus* mampu hidup dalam lingkungan aerob atau fakultatif aerob, dapat membentuk spora dengan tipe sentral, atau terminal yang menyebabkan *Bacillus* lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan, jika lingkungan menguntungkan spora bergerminasi kembali menjadi sel vegetatif. (Madigan et al, 2003).

Bakteri Hidrolitik dibedakan menjadi bakteri lipotilik, amilolitik, dan proteolitik. Bakteri yang mampu mendegradasi protein disebut bakteri proteolitik yaitu *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas* dan *Proteus*. Bakteri proteolitik akan mensekresikan enzim protease yang akan menguraikan protein menjadi asam amino dan asam nukleat. Bakteri lipolitik merupakan bakteri yang memiliki kemampuan mensintesis lemak dari 1 molekul gliserol dan 3 molekul asam lemak. Sehingga dalam perombakannya lemak akan dirombak menjadi gliserol dan asam-asam lemak. Jenis mikroba yang bersifat lipolitik contohnya adalah bakteri *Pseudomonas*, *Alcaligenes* dan *Stapylococcus*. Sedangkan bakteri yang mendegradasi pati atau karbohidrat menjadi monomernya yaitu mikroorganisme yang bersifat amilolitik, contoh bakteri pemecah pati yaitu *Bacillus subtilis*.

Enzim yang dimiliki oleh bakteri hidrolitik diantaranya adalah amilase, protease, lipase, gelatinase, selulase. Enzim amilase mengkatalis hidrolisis polisakarida menjadi disakarida seperti maltosa. Enzim protease mengkatalis hidrolisis pemutusan ikatan peptida. Enzim lipase mengkatalis trigliserida menjadi asam lemak rantai panjang dan gliserol. Enzim gelatinase mengkatalis hidrolisis gelatin, gelatin merupakan suatu protein yang dapat diperoleh dari hidrolisis kolagen. Enzim selulase mengkatalis hidrolisis selulosa.

1. Bakteri Asidogenik

Bakteri menghasilkan asam, seperti bakteri *Acetobacter aceti* akan menghasilkan asam untuk mengubah senyawa rantai pendek yang dihasilkan pada proses hidrolisis menjadi asam asetat, hidrogen, dan karbon dioksida. Bakteri yang dapat melakukan fermentasi asam campuran adalah *Escherichia coli*, sedangkan contoh bakteri yang dapat melakukan fermentasi 2,3-butanediol adalah *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Serratia*. Bakteri fermentatif lain yang bukan golongan bakteri usus adalah *Clostridium*, Bakteri golongan *Clostridia* mampu memfermentasi gula menghasilkan sejumlah besar asam butirat sebagai produknya.

CO2 merupakan produk utama metabolisme bakteri golongan kemoorganotrof yang banyak ditemukan pada kondisi anaerob. Terdapat dua golongan bakteri yang dapat memanfaatkan CO2 sebagai akseptor elektron dalam metabolismenya yaitu homoasetogen melalui proses asetogenesis dan metanogen melalui proses metanogenesis. Contoh bakteri yang melakukan proses asetogenesis adalah *Acetoanaerobium noterae*, *Acetogenium kivui*, *Clostridium aceticum*, *Desulfotomaculum*. *Clostridium sporangeus*, menguraikan asam amino menjadi amonia. *Desulfovibrio desulfuricans*, menguraikan bangkai dan menguraikan sulfat di tempat becek dan menghasilkan H2S.

1. Bakteri Metanogenik

Bakteri metanogenik termasuk salah satu golongan *Archaebacteria* selain halofilik, dan termofilik, sesuai dengan nama golongannya Archaebacteria merupakan mikroorganisme yang tahan hidup di daerah ektrim seperti perairan dengan kadar garam tinggi (halofil) contoh *Halobacterium*, serta daerah dengan temperatur tinggi seperti *hydrothermal vent* (*extreme thermofil*) contoh *Sulfolobus*, *Pyrodictium*. Bakteri Metanogenik bersifat prokariotik, memiliki dindimg sel tetapi sama sekali tidak terbuat dari peptidoglikan seperti bakteri yang lain. Metanogen merupakan hemoautotrof yang memperoleh keperluan metabolismenya dengan menghasilkan metana dari karbon dioksida dan nitrogen.

4H2 + CO2 CH4 + 2H2O

Secara lebih rinci karakteristik bakteri metanogen disajikan pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Karakteristik bakteri metanogen

|  |  |
| --- | --- |
| **Karakteristik** | **Metanogen** |
| Bentuk sel | Batang, kokus, spirilla, fillament, sarcina |
| Sifat | Gram + / Gram - |
| Klasifikasi | *Archaebacteria* |
| Struktur dinding sel | *Pseudomurein*, protein, *heteropolysaccharida* |
| Metabolisme | Anaerob |
| Sumber energi dan sumber karbon | H2 + CO2, H2 + metanol, format, metilamin, metanol(30 % diubah menjadi CH4), asetat (80 % diubah menjadi CH4) |
| Produk katabolisme | CH4 atau CH4 + CO2 |

*(Sumber: Dubey,2005)*

1. Kondisi Optimum Operasional

Kondisi operasi harus dikontrol dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Sebagai contoh pada derajat keasaman (pH), pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7 – 7,2. Hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan pengubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO2 sebagai produk utama. Begitu pula dengan nutrien, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri, (Beni Hermawan, 2007).

Tabel 2.3.Kondisi Optimum Produksi Biogas

|  |  |
| --- | --- |
| **Parameter** | **Kondisi Optimum** |
| Suhu | 35°C |
| Derajat Keasaman | 7-7,2 |
| Nisbah Karbon dan Nitrogen | 20/1 sampai 30/1 |
| Sulfida | < 200 mg/L |
| Logam-logam Berat Terlarut | < 1 mg/L |
| Sodium | 5000 mg/L |
| Kalsium | < 2000 mg/L |
| Magnesium | < 1200 mg/L |
| Ammonia | < 1700 mg/L |

*(Sumber : Sutedjo. 2002)*

1. Reaktor Biogas

Peralatan penghasil biogas terdiri dari; bak pengaduk slurry, saluran masuk, digester atau reaktor, saluran pembuangan, bak penampungan kotoran, tabung/kantong penampungan biogas, dan instalsi pempiaan biogas. Reaktor biogas merupakan komponen utama dalam menghasilkan biogas. Digester atau reaktor tangki dapat dibuat dari bahan drum, karet, dan semen. Ada empat hal dalam merancang digester meliputi:

1. Rancangan mudah dan sederhana
2. Bahan yang digunkan murah dan mudah didapat
3. Pemeliharan tidak sulit
4. Hasil dapat dimanfaatkan
5. Fermentasi
6. Pengertian

Fermentasi adalah proses produksi dalam sel mikroorganisme dalam keadaan anaerobik yang mengolah senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam limbah organik menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen. Secara umum fermentasi merupakan bentuk respirasi secara anaerobik, sebagai respirasi anaerobik dengan tanpan akseptor elektron eksternal dan pengolahan senyawa – senyawa yang terkandung dalam limbah menjadi gas metan dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen (Amelia V, 2015)

Fermentasi merupakan suatu cara mengubah subtrat menjadi produk tertentu yang akan dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Sebagai suatu proses, fermentasi memerlukan mikroba : (GN. Widiana, 2011)

1. Mikroba sebagai inokulan
2. Tempat untuk menjamin proses fermentasi berlangsung secara optimal
3. Substrat sebgai tempat tumbuh (medium) dan sumber nutrisi mikroba.
4. Proses Fermentasi

Proses fermentasi ditinjau dari cara penggunaan dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Fermentasi cara cair. Contoh produk: etanol, beer, glukosa isomerase dan lain sebagainya

Pada fermentasi cair dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Fermentasi bawah permukanan

Contoh: beer, etanol, dan lain sebagainya

1. Fermentasi ekstrak

Contoh : *nata de coco* dan lain sebagainya

1. Fermentasi padat. Contoh produk: tape, oncom, dan lain sebagainya
2. Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biogas, anatara lain factor pengenceran, jenis bakteri, derajat kesamaan (pH), suhu, keberadaan bahan-bahan yang berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri serta perbandingan antara karbon (C) dan nitrogen (N) bahan.

1. Pengenceran bahan baku pembuatan biogas

Kotoran sapi yang dimasukkan ke dalam digester dalam keadaan segar, dicampur dengan air (perbandingan 1:1) berdasarkan unit volume. Namun jika keadaan kotoran agak kering, jumlah air harus ditambahkan sampai kekentalan yang diinginkan (perbandingan anatar 1:1,25 sampai 1:2). Pengadukan dilakukan untuk menjaga total partikel padat tidak mengendap pada dasar digester. Jika terlalu pekat akan menyebabkan produksi gas tidak maksimal (Sri Wahyuni, 2009)

1. Jenis bakteri

Ada dua kelompok yang berpengaruh pada pembuatan biogas yaitu bakteri-bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk gas metana. Bakteri ini memecah bahan organik menjadi asam-asam lemak. Asam - asam lemak hasil penguraian oleh bakteri asam kemudian diuraikan lebih lanjut menjadi biogas oleh bakteri metana. Jenis-jenis bakteri ini sudah terdapat dalam kotoran-kotoran hewan yang digunakan.

1. Derajat kesamaan (pH)

Peranan pH berhubungan dengan media untuk aktivitas mikroorganisme pembentuk gas metan berkisar antara 5,5-8,5, dengan interval optimalnya adalah 7,0-8,0 untuk kebanyakan bakteri metanogen (Seadi etal., 2008). Batas bawah pH adalah 6,2 dibawah pH tersebut larutan sudah toxic, bakteri pembentuk biogas tidak aktif. Pengontrolan pH secara alamiah dilakukan oleh ion NH4+ dan HCO3. Ion-ion ini akan mementukan besarnya pH (Amelia. V, 2015)

1. Suhu

Suhu lingkungan juga sangat menentukan aktif tidaknya bakteri yang berperan dalam pembuatan biogas. Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan kurang atau tidak aktifnya mikroba penghasil biogas, sehingga kurang baik untuk proses pembentukan biogas. Suhu yang baik adalah kisaran 32-37oC merupakan suhu yang baik untuk pembentukan biogas.

1. Rasio C/N

Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminology rasio karbon/nitrogen (C/N). Apabila rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan sampai batas persyaratan protein dan tak lama bereaksi kearah kiri pada kandungan karbon pada bahan. Sebagai akibatnya, produksi metan akan menjadi rendah. Sebaliknya, apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH4). NH4 akan meningkatkan derajat pH bahan dalam digester. pH lebih dari 8,5 akan membuat racun pada populasi bakteri metan.

1. Proses Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas dibagai menjadi tiga tahap yaitu :

1. Tahap Hidrolisis

Pada tahap ini, bahan organik dienzimatik secara eksternal oleh enzim ekstraseluler (selulose, amilase, protase, dan lipase) mikroorganisme. Bakteri memutuskan rantai panjang karbohidrat kompleks, protein dan lipida menjadi senyawa rantai pendek. Sebagai contoh polisakarida diubah menjadi monosakarida sedangkan protein diubah menjadi peptide dan amino.

1. Tahap Pengasaman (Asidifikasi)

Pada tahap ini bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hydrogen (H2) dan karbon dioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Pembentukan asam pada kondisi anaerobik tersebut penting untuk pembentukan gas metana oleh mikroorganisme pada proses selanjutnya. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, karbon dioksida, H2S dan sedikit gas metana.

1. Tahap Metanogenik (pembentukan gas metana)

Pada tahap ini terjadi proses pembentukan gas metan dengan mengubah senyawa yang dihasilkan dari proses asidifikasi menjadi metana dan CO2 dalam kondisi anaerob. Bakteri metanogenik mendekomposisikan senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri *Methanobacterium omelianski* menggunakan hidrogen, CO2 dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO2. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerjasama secara simbiosis. Bakteri penghasil asam membentuk keadaan atmosfir yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana menggunakan asam yang dihasilkan bakteri penghasil asam. Tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini, yaitu mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi hidrogen sulfida.

1. **Penelitian Terdahulu**

| No | Judul dan Peneliti | Tujuan penelitian | Sample | Parameter yang diujikan | Hasil |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Pengaruh Variasi Pengadukan Terhadap Volume Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Bonggol Pisang; oleh Anisa Ajeng Pratiwi, 2017 | Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari kotoran sapi dengan penambahan bonggol pisang pada skala laboratoriom. Variasi pengadukan diberikan dengan kecepatan 200, 400, dan 600 rpm dengan waktu tinggal yaitu 2, 3, dan 4 minggu. | Kotoran sapi, bonggol pisang | Volume, pH, Suhu, Kadar metan | Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa volume biogas meningkat dengan seiring peningkatan kecepatan pengadukan, volume biogas yang terbanyak adalah 185 ml pada pengadukan 600 rpm. Kandungan gas metana juga mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan variabel pengadukan 200, 400, 600 rpm dari 18,73; 21,17; dan 29,31%. |
| 2 | Pengaruh Macam Limbah Organik Dan Pengenceran Terhadap Produksi Biogas Dari Bahan Biomassa Limbah Peternakan Ayam; oleh Dodik Luthfianto dkk, 2012 | Tujuan penelitian ini adalah (i) menguji produksi biogas dari pencerna anaerob limbah peternakan ayam dengan perlakuan pengenceran, dan penambahan berbagai substrat sampah organik skala laboratorium, (ii) mengetahui produksi biogas dari pencerna anaerob sistem curah limbah peternakan ayam dengan frekuensi agitasi berbeda pada skala semi pilot. Penelitian dilakukan dua tahap yaitu penelitian skala laboratorium dan skala semi pilot. | Kotoran ayam, Limbah organik | Volume, pH, Suhu, Waktu Fermentasi | Hasil dari produksi biogas terbaik direkomendasikan pada penelitian skala semi pilot sistem curah. Perlakuan dalam tahapan semi pilot dengan interval waktu pengadukan, yaitu 4 jam/hari dan 8 jam/hari. Produksi biogas tertinggi diperoleh dari penyampuran kotoran ayam dengan eceng gondok pengenceran 1:1 sebesar 0,60 L dalam 6 minggu dan efisiensi perombakan COD, TSS, VS adalah 63,80%; 14,79%; 75,14%. Pada sekala semi pilot sistem curah dengan frekuensi pengadukan 8 jam/hari, diperoleh hasil biogas tertinggi sebesar 624,99 L dalam 6 minggu. |

1. **Kerangaka Konsep**

Kotoran sapi + air

Digester

Fermentasi selama 21 hari

Tidak ada peningkatan

Keterangan:

= Diteliti

= Tidak diteliti

Kotoran sapi + air + Mol

Mol Bonggol Pisang

Mol Buah Pepaya

Ada peningkatan

Signifikan

Tidak Signifikan