

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

1. Penelitian dengan judul **”PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGECERAN TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA LIMBAH PETERNAKAN AYAM”** yang disusun oleh **DODIK LUTHFIANTO, EDWI MAHAJOENO, SUNARTO.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dengan perbedaan agitasi (pengaruh).

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan Produksi biogas skala laboratorium tertinggi diperoleh dari pencerna anaerob Substrat campuran kotoran ayam dan eceng gondok dengan pengencer 1:1 rerata 0,6 L selama 6 minggu. Substrat campuran kotoran ayam dan jerami maupun serasah pada pengenceran yang sama masing-masing menghasilkan biogas sebesar 0,52 L dan 0,35 L. Nilai Efisiensi perombakan COD, TSS, VS berturut-turut 68,99% (kotoran ayam dengan penambahan jerami pengenceran 1:1), 38,73% (kotoran ayam dengan penambahan jerami pengenceran 1:3), 80,96% (kotoran ayam dengan penambahan serasah pengenceran 1:3). Agitasi berpengaruh terhadap produksi biogas skala semi pilot. Produksi tertinggi diperoleh pada pengadukan 8 jam/hari sebesar 624.99 L selama 8 minggu. Pada pengadukan 4 jam/hari biogas yang diperoleh sebesar 557.07 L selama 8 minggu. Efisiensi perombakan bahan organik (COD) dengan pengadukan 4 jam/hari sebesar 78,46%, sedangkan pada pengadukan 8 jam/hari 76,23%.

2. Penelitian ini berjudul **“PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN AYAM DENGAN PENAMBAHAN BEBAN ORGANIK DAN WAKTU TINGGAL HIDRAULIK PADA DIGESTER ANAEROB SISTEM KONTINYU”** yang disusun oleh **Inpurwanto**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan produksi biogas maksimal dengan efisiensi perombakan beban yang tinggi.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan Produksi biogas tertinggi diperoleh pada pengisian beban 110 kg/hari dengan waktu tinggal substrat selama 15 hari yaitu sebesar 492,68 liter/hari dengan suhu rata-rata 28,4°C dan pH rata-rata 7,54. Efisiensi perombakan COD, TS dan VS tertinggi terdapat pada pengisian beban 110 kg/hari dengan HRT 15 hari sebesar 91,8%, 36,4% dan 58,4%

Metode yang digunakan adalah eksperimen lapang dengan menggunakan perlakuan laju beban organik/*Organic Loading Rate* (OLR) dan waktu tinggal hidraulik/*Hydraulic Retention Time* (HRT).

Tabel II.1 Kajian Peneliti Terdahulu Dan Calon Peneliti

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis / Desain	Subjek dan Objek	Variabel	Metode Analisis
1.	DODIK LUTHFIANT O, EDWI MAHAJOENO , SUNARTO	PENGARUH MACAM LIMBAH ORGANIK DAN PENGENCERA N TERHADAP PRODUKSI BIOGAS DARI BAHAN BIOMASSA LIMBAH PETERNAKAN AYAM	Analitik	Limbah kotoran ayam, sampah organik (enceng gondok)	- kotoran ayam dan eceng gondok dengan pengencer 1:1 rerata 0,6 L selama 6 minggu - campuran kotoran ayam dan jerami maupun serasah pada pengenceran yang sama masing-masing menghasilkan biogas sebesar 0,52 L dan 0,35 L - pengadukan 8 jam/hari sebesar 624.99 L selama 8 minggu - pengadukan 4 jam/hari biogas yang diperoleh sebesar 557.07 L selama 8 minggu - perombakan bahan organik (COD) dengan pengadukan 4 jam/hari sebesar 78,46% - perombakan bahan organik (COD) dengan pengadukan 8 jam/hari 76,23%	Data yang diperoleh adalah data kualitatif dan data kuantitatif. Data kuantitatif yang di- peroleh dianalisis dengan menggunakan analisis varian (ANAVA). Uji lanjut menggunakan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf uji 5%. Sedangkan data kualitatif dianalisis dengan deskriptif.

Lanjutan Tabel II.1

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis / Desain	Subjek dan Objek	Variabel	Metode Analisis
2.	Inpurwanto	PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH PETERNAKAN AYAM DENGAN PENAMBAHAN BEBAN ORGANIK DAN WAKTU TINGGAL HIDRAULIK PADA DIGESTER ANAEROB SISTEM KONTINYU	Analitik	Kotoran ayam dan beban organik enceng gondok	perlakuan laju beban organik/Organic Loading Rate (OLR) dan waktu tinggal hidraulik/Hydraulic Retention Time (HRT) dengan variasi 1. OLR 50 kg/ hari dengan HRT 34 hari dilakukan selama 5 hari 2. OLR 70 kg/ hari dengan HRT 24 hari dilakukan selama 5 hari 3. OLR 90 kg/ hari dengan HRT 19 hari dilakukan selama 5 hari 4. OLR 110 kg/ hari dengan HRT 15 hari dilakukan selama 5 hari 5. OLR 130 kg/ hari dengan HRT 13 hari dilakukan selama 5 hari	Analisis sampel limbah digester meliputi COD (Chemical Oxygen Demand), dengan menggunakan Metode Titrasi (Greenberg et al,1992), TS (Total Solid) menggunakan Metode Evaporasi (Greenberg et al, 1992), VS (Volatil Solid) menggunakan metode Penyaringan dan Evaporasi (Greenberg et al,1992). Sedangkan pH diukur menggunakan pH-meter digital dan suhu diukur dengan menggunakan Termometer digital Infra Red pengukuran dilakukan langsung di lapangan.

Lanjutan Tabel II.1

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Jenis / Desain	Subjek dan Objek	Variabel	Metode Analisis
3.	Khafit Abdul Lubis Khoiri	PENGARUH VARIASI VOLUME MOL NASI BASI DAN KOTORAN AYAM PADA PROSES PEMBENTUKAN BIOGAS.	Analitik	Kotoran ayam dan mol nasi basi	Perlakuan penambahan bahan baku kotoran ayam dengan variasi volume MOL sebagai berikut : 1. 20 ml MOL dan kotoran ayam 2. 40 ml MOL dan kotoran ayam 3. 60 ml MOL dan kotoran ayam	Analisa data dalam penelitian ini adalah kuantitatif menggunakan analisa tabel yang menyajikan data pengaruh variasi MOL Nasi basi dan Kotoran Ayam sebelum dan sesudah diberikan perlakuan pada alat digester. Menggunakan uji anova dua arah(<i>Two Way Anova</i>) karena pada variasi sampel dengan jumlah > 2 dan hubungan bebas dan juga skala dat interval dan ratio.

B. Telaah Pustaka Lain Yang Sesuai

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 tractor (Nursalam, 2016 & Fallis, 2013).

2. Biogas

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Proses pembentukan biogas membutuhkan ruangan dalam kondisi kedap atau tertutup agar stabil. Pada prinsipnya, biogas terbentuk melalui beberapa proses yang berlangsung dalam ruang yang anaerob atau tanpa oksigen. Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi dari bahan bakar fosil. Nilai kalori dari 1 m³ biogas setara dengan 0,6-0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1 kwh dibutuhkan 0,62- 1 m³ biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar (Vilella, 2013).

Gas yang dihasilkan biogas didominasi gas Metane, merupakan gas yang dapat dibakar. Metane secara luas diproduksi dipermukaan bumi oleh bakteri pembusuk dengan cara mengurai bahan organik. Bakteri ini banyak dijumpai di rawa-rawa, lumpur sungai, sumber air panas dan termasuk dalam perut hewan herbivora seperti sapi, domba, babi dan sebagainya. Hewan-hewan ini tidak dapat memproses rumput yang mereka makan, bila tidak ada bakteri anaerobik yang memecahkan selulosa didalam menjadi

molekul-molekul yang dapat diserap oleh perut mereka. Gas yang diproduksi oleh bakteri ini adalah gas metane (Villega, 2013).

Menurut Amelia V (2015) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas salah satunya yaitu kandungan padatan, pencampuran substrat, jumlah starter dan lama fermentasi yang ada pada digester yang dapat mempengaruhi mobilitas bakteri metanogen di dalam bahan secara berangsur – angsur dihalangi oleh peningkatan kandungan padatan yang berakibat terhambatnya pembentukan biogas. Selain itu faktor yang mempengaruhi produksi biogas tidak maksimal di pengaruhi juga oleh suhu baik suhu udara/ lingkungan maupun suhu dalam digester. Menurut Amelia V (2015) Suhu udara secara tidak langsung mempengaruhi suhu didalam tangki pencerna, artinya penurunan suhu udara akan menurunkan suhu didalam tangki pencerna. Peranan suhu udara berhubungan dengan proses dekomposisi anaerobik. Faktor lain yang dapat mempengaruhi produksi biogas Menurut Amelia V (2015) yaitu ketersediaan unsur hara. Bakteri anaerobik membutuhkan nutrisi sebagai sumber energi yang mengandung nitrogen (N), fosfor (P), magnesium, sodium, mangan, kalsium dan kobalt. Level nutrisi harus sekurangnyanya lebih dari konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik, karena apabila terjadi kekurangan nutrisi akan menjadi penghambat bagi pertumbuhan bakteri (Villega, 2013).

Komposisi biogas bervariasi tergantung dengan asal proses anaerobik yang terjadi. gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam reaktor (digester) dalam kondisi anaerob (tanpa udara) (Suyitno dkk, 2010). Biogas terdiri dari 50% sampai 75% metana (CH₄), 25% sampai 45% karbon dioksida (CO₂) dan sejumlah kecil gas lainnya. Biogas sekitar 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki temperatur nyala antara 650°C (Widiansyah & Rahayu, 2019).

Biogas merupakan gas yang tidak berbau dan tidak berwarna yang terbakar dengan bara biru yang serupa dengan liquefied petroleum gas

(LPG). Biogas terbakar dengan efisiensi 60% dalam tungku biogas konvensional, mempunyai nilai kalori 20 MJ/Nm³ . Volume biogas biasanya dinyatakan dalam satuan normal meter kubik (Nm³) yaitu volume gas pada suhu 0°C dan tekanan atmosfer (Widiansyah & Rahayu, 2019).

3. Proses Pembentukan Biogas

Pembentukan biogas terjadi melalui 3 tahap yaitu, hidrolisis, asidogenesis, dan metanogenesis yang berlangsung dalam kondisi anaerob (Seadi, 2008). Waktu yang diperlukan selama proses pembentukan biogas adalah awal munculnya gas sampai gas yang dihasilkan habis, pada suhu 35°C dan pH 6,4 -7,9 (Prasetyo, 2011).

a. Hidrolisis

Hidrolisis merupakan proses yang pertama kali terjadi dalam fermentasi anaerob, yaitu proses perubahan senyawa kompleks menjadi lebih sederhana. Selama proses hidrolisis, polimer-polimer seperti karbohidrat, lemak, dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol dan asam amino (Al Saedi, 2008). Spesies bakteri yang terlibat dalam proses ini adalah *Clostridium aceticum*, *Bacteriodes ruminicola*, *Bifidobacterium sp*, *E. coli*, *Enterobacter sp*, *Desulfurivibrio sp*, *Pseudomonas sp*, *Flavobacterium alkaligenes*, dan *Aerobacter* (Bryant, 1976).

b. Asidogenesis

Produk hasil hidrolisis difermentasi oleh bakteri asidogenesis seperti *Cytopaga sp*. Glukosa, asam amino dan asam lemak didegradasi menjadi asam organik, alkohol, hidrogen dan ammonia (Deublein dan Steinhäuser, 2008). Tahap asidogenesis juga merupakan tahap perombakan organik hasil hidrolisis yang difermentasikan menjadi produk akhir, meliputi asam-asam format, asetat, propionat, butirat, laktat, suksinat, etanol, dan senyawa mineral seperti karbohidrat, hydrogen, ammonia, dan gas hidrogen sulfida. Mikroorganisme yang berperan pada proses asidogenesis diantaranya adalah *Lactobacillus sp* dan *Streptococcus sp*, sedangkan yang berperan dalam proses

asetogenesis diantaranya adalah *Syntrophobacter* sp, *Pelotomaculum* sp (Bryant, 1976).

c. Metanogenesis

Metanogenesis adalah tahap terakhir dalam proses pembentukan biogas, dimana 70% metana dari volume total metana dalam biogas dibentuk dari degradasi asetat, sedangkan sisanya dikonversi dari reduksi CO₂ dengan memanfaatkan H₂ oleh mikroorganisme metanogenic (Seadi, 2008). Bakteri metanogen bersifat anaerob obligat dan dapat dibedakan dari organisme lain karena menghasilkan gas metana sebagai hasil metabolisme utama (Knight dkk., 1966). Bakteri metanogen adalah beberapa bakteri tertua dan dikelompokkan dalam domain Archaeobacteria (dari archae berarti “kuno”). Bakteri metanogen sensitif terhadap oksigen, ditemukan di habitat yang kaya senyawa organik degradable.

4. Gas Yang Dihasilkan Didalam Biogas:

a. Gas metana (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): $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$.

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 dan tidak berbau. Bau dari metana (yang sengaja dibuat demi alasan keamanan) dihasilkan dari penambahan metanathiol atau etanathiol. Metana mempunyai titik didih $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-257.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) 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) (Nursalam, 2016 & Fallis, 2013).

b. Karbon dioksida(CO_2)

Karbon dioksida merupakan gas atmosfer yang terdiri dari satu karbon dan dua atom oksigen. Seperti metana, keduanya tidak berbau dan tidak berwarna. CO_2 diproduksi oleh pembakaran bahan organik dengan adanya oksigen atau oleh fermentasi mikroba dan respirasi tanaman. Dalam biogas, CO_2 diproduksi ketika bakteri metanogen memecah senyawa organik sederhana, melalui proses fermentasi. Dengan demikian tingkat tinggi CO_2 adalah indikasi dari konten metana miskin dan karena itu nilai energi yang lebih rendah. Meskipun konsentrasi CO_2 tinggi dalam biogas dapat menghalangi beberapa pembakaran energi. Gas CO_2 dalam biogas perlu dihilangkan karena gas tersebut dapat mengurangi nilai kalor pembakaran biogas (Harasimonwicz.et.al, 2007). Menghapus kontaminan CO_2 dan lainnya dari aliran biogas bisa mahal, terutama untuk operasi pertanian kecil(Nursalam, 2016 & Fallis, 2013).

c. Nitrogen

Salah satu akibat dari limbah ruminansia ialah meningkatnya kadar nitrogen. Senyawa nitrogen sebagai polutan mempunyai efek polusi yang spesifik, dimana kehadirannya dapat menimbulkan konsekuensi penurunan kualitas perairan akibat eutrofikasi, penurunan konsentrasi

oksigen terlarut sebagai proses nitrifikasi yang terjadi dalam perairan dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan biota air (Nursalam, 2016 & Fallis, 2013)

d. Hidrogen (H_2)

Meskipun kandungan hidrogen total gas alam yang tinggi, jumlah hidrogen bebas rendah. Karena gas ini memiliki karakteristik mudah terbakar pada kandungan tinggi (Nursalam, 2016 & Fallis, 2013).

e. Hidrogen sulfida (H_2S)

Komponen jejak membuat kurang dari 2% dari biogas kotoran-susu dicerna. Komponen jejak umum dari pupuk susu digester anaerobik termasuk amonia, hidrogen sulfida (H_2S) dan uap air. Tergantung pada penggunaan biogas, komponen yang paling jejak harus dihapus dari biogas. Uap air dapat sangat berbahaya karena sangat corrossive bila dikombinasikan dengan komponen asam seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan pada tingkat lebih rendah, karbon dioksida (CO_2). Kontaminan utama dalam biogas adalah H_2S . Komponen ini bersifat beracun dan korosif, dan menyebabkan kerusakan yang signifikan pada pipa, peralatan dan instrumentasi. Dalam pembakaran, H_2S hadir dalam gas juga dirilis sebagai belerang dioksida, berkontribusi terhadap polusi udara. Selama pencernaan anaerobik, kepala gas yang mengandung lebih dari 6% H_2S dapat membatasi metanogenesis.

Pengukuran di Dairy AA di Candor, NY menunjukkan konsentrasi H_2S rata-rata 1500 ppm (0,15%), jauh dari tingkat membatasi. Setelah pencernaan anaerobik, terdapat banyak bahan kimia, fisika dan metode biologi yang digunakan untuk menghilangkan H_2S dari aliran biogas. Banyak dari metode ini adalah padat karya dan menghasilkan aliran limbah yang menimbulkan kekhawatiran pembuangan lingkungan dan risiko. Salah satu metode umum untuk menghilangkan H_2S pada sistem AD pedesaan adalah dengan teknologi yang disebut "Iron Sponge",

yang menggunakan chip terhidrasi besi kayu diresapi untuk mengikat dengan belerang (Villega, 2013).

f. Oksigen (O₂)

Proses pembakaran biogas menggunakan pencampuran sebagian oksigen (O₂) (Nursalam, 2016 & Fallis, 2013).

Tabel II.2 Gas Yang Dihasilkan Didalam Biogas

Komponen	%
Metana (CH ₄)	55 – 75
Karbon Dioksida (CO ₂)	25 – 45
Nitrogen (N ₂)	0 – 0,3
Hydrogen (H ₂)	1 – 5
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0 – 3
Oksigen (O ₂)	0,1 – 0,5

Sumber: nachwaschende-rohstoffe.de dalam (Rahayu Ade Sri dkk, 2015).

5. 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.

a. 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 elektron 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 lipolitik, 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 *Staphylococcus*. 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.

b. 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 sporangium*, menguraikan asam amino menjadi amonia. *Desulfovibrio desulfuricans*, menguraikan bangkai dan menguraikan sulfat di tempat becek dan menghasilkan H₂S.

c. Bakteri Metanogenik

Bakteri metanogenik termasuk salah satu golongan *Archaeobacteria* selain halofilik, dan termofilik, sesuai dengan nama golongannya *Archaeobacteria* 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 dinding sel tetapi sama sekali tidakterbuat

dari peptidoglikan seperti bakteri yang lain. Metanogen merupakan hemoautotrof yang memperoleh keperluan metabolismenya dengan menghasilkan metana dari karbon dioksida dan nitrogen.



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

Tabel II.3 Karakteristik Bakteri Metanogen

Karakteristik	Metanogen
Bentuk sel	Batang, kokus, spirilla, fillament, sarcina
Sifat	Gram + / Gram -
Klasifikasi	<i>Archaeobacteria</i>
Struktur Dinding Sel	<i>Pseudomurein</i> , protein, <i>Heteropolysaccharida</i>
Metabolisme	Anaerob
Sumber Energi Dan Sumber Karbon	H ₂ + CO ₂ , H ₂ + metanol, format, metilamin, metanol (30 % diubah menjadi CH ₄), asetat (80% diubah menjadi CH ₄)
Produk katabolisme	CH ₄ atau CH ₄ + CO ₂

(Sumber: Dubey,2005)

6. Pengertian Kotoran Ayam Petelur

Kotoran ayam petelur adalah limbah yang dihasilkan dari sisa proses metabolisme yang dihasilkan dari ayam petelur. Setiap limbah ternak memiliki karakteristik dan kandungan masing-masing. Kotoran ayam umumnya bercampur dengan sisa pakan berupa selulosa yang belum tercerna secara sempurna. Selain itu di dalam kotoran tersebut juga mengandung bahan organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak.

Pengelolaan limbah padat dan cair pada peternakan ayam di Indonesia belum sepenuhnya dikelola dengan baik, hal ini akan mengakibatkan proses terjadinya pencemaran lingkungan. Hal ini berlawanan dengan anjuran pemerintah dalam mendukung peternakan

menjadi suatu usaha yang berwawasan lingkungan dan efisien, maka tata laksana pemeliharaan, perkandangan, dan penanganan limbahnya harus selalu diperhatikan. Dalam hal ini Menteri Pertanian telah mengeluarkan peraturan melalui PERATURAN MENTERI REPUBLIK INDONESIA NOMOR 31/PERMNETAN/OT.140/2/2014 tentang pedoman budi daya ayam pedaging dan ayam petelur yang baik. Apabila limbah-limbah organik tidak dilakukan pengelolaan yang baik bahkan hanya di buang pada suatu tempat areal pembuangan, maka akan menimbulkan proses pencemaran lingkungan (Inpurwanto, 2012).

Peternak ayam termasuk usaha yang sangat banyak dijumpai dikarenakan banyaknya keuntungan yang dapat diperoleh seperti daging dan telurnya. Beberapa peternak ayam memanfaatkan kotoran ayam untuk dijadikan kompos. Hal ini menjadikan kurangnya pemanfaatan limbah kotoran ternak yang seharusnya dapat menggantikan sumber daya alam yang setiap harinya sering digunakan seperti LPG. Kotoran ternak yang dapat digunakan sebagai media penghasil biogas diantaranya adalah kotoran ayam yang termasuk dalam limbah padat. Kotoran ayam umumnya bercampur dengan sisa pakan berupa selulosa yang belum tercerna secara sempurna. Selain itu di dalam kotoran tersebut juga mengandung bahan organik seperti karbohidrat, protein, dan lemak (Mangopo, 2018).

Umumnya, limbah kotoran hewan ternak memiliki rerata C/N rasio sekitar 24. Kandungan rasio C/N rendah menyebabkan nitrogen akan dibebaskan dan dikumpulkan dalam wujud amoniak (NH_4). Kandungan C/N kotoran ayam berkisar 5-7,1 (Kaltwasser 1980), menyebabkan produksi amoniak tinggi dan jika diproses menjadi biogas memerlukan waktu yang relatif lama dan hasilnya tidak optimal. Rasio C/N antara 20-30 optimum untuk pencernaan anaerob (Demuyneck et al. 1984). Untuk mendapatkan produksi biogas tinggi, maka perlu penambahan bahan padatan/selulose yang mengandung

karbon (C) berupa sampah organik seperti jerami, enceng gondok atau sisa daun-daun/serasah, atau dengan penambahan unsur N (misalnya: urea) yang dapat meningkatkan kandungan rasio C/N pada kotoran ayam sehingga meningkatkan produksi biogas. Bahan dasar biogas adalah biomassa berupa limbah, dapat berupa kotoran ternak, sisa-sisa panen seperti jerami, sekam dan daun-daunan sortiran sayur dan sebagainya, namun sebagian besar terdiri atas kotoran ternak. Dalam hal ini, pencernaan anaerob merupakan metode alternatif yang mampu mengubah biomasa menjadi energi (Luthfianto & Mahajoeno, 2012).

7. Mikro Organisme Lokal (MOL)

a. 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 membantu proses fermentasi anaerob. Berdasarkan kandungan yang terdapat dalam MOL tersebut, maka MOL dapat digunakan sebagai pendekomposer (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, sisa makanan seperti nasi basi, kotoran hewan buah-buahan misalnya tomat , pepaya.

MOL sebagai cairan yang terbuat dari limbah atau bahan-bahan organik selain mengandung mikroba juga mengandung sifat-sifat kimia yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba tersebut. Sifat-sifat kimia yang mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan mikroba antara lain adalah pH. Derajat keasaman penting bagi

pertumbuhan mikroba. Sebagian besar mikroba menyukai pH netral (pH 7) untuk pertumbuhannya.

b. Kegunaan MOL

- 1) Dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi
- 2) Menambah unsur hara, terutama unsur hara mikro
- 3) Mempercepat proses pembusukan

c. Keunggulan MOL

- 1) Mengandung bermacam-macam unsur organik dan mikroba yang bermanfaat
- 2) Penggunaan MOL terbukti mampu mempercepat proses fermentasi.
- 3) Tidak mengandung zat kimia berbahaya dan ramah lingkungan
- 4) Mudah dibuat, bahan mudah didapatkan dan juga mudah dalam aplikasinya

8. Nasi Basi

Nasi basi adalah proses terkontaminasinya nasi oleh bakteri jamur pada saat dibiarkan diudara terbuka. Penjamuran terjadi sekitar 5-10 hari saat dibiarkan terbuka dan tetap dalam kondisi lembab. Menurut Palar dalam Latifah, dkk, (2012), bahwa jamur merupakan flora termofilik yang dapat muncul pada waktu 5 sampai 10 hari. Jamur ini berperan menguraikan bahan organik, dan lama-kelamaan proses dekomposisi ini akan berjalan lambat yang terindikasi dengan perubahan zat-zat organik kompleks menjadi cairan koloid dengan kandungan besi, kalsium dan nitrogen yang akhirnya menjadi pupuk. Bakteri yang terkandung pada larutan nasi basi yang sudah difermentasi yaitu *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp. (Sriyundiyati & Nuryanti, 2013).

Menurut penelitian Danang, (2018) Nasi merupakan hal yang tidak terpisah dalam kehidupan sehari-hari. Dari setiap kalangan, di desa maupun di kota semua mengkonsumsi nasi. Tidak sedikit nasi sisa yang terbuang dan berceceran di sekitar rumah maupun warung atau

tempat makan yang lainnya. Biasanya keberadaan nasi basi diberikan untuk pakan ternak, seperti ayam, dan banyak pula nasi basi yang di buang begitu saja di tempat sampah maupun di buang ke selokan, sehingga hal tersebut jika dibiarkan terus menerus akan menimbulkan bau yang tidak sedap dan akan mengurangi kenyamanan dalam lingkungan sekitar (Manora, 2019). Nasi basi dapat dijadikan MOL karena adanya kandungan karbohidrat yang dapat menumbuhkan bakteri dan jamur selama proses fermentasi yang membantu selama proses pengomposan berlangsung (Vilella, 2013).

9. Fermentasi

a. Pengertian Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel yang dalam keadaan anaerobik (tanpa menggunakan oksigen), salah satu bentuk respirasi anaerobik akan tetapi terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Menurut Ferdiaz (2016) mendefinisikan bahwa fermentasi sebagai proses pemecahan karbohidrat dan asam amino secara anaerobik yaitu tanpa menggunakan oksigen. Senyawa yang dapat di pecah dalam proses fermentasi terutama adalah karbohidrat, sedangkan asam amino hanya dapat difermentasikan oleh berbagai jenis bakteri tertentu.

Menurut Naswir (2015), ada dua tipe bakteri yang terlibat dalam proses fermentasi yaitu bakteri fakultatif yang mengkonversi sellulosa menjadi glukosa selama proses dekomposisi awal dan bakteri obligate yang respon dalam proses dekomposisi akhir dari bahan organik yang menghasilkan bahan yang sangat berguna dan alternatif energi pedesaan. Fermentasi juga merupakan proses dimana komponen komponen kimiawi dihasilkan sebagai akibat adanya pertumbuhan maupun metabolisme mikroba.

b. Proses Fermentasi

Proses fermentasi jika ditinjau dari cara penggunaannya, maka akan dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam yaitu:

1) Fermentasi cara cair

Contoh produk : etanol, protein sel tunggal, antibiotic, pelarut organik, kultur starter, dekomposisi selulosa, pengolahan limbah cair, beer, glukosa isomerase, dan lain sebagainya. Pada proses fermentasi cair dapat dibedakan menjadi 2 (dua) macam yaitu :

- Fermentasi bawah permukaan (submerged fermentation)
Produk : Etanol dan lain sebagainya
- Fermentasi ekstrak (surface fermentation) Produk : nata de coco dan lain sebagainya

2) Fermentasi padat (solid state fermentasi)

Contoh produk : tape, oncom, koji dan lain sebagainya.

10. Digester Biogas

Digester merupakan salah satu komponen utama dalam produksi biogas. Digester adalah tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas CH_4 dan CO_2 . Digester harus didesain agar proses fermentasi anaerob dapat berjalan dengan baik. Secara umum, biogas bisa terbentuk 4 - 5 hari setelah digester terisi. Produksi digester umumnya terjadi dalam 20-25 hari dan kemudian produksi turun jika digester tidak diisi ulang.

Selama proses dekomposisi anaerobik, komponen nitrogen berubah menjadi amonia, komponen sulfur berubah menjadi H_2S , dan komponen fosfor berubah menjadi ortofospat/gugus fosfat (PO_4). Beberapa komponen lain seperti kalsium, magnesium, atau natrium berubah menjadi sejenis garam. Lebih lengkapnya, berikut adalah beberapa kegunaan digester.

- a. Mengurangi jumlah padatan.
Karena padatan terurai menjadi gas dan tidak semua padatan bisa terurai, tujuan dari proses destruksi adalah mengurangi jumlah padatan.
- b. Membangkitkan energi
Seperti diketahui, target utama dari proses digesti adalah menghasilkan CH₄ gas yang mengandung energi 50 MJ / kg. Semakin besar kandungan CH₄ dalam biogas, semakin besar energi dalam biogas.
- c. Mengurangi bau dari kotoran.
Biogas dapat dimaksudkan untuk mengurangi bau dan tidak menghilangkan bau dari kotoran. Setidaknya dengan membuat pencerna bau yang dihasilkan selama proses pencernaan bisa diarahkan agar tidak mengganggu kenyamanan hidup manusia.
- d. Menghasilkan air limbah bersih.
Beberapa air setelah pencernaan harus dibuang. Air limbah bersih menjadi sangat penting jika akan digunakan untuk irigasi. Sebagian air limbah juga dapat dikembalikan lagi ke digester.
- e. Menghasilkan padatan yang mengandung unsur hara untuk pupuk.
Zat padat yang tidak terurai menjadi gas dapat digunakan sebagai pupuk selama masih mengandung nutrisi yang baik. Padatan yang dihasilkan juga harus dilindungi dari zat berbahaya (Nasution et al., 2020).

11. 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 perubahan 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 nutrisi, 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 II.4 Kondisi Optimum Produksi Biogas

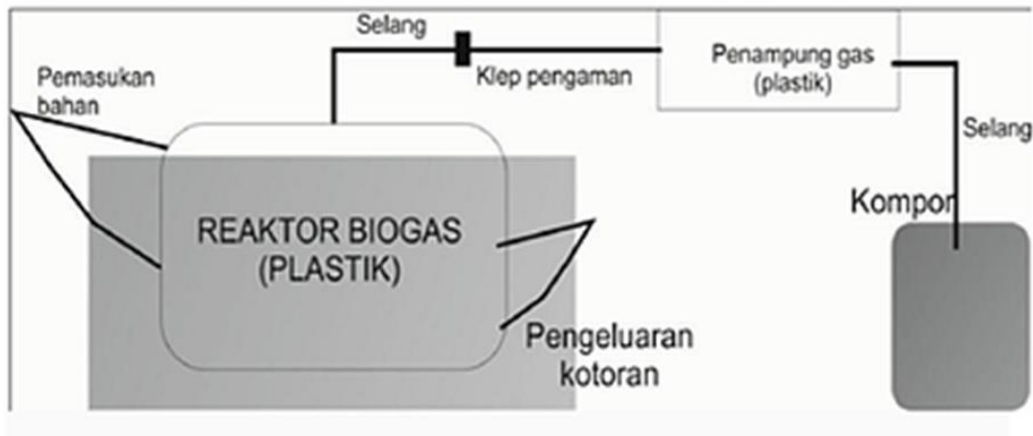
Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35°C
Derajat Keasaman	7 – 7,2
Nisbah Karbon dan Nitrogen	20/1 sampai 30/1
Sulfida	< 200 mg/L
Logam-logam Berat Terlarut	< 1 mg/L
Sodium	5000 mg/L
Kalsium	< 2000 mg/L
Magnesium	< 1200 mg/L
Ammonia	< 1700 mg/L

(Sumber : Sutedjo. 2002)

12. Reaktor Biogas (Digester)

Peralatan penghasil biogas terdiri dari; bak pengaduk slurry, saluran masuk, digester atau reaktor, saluran pembuangan, bak penampungan kotoran, tabung/kantong penampungan biogas, dan instalasi pengapian biogas. Reaktor biogas merupakan komponen utama dalam menghasilkan biogas. Digester atau reaktor dapat dibuat dari bahan plastik PE/PP. Ada empat hal dalam merancang digester meliputi:

- a. Rancangan mudah dan sederhana
- b. Bahan yang digunakan murah dan mudah didapat
- c. Pemeliharaan tidak sulit
- d. Hasil dapat dimanfaatkan



Sumber: <https://perkim.id/permukiman/pembuatan-biogas-sederhana-untuk-rumah-tangga/>

Gambar 2.1 Contoh Desain Reaktor Biogas Sederhana

13. Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biogas, antara 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.

a. Pengenceran bahan baku pembuatan biogas

Kotoran ternak 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 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).

b. 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.

c. 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 et al., 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 NH_4^+ dan HCO_3^- . Ion-ion ini akan menentukan besarnya pH (Amelia. V, 2015)

d. 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 32-37 oC merupakan suhu yang baik untuk pembentukan biogas. bentuk amoniak (NH_4). NH_4 akan meningkatkan derajat pH bahan dalam digester. pH lebih dari 8,5 akan membuat racun pada populasi bakteri metana.

14. Kecepatan Produksi Gas

Kecepatan pembentukan biogas perlu dilakukan, mengingat semakin cepat pembentukan biogas, akan semakin banyak sumber energi yang dihasilkan, sehingga produksi biogas akan semakin tinggi. Hal tersebut akan sangat menguntungkan bagi masyarakat karena semakin tinggi produksi biogas, maka kebutuhan bahan bakar minyak

sebagai sumber energi dapat diminimalisir. Kecepatan proses biogas dapat terbentuk dengan adanya bakteri pendukung dan penunjang agar proses dapat berjalan cepat. Akan tetapi tidak semua bahan dapat dicampurkan dan gas dihasilkan juga lama habis. Kecepatan proses terbentuknya gas yang dihasilkan didasarkan pada waktu fermentasi anaerob yang dibutuhkan hingga terbentuknya gas pada masing-masing komposisi yang menjadi tolak ukur untuk menentukan kecepatan proses terbentuknya gas yang dihasilkan .

Kecepatan produksi biogas dibutuhkan untuk mengetahui banyaknya gas yang dihasilkan oleh dua buah digester. Selain itu, kecepatan ini juga digunakan untuk mengetahui lama waktu biogas diproduksi. Selama proses atau waktu tertentu didalam digester tidak semua aktivitas produksi biogas muncul dengan cepat. Hal ini disebabkan oleh adanya proses pemasakan dan pengembangan bakteri di dalam digester. Selama proses fermentasi, pembentukan biogas mengalami fluktuasi naik turun yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme di dalam reactor (Megawati, 2014).

15. Kuantitas Biogas

Kuantitas biogas adalah volume produksi gas yang dihasilkan dari proses fermentasi yang terjadi didalam digester. Pengukuran volume gas sangat penting untuk mengetahui jumlah bahan yang didapat dengan hasil gas yang dihasilkan oleh bahan tersebut. Pengukuran volume gas menggunakan prinsip archimedes. Bak penampung plastik untuk menampung gas dimasukkan ke dalam bak berisi air. Volume air yang tumpah dinilai sebagai volume gas dalam plastik (Jurusan et al., 2011). Pengukuran lain juga dapat dilakukan dengan menghitung volume gas yang dihasilkan dilakukan dengan melihat perubahan ketinggian tangki pengumpul dengan persamaan rumus,

$$V = \pi r^2 \cdot t(1)$$

Dimana :

V=volume biogas (m³)

r = jari-jari bak penampung (m)

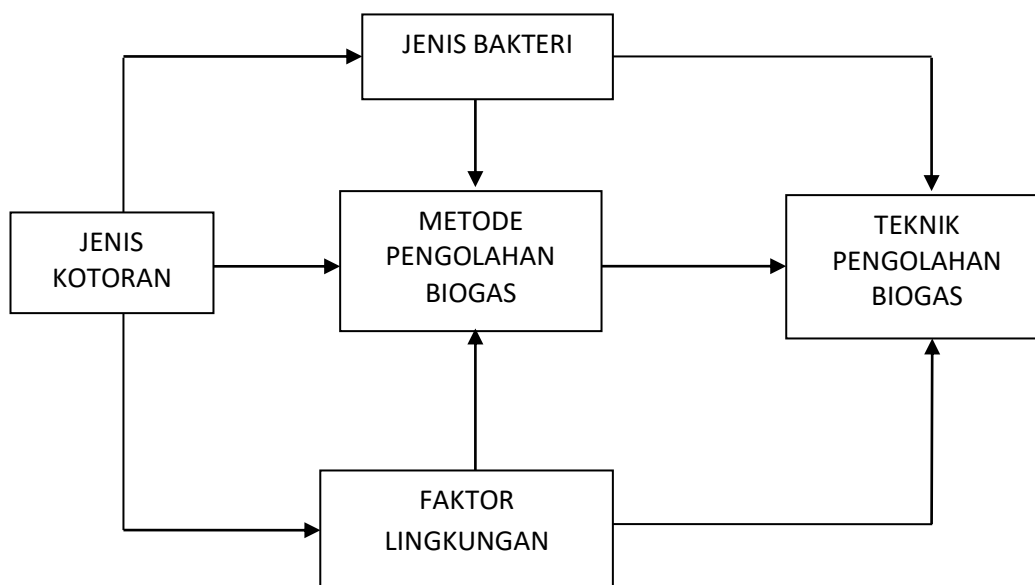
t = selisih tinggi drum penampung (m)

16. Nyala Api

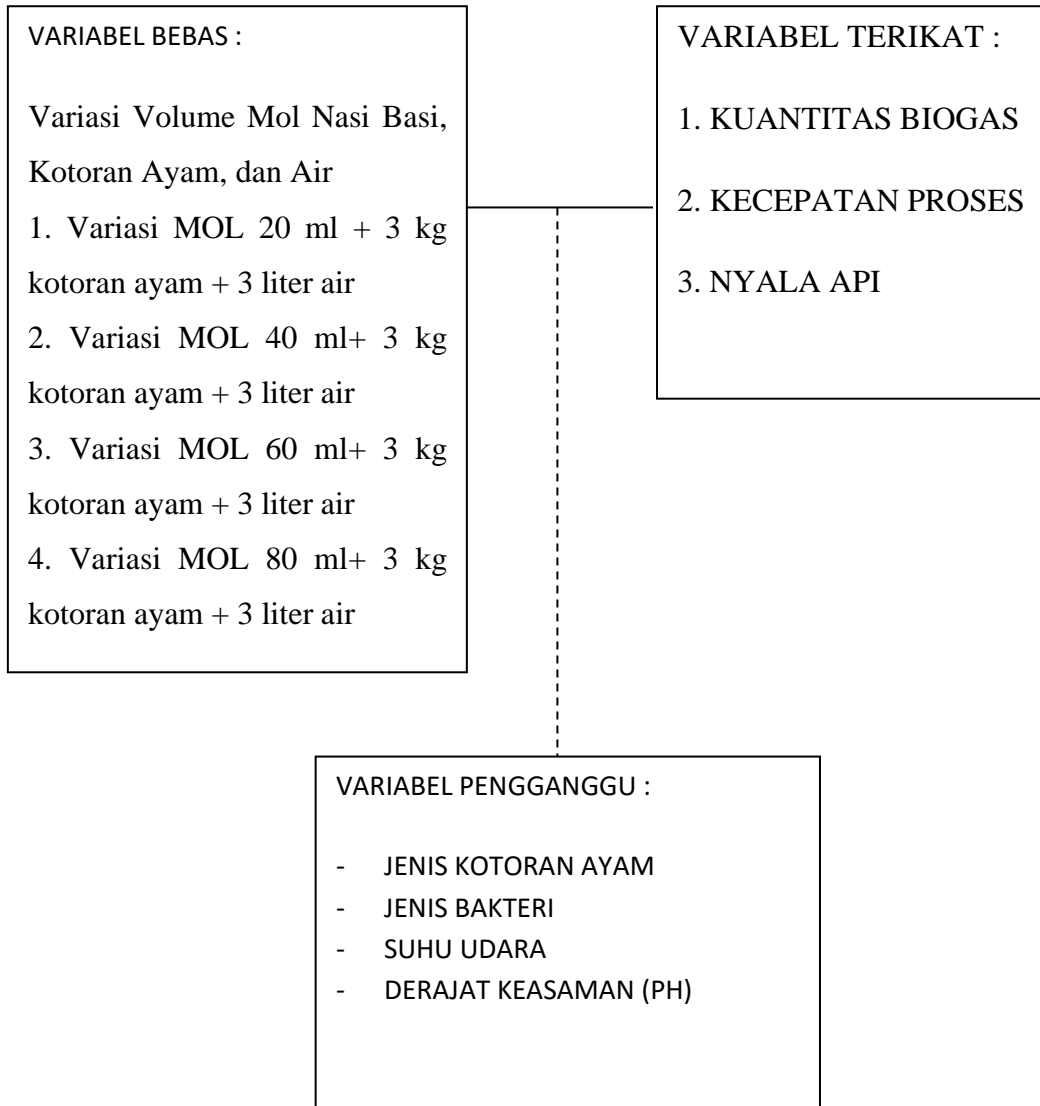
Biogas memiliki suhu pembakaran antara 650-750C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna. Apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m³ dengan efisiensi pembakaran 60% pada kompor konvensional biogas(Villela, 2013).

Hammad (1996) mengatakan bahwa biogas dapat terbakar apabila terdapat kadar metana minimal 57%. Pada umumnya apabila gas metana ini dibakar maka akan berwarna biru dan menghasilkan banyak energi panas. Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana. Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Uji nyala api diamati dengan membakar langsung selang ke penampung biogas dan dilihat warna api yang menyala. Untuk menentukan baik atau buruknya biogas bisa juga dilihat dari warna nyala api yang dihasilkan. Jika gas langsung terbakar dan warna nyala api yang dihasilkan biru, bisa dikatakan gas yang dihasilkan berkualitas baik (Luthfianto & Mahajoeno, 2012).

C. Kerangka Teori :



D. Kerangka Konsep



Keterangan :

————— : diteliti

----- : tidak diteliti