

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian dengan judul “**Pengaruh (Effective Microorganisms-4) EM4 Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi**” yang disusun oleh Dwi Irawan dkk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan efisiensi pembentukan kotoran sapi. Metode penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Anova Two Way Analysis of Variance.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan (*Effective Microorganisms4*) EM4 terhadap hasil produksi biogas yang tertinggi yaitu pada penambahan EM4 1% mencapai 0,379957 kg. Untuk tekanan biogas yang tertinggi pada penambahan EM4 8% yaitu mencapai 107063,9 N/m² . Sedangkan untuk produksi biogas yang paling banyak pada penambahan EM4 10% yaitu 0,125870 kg/ hari.

2. Penelitian dengan judul “**Penggunaan EM4 dan MOL Limbah Tomat Sebagai Bioaktivator Pada Pembutan Kompos Daun**” yang disusun oleh Deasy Amalia Wulandari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mempercepat degradasi bahan organik, sehingga diharapkan mempercepat waktu terbentuknya kompos dengan kriteria yang diinginkan. Metode penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Anova One Way Analysis of Variance.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa fluktuasi suhu, Ph dan kelembapan harian pada proses pengomposan menggunakan MOL limbah tomat relatif sama fluktuasi suhu, Ph dan kelembapan harian proses pengomposan menggunakan EM4. Persentase penyusutan volume kompos dengan bioaktivator limbah tomat sebesar 48,46%, tidak jauh berbeda dengan penyusutan yang terjadi pada pengomposan menggunakan EM4,

yakni sebesar 48,12%. Kualitas fisik kompos dengan bioaktivator MOL limbah tomat dan EM4 relatif sama berdasarkan hasil penilaian responden yakni warna kehitaman, bau tanah, dan tekstur halus. Kualitas kimia kompos terutama parameter pH, C- Organik, N-Total, C/N Rasio, dan P^2O^5 termasuk normal karena sesuai standart kriteria SNI 19-7030-2004 sedangkan kadar air dan K^2O tidak sesuai dengan standart kriteria SNI 19-7030-2004.

3. Penelitian dengan judul “ **Pengembangan Teknonologi Tepat Guna Campuran Kotoran Ayam dan Kotoran Sapi Dalam Meningkatkan Volume Biogas**” yang disusun oleh Eka Martikasari.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan volume biogas kotoran sapi yang dihasilkan dengan campuran kotoran ayam dengan penambahan starter dan waktu fermentasi yang sesuai. Metode penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Anova One Way Analysis of Variance.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa didapatkan hasil volume biogas yang terbesar selama 25 hari yaitu sebesar 10,735 dengan komposisi formula 4 yang terdiri dari (2 kg Ayam + 2ml EM4 + 2 liter Air). Pada hasil penelitian perhitungan kandungan komposisi biogas yang dihasilkan dari volume biogas selama 25 hari sebesar 1,396 lt yaitu pada variasi penambahan campuran kotoran ayam 100 % adalah : (CH_4 : 1,589 lt), (CO_2 : 0,855 lt), (N_2 0,00036), (H_2 : 0,132 lt), (H_2S : 0.055 lt), (O_2 : 0,0165lt).

4. Perbedaan antara peneliti peneliti terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti penjabarannya dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.1
Penelitian – Penelitian yang Relevan

No.	Nama Peneliti	Jenis Penelitian	Lokasi Penelitian	Variable Penelitian	Jenis penelitian dan Rencana Penelitian	Hasil Penelitian
1	2	3	4	5	6	7
1.	Dwi Irawan dkk	Pengaruh (Effective Microorganisms 4) EM4 Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi	Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro	Variable Bebas : Kotoran sapi peternakan dan waktu fermentasi Variable terikat : Volume biogas dan kandungan komposisi biogas	Jenis penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Anova Two Way Analysis	Pengaruh penambahan (<i>Effective Microorganisms</i> 4) EM4 terhadap hasil produksi biogas yang tertinggi yaitu pada penambahan EM4 1 % mencapai 0,379957 kg. Untuk tekanan biogas yang tertinggi pada penambahan EM4 8% yaitu mencapai 107063,9 N/m ² . Sedangkan untuk produksi biogas yang paling banyak pada

					of Variance	penambahan EM4 10% yaitu 0,125870 kg/ hari
1	2	3	4	5	6	7
2.	Deasy Amalia Wulandari	Penggunaan EM4 dan MOL Limbah Tomat Sebagai Bioaktivator Pada Pembuatan Kompos Daun	Prodi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang	Variable Bebas : Berbagai macam daun kering dan waktu terbentuknya kompos Variable terikat : Karakteristik kematangan dan bahan campuran kompos	Jenis penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Anova One Way Analysis of Variance	Fluktuasi suhu, Ph dan kelembapan harian pada proses pengomposan menggunakan MOL limbah tomat relatife sama fluktuasi suhu, Ph dan kelembapan harian proses pengomposan menggunakan EM4. Persentase penyusutan volume kompos dengan bioaktivator limbah tomat sebesar 48,46%, tidak jauh berbeda dengan penyusutan yang terjadi pada pengomposan menggunakan EM4, yakni sebesar 48,12%

1	2	3	4	5	6	7
3.	Eka Martikasari	Pengembangan Teknologi Tepat Guna Campuran Kotoran Ayam dan Kotoran Sapi Dalam Meningkatkan Volume Biogas	Poltekkes Kemenkes Surabaya Program Studi D-III Kesehatan Lingkungan Magetan	Variable Bebas : Kotoran sapi lokal, kotoran ayam ras petelur dan waktu fermentasi Variable terikat : Volume biogas dan kandungan komposisi biogas	Jenis penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Annova One Way Analysis of Variance	Didapatkan hasil volume biogas yang terbesar selama 25 hari yaitu sebesar 10,735 dengan komposisi formula 4 yang terdiri dari (2 kg Ayam + 2ml EM4 + 2 liter Air). Pada hasil penelitian perhitungan kandungan komposisi biogas yang dihasilkan dari volume biogas selama 25 hari sebesar 1,396 lt yaitu pada variasi penambahan campuran kotoran ayam 100 % adalah : (CH ₄ : 1,589 lt), (CO ₂ : 0,855 lt), (N ₂ 0,00036), (H ₂ : 0,132 lt), (H ₂ S : 0.055 lt), (O ₂ : 0,0165lt)
4.	Syntiya Rachmadani	Pengembangan Teknologi	Poltekkes Kemenkes	Variable Bebas : Kotoran sapi dan	Jenis	Perbedaan dari penelitian terdahulu adalah :

	Putri	Tepat Guna Biogas Dari Kotoran Sapi Dengan Penambahan Mol Tomat dan <i>Effective Microorganisms</i> 4 (EM4)	Surabaya Program Studi D-III Kesehatan Lingkungan Magetan	waktu fermentasi Variable terikat : Volume biogas	penelitian ini adalah The One Shot Case Study dengan menggunakan analisis data Annova Two Way Analysis of Variance	- Lokasi : Laboratorium Poltekkes Kemenkes Surabaya Program Studi D-III Kesehatan Lingkungan Magetan - Variable Penelitian : Variable Bebas : Kotoran sapi dan waktu fermentasi Variable Terikat : Volume biogas
--	-------	---	---	---	--	---

B. Teori Terkait Penelitian

1. Kotoran Sapi

Kotoran sapi memiliki 3 (tiga) kelompok mikroorganisme utama, yaitu bakteri, fungi dan actinomycetes. Kotoran ternak jika tidak dimanfaatkan kembali tentu dapat menimbulkan banyak gangguan antara lain menimbulkan bau, lalat, dan dapat mengurangi nilai estetika lingkungan seperti pencemaran sungai atau danau.

Menurut Merkel (2014), satu unit sapi perah rata-rata memproduksi 50 kg kotoran setiap hari dengan total padatan 75% - 89% dan pH kotoran 6,6 - 6,8. Komposisi kotoran sapi perah berdasarkan bahan keringnya mengandung N 1,65%, P 0,50% dan K 2,30% serta protein kasar 10,30. Pencampuran kotoran sapi dengan bahan tambahan air yang dilakukan untuk memperbaiki porositas karena tekstur yang relatif padat. Pencampuran dilakukan dengan perbandingan kotoran sapi perah dan air adalah 1 : 1 karena kotoran sapi perah telah mengandung banyak kandungan air dan konsentrat yang berasal dari makanan sapi.

Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada keadaan tingkat produksinya, jenis, jumlah makanan yang dimakan serta individu ternak sendiri (Abdulgani 2008). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi antara lain nitrogen (0,29%), P_2O_5 (0,17%), dan K_2O (0,35%).

Menurut Gunawan (2010) Kotoran sapi tersusun atas 22,95% selulosa, 18,32% hemiselulosa, 10,20% lignin, 34,72% total karbon organik dan 1,26 % total nitrogen. Selain itu, kotoran sapi juga mengandung 0,375% fosfor dan 0,68% kalium. Dengan kandungan selulosa tinggi, kotoran sapi dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang banyak susunan kotoran sapi juga bisa dinyatakan dengan jumlah kotoran padat dan jumlah kotoran cair. Selain itu, rasio C/N juga biasa digunakan untuk menyatakan susunan kotoran sapi secara praktis.

Berdasarkan penelitian dari Karno (2013) bahwa setiap 2 ekor ternak sapi/ kerbau atau 30 Kg kotoran padat dapat dihasilkan $\pm 1 \text{ m}^3$ biogas. Dengan rata-rata 525 Kg/hari kotoran sapi maka potensi energi yang dihasilkan bisa mencapai $17,5 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kesetaraan 1 m^3 biogas sama dengan 0,46 Kg LPG, 3,5 Kg kayu bakar, 0,62 liter minyak tanah. Selain itu penggunaan biogas untuk keperluan rumah tangga sebagai sumber energi sangat menguntungkan.

Penambahan kotoran sapi akan memacu terjadinya proses dekomposisi karena bertambahnya mikroorganisme pada bahan pembuat kompos. Selain itu, kotoran sapi juga mengandung bahan organik yang kaya akan unsur hara.

Menurut Haryati (2016) mengatakan bahwa rasio C/N pada kotoran sapi adalah 24. Semakin tinggi rasio C/N, nitrogen akan dikonsumsi secara cepat oleh bakteri Metanogen yang salah satunya adalah bakteri *Methanobacillus*. Hal tersebut mengakibatkan kesetimbangan reaksi bergeser kearah kiri dan laju produksi biogas menurun. Sebaliknya jika rasio C/N rendah, ketimbangan reaksi bergeser kearah kanan dan laju produksi biogas meningkat. Rasio C/N pada kotoran sapi memenuhi persyaratan bahan baku produksi biogas. Kotoran sapi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan alternatif berupa biogas. Hal tersebut disebabkan jumlah produksi biogas per kg kotoran sapi relatif lebih besar dibandingkan kotoran ternak lainya.

Kotoran sapi yang tinggi kandungan hara dan energinya berpotensi untuk dijadikan bahan baku penghasil biogas. Biogas adalah campuran berbagai macam gas yang susunanya tergantung pada komposisi bahan baku masukan. Menurut Wahyuni (2014) kotoran sapi sebanyak 1 Kg dapat menghasilkan 0,023- 0,040 m^3 biogas dengan jumlah produksi tersebut kotoran sapi sangat potensial memproduksi biogas dalam jumlah besar. Kotoran hewan dianggap substrat paling cocok untuk pemanfaatan biogas, substrat dalam

kotoran sapi telah mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut hewan ruminansia.

Tabel 2.2 Komposisi Kotoran Sapi

Senyawa	Jumlah (%)
Hemisellulosa	18,6
Selulosa	25,2
Lignin	20,2
Protein	14,9
Debu	13

Sumber : Candra, 2014

Tabel 2.3 Komposisi Kandungan Gas Kotoran Sapi

Komponen	Jumlah (%)
Methan (CH ₄)	65,7
Karbon dioksida (CO ₂)	27,0
Karbon monoksida (CO)	0
Oksigen (O)	0,1
Propena (C ₃ H ₈)	0,7
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	-
Nilai Kalor (kkal/m ³)	6513
Nitrogen (N ₂)	2,3

Sumber : Candra, 2014

2. Fermentasi

a. Pengertian Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel yang dalam keadaan anaerobik (tanpa menggunakan oksigen). Secara umum, fermentasi adalah 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 *organic*, *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

3. Efektif Mikroorganism-4 (Em-4)

a. Pengertian Efektif Mikroorganism-4 (EM4)

Merupakan suatu cairan berwarna kecoklatan dan beraroma manis asam (segar) yang di dalamnya berisi campuran beberapa mikroorganism hidup yang menguntungkan bagi proses penyerapan/ persediaan unsur hara dalam tanah. Mikroorganism atau kuman yang berwatak “baik“ itu terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, actinomycetes, dan jamur peragian. EM4 (*Effective microorganism*) yang dipakai untuk mempercepat degradasi merupakan inokulan dari jenis EM4. Inokulan mikroorganism yang terdiri dari 90% *Lactobacillus* Sp ini memproduksi asam laktat yang dapat mempercepat perombakan bahan organik seperti lignin dan selulosa.

EM4 merupakan suatu tambahan untuk mengoptimalkan pemanfaatan zat-zat makanan karena bakteri yang terdapat dalam EM4 dapat mencerna selulose, pati, gula, protein, lemak (Surung, 2015).

Tabel 2.4 Komposisi EM4 (*Effective microorganism-4*)

Jenis Bakteri	Jumlah
Total plate count	$2,8 \times 10^6$
Bakteri pelarut fosfat	$3,4 \times 10^5$
<i>Lactobacillus</i>	$3,0 \times 10^5$
Ragi (Yeast)	$1,95 \times 10^3$
Actinomycetes	+
Bakteri fotosintetik	+

Sumber : PT Songgolagit Persada, 2011

b. Kegunaan Efektif Mikroorganism-4 (Em-4)

- 1) Dapat digunakan sebagai starter dalam proses fermentasi anaerobik.
- 2) Meningkatkan kandungan bahan organik tanah.

- 3) Menambah unsur hara, terutama unsur hara mikro bagi tanaman.
- 4) Media tanaman yang bagus untuk tanaman hias. Dapat digunakan untuk tanaman padi, palawija, hortikultura dan tanaman tahunan.

c. Keuntungan dan Manfaat *Efektif Mikroorganism-4 (Em-4)*

- 1) Memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.
- 2) Meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, serta menekan aktivitas serangga hama dan mikroorganisme pantogen.
- 3) Meningkatkan dan menjaga kestabilan produksi tanaman dan menjaga kestabilan produksi.
- 4) Mempercepat proses fermentasi pada pembuatan kompos yang dibuat dengan teknologi EM disebut BOKASHI.
- 5) Memperbaiki komposisi dan jumlah mikroorganisme pada perut ternak sehingga pertumbuhan dan produksi ternak meningkat Kutno (2011).

4. Tomat

Tomat merupakan salah satu sayur sangat dikenal dan banyak dikonsumsi masyarakat luas. Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan berpotensi sebagai produk ekspor (Suzanna, 2015).

Produksi tomat di Indonesia mulai berkembang, tercatat tahun 2000 hingga 2014 produksinya relatif mengalami kenaikan dari 891,616 ton menjadi 915,987 ton karena jumlah permintaan yang naik (Badan Pusat Statistik, 2016).

Produksi tomat yang terus meningkat, belum diimbangi dengan penanganan paska panen yang memadai serta metode penyimpanan yang optimum, karena tomat mudah busuk bila tidak segera dimanfaatkan. Tidak optimumnya pengelolaan tomat pasca panen

oleh masyarakat, menyebabkan banyak dijumpai tomat membusuk di berbagai pasar tradisional yang akhirnya menjadi bagian dari limbah pasar.

Tomat yang telah busuk menjadi media yang baik bagi pertumbuhan bakteri pengurai. Limbah tomat merupakan limbah organik yang dapat digunakan sebagai media biakan (inokulan) bagi mikroorganisme lokal (MOL) tertentu yang mampu mendegradasi bahan-bahan organik. Mikroorganisme Lokal (MOL) merupakan salah satu bioaktivator yang dapat mempercepat dan dapat meningkatkan mutu kompos (Pratiwi, 2013). Dengan demikian limbah tomat sebagai media MOL diharapkan dapat berperan sebagai aktivator seperti misalnya EM4.

Apabila MOL dari limbah tomat dapat dimanfaatkan sebagai starter pada proses fermentasi biogas, maka akan dapat memangkas pengeluaran karena limbah tomat mudah diperoleh dengan harga murah dan dapat diproduksi sendiri sebagai MOL. Harga EM4 dengan ukuran 1 liter dipasaran berkisar Rp. 25.000 - Rp 30.000 per botol sedangkan bila menggunakan MOL tomat yang dibuat sendiri, hanya memerlukan limbah tomat yang dapat ditemukan dipasar, sehingga dapat menekan biaya.

Beberapa kandungan tomat yang sama dengan kandungan EM-4 membuat tomat benar benar cocok digunakan sebagai bahan baku MOL salah satu aktivator pada biogas. Tomat sebagai limbah organik dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat mikroorganisme lokal (MOL) melalui proses pembusukan dan fermentasi. Tomat yang telah busuk menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mengandung unsur hara mikro dan makro. Kandungan yang ada dalam tomat busuk mengandung substrat baik untuk pertumbuhan bakteri dan jamur fermentasi seperti *Aspegilus*, *Pennicilium*, dan *Mucor* (bakteri anaerobik). Fermentasi mikroorganisme lokal (MOL) Tomat

membutuhkan waktu sekitar 1 minggu untuk proses pematangan sebelum digunakan.

Tabel 2.5 Komposisi Kandungan Tomat

Senyawa	Jumlah (%)
Hemisellulosa	3.63
Holoseululosa	3.45
Selulosa	3.88
Lignin	2.63
Karbohidrat	6.89

Sumber : Dalimartha, 2015

5. Biogas

a. Pengertian 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 (Wahyuni, 2014).

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 herbifora 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 (Amelia.V, 2015).

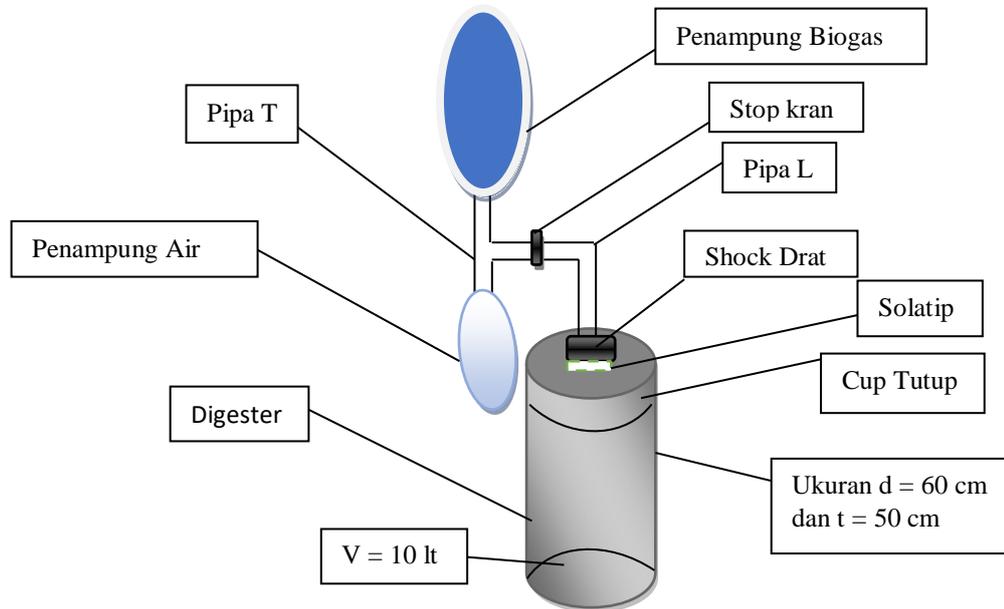
Menurut Amelia V (2015) ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap produksi biogas salah satunya yaitu kandungan padatan, pencampuran substrat, jumlah starter dan lama fermentasi yang ada pada digester yang dapat mempengaruhi mobilitas bakteri metanogen di dalam bahan secara berangsur – angsur dihalangi 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 sekurangnya lebih dari konsentrasi optimum yang dibutuhkan oleh bakteri metanogenik, karena apabila terjadi kekurangan nutrisi akan menjadi penghambat bagi pertumbuhan bakteri.

b. Rancangan Alat Biogas

Gambar 2.1 Rancangan Alat Biogas



Sumber : Amelia.V,2015

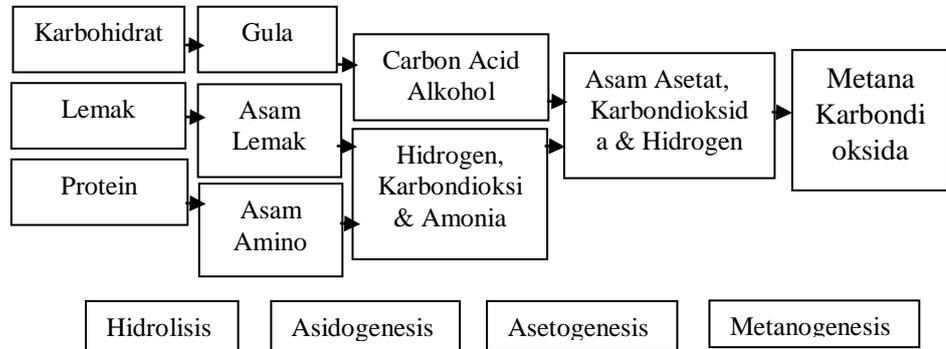
c. Reaksi Pembentukan Biogas

Biogas merupakan gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara). Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar berupa gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri penghasil metan.

Proses pembentukan biogas (*anaerobic digestion*) merupakan serangkaian proses dimana bahan awal terus dipecah menjadi unit yang lebih kecil oleh kelompok mikroorganisme anaerob. Mikroorganisme tersebut berturut-turut menguraikan senyawa

organik hingga tidak menghasilkan biogas. Berikut diagram proses pembentukan biogas.

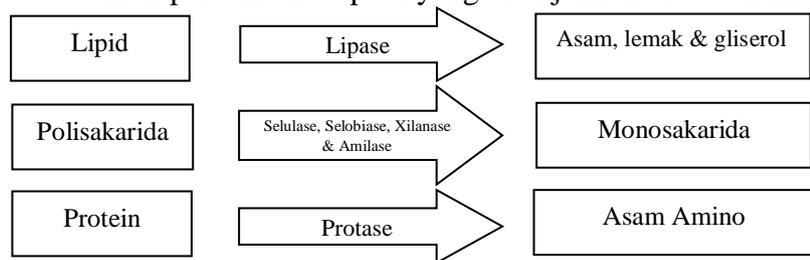
Bagan 2.1 Proses Pembentukan Biogas



d. Proses Pembentukan Biogas

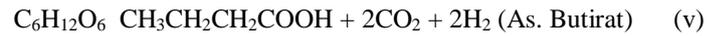
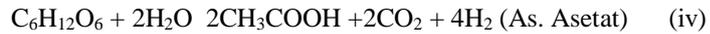
1) Hidrolisis

Secara teoritis, langkah pertama dalam proses pembentukan biogas adalah hidrolisis. Pada tahap hidrolisis ini, kompleks bahan organik (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo). Selama proses tersebut, polimer seperti karbohidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Mikroorganisme hidrolitik akan mensekresi enzim hidrolitik, mengubah polimer menjadi senyawa sederhana berdasarkan persamaan seperti yang ditunjukkan dibawah ini:



Proses hidrolisis membutuhkan mediasi exo-enzim yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis lebih lanjut diuraikan oleh mikroorganisme yang terlibat dan digunakan untuk proses metabolisme mereka sendiri. Walaupun demikian proses

penguraian anaerobik sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin. Pada proses ini, bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa sesuai dengan reaksi berikut (Mosey (1983) dalam jurnal Manurung (2014))



2) Asidogenesis

Selama proses asidogenesis, produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hydrogen (70%) serta menjadi Volatile Fatty Acid (VFA) dan alkohol (30%).

3) Asetogenesis

Selama proses asetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat diubah secara langsung menjadi metana oleh bakteri metanogen akan diubah menjadi substrat metanogen. VFA dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbondioksida. Produk hidrogen meningkatkan tekanan parsial hidrogen, hal ini dianggap sebagai produk limbah dari proses asetogenesis dan menghambat metabolisme bakteri asetogenik. Tahap selanjutnya adalah metanogenesis, selama proses metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya sejajar, sebagai simbiosis dari dua kelompok organisme.

4) Metanogenesis

Produksi metana dan karbondioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sedangkan 30% sisanya

dihasilkan dari konversi hidrogen (H) dan karbondioksida (CO₂), menurut persamaan berikut:



Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses pencernaan anaerobik, karena metanogenesis merupakan reaksi biokimia paling lambat dalam proses. Proses metanogenesis sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Beberapa contoh yang mempengaruhi proses metanogenesis adalah komposisi bahan baku, perbandingan makanan, temperatur, dan nilai pH. Overload digester, perubahan temperatur, dan masuknya oksigen dalam jumlah besar dapat mengakibatkan penghentian produksi metana.

e. Karakteristik Biogas

Biogas adalah kumpulan dari beberapa gas yang dihasilkan oleh bahan-bahan organik melalui proses fermentasi anaerobik. Biogas memiliki kandungan utama yaitu metana dan karbondioksida tetapi juga mengandung unsur gas lain. Gas alam merupakan gas yang terdiri dari beberapa unsur gas yang memiliki komposisi kimia yang berbeda. Komposisi biogas yang dihasilkan oleh proses anaerobik meliputi metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), beberapa gas inert, dan senyawa sulfur. Metana merupakan gas yang berasal dari gas alam yang dapat dibakar.

Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara. 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 (Wahyuni, 2014).

Tabel 2.6 Komponen Penyusun Biogas

Komponen	Jumlah (%)
Metana (CH ₄)	54 -74
Nitrogen (N ₂)	0,5 - 3
Oksigen (O)	0,1
Karbondioksida(CO ₂)	27 - 45
Hidrogensulfida(H ₂ S)	Sedikit sekali

Sumber : Setiawan, 2014

f. Karakteristik Kimia Pembentuk Biogas

1) Metana (CH₄)

Metana (CH₄) gas terdiri dari satu karbon dan empat atom hidrogen dan merupakan komponen utama dari gas alam. Keduanya tidak berbau dan tidak berwarna, CH₄ menyediakan sekitar 1.000 BTU energi panas per kaki kubik ketika dibakar. Satu BTU adalah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu pon air satu derajat Fahrenheit. Metana diproduksi sebagai bahan bakar fosil yang tidak terbarukan yang dihasilkan selama periode ribuan atau jutaan tahun. Membusuk tumbuhan dan hewan pun terperangkap jauh di bawah batuan dasar diubah menjadi produk minyak bumi (batubara, minyak dan gas alam) oleh tekanan yang ekstrim dan panas.

Dengan tidak adanya oksigen, bakteri metanogen yang bertanggung jawab untuk mengubah bahan organik menjadi CH₄ (proses yang sama yang terjadi pada pencernaan anaerobik dibahas sebelumnya). Setelah sumber daya ini diambil dari waduk penyimpanan alami di bawah permukaan, maka tidak ada lagi tersedia, setidaknya tidak sampai proses berulang selama seribu tahun lagi atau lebih. Batas ledakan metana adalah 5-15% saat dicampur dengan air. Proses pencernaan anaerobik menghasilkan antara 50-60% CH₄ untuk susu pupuk. Semakin

tinggi kandungan CH₄ dalam biogas, semakin tinggi kandungan panas dan tersedia dengan BTU yang lebih besar itu.

2) **Karbondioksida (CO₂)**

Karbon dioksida adalah gas atmosfer yang terdiri dari satu karbon dan dua atom oksigen. Seperti metana, keduanya tidak berbau dan tidak berwarna. CO₂ diproduksi baik oleh pembakaran bahan organik dengan adanya oksigen atau oleh fermentasi mikroba dan respirasi tanaman. Dalam biogas, CO₂ diproduksi ketika bakteri metanogen memecah senyawa organik sederhana, melalui proses fermentasi. Yang utama dua komponen biogas yang CH₄ dan CO₂, produk dari konversi senyawa organik sederhana oleh bakteri metanogen. Karena CO₂ dapat dengan mudah diukur dilapangan, keseimbangan biasanya dianggap CH₄. Dengan demikian tingkat tinggi CO₂ adalah indikasi dari konten metana miskin dan karena itu nilai energi yang lebih rendah. Meskipun konsentrasi CO₂ tinggi dalam biogas dapat menghalangi beberapa aplikasi energi, (Amelia.V,2015) mencatat CO₂ yang relatif tinggi dalam biogas dapat bantuan yang sebenarnya dalam pengisian elektrolit karbonat penting dalam sel bahan bakar karbonat cair.

Disisi lain, tingkat tinggi CO₂ dapat menambah lingkungan asam dalam generator diesel dan mungkin memerlukan penghapusan lebih pemanfaatan biogas volume tinggi kegiatan seperti mengintegrasikan biogas menjadi komersial aliran pipa gas alam. Menghapus kontaminan CO₂ dan lainnya dari aliran biogas bisa mahal, terutama untuk operasi pertanian kecil. Gas CO₂ dalam biogas perlu di hilangkan karena gas tersebut dapat mengurangi nilai kalor pembakaran biogas (Harasimonwicz.et.al,2017).

3) Nitrogen (N₂)

Salah satu akibat dari pencemaran air oleh limbah ternak ruminansia ialah meningkatnya kadar nitrogen. Senyawa nitrogen sebagai polutan mempunyai efek polusi yang spesifik, dimana kehadirannya dapat menimbulkan konsekuensi penurunan kualitas perairan sebagai akibat terjadinya proses *eutrofikasi*, penurunan konsentrasi oksigen terlarut sebagai hasil proses nitrifikasi yang terjadi didalam air yang dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan biota air.

4) Hidrogen (H₂)

Meskipun kandungan hidrogen total gas alam yang tinggi, jumlah hidrogen bebas rendah. Karena gas ini, karakteristik alam tidak mudah untuk membakar beberapa gas diproduksi dengan kandungan hidrogen yang tinggi bebas mereka. Kandungan hidrogen yang tinggi dari hasil gas alam dibanyak uap air yang dihasilkan dalam gas pembakaran dengan efisiensi sejalan rendah.

5) Hidrogen Sulfida (H₂S)

Komponen jejak membuat kurang dari 2% dari biogas kotoran-susu dicerna. Komponen jejak umum dari pupuk susu digester anaerobik termasuk amonia, hidrogen sulfida (H₂S) 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 (H₂S) dan pada tingkat lebih rendah, karbon dioksida (CO₂). Kontaminan utama dalam biogas adalah H₂S. Komponen ini bersifat beracun dan korosif, dan menyebabkan kerusakan yang signifikan pada pipa, peralatan dan instrumentasi. Dalam pembakaran, H₂S hadir dalam gas juga dirilis sebagai belerang dioksida, berkontribusi terhadap polusi udara. Selama pencernaan anaerobik, kepala gas

yang mengandung lebih dari 6% H₂S dapat membatasi metanogenesis.

Pengukuran di Dairy AA di Candor, NY menunjukkan konsentrasi H₂S 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 H₂S 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 H₂S pada sistem AD pedesaan adalah dengan teknologi yang disebut "Iron Sponge", yang menggunakan chip terhidrasi besi kayu diresapi untuk mengikat dengan belerang (Amelia.V,2015).

6) Oksigen (O₂)

Pembakaran biogas dilakukan melalui proses pencampuran dengan sebagian oksigen (O₂).

g. Faktor yang mempengaruhi Pembentukan Biogas

1) Substrat Bahan Organik

Jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Hal ini berpengaruh terhadap lamanya waktu dekomposisi bahan hingga menghasilkan gas metana yang diperlukan. Secara umum, kandungan bahan organik berdasarkan urutan lamanya terdekomposisi terdiri dari gula, protein, lemak, hemiselulosa, dan lignin. Bahan organik berupa limbah pertanian hijauan yang mengandung selulosa dan lignin lebih lama untuk terdekomposisi dibandingkan limbah kotoran ternak. Karena itu, untuk menghasilkan proses yang optimal, bahan yang digunakan sebaiknya merupakan campuran limbah pertanian dengan kotoran ternak (Wahyuni, 2014).

2) Derajat Keasaman

Tingginya derajat keasaman atau pH terkait dengan kinerja dari mikroorganisme dalam membantu proses fermentasi. Interval pH optimum untuk pencernaan mesofilik adalah antara 6,5 dan 8,0. Proses ini akan terhambat apabila nilai pH menurun di bawah 6,0 atau naik di atas 8,3 (Seadi et.al 2017). Pada saat tahap awal fermentasi, pH akan cenderung turun. Namun setelah 2-3 minggu, pH akan kembali naik seiring dengan pertumbuhan bakteri metanogenik. Laju penurunan atau peningkatan pH yang terlalu ekstrem biasanya cenderung mengakibatkan populasi mikroba terutama bakteri ikut turun sehingga proses pencernaan anaerob ikut terganggu. Hal ini dapat dicegah dengan menambahkan kapur (Wahyuni, 2014).

3) Nisbah C/N

Nisbah C/N merupakan perbandingan antara karbon dan nitrogen pada suatu bahan organik. Karbon dan nitrogen merupakan dua unsur utama yang membentuk substrat bahan organik. Keduanya diperlukan sebagai sumber energi mikroorganisme dalam melakukan aktifitas perombakan. Mikroorganisme perombak akan bekerja optimal pada tingkat nisbah C/N sebesar 25-30. Nilai C/N yang terlalu tinggi akan mengakibatkan kinerja mikroba menjadi lebih rendah. Imbasnya produksi gas menjadi metana juga menjadi rendah. Sementara itu, nisbah C/N yang terlalu rendah akan mengakibatkan terbentuknya asam-asam organik dalam jumlah tinggi atau ketika bahan tersebut sudah berada di dalam digester. Bahan-bahan seperti kotoran sapi kering perlu ditambahkan air sebelum diaduk agar tidak terjadi pengendapan yang menimbulkan kerak di dalam digester. Pengendapan seperti ini dapat mengakibatkan produksi gas terhambat karena

mikroorganismenya tidak dapat memanfaatkan bahan tersebut secara optimal.

4) Starter

Starter merupakan bahan tambahan berupa mikroorganismenya perombak yang berguna untuk mempercepat proses perombakan. Starter yang digunakan dapat berupa starter alami maupun buatan. Starter alami merupakan bahan yang berasal dari alam berupa bahan organik aktif atau cairan isi rumen. Sementara itu, starter buatan diperoleh dengan cara pembiakan mikroorganismenya melalui pembusukan dan fermentasi.

5) Waktu Retensi

Waktu retensi merupakan waktu rata-rata saat bahan dimasukkan ke dalam digester dan selama bahan mengalami proses fermentasi oleh bakteri metanogenik. Faktor ini sangat ditentukan oleh faktor-faktor lainnya, seperti suhu, pengenceran, dan laju pengisian ulang bahan. Waktu retensi biasanya berkisar 21-60 hari, bergantung pada jenis bahan organik yang digunakan.

6) Temperatur

Ada tiga kondisi digestifikasi anaerobik berdasarkan suhu digesternya, antara lain:

- a) Kondisi Psikofilik : Pada kondisi ini suhu digester antara 10-18 °C, dan sampah organik cair terdigestifikasi selama 30-52 hari.
- b) Kondisi Mesofilik : Pada kondisi ini suhu digester antara 20-45 °C, dan sampah organik cair terdigestifikasi selama 18-28 hari. Dibandingkan digester kondisi termofilik, digester kondisi mesofilik pengoperasiannya lebih mudah, tapi biogas yang dihasilkan lebih sedikit dan Volume digester lebih besar.

- c) Kondisi Termopilik : Pada kondisi ini suhu digester antara 50-700 °C, dan sampah organik cair terdigestifikasi selama 11-17 hari. Digester pada kondisi termopilik menghasilkan banyak biogas, tapi biaya investasinya tinggi dan pengoperasiannya rumit.

Tabel 2.7 Komposisi Campuran Biogas

No	Volumee Digester (m ³)	Produksi Gas per Hari (m ³)	Kotoran Hewan yang Dibutuhkan per hari (kg)	Air yang dibutuhkan per Hari (liter)	Jumlah Ternak yang Dibutuhkan (ekor)
1	4	0,8 – 1,6	20 – 40	20 – 40	3 – 4
2	6	1,6 – 2,4	40 – 60	40 – 60	5 – 6
3	8	2,4 – 3,2	60 – 80	60 – 80	7 – 8
4	10	3,2 – 4,2	80 – 100	80 – 100	9 – 10
5	12	4,2 – 4,8	100 - 120	100 - 120	11 – 12

Sumber : Wahyono, 2012

6. Digester

a. Digester Biogas

Pada dasarnya kotoran ternak yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu dengan sendirinya akan membentuk gas metan, namun karena tidak ditampung , gas akan hilang menguap ke udara karena itu untuk gas terbentuk dari kotoran sapi dan kotoran ayam dapat dibuat model digester.

Membuat unit biogas sebenarnya sama dengan meniru perut ternak proses pencernaan. Digester atau tangki dapat dibuat dari bahan drum, karet dan semen atau beton. Ada empat hal yang perlu diperhatikan dalam rancangan digester yaitu :

- 1) Rancangannya mudah dan sederhana
- 2) Bahan yang digunakan murah dan mudah di dapat
- 3) Pemeliharaan tidak rumit
- 4) Hasilnya mudah dimanfaatkan

b. Digester Plastik

1) Plastik

Plastik merupakan material atau bahan yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke 20 dan berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an , menjadi 150 juta /tahun pada tahun 1990-an 220 juta/tahun pada tahun 2005.

2) Polyethilene

Polyethilene (PE) merupakan salah satu jenis plastic yang paling banyak di gunakan dalam industry, karena memiliki sifat mudah dibentuk, tahan terhadap bahan kimia, jernih dan mudah dilaminasi PE juga bayak digunakan untuk mengemas buah dan sayuran produk pangan bekusegar roti produk pangan beku dan tekstil.

Berikut dibawah ini beberapa sifat dari PE antara lain :

- 1) Penampilan berfariasi dari transparan hingga keruh
- 2) Mudah dibentuk, lentur mudah di tarik
- 3) Daya rentang yang tinggi tanpa sobek
- 4) Tahan terhadap asam, basa, alcohol, dan detergen
- 5) Kedap air dan uap air

(Karno,2012)

7. Hukum Archimedes

Prinsip Archimedes menyatakan bahwa : “Ketika sebuah benda tercelup seluruhnya atau sebagian didalam zat cair, zat cair akan memberikan gaya keatas (gaya apung) pada benda dimana besarnya gaya keatas (gaya apung) sama dengn berat zat cair yang dipindahkan “

Kita dapat membuktikan prinsip Archimedes dengan melakukan percobaan kecil berikut. Masukkan air kedalam sebuah wadah, usahakan sampai meluap sehinga ember tersebut benar benar penuh

terisi air. Setelah itu, silahkan masukan benda kedalam air setelah benda dimasukan kedalam air, maka sebagian air akan tumpah “**volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air tersebut**”.

Jika seluruh bagian benda tercelup dalam air yang tumpah = volume benda tersebut, tetapi jika benda hanya tercelup sebagian, maka volume air yang tumpah = volume dari bagian benda yang tercelup dalam air. Besarnya gaya apung yang diberikan oleh air pada benda = berat air yang tumpah (berat air yang tumpah = $w = m_{\text{air}} \cdot g = \text{massa jenis air} \times \text{volume air yang tumpah} \times \text{percepatan gravitasi}$). Volume air yang tumpah = volume benda yang tercelup dalam air.

Karena

$$P = \frac{m}{v} \quad P = \rho V \rightarrow (\text{persamaan massa jenis})$$

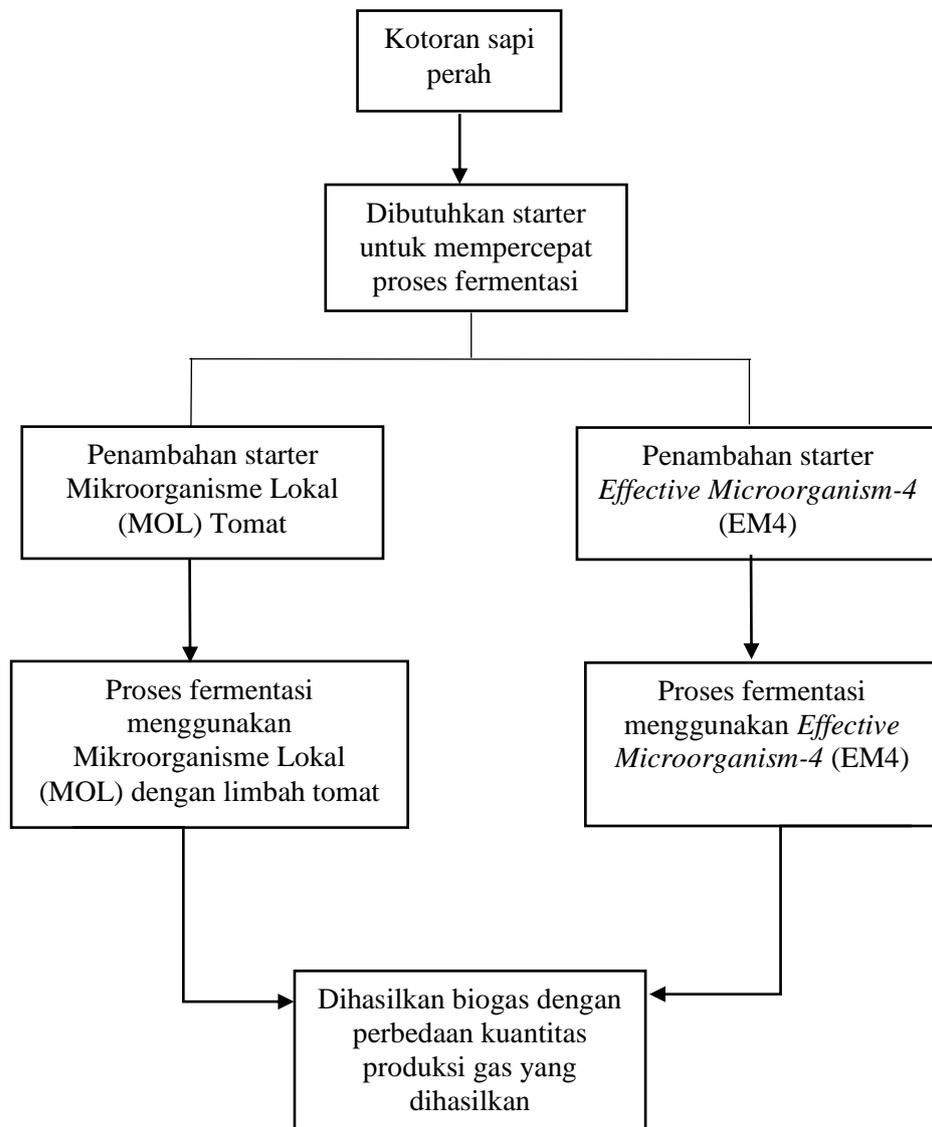
Maka persamaan yang menyatakan besarnya gaya apung (F_{apung}) diatas bias kita tulis menjadi :

$$F_{\text{apung}} = \rho_{\text{r}} g V$$

$$F_{\text{apung}} = m_{\text{r}} g = w_{\text{f}}$$

$m_{\text{r}} g = w_{\text{f}}$ = berat fluida yang memiliki volume yang sama dengan volume benda yang tercelup. (Sumber : Young, Hugh D, & Freedman Roger A, 2000)

C. Kerangka Berpikir



D. Kerangka Konsep

