

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biogas

Biogas berada pada campuran gas-gas dari biomassa (bahan-bahan organik) termasuk diantaranya kotoran manusia dan hewan, limbah organik (limbah rumah tangga), sampah *biodegradable* yang dihasilkan dengan menggunakan bakteri melalui proses fermentasi bahan organik dalam keadaan tanpa oksigen. Biogas dapat dibakar seperti elpiji dan dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Biogas dapat dikategorikan sebagai solusi perencanaan energi terbarukan yang cukup baik dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Menurut Siallagan (2010), biogas adalah gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik dari bahan-bahan organik oleh bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau udara. Komponen terbesar biogas adalah Methana (CH_4 , 54 - 70%-vol) dan karbondioksida (CO_2 , 20 - 45%-vol) serta sejumlah kecil H_2 , N_2 dan H_2S . Pada literatur lain komposisi biogas secara umum ditampilkan dalam Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Komponen Penyusun Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Metana (CH_4)	50 – 70
Nitrogen (N_2)	0 – 0,3
Karbendioksida (CO_2)	25 – 45
Hidrogen (H_2)	1 – 5
Oksigen (O_2)	0,1 – 0,5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	0 – 3

Sumber: Juanga, 2007

Tabel 1 merupakan tabel komponen penyusun dari biogas. Pada umumnya biogas secara rata-rata terdiri dari 50 sampai 60 persen gas CH_4 (metana), 30 sampai 40 persen gas CO_2 (karbon dioksida) serta 5 sampai 10 persen campuran

gas N_2 , O_2 , H_2 dan H_2S . Biogas memiliki sifat tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG dengan nilai kalor gas metana adalah sebesar 20 MJ/ m^3 . Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik, sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan terbarukan.

Biogas adalah energi bersih dan terbarukan yang dapat dijadikan alternatif dari sumber energi konvensional yang dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan dan meningkatkan laju penipisan energi dalam waktu yang lama. Biogas adalah gas yang mudah terbakar yang dihasilkan dari proses anaerobik pada temperatur rendah dan tanpa oksigen (Agustine, 2011).

Sumber energi biogas yang utama yaitu dapat diperoleh dari limbah cair pabrik kelapa sawit, air buangan rumah tangga, sampah organik dari pasar, serta terdapat pada kotoran ternak sapi, kerbau, kuda dan lainnya. Biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar karena mengandung gas metana (CH_4) dalam persentase yang cukup tinggi. Gas metana dalam biogas bila terbakar relatif akan lebih bersih daripada batubara dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbondioksida yang lebih sedikit.

2.2 Keluaran Biogas

Proses perombakan bahan organik pembentuk biogas secara anaerob menurut *Food and Agriculture Organization* (1997), terdapat tiga tahap, yaitu tahap hidrolisis bahan organik, tahap asidifikasi, dan tahap metanisasi. Proses pengomposan atau pelapukan bahan organik secara *anaerob* dilakukan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi (Polprasert, 1980). Kandungan unsur hara dalam limbah biogas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

Tabel 2. Kandungan Unsur Hara Limbah Biogas

Bahan	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)
Padat	0,64	0,22	0,24
Cair	1,00	0,02	1,08

Sumber : Junus, 1998

Tabel 2 adalah keluaran dari instalasi biogas yang merupakan *by product* dari sistem pengomposan anaerob yang bebas bakteri patogen. Keluaran biogas

dapat digunakan sebagai pupuk untuk menjaga kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman (Food dan Agriculture Organization, 1997). Pada penelitian ini keluaran biogas yang digunakan sebagai pupuk organik cair adalah hasil keluaran biogas dari pengolahan limbah cair kelapa sawit dan limbah cair kelapa sawit dengan campuran kotoran sapi.

Keluaran biogas merupakan limbah padat dan cair dari pembuatan biogas. Di dalamnya ditemukan pasir, sedangkan kotoran hewan setelah mengalami proses pencernaan (digesti) ini tinggal berupa bagian padat r 30% dari volumenya semula. Selain itu juga terdapat secum yaitu campuran serat-serat kasar, yang tersisa dari cairan dan gas yang semula terkandung dalam kotoran segar (Adyana, 1986). Keluaran biogas yang berupa pupuk organik jika diolah akan mempunyai nilai cukup tinggi bagi keluarga maupun lingkungan petani ternak. Pupuk tanaman yang dimaksud adalah tanaman darat maupun air. Pupuk organik yang berasal dari unit biogas dapat dijadikan bahan pakan ternak dan menduduki proporsi sampai 30% (Setiawan, 1996).

Limbah cair keluaran digester biogas mengandung unsur makro yang penting untuk pertumbuhan tanaman seperti unsur N, P, K, dan unsur mikro yaitu Cu, Fe, Mg, S, dan Zn (Suzuki dkk, 2001). Park (1984) menyatakan bahwa limbah cair keluaran digester biogas jika dimanfaatkan sebagai pupuk untuk tanaman dapat meningkatkan hasil pertanian dan dapat memperbaiki kesuburan tanah. Sebagian besar 9 bahan nitrogen yang terkandung dalam bahan organik adalah dalam bentuk protein. Nitrogen dalam bentuk protein tidak dapat langsung dipergunakan oleh tanaman, dalam tangki pembuat biogas, protein tersebut akan diuraikan, sehingga nitrogen yang terkandung dalam bentuk amonium (NH_4^+), jadi dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman (Adyana, 1986).

2.3 Pupuk

Pupuk merupakan bahan tambahan yang ditaburkan ke dalam tanah yang berfungsi untuk merubah keadaan fisik, kimia, dan biologi tanah sesuai dengan kebutuhan unsur hara pada tanaman. Sedangkan pemupukan dimaksudkan sebagai pemberian zat makanan dengan memberikan berbagai jenis pupuk ke dalam tanah guna meningkatkan hasil pertanian, jadi pemupukan bertujuan untuk merubah kesuburan, mengganti unsur hara yang hilang oleh adanya pengikisan tanah oleh air, yang disebut sebagai erosi dan mengganti unsur hara yang terangkut oleh tanaman, (Sutanto,2002). Unsur hara yang diperlukan tanaman dapat dibagi tiga golongan berdasarkan jumlah yang dibutuhkan tanaman.

Pupuk adalah suatu bahan yang digunakan mengubah sifat fisik, kimia atau biologi sehingga menjadi lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Dalam pengertian yang khusus, pupuk adalah suatu bahan yang mengandung satu atau lebih unsur hara tanaman. Seperti telah diketahui bahwa pupuk yang diproduksi dan beredar dipasaran sangatlah beragam jenisnya, yaitu pupuk organik, pupuk kandang, dan pupuk hayati. Pupuk-pupuk tersebut hampir 90% sudah mampu memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman, baik dari unsur makro maupun unsur mikro bagi tanaman.

Menurut hasil penelitian setiap tanaman memerlukan paling sedikit 16 unsur (ada yang menyebutnya zat) agar pertumbuhannya normal. Dari ke 16 unsur tersebut, tiga unsur (Karbon, Hidrogen, Oksigen) diperoleh dari udara, sedangkan 13 unsur lagi tersedia oleh tanah adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), *Calcium* (Ca), *Magnesium* (Mg), *Sulfur* atau Belerang (S), Klor (Cl), Ferum atau Besi (Fe), Mangan (Mn), *Cuprum* atau Tembaga (Cu), *Zink* atau Seng (Zn), Boron (B), dan *Molibdenum* (Mo). Tanah dikatakan subur dan sempurna jika mengandung lengkap unsur-unsur tersebut.

Ke-13 unsur tersebut sangat terbatas jumlahnya di dalam tanah. Namun tanah tidak semua mengandung unsur-unsur tersebut secara lengkap. Hal ini dapat diakibatkan karena sudah habis terserap oleh tanaman saat masyarakat bercocok tanam tanpa diimbangi dengan pemupukan. Kalau dilihat dari jumlah yang disedot tanaman, dari ke-13 unsur tersebut hanya 6 unsur saja yang diambil

tanaman adalah jumlah yang banyak. Unsur yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak tersebut disebut unsur makro. Ke-6 jenis unsur makro tersebut adalah N, P, K, S, Ca, dan Mg.

2.4 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah bahan organik yang umumnya berasal dari tumbuhan atau hewan, ditambahkan ke dalam tanah secara spesifik sebagai sumber hara, pada umumnya mengandung nitrogen (N) yang berasal dari tumbuhan dan hewan (Sutanto, 2002). Peraturan Menteri Pertanian No. 28/Permentan/SR.130/5/2009 menyatakan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa tanaman dan kotoran hewan yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dan dapat diperkaya dengan bahan mineral alami atau mikroba yang bermanfaat memperkaya hara, bahan organik tanah, memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Pupuk organik mempunyai kandungan unsur, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) sangat sedikit, tetapi mempunyai peranan lain yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan dan kesehatan tanaman (Suriawiria, 2003). Pupuk organik merupakan hasil akhir atau hasil penguraian bagian sisa-sisa tanaman dan hewan.

Pupuk organik berasal dari bahan organik yang mengandung segala macam unsur, maka pupuk ini pun mengandung hampir semua unsur baik makro maupun mikro hanya saja ketersediaan unsur-unsur tersebut biasanya dalam jumlah yang sedikit. Jenis-jenis pupuk organik antara lain seperti pupuk kandang, kompos, humus, dan sebagainya. Pupuk organik biasanya ditandai dengan ciri-ciri sebagai berikut:

1. Nitrogen terdapat dalam bentuk persenyawaan organik sehingga mudah dihisap tanaman.
2. Tidak meninggalkan sisa asam anorganik di dalam tanah.
3. Mempunyai kadar persenyawaan C organik yang tinggi, misalnya hidrat arang.

Peranan bahan organik dalam memperbaiki kesuburan tanah, yaitu:

1. Melalui penambahan unsur-unsur hara N, P, dan K yang secara lambat tersedia
2. Meningkatkan kapasitas tukar kation tanah sehingga kation-kation hara yang penting tidak mudah mengalami pencucian dan tersedia bagi tanaman
3. memperbaiki agregat tanah sehingga terbentuk struktur tanah yang lebih baik untuk respirasi dan pertumbuhan akar
4. meningkatkan kemampuan mengikat air sehingga ketersediaan air bagi tanaman lebih terjamin,
5. meningkatkan aktivitas mikroba tanah. (Hardjowigeno, 2003).

2.5 Pupuk Organik Cair

Limbah proses pembuatan biogas dapat digunakan sebagai pupuk. Limbah biogas, kotoran ternak yang telah hilang gasnya merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang sangat dibutuhkan tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulosa, dan lignin tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia.

Pupuk organik cair merupakan pupuk organik dalam bentuk cair dan pada umumnya merupakan bahan organik yang dilarutkan dengan pelarut seperti air (Irawati, 2003). Pupuk organik cair dapat dibuat dari bahan-bahan organik berbentuk cair dengan cara mengomposkan dan memberi aktivator pengomposan sehingga dapat dihasilkan pupuk organik cair yang stabil dan mengandung unsur hara lengkap, pupuk cair dapat diproduksi dari limbah industri peternakan (limbah cair dan setengah padat atau *slurry*) yaitu melalui pengomposan dan aerasi (Haga, 1999). Standar mutu pupuk organik cair dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Mutu Pupuk Organik
(Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/OT.140/2/2009)

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan teknis		
			Murni	Diperkaya mikroba	Cair/pasta
1.	C-Organik	%	>12	>12	>4
2.	C/N rasio		15-25	15-25	
3.	Bahan ikutan	%	<2	<2	<2
4.	Kadar air	%	4-15*)	10-20*)	10-20*)
5.	Kadar logam berat				
	As	ppm	≤10	≤10	≤2,5
	Hg	ppm	≤1	≤1	≤0,25
	Pb	ppm	≤50	≤50	≤12,5
	Cd	ppm	≤10	≤10	≤2,5
6.	pH		4-8	4-8	4-8
7.	Kadar Total N	%	<6***	<6***	<2
	P ₂ O ₅	%	<6**	<6**	<2
	K ₂ O	%	<6**	<6**	<2
8.	Mikroba patogen (E.coli, Sellmonell)	Cfu/g;	10 ²	10 ²	10 ²
9.	Mikroba fungsional	Cfu/g;	-	>10 ³	-
10.	Ukuran butiran	Mm	2-5	2-5	
11.	Unsur mikro:				
	Fe	ppm	Min 0, maks 8000	Min 0, maks 8000	Min 0, maks 8000
	Mn	ppm	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000
	Cu	ppm	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000
	Zn	ppm	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000	Min 0, maks 5000
	B	ppm	Min 0, maks 2500	Min 0, maks 2500	Min 0, maks 2500
	Co	ppm	Min 0, maks 20	Min 0, maks 20	Min 0, maks 20

Sumber :Permentan No.28, 2009

Keterangan :

*) Kadar air berdasarkan bobot asal

**) Bahan-bahan tertentu yang berasal dari bahan organik alami diperbolehkan mengandung kadar P₂O₅ dan K₂O >60% (dibuktikan dengan hasil laboratorium)

***) N-total = N-Organik+N-NH₄+N-NO₃; Nkjeldahl= N-organik+N-NH₄; C/N, N=N-total

Tabel 3 merupakan Standar kualitas unsur hara pupuk organik berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.28/Permentan/ OT.140/ 2/2009. Standar mutu pupuk organik cair menentukan standar kualitas yang terdapat pada pupuk organik cair agar diketahui lebih atau kurangnya unsur hara yang terdapat didalam pupuk organik cair. Pupuk organik cair merupakan salah satu jenis pupuk yang banyak beredar di pasaran. Pupuk organik cair lebih mudah terserap oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai. Tanaman menyerap hara terutama melalui akar namun daun juga memiliki kemampuan menyerap hara, oleh sebab itu pupuk cair dapat disemprotkan pada daun. Menurut Yuliarti, (2009), keuntungan dari penggunaan pupuk organik cair, kita dapat melakukan tiga macam proses dalam sekali pekerjaan, yaitu memupuk tanaman, menyiram tanaman, dan mengobati tanaman.

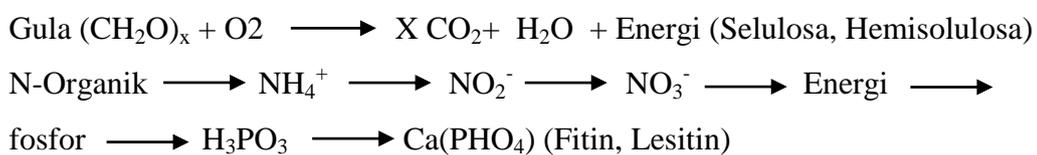
Tiga cara umum pemberian pupuk cair menurut Zaitun (1999) sebagai berikut: (a) pemberian langsung pada tanah; (b) pemberian melalui irigasi; dan (c) penyemprotan pada tanaman. Penggunaan pupuk cair banyak digunakan berdasarkan pada alasan ekonomis dan karena kemudahannya dalam penggunaan. Kebanyakan dari pupuk organik mempunyai kandungan nutrisi yang rendah jika dibandingkan dengan pupuk anorganik (terutama unsur N, P dan K) tetapi mempunyai efek yang menguntungkan bagi tanah diantaranya dapat memperbaiki kondisi tanah hingga tanah dapat menahan air lebih banyak dan menggemburkan tanah. Zat-zat unsur hara di dalam pupuk cair tersedia bagi tanaman, sebagian langsung dapat diserap, sebagian lagi dengan cepat dapat diurai sehingga cepat juga dapat diserap.

2.6 Fermentasi

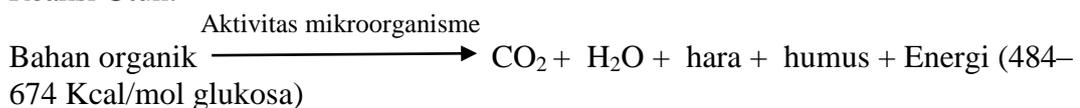
Fermentasi adalah suatu reaksi oksidasi reduksi di dalam sistem biologi yang menghasilkan energi, dimana sebagai donor dan aseptor elektron digunakan senyawa organik. Fermentasi anaerobik merupakan oksidasi senyawa-senyawa oleh kerja enzim mikroorganisme, zat oksigen tidak terlibat di dalam proses yang membangkitkan energi. Teknologi fermentasi dapat melibatkan sel-sel hidup yang lengkap (mikroba, sel-sel Universitas Sumatera Utara hewan dan tumbuhan) atau

komponen sel (enzim) dapat diarahkan untuk menimbulkan perubahan kimiawi atau fisika yang spesifik pada substansi organik, (Winarno, 1979). Mekanisme proses fermentasi ada dua macam, yakni fermentasi secara aerobik dan anaerobik. Fermentasi secara aerobik, oksigen mutlak dibutuhkan, sedangkan proses fermentasi anaerobik berjalan tanpa adanya oksigen.

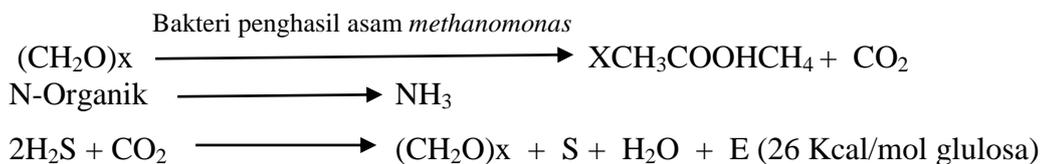
Proses fermentasi dapat dipercepat dengan penambahan bioaktivator yang merupakan sumber mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh Konsentrasi gula, karena sukrosa yang terkandung dalam larutan gula merupakan substrat yang mudah dicerna dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroorganisme. Pembuatan pupuk organik cair dengan proses fermentasi keberhasilannya ditandai dengan adanya lapisan putih pada permukaan, bau yang khas, dan warna berubah dari hijau menjadi coklat dan pupuk yang dihasilkan berwarna kuning kecoklatan. Lapisan putih pada permukaan pupuk merupakan *actinomyces*, yaitu jenis jamur tumbuh setelah terbentuknya pupuk (Sundari dkk, 2012). Pembuatan pupuk dapat berlangsung dalam kondisi aerob maupun anaerob. Reaksi yang terjadi pada perombakan sistem aerobik adalah :

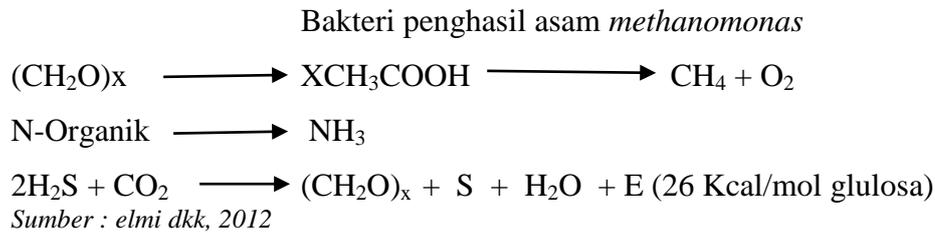


Reaksi Utuh:



Kondisi anaerob diartikan sebagai proses dekomposisi bahan organik tanpa menggunakan O₂. Reaksi yang terjadi pada perombakan sistem anaerob:





2.7 Aktivator

Berdasarkan kondisi habitatnya, terutama temperatur, mikroorganisme yang terlibat dalam pengomposan terdiri dari dua golongan, yaitu mesofilik dan termofilik. Mikroorganisme mesofilik adalah mikroorganisme yang hidup pada temperatur rendah (10–450 C), dan mikroorganisme termofilik adalah mikroorganisme yang hidup pada temperatur tinggi (45 – 640 C), (Nan, 2005). Mikroorganisme merupakan faktor terpenting dalam proses fermentasi karena mikroorganisme ini yang merombak bahan organik menjadi kompos. Sebagian besar dari mikroorganisme yang melakukan dekomposisi berasal dari bahan organik yang digunakan dan sebagian lain berasal dari tanah. Mikroorganisme ini dapat diperbanyak dengan menambahkan *stater* atau aktivator.

Menurut Simamor, (2005) pupuk organik cair adalah pupuk yang berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi. Didalam proses fermentasi senyawa organik terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino. Penguraian senyawa organik atau dekomposisi dapat dilakukan dengan penambahan aktivator. Beberapa bahan aktivator yang dikenal dan beredar di pasaran antara lain:

1. *OrgaDec*
2. *Stardec*
3. EM-4
4. *Fix-up plus*, dan lain-lain

Proses pembuatan pupuk yang dilakukan mempergunakan larutan *effective microorganism 4* yang disingkat EM4. EM4 pertama kali ditemukan oleh Prof. Teruo Higa dari Universitas Ryukyus. Jepang. Dalam EM4 ini terdapat sekitar 80

genus *microorganism* fermentor. Mikroorganism ini dipilih yang dapat bekerja secara efektif dalam memfermentasikan bahan organik.

Secara global terdapat 5 golongan yang pokok yaitu:

1. Bakteri fotosintetik

Bakteri ini merupakan bakteri bebas yang dapat mensintesis senyawa nitrogen, gula, dan substansi bioaktif lainnya. Hasil metabolir yang diproduksi dapat diserap secara langsung oleh tanaman dan tersedia sebagai substrat untuk perkembangbiakan mikroorganism yang menguntungkan.

2. *Lactobacillus sp.*

Bakteri yang memproduksi asam laktat sebagai hasil penguaraian gula dan karbohidrat lain yang bekerjasama dengan bakteri fotosintesis dan ragi. Asam laktat ini merupakan bahan sterilisasi yang kuat yang dapat menekan mikroorganism berbahaya dan dapat menguraikan bahan organik dengan cepat.

3. *Streptomyces sp.*

Streptomyces sp. mengeluarkan enzim streptomisin yang bersifat racun terhadap hama dan penyakit yang merugikan.

4. Ragi (*yeast*)

Ragi memproduksi substansi yang berguna bagi tanaman dengan cara fermentasi. Substansi bioaktif yang dihasilkan oleh ragi berguna untuk pertumbuhan sel dan pembelahan akar. Ragi ini juga berperan dalam perkembangan atau pembelahan mikroorganism menguntungkan lain seperti *Actinomyces* dan bakteri asam laktat.

5. *Actinomyces*

Actinomyces merupakan organism peralihan antara bakteri dan jamur yang mengambil asam amino dan zat serupa yang diproduksi bakteri fotosintesis dan merubahnya menjadi antibiotik untuk mengendalikan patogen, menekan jamur dan bakteri berbahaya dengan cara menghancurkan *khitin* yaitu zat esensial untuk pertumbuhannya. *Actinomyces* juga dapat menciptakan kondisi yang baik bagi perkembangan mikroorganism lain.

2.8 Gula Merah

Gula merah atau gula jawa adalah jenis gula yang dibuat dari nira, yaitu cairan yang dikeluarkan dari bunga pohon keluarga palma, seperti kelapa, aren, dan siwalan. Gula merah yang dipasarkan dalam bentuk cetakan batangan silinder, cetakan setengah bola dan bubuk curah disebut sebagai gula semut. Berikut ini adalah Tabel 4. yang merupakan kandungan senyawa dari gula merah.

Tabel 4. Kandungan Mineral Makro dan Mikro Pada Gula Merah Kelapa

Kandungan Mineral	Coconut Palm Sugar
Mineral mikro dalam bahan kering	mg/L (ppm)
Mangan (Mn)	1,3
Boron (B)	0,30
Seng (Zn)	21,20
Besi (Fe)	21,90
Tembaga (Cu)	2,3
Mineral makro dalam bahan kering	mg/L (ppm)
Nitrogen (N)	2,020
Fosfor (P)	790
Kalium (K)	10300
Kalsium (Ca)	60
Magnesium (Mg)	290
Natrium (Na)	450
Klorin (Cl)	4700
Belerang (S)	260

Dianalisis oleh: Philippine Coconut Authority – Plant and Tissue Analysis Laboratory (Sept. 11, 2000).

Tabel 4 menjelaskan tentang kandungan makro dan mikro yang terdapat pada gula merah. Gula merupakan suatu karbohidrat sederhana yang dapat menjadi sumber energi, gula sederhana seperti glukosa menyimpan energi yang akan digunakan oleh sel. Oleh karena itu penambahan gula pada fermentasi berfungsi sebagai sumber nutrisi awal bagi mikroorganisme atau bakteri untuk tumbuh dan berkembang. Gula merah dapat digunakan sebagai sumber nutrisi bagi aktivator dalam pembuatan pupuk organik cair. Gula merah dapat membantu meningkatkan unsur hara dalam fermentasi pupuk organik cair.

2.9 Unsur Nitrogen

Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro esensial yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur N juga merupakan salah satu unsur penyusun protein sebagai pembentuk jaringan dalam tubuh makhluk hidup, dan di dalam tanah unsur N sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Perilaku unsur N di dalam tanah sukar untuk diperkirakan, hal ini disebabkan transformasi N di dalam tanah sangat kompleks. Lebih dari 98% N di dalam tanah tidak tersedia untuk diambil tanaman pada saat tertentu karena terakumulasi dalam bahan organik atau terperangkap dalam mineral liat. Nitrogen dalam bentuk bahan organik dapat mengalami transformasi menjadi pupuk tersedia bagi tanaman (Sutanto, 2006).

Jumlah N dalam tanah sedikit sedangkan yang diangkut oleh tanaman tiap tahunnya sangat banyak. Nitrogen pada saat-saat tertentu sangat larut dan pada saat yang lain mudah hilang dalam penguapan atau sama sekali tidak tersedia bagi tanaman (Soepardi, 1983). Suplai unsur N melalui penumpukan lebih diutamakan untuk tanaman karena N merupakan unsur yang paling banyak dihilangkan dari lahan pertanian melalui pemanenan (Goh dan Haynes, 1986).

Tanaman yang mengalami kekurangan N akan tetap kecil dan secara cepat berubah menjadi kuning, karena N yang tersedia tidak cukup untuk membentuk protein dan klorofil, oleh karena itu akibat dari kekurangan klorofil akan menyebabkan kemampuan tanaman dan produksi karbohidratnya menjadi berkurang (Jacob dan Uexkull, 1960), tetapi pemberian nitrogen secara berlebihan juga mengakibatkan pertumbuhan vegetatif yang sangat pesat, warna dan menjadi hijau tua dan tanaman dan dibutuhkan dalam jumlah relatif besar. Unsur ini berpengaruh dalam sintesis asam amino, protein, asam nukleat dan koenzim. Protein mempunyai fungsi penting dalam pertumbuhan sel vegetatif tanaman, sebagai katalisator dan pengatur metabolisme.

2.10 Unsur Fosfor

Fosfor (P) merupakan unsur yang sangat penting bagi kehidupan, dapat menimbulkan eutrofikasi di danau, sungai, dan perairan lain. Unsur P juga merupakan zat yang sangat penting tetapi selalu dalam keadaan kurang dalam

tanah (Manan, 2006). Unsur P sangat penting sebagai sumber energi (ATP). Oleh karena itu, kekurangan P dapat menghambat pertumbuhan maupun reaksi-reaksi metabolisme tanaman. Fosfor terdapat dalam tiga bentuk yaitu H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , dan umumnya diserap tanaman dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Bentuk yang paling dominan dari ketiga fosfat tersebut dalam tanah bergantung pada pH tanah. Pada pH yang rendah, tanaman lebih banyak menyerap ion ortofosfat primer, dan pada pH yang lebih tinggi ion ortofosfat sekunder yang lebih banyak diserap tanaman, (Hanafiah, 2005). Ortofosfat merupakan bentuk fosfat yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman, sedangkan polifosfat harus terlebih dahulu mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat sebelum dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Fosfor organik mengandung senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme yang tersusun dalam asam nukleat, fosfolipid, dan fitin. Secara umum, fungsi dari fosfor (P) dalam tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Dapat mempercepat pertumbuhan akar.
2. Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa.
3. Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah
4. Dapat meningkatkan produksi biji-bijian.

Fosfor didalam tanah dapat digolongkan dalam 2 bentuk, yaitu bentuk organik dan bentuk anorganik. Di dalam tanah fungsi P terhadap tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik. Dan sebaliknya hanya sebagian kecil saja yang terdapat dalam bentuk anorganik sebagai ion-ion fosfat. Fungsi fosfat dalam tanaman adalah dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan produk biji-bijian dan dapat memperkuat tubuh tanaman padi-padian sehingga tidak mudah rebah. Bagian-bagian tubuh tanaman yang bersangkutan dengan pembiakan generatif, seperti daun-daun bunga, tangkai-tangkai sari, kepala-kepala sari, butir-butir tepung sari, daun buah seta bakal biji ternyata mengandung P. Jadi, unsur P

banyak diperlukan untuk pembentukan bunga dan buah. Defisiensi unsur hara ini akan menimbulkan hambatan pada pertumbuhan sistem perakaran, daun, batang, seperti misalnya pada tanaman serelia (padi-padian, rumput-rumputan penghasil biji yang dapat dimakan, jewawut, gandum, jagung), daun-daunnya berwarna hijau tua/keabu-abuan, mengkilap, sering pula terdapat pigmen merah pada daun bagian bawah, selanjutnya mati. Tangkai-tangkai daun kelihatan lancip-lancip. Pembentukan buah jelek, merugikan hasil biji.

2.11 Unsur Kalium

Kalium diserap dalam bentuk K^+ (terutama pada tanaman muda). Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein, inti-inti sel tidak mengandung kalium. Zat kalium mempunyai sifat mudah larut dan hanyut, selain itu mudah difiksasi dalam tanah. Zat Kalium yang tidak diberikan secara cukup, maka efisiensi N dan P akan rendah, dengan demikian maka produksi yang tinggi tidak dapat diharapkan. Adapun peran kalium pada tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Pembentukan protein dan karbohidrat.
2. Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman.
3. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit.
4. Meningkatkan kualitas biji/buah.

Defisiensi gejala yang terdapat pada daun, pada awalnya tampak agak mengkerut dan kadang-kadang mengkilap, selanjutnya sejak ujung dan tepi daun tampak menguning, warna seperti ini tampak pula diantara tulang-tulang daun, pada akhirnya daun tampak bercak-bercak kotor, berwarna coklat, dan jatuh kemudian mengering dan mati. Gejala yang terdapat pada batang yaitu batangnya lemah dan pendek-pendek, sehingga tanaman tampak kerdil. Gejala yang tampak pada buah, misalnya buah kelapa dan jeruk yaitu buahnya banyak yang berjatuhan sebelum masak, sedang masak buahnya berlangsung lambat. Bagi tanaman yang berumbi yang mengalami defisiensi K hasil umbinya sangat kurang dan kadar hidrat arangnya demikian rendah.

2.12 Nilai pH

Konsentrasi ion-hidrogen merupakan kualitas parameter yang penting di dalam limbah cair. Konsentrasi pH dapat diartikan sebagai eksistensi dari kehidupan mikroba di dalam limbah cair (biasanya pH diantara 6 – 9). Limbah cair mempunyai konsentrasi pH yang sulit diatur karena adanya proses pengasaman pada limbah cair. pH mempunyai arti yang sangat penting di dalam pengolahan limbah cair karena dari pH kita dapat mengetahui kondisi mikroba yang ada di dalam limbah cair (Zahara, 2014). Tingkat pH memberikan pengaruh terhadap aktivitas enzim di dalam mikroorganisme, setiap enzim hanya dapat aktif pada rentang pH tertentu dan mempunyai aktivitas maksimum pada pH optimal. Setiap kelompok mikroorganisme mempunyai perbedaan rentang pH optimal. *Methanogenic archaea* dapat berfungsi dalam batas interval dari 5,5-8,5 dengan range optimal 6,5-8,0. Bakteri fermentatif dapat berfungsi pada rentang yang luas dari 8,5 menurun hingga pH 4 (Zahara, 2014).

Untuk mendapatkan kondisi optimum pada produksi biogas, dimana bakteri yang berperan adalah penghasil metan, nilai pH untuk campuran umpan di dalam digester harus diantara 6 dan 7. Setelah stabilisasi dari proses fermentasi pada kondisi anaerobik, nilai pH akhir harus diantara 7,2 dan 8,2. Untuk memberikan efek penyangga dari penambahan konsentrasi ammonium. Ketika jumlah asam organik yang diproduksi besar pada permulaan fermentasi, pH di dalam digester mungkin menurun sampai 5. Saat digester mempunyai konsentrasi asam volatil yang tinggi, proses fermentasi metan akan terhambat bahkan terhenti. pH yang rendah (dibawah 6, 5) akan memberikan efek racun pada bakteri metanogenik (Zahara, 2014). Oleh karena itu, perlu adanya penambahan natrium bikarbonat (NaHCO_3) yang berfungsi untuk menyangga pH.

2.13 Digester Berbentuk Limas dan Balok

Pada industri kelapa sawit, air limbah yang dihasilkan akan diolah di kolam pengolahan dengan sistem terbuka. Sehingga senyawa metana dan karbon dioksida dalam jumlah yang besar dilepaskan ke atmosfer yang dapat menyebabkan efek rumah kaca atau pemanasan global. Mengacu pada kondisi ini,

maka dibuat modifikasi peralatan digester dengan tangki Sedimentasi berbentuk limas yang diharapkan dapat memberi keuntungan untuk dapat mengendapkan lumpur yang terkandung dalam air limbah kelapa sawit dengan cepat. Sedangkan digester untuk tangki fermentasi dengan bentuk balok yang dapat menangkap gas metana dan mengubah air limbah tersebut menjadi lebih bermanfaat dengan sistem pengolahan secara anaerobik. Selain itu, modifikasi desain ini diharapkan mampu menjadi penerapan pada kolam air limbah industri untuk dapat menggunakan sistem kontinyu untuk memanfaatkan potensi gas metana yang ada pada air limbah industri minyak kelapa sawit (POME) agar tidak terbuang dengan sia-sia.