

**NOVILDA ELIZABETH MUSTAMU**

# ***SLUDGE BIOGAS***

**Sebagai Alternatif Pengganti  
Pupuk Kimia**

# PRAKATA

## **DAFTAR ISI**

### **PRAKATA**

### **DAFTAR ISI**

### **BAGIAN 1**

#### **PENDAHULUAN**

Pemanfaatan Energi Terbarukan (*Renewable*)

Konsep *Sludge* Biogas Alternatif Pupuk Organik

### **BAGIAN 2**

#### **KAJIAN TEORETIS**

Bahan Baku *Sludge* Biogas Kualitas Pupuk Organik

Tanaman Bayam (*Amaranthus* Sp.)

### **BAGIAN 3**

#### **INSTALASI *SLUDGE* BIOGAS**

Metode Pembuatan *Sludge* Biogas

Kandungan dalam *Sludge* Biogas

### **BAGIAN 4**

#### **PENGARUH *SLUDGE* BIOGAS PADA PERTUMBUHAN BAYAM (*AMARANTHUS SP.*)**

### **BAGIAN 5**

#### **POTENSI *SLUDGE* BIOGAS MELALUI ANALISIS SWOT**

*Strengths*

*Weaknesses*

*Opportunities*

*Threats*

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **BIOGRAFI PENULIS**

# BAGIAN 1

## PENDAHULUAN

### Pemanfaatan Energi Terbarukan

Pada tahun 2018, total produksi energi primer yang terdiri dari minyak bumi, gas bumi, batubara, dan energi terbarukan mencapai 411,6 MTOE. Sebesar 64% atau 261,4 MTOE dari total produksi tersebut diekspor terutama batubara dan LNG. Selain itu, Indonesia juga melakukan impor energi terutama minyak mentah dan produk BBM sebesar 43,2 MTOE serta sejumlah kecil batubara kalori tinggi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan sektor industri

Produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, dari 346 juta barel (949 ribu bph) pada tahun 2009 menjadi sekitar 283 juta barel (778 ribu bph) di tahun 2018. Penurunan produksi tersebut disebabkan oleh sumur-sumur produksi utama minyak bumi yang umumnya sudah tua, sementara produksi sumur baru relatif masih terbatas. Untuk memenuhi kebutuhan kilang, Indonesia mengimpor minyak bumi terutama dari Timur Tengah sehingga ketergantungan terhadap impor mencapai sekitar 35%

Di sisi permintaan, kebutuhan BBM termasuk biodiesel dalam negeri pada tahun 2018 mencapai 465,7 juta barel/tahun yang dipenuhi dari produksi kilang dalam negeri dan impor. Produksi BBM dari kilang dalam negeri rata-rata sebesar 278,1 juta barel dan impor rata-rata sekitar 165,4 juta barel.

Pada tahun 2018 produksi gas bumi 2,9 juta MMSCF yang digunakan terutama untuk memenuhi konsumsi dalam negeri di sektor industri feed stock dan atau energi, pembangkit listrik, gas kota (rumah tangga dan komersial) serta gas lift sebesar 1,7 juta MMSCF. Selain itu, gas bumi juga dijadikan sebagai komoditas ekspor dalam bentuk LNG dan gas pipa sebesar 1,2 juta MMSCF. Persentase ekspor (melalui pipa maupun LNG) terhadap total produksi gas bumi menurun dari 50% pada tahun 2009 menjadi 40% pada tahun 2018.

Kebutuhan manusia dalam pemanfaatan energi terus menerus berlangsung. Pertambahan penduduk yang signifikan dari tahun ke tahun menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan energi. Sumber energi yang digunakan

kebanyakan berasal dari bahan bakar fosil, misalnya bensin, solar, dan minyak tanah. Sementara itu, ketersediaan bahan bakar fosil tersebut sangat terbatas karena merupakan sumber energi yang tak terbarukan. Ketersediaan energi fosil di Indonesia dapat dilihat pada (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. Ketersediaan Energi Fosil di Indonesia Tahun 2006  
(Direktur Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, 2007)

<b>Energi Fosil Sumberdaya</b>	<b>Cadangan (proven + possible )</b>	<b>Produksi Per Tahun</b>	<b>Ketersediaan (Tanpa Eksplorasi)</b>	<b>Cadangan /Produksi (Tahun)</b>
Minyak Bumi	86,9 miliar barel	9 miliar barel	500 juta barel	23 tahun
Gas	384,7 TSCF*	182 TSCF	3,0 TSCF	62 tahun
Batu Bara	57 miliar ton	19,3 miliar ton	130 juta ton	146 tahun

Ket: \*TSCF : *T Standard Cubic Feet per Day*

(Suatu satuan untuk menunjukkan kuantitas laju alir gas per satuan waktu)

Ketersediaan yang semakin menipis sementara konsumsi yang terus menerus meningkat menyebabkan penggunaan bahan bakar fosil menjadi tidak efisien. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil yang terus menerus akan berdampak negatif bagi lingkungan terutama berpengaruh terhadap pemanasan global.

Sementara itu, Peningkatan laju konsumsi energi di Indonesia adalah sekitar 8% per-tahun, sedangkan di dunia hanya 2%. Konsumsi energi meningkat pesat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penduduk. Akan tetapi, sumber energi Indonesia sangat tergantung pada bahan bakar fosil (Gozan, 2014).

Di sisi lain, data cadangan energi fosil pada tahun 2014 menunjukkan bahwa cadangan minyak bumi sebesar 3,6 miliar barel, gas bumi sebesar 100,3 Trillion Cubic Feet (TCF) dan cadangan batubara sebesar 32,27 miliar ton. Bila diasumsikan tidak ada penemuan cadangan baru, berdasarkan rasio R/P (Reserve/Production) tahun 2014, maka minyak bumi akan habis dalam 12 tahun, gas bumi 37 tahun, dan batubara 70 tahun (Sugiyono, 2016).

Saat ini mulai dilakukan konversi penggunaan BBM beralih ke Bahan Bakar Gas (BBG). BPS mencatat bahwa sampai tahun 2014 penggunaan bahan bakar jenis minyak tanah untuk kebutuhan memasak hanya sebesar 5,12% dibanding

dengan tahun-tahun sebelumnya yakni pada tahun 2004 penggunaan minyak tanah untuk kebutuhan memasak mencapai 88,95%.

Penurunan yang sangat signifikan tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan BBM jenis minyak tanah semakin terbatas. Mayoritas penduduk Indonesia beralih menggunakan bahan bakar jenis gas untuk kebutuhan memasak dengan persentase sebesar 58,42% pada tahun 2014 (BPS, 2015). Meskipun demikian, BGG merupakan jenis bahan bakar fosil seperti BBM yang sifatnya tidak bisa diperbarui (unrenewable)

Dewasa ini alternatif energi terbarukan banyak menggunakan biogas. Biogas adalah gas yang mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses fermentasi (pembusukan) bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerob (bakteri yang hidup dalam kondisi tanpa oksigen yang ada dalam udara). Bahan-bahan organik adalah bahan-bahan yang dapat terurai kembali menjadi tanah, misal sampah dan kotoran hewan (sapi, kambing, babi, dan ayam). Proses fermentasi ini sebetulnya terjadi secara alamiah tetapi membutuhkan waktu yang relatif lama (Pertiwiningrum, 2015).

Banyak hal yang terjadi dekade terakhir ini yang menyebabkan biogas mulai lebih diperhatikan untuk dimanfaatkan. Antara lain adalah berkurangnya cadangan minyak, pencabutan subsidi, kesadaran masyarakat bahwa terjadinya penurunan pada kualitas lingkungan akibat *green house effect* dikarenakan penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan (Akella *et al.*, 2009). Biogas adalah kombinasi dari beberapa macam gas yang mudah terbakar. Biogas dihasilkan akibat proses digesti yang dilakukan mikroorganisme antara lain bakteri metanogenesis terhadap bahan organik (Demirrel and Scherer, 2008).

Komposisi biogas bervariasi, tergantung sumber bahan biogas. Akan tetapi biasanya memiliki kandungan 50-70% CH<sub>4</sub>, 25-50% CO<sub>2</sub>, 1-5% H<sub>2</sub>, 0,3-3% N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S. Biogas lebih ringan 20% dari udara dan temperatur untuk mengaktifkannya adalah sekitar 650 °C – 750 °C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna, nyala apinya jernih dan berwarna biru, sama seperti gas propan. Produksi biogas yang berasal dari kotoran sapi potong sebesar 10 – 15 kg/hari, akan menghasilkan gas sebanyak 280 – 340 liter/hari (Arifin *et al.*, 2011).

Selain itu, biogas sendiri mempunyai beberapa kelebihan yaitu mempunyai energi dengan kalori yang baik dan dalam pembakarannya sangat sedikit menghasilkan CO<sub>2</sub> (Cantrell *et al.*, 2008). Kotoran dari 2 ekor ternak sapi atau 6 ekor ternak babi dapat menghasilkan kurang lebih 2 m<sup>3</sup> biogas per hari, untuk 1

m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,62 liter minyak tanah dan 0,46 kg LPG. Aplikasi dari energi gas bisa untuk kepentingan rumahtangga maupun industri (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009).

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan karena keberadaan bahan baku akan terus ada selama kehidupan ini masih berlangsung. Biogas berbeda dengan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara) yang merupakan bahan bakar tidak dapat diperbaharui.

## Sejarah Biogas

Sejarah penemuan biogas dimulai dari warga Mesir, China dan Roma kuno yang menggunakan gas metan untuk dibakar dan digunakan sebagai penghasil panas. Sedangkan proses fermentasi untuk menghasilkan gas metan pertama kali ditemukan oleh Alessandro Volta pada tahun 1776. Beberapa dekade berikutnya, pada tahun 1806, William Henry melakukan identifikasi gas yang dapat terbakar. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Becham (1868), Pasteur dan Tappeiner (1882) yang memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan. Era penelitian Pasteur menjadi landasan untuk penelitian biogas hingga saat ini.

Proses pembuatan Biogas memiliki hasil sampingan berupa Sludge, produk sampingan ini berupa sisa keluaran biogas berbentuk lumpur (sludge) yang telah mengalami dekomposisi anaerob sehingga bisa langsung diaplikasikan. Pada proses fermentasi dalam digester terjadi perombakan anaerobik bahan organik menjadi biogas dan asam organik BM rendah. N, P dan K meningkat karena proses peruraian ini Sludge dapat dipisahkan menjadi pupuk padat dan pupuk cair. Sludge mengandung berbagai mineral yang dibutuhkan oleh tumbuhan seperti fosfor, magnesium, kalsium, kalium, tembaga dan seng (Pertiwiningrum, 2015)

Proses pembentukan biogas, selain menghasilkan gas juga menghasilkan produk sampingan berupa lumpur (sludge). Sludge biogas feses sapi perah kaya akan nutrisi serta mengandung bakteri dalam jumlah besar yang diperlukan untuk pencernaan anaerobik. Sludge juga mengandung organisme patogen, diantaranya bakteri *Clostridium* sp., *Coliform fekal*, *Salmonella* sp., *Streptococcus* sp., *E. Coli*, *Mycobacterium tuberculosis*, berbagai virus, dan telur cacing *Ascaris lumbricoides*.

## Konsep *Sludge* Biogas

*Sludge* biogas adalah lumpur keluaran dari instalasi biogas yang merupakan *by product* dari sistem pengomposan anaerob yang bebas bakteri patogen dan dapat digunakan sebagai pupuk untuk menjaga kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman. Bahan dari sisa proses pembuatan biogas bentuknya berupa cairan kental (*sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerob sehingga dapat dijadikan pupuk organik dan secara langsung digunakan untuk memupuk tanaman (Hessami *et al.*, 1996). *Sludge* sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Diantara unsure tersebut adalah unsur makro berupa N, P, K, Ca dan Mg serta unsur mikro seperti Fe, Mn, Cu dan Zn. (Suzuki *et al.* 2001)

Pemanfaatan lumpur keluaran biogas ini sebagai pupuk dapat memberikan keuntungan yang hampir sama dengan penggunaan kompos. kualitas lumpur sisa proses pembuatan biogas lebih baik daripada kotoran ternak yang langsung dari kandang (Ayub. 2004). Hal ini disebabkan proses fermentasi di dalam *biodigester* terjadi perombakan anaerobik bahan organik menjadi biogas dan asam organik yang mempunyai berat molekul rendah seperti asam asetat, asam butirat dan asam laktat. Peningkatan asam organik akan meningkatkan konsentrasi unsur N, P dan K. Dengan keadaan seperti ini, *sludge* biogas sudah menjadi pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Study kasus produksi biogas dan kualitas lumpur (*sludge*) dari jenis jerami padi dan feses sapi menunjukkan, bahwa makin banyak feses sapi yang digunakan sebagai bahan isian (*influent*), semakin tinggi kadar N, P, Ca, Mg, Cu, dan Zn yang tertinggal di dalam lumpur (*sludge*) namun kadar K dan Mn semakin rendah. Lebih lanjut semakin meningkat proporsi pemanfaatan feses sapi sebagai *influent* maka unsur nitrogen yang terakumulasi dalam *sludge* cenderung semakin meningkat (N = 1,29 %), (Pujiharti. 2000) terhadap seperti yang terlihat pada (Tabel 1.2.)

Tabel 1.2. Kualitas *Effluent* Instalasi Biogas dari *Influent* Jerami Padat dan Feses Sapi Setelah 35 hari Fermentasi (Pujiharti, 2000)

Mineral	Nilai							
	Awal		J0	J1	J2	J3	J4	J5
	Jerami	Feses	Fermentasi 35 hari					
C (%)	38.75	46.01	40.87	42.32	43.65	42.61	44.93	42.23
N (%)	1.19	1.86	0.85	0.94	1.10	1.02	1.19	1.29
C/N	32.56	24.74	48.1	45.02	39.8	41.77	37.76	32.76
P (%)	0.19	0.81	0.10	0.36	0.42	0.44	0.59	0.65
K (%)	1.43	0.19	1.30	1.07	0.97	0.93	0.94	0.88
Ca (%)	1.24	1.17	0.38	0.49	0.52	0.56	0.77	0.76
Mg (%)	0.13	0.55	0.26	0.35	0.80	0.52	0.76	0.98
Fe (ppm)	1338.7	1319.7	1165	1470	1255	1185	1112	1684
Mn (ppm)	719.9	353.7	549.8	509.8	504.5	472	484.3	479.5
Cu (ppm)	3.25	24.33	7.51	9.36	13.27	14.15	17.61	20.82
Zn (ppm)	49.48	183.3	40.29	56.54	72.12	86.33	73.55	123.4

Keterangan : J0 (100% jerami), J1 (90% jerami + 10% feses sapi), J2 ( 80% jerami+ 20% feses sapi ), J3 ( 70% jerami + 30% feses sapi ), J4 ( 60% jerami + 40% feses sapi ), J5 ( 50% jerami + 50% feses sapi )

*Sludge* biogas merupakan materi berbentuk lumpur yang telah mengalami fermentasi sebagian dan memiliki potensi untuk dijadikan pupuk organik (Price dan Cheremisinoff, 1981; Oleszkiewicz dan Poggi-Varaldo, 1997; Marlina, 2009; Marlina *et al*, 2013). *Sludge* dapat dimanfaatkan langsung, karena kandungan unsur N, P, dan K *sludge* telah sesuai dengan standar kualitas kompos SNI 19-7030-2004. kandungan nitrogen (N) , phosphor (P), dan kalium (K) pada *sludge*

hasil ikutan gasbio yang terbuat dari feses sapi perah adalah N (0,82 %), P (0,20 %), dan K (0,82 %). (Hidayati *et al.* 2008),

Biogas merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, gas ini merupakan campuran beberapa gas yang tergolong sebagai bahan bakar dimana gas yang dominan adalah CH<sub>4</sub> dan yang lainnya jauh lebih kecil adalah CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, dan lain-lain (Simanjuntak, 2005).

Proses pembuatan gas metan secara anaerob melibatkan interaksi kompleks dari sejumlah bakteri yang berbeda, protozoa maupun jamur. Beberapa bakteri yang terlibat adalah *Bacteroides*, *Clostridium butyrium*, *Eschericia coli* dan beberapa bakteri usus lainnya, *Methanobacterium*, dan *Methanobacillus*. Dua bakteri terakhir merupakan bakteri utama penghasil metan dan hidup secara anaerob.

Proses pembuatan metan ini terbagi ke dalam tiga tahap, yaitu :

1. Hidrolisis secara enzimatis, bahan-bahan organik tak larut menjadi bahan-bahan organik dapat larut. Enzim utama yang terlibat adalah selulase yang menguraikan selulosa.
2. Perubahan bahan-bahan organik dapat larut menjadi asam organik. Pembentukan asam organik ini terjadi dengan bantuan bakteri non methanogenik, protozoa dan jamur.
3. Perubahan asam organik menjadi gas metan dan karbondioksida. Proses perubahan ini dapat terjadi karena adanya bantuan bakteri Metanogenik (*Methanobacterium* dan *Methanobacillus*). Keseluruhan reaksi perubahan bahan organik menjadi gas metan dan karbondioksida dapat dituliskan dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



## **Alternatif Pupuk Organik**

Indonesia termasuk negara dengan pertumbuhan penduduk yang besar. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk akan berakibat meningkatnya kebutuhan akan pangan.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dilakukan berbagai usaha untuk meningkatkan hasil pertanian, salah satu usaha yang dilakukan dengan pemupukan. Pemupukan merupakan upaya penambahan nutrisi yang dapat mendukung kelangsungan hidup tanaman dan memperbaiki sifat fisik tanah.

Pupuk merupakan bahan yang mengandung nutrisi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan produksi dan kualitasnya. Penggunaan pupuk terus meningkat untuk meningkatkan hasil produksi. Selama ini petani lebih memilih pupuk kimia (anorganik) untuk asupan nutrisi tanaman dengan harapan mendapatkan hasil yang optimal.

Masyarakat umumnya menggunakan bahan kimia sebagai pupuk yang digunakan dalam pertanian. Pupuk kimia dianggap sebagai cara terbaik untuk meningkatkan hasil produksi pertanian. Hal tersebut dapat terjadi karena pupuk kimia praktis dalam penggunaannya, dan memiliki kandungan hara makro (NPK) yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar.

Selain itu, pupuk kimia memberikan perubahan yang cepat, mudah diperoleh dengan harga yang murah karena mendapatkan subsidi dari pemerintah. Namun beberapa tahun ini, peristiwa kelangkaan pupuk kimia terjadi pada setiap musim tanam tiba, dan dari peristiwa tersebut mengindikasikan bagaimana pupuk kimia sudah menjadi kebutuhan dasar bagi petani.

Hal yang harus diwaspadai bahwa aplikasi pupuk kimia yang lebih untuk meningkatkan produksi pertanian justru berpotensi merusak lahan pertanian. Kondisi tersebut diperparah dengan defisitnya bahan organik tanah yang terjadi di hampir semua lahan pertanian (Notohadiprawiro, 2006).

Penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan menyebabkan pengerasan tanah. Kerasnya tanah disebabkan oleh penumpukan sisa atau residu pupuk kimia, yang berakibat tanah sulit terurai. Sifat bahan kimia adalah relatif lebih sulit terurai atau hancur dibandingkan dengan bahan organik.

Hal yang paling Nampak dalam penggunaan bahan kimia adalah kondisi tanah yang semakin keras. Semakin kerasnya tanah dapat menyebabkan tanah rusak, kerusakan tersenut terlihat pada :

1. Tanaman semakin sulit menyerap unsur hara.
2. Penggunaan konsentrasi pupuk lebih tinggi untuk mendapat hasil sama dengan hasil panen sebelumnya.

3. Proses penyebaran perakaran dan aerasi (pernafasan) akar terganggu berakibat akar tidak dapat berfungsi optimal dan pada gilirannya akan menurunkan kemampuan produksi tanaman tersebut (Notohadiprawiro, 2006).

Pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Dalam Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006, tentang pupuk organik dan pembenah tanah, dikemukakan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya; nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik. Bila C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik.

Pembenah tanah atau soil ameliorant menurut SK Mentan adalah bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral. Sumber bahan organik dapat berupa kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, sisa panen (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut kelapa), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, dan limbah kota.

## **Sejarah Penggunaan pupuk Organik**

Sejarah penggunaan pupuk pada dasarnya merupakan bagian daripada sejarah pertanian itu sendiri. Penggunaan pupuk diperkirakan sudah mulai pada permulaan dari manusia mengenal bercocok tanam >5.000 tahun yang lalu.

Bentuk primitif dari pemupukan untuk memperbaiki kesuburan tanah terdapat pada kebudayaan tua manusia di negeri-negeri yang terletak di daerah aliran sungai-sungai Nil, Euphrat, Indus, di Cina, Amerika Latin, dan sebagainya (Honcamp, 1931). Lahan-lahan pertanian yang terletak di sekitar aliran-aliran sungai tersebut sangat subur karena menerima endapan lumpur yang kaya hara melalui banjir yang terjadi setiap tahun.

Di Indonesia sebenarnya pupuk organik itu sudah lama dikenal para petani. Mereka bahkan hanya mengenal pupuk organik sebelum Revolusi Hijau turut melanda pertanian di Indonesia. Setelah Revolusi Hijau kebanyakan petani lebih suka menggunakan pupuk buatan karena praktis menggunakannya, jumlahnya jauh lebih sedikit dari pupuk organik, harganya pun relatif murah karena di subsidi, dan mudah diperoleh. Kebanyakan petani sudah sangat tergantung kepada pupuk buatan, sehingga dapat berdampak negatif terhadap perkembangan produksi pertanian, ketika terjadi kelangkaan pupuk dan harga pupuk naik karena subsidi pupuk dicabut

Lahan-lahan pertanian di beberapa wilayah Indonesia saat ini menghadapi persoalan berupa kesuburannya yang kian berkurang. Berkurangnya kesuburan lahan tersebut diduga kuat akibat dari penggunaan pupuk kimia dan sistem olah tanam intensif yang telah dilakukan selama puluhan tahun tanpa dibarengi dengan penambahan material organik.

Suplai pupuk kimia yang berlangsung terus-menerus dan tidak adanya penambahan materi organik secara reguler telah menyebabkan tanah pertanian menjadi miskin hara, miskin keanekaragaman mikroba, mengeras, dan tidak gembur. Akibat dari menurunnya kesuburan lahan adalah menurunnya produktivitas pertanian. Apabila hal tersebut dibiarkan, tentu saja ketahanan pangan Indonesia menjadi terancam. (Wahyono. 2010)

Kebiasaan instan ditengarai sebagai salah satu alasan masifnya penggunaan pupuk kimia di Sebagian besar masyarakat. Perlu adanya alternatif pupuk yang lebih bersahabat dengan lingkungan, Salah satunya dengan melakukan kegiatan seperti yang pernah menjadi kebiasaan petani pada jaman dahulu yaitu dengan menambahkan materi organik seperti kotoran ternak, sisa-sisa biomassa tanaman, atau kompos, ke lahan pertanian.

Kandungan unsur hara pupuk organik tidak terlalu tinggi, tetapi jenis pupuk tersebut mempunyai keistimewaan lain yaitu dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah seperti permeabilitas tanah, porositas tanah, struktur tanah, daya menahan air dan kation-kation tanah dan sebagainya (Wahyono. 2010).

Pupuk organik adalah pupuk yang Sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanamandanatau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006). Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik

lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya, nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik (Simanungkalit. dkk., 2006).

Pupuk organik dapat dibuat dari berbagai jenis bahan, antara lain sisipan (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, sabut kelapa), serbuk gergaji, kotoran hewan, limbah media jamur, limbah pasar, limbah rumah tanggadan limbah pabrik, serta pupuk hijau. Karena bahan dasar pembuatan pupuk organik bervariasi, kualitas pupuk yang dihasilkan juga beragam sesuai dengan kualitas bahan asalnya.

Pemakaian pupuk organik terus meningkat dari tahun ketahun sehingga perlu ada regulasi atau peraturan mengenai persyaratan yang harus dipenuhi oleh pupuk organik agar memberikan manfaat maksimal bagi pertumbuhan tanaman dan tetap menjaga kelestarian lingkungan

Penggunaan pupuk organik dapat diaplikasikan pada semua jenis tanaman sayuran. Sayuran yang cocok ditanam di dataran rendah seperti bayam, kangkung, selada, kubis, dan yang lainnya. Jenis tanaman ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya masa tanam yang cukup singkat dan mudah dalam pemeliharaannya.

Kotoran ternak merupakan sumber daya alam yang bernilai yang dapat digunakan sebagai pupuk, karena mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman (Lazcano *et al.*, 2008). Bahan dari sisa proses biogas yang berupa cairan kental (*sludge*) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, namun peternak belum memanfaatkannya sebagai nilai tambah untuk meningkatkan pendapatan.

Pupuk merupakan bahan yang dimasukkan ke dalam tanah agar dapat memperbaiki sifat fisik, biologis dan kimia tanah serta menambah unsur hara yang diperlukan, baik secara langsung maupun tidak langsung (Simamora *et al.*, 2008). Dengan definisi yang demikian, pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah paling baik dan alami dibandingkan dengan pupuk anorganik.

Penggunaan pupuk anorganik seperti urea dan TSP yang tidak bijaksana akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan hidup, contoh, penggunaan pupuk N yang berlebihan dapat mencemari permukaan air tanah yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Wijaya, 2008). Hal ini memberi peluang untuk memanfaatkan berbagai limbah organik peternakan menjadi pupuk.

Penggunaan pupuk organik dapat diaplikasikan pada semua jenis tanaman sayuran. Sayuran yang cocok ditanam di dataran rendah seperti bayam, kangkung,

selada, kubis, dan yang lainnya. Jenis tanaman ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan diantaranya masa tanam yang cukup singkat dan mudah dalam pemeliharannya.

Dalam penerapannya terdapat beberapa variasi pupuk organik yang dimanfaatkan masyarakat Bebearpa alternatif pupuk organik yang berkembang saat ini adalah sebagai berikut

## **Kompos**

Kompos merupakan produk pembusukan dari limbah tanaman dan hewan hasil perombakan oleh fungi, aktinomiset, dan cacing tanah. Pupuk hijau merupakan keseluruhan tanaman hijau maupun hanya bagian dari tanaman seperti sisa batang dan tunggul akar setelah bagian atas tanaman yang hijau digunakan sebagai pakan ternak. Sebagai contoh pupuk hijau ini adalah sisa-sisa tanaman, kacang-kacangan, dan tanaman paku air Azolla.

## **Pupuk kandang**

Pupuk kandang/kotoran hewan yang berasal dari usaha tani pertanian antara lain adalah kotoran ayam, sapi, kerbau, dan kambing. Komposisi hara pada masing-masing kotoran hewan berbeda tergantung pada jumlah dan jenis makanannya. Secara umum, kandungan hara kotoran hewan lebih rendah daripada pupuk kimia. Oleh karena itu biaya aplikasi pemberian pupuk kandang (pukan) ini lebih besar daripada pupuk anorganik.

Hara dalam pukan ini tidak mudah tersedia bagi tanaman. Ketersediaan hara sangat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi/ mineralisasi dari bahan-bahan tersebut. Rendahnya ketersediaan hara dari pukan antara lain disebabkan karena bentuk N, P serta unsur lain terdapat dalam bentuk senyawa kompleks organo protein atau senyawa asam humat atau lignin yang sulit terdekomposisi.

Selain mengandung hara bermanfaat, pukan juga mengandung biji-bijian gulma, bakteri saprolitik, pembawa penyakit, dan parasit mikroorganisme yang dapat membahayakan hewan atau manusia. Contohnya: kotoran ayam mengandung *Salmonella* sp. Oleh karena itu pengelolaan dan pemanfaatan pukan harus hati-hati sesuai kebutuhan.

Pupuk kandang merupakan kotoran ternak. Limbah ternak merupakan limbah dari rumah potong berupa tulang-tulang, darah, dan sebagainya. Limbah industri yang menggunakan bahan pertanian merupakan limbah berasal dari limbah pabrik gula, limbah pengolahan kelapa sawit, penggilingan padi, limbah bumbu masak, dan sebagainya. Limbah kota yang dapat menjadi kompos berupa sampah kota yang berasal dari tanaman, setelah dipisah dari bahan-bahan yang tidak dapat dirombak misalnya plastik, kertas, botol, dan kertas.

Pupuk kandang menurut bentukannya dapat dibedakan menjadi pupuk kandang padat dan pupuk kandang cair:

**a. Pupuk kandang padat**

Pupuk kandang (pukan) padat yaitu kotoran ternak yang berupa padatan baik belum dikomposkan maupun sudah dikomposkan sebagai sumber hara terutama N bagi tanaman dan dapat memperbaiki sifat kimia, biologi, dan fisik tanah.

Penanganan pukan padat akan sangat berbeda dengan pukan cair. Penanganan pukan padat oleh petani umumnya adalah sebagai berikut: kotoran ternak besar dikumpulkan 1-3 hari sekali pada saat pembersihan kandang dan dikumpulkan dengan cara ditumpuk di suatu tempat tertentu.

Petani yang telah maju ada yang memberikan mikroba dekomposer dengan tujuan untuk mengurangi bau dan mempercepat pematangan, tetapi banyak pula yang hanya sekedar ditumpuk dan dibiarkan sampai pada waktunya digunakan ke lahan (Hartatik, W., & Widowati, L. R. 2006).

**b. Pupuk kandang cair**

Pupuk kandang (pukan) cair merupakan pukan berbentuk cair berasal dari kotoran hewan yang masih segar yang bercampur dengan urine hewan atau kotoran hewan yang dilarutkan dalam air dalam perbandingan tertentu. Umumnya urine hewan cukup banyak dan yang telah dimanfaatkan oleh petani adalah urine sapi, kerbau, kuda, babi, dan kambing.

Pupuk kandang cair dibuat dari kotoran ternak yang masih segar, bisa dari kotoran kambing, domba, sapi, dan ayam. Petani pertanian organik di Kenya membuat pukan cair dari 30-50 kg kotoran hewan yang masih segar dimasukkan dalam karung goni yang terbuat dari serat kasar rami diikat kuat, ujung karung diikat pada sebuah tongkat sepanjang 1 m untuk menggantung karung pada drum, kemudian karung tersebut direndam dalam

drum berukuran 200 l yang berisi air. Secara berkala 3 hari sekali kotoran dalam karung diaduk dengan mengangkat dan menurunkan tongkat beserta karung. Untuk melarutkan pukan dibutuhkan waktu sekitar 2 minggu. Pupuk kandang (pukan) yang melarut siap digunakan bila air sudah berwarna coklat gelap dan tidak berbau.

Cara penggunaan pukan cair dengan disiramkan ke tanah bagian perakaran tanaman dengan takaran satu bagian pukan cair dicampur dengan satu atau dua bagian air. Ampas dari pukan cair dimanfaatkan sebagai mulsa (Matarirano, 1994).

## **Pupuk hayati**

Istilah pupuk hayati digunakan sebagai nama kolektif untuk semua kelompok fungsional mikroba tanah yang dapat berfungsi sebagai penyedia hara dalam tanah, sehingga dapat tersedia bagi tanaman. Pemakaian istilah ini relatif baru dibandingkan dengan saat penggunaan salah satu jenis pupuk hayati komersial pertama di dunia yaitu inokulan *Rhizobium* yang sudah lebih dari 100 tahun yang lalu (Hartatik, W., & Widowati, L. R. 2006)..

Pupuk hayati dapat didefinisikan sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Memfasilitasi tersedianya hara ini dapat berlangsung melalui peningkatan akses tanaman terhadap hara misalnya oleh cendawan mikoriza arbuskuler, pelarutan oleh mikroba pelarut fosfat, maupun perombakan oleh fungi, aktinomiset atau cacing tanah.

Penyediaan hara ini berlangsung melalui hubungan simbiotis atau nonsimbiotis. Secara simbiosis berlangsung dengan kelompok tanaman tertentu atau dengan kebanyakan tanaman, sedangkan nonsimbiotis berlangsung melalui penyerapan hara hasil pelarutan oleh kelompok mikroba pelarut fosfat, dan hasil perombakan bahan organik oleh kelompok organisme perombak. Kelompok mikroba simbiotis ini terutama meliputi bakteri bintil akar dan cendawan mikoriza.

Penambatan N<sub>2</sub> secara simbiotis dengan tanaman kehutanan yang bukan legum oleh aktinomisetes genus *Frankia* di luar cakupan buku ini. Kelompok cendawan mikoriza yang tergolong ektomikoriza juga di luar cakupan buku ini, karena kelompok ini hanya bersimbiosis dengan berbagai tanaman kehutanan.

Kelompok endomikoriza yang akan dicakup dalam buku ini juga hanya cendawan mikoriza vesikulerabuskuler, yang banyak mengkolonisasi tanaman-tanaman pertanian (Suriadikarta. 2006).

## **Jenis jenis Pupuk Hayati**

Produk pupuk hayati bisa tunggal atau majemuk, yaitu terdiri dari dua atau lebih jenis mikroba yang umumnya disebut konsorsia mikroba. Berdasarkan fungsinya, pupuk hayati dibedakan sebagai berikut :

### **a. Pupuk hayati penambat nitrogen.**

Pupuk hayati penambat nitrogen mengandung mikroba yang mampu mengikat senyawa nitrogen dari udara, kemudian dengan proses biologi di dalam tanah senyawa nitrogen tersebut dapat digunakan oleh tanaman. Ada yang bersimbiosis dengan tanamannya seperti bakteri *Rhizobium*, dan ada yang non-simbiosis seperti beberapa jenis bakteri *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum*, dan *Bacillus megaterium* (Suwahyono, 2011).

### **b. Pupuk hayati peluruh fosfat**

Pupuk hayati peluruh fosfat mengandung mikroba yang mampu meluruhkan unsur fosfat yang terikat di dalam tanah sebagai senyawa organik atau batuan mineral.

Agar dapat diserap oleh tanaman, mekanisme peluruhannya berbeda-beda. Seperti halnya mikrobia penambat nitrogen, untuk mikroba peluruh fosfat juga ada yang sifatnya simbiosis dan non-simbiosis. Pada prinsipnya, mikroba tersebut akan mengeluarkan senyawa asam organik dan melepas ikatan fosfat sehingga dapat diserap oleh tanaman. Dilaporkan bahwa inokulan mikroba dapat menyumbangkan sekitar 20 – 25% kebutuhan fosfat bagi tanaman (Suwahyono, 2011).

Ada beberapa jenis fungi seperti mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman dan bakteri, seperti: *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas striata*, *Aspergillus awamori*, dan *Penicillium digitatum* yang diidentifikasi mampu melarutkan bentuk P tak larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Sutanto, 2002).

### **c. Pupuk hayati peluruh bahan organik**

Pupuk hayati peluruh bahan organik, mengandung mikroba yang mampu memecah senyawa organik kompleks di dalam tanah menjadi senyawa yang

lebih sederhana atau membentuk senyawa lain. Pada senyawa yang lebih sederhana atau membentuk senyawa lain. Pada umumnya, mikroba peluruh bahan organik ada karena proses biologi yang sinergi, yaitu proses fermentasi, pembusukan, dan sintesis.

**d. Pupuk hayati pemacu pertumbuhan dan pengendali penyakit.**

Pupuk hayati pemacu pertumbuhan dan pengendali hayati, mengandung mikroba yang mampu menstimulasi pertumbuhan dan melindungi sistem perakaran tanaman serta meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit (Chet et al., dalam Suwahyono, 2011).

### **Sludge Biogas**

Sludge adalah limbah dari pembuangan digester biogas yang berbentuk lumpur. Sludge biasa disebut bio-slurry karena bentuknya yang bersifat lumpur dan sulit dipisahkan (Oman, 2003). Kotoran ternak yang telah hilang gasnya (sludge) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P dan K (Haryati, 2006).

*Sludge* gas bio adalah lumpur keluaran dari instalasi gas bio yang merupakan *by product* dari sistem pengomposan anaerob yang bebas bakteri patogen dan dapat digunakan sebagai pupuk untuk menjaga kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman (FAO. 1997),

Bahan dari sisa proses pembuatan gas bio bentuknya berupa cairan kental (*sludge*) yang telah mengalami fermentasi anaerob sehingga dapat dijadikan pupuk organik dan secara langsung digunakan untuk memupuk tanaman (Hessami *et al.*, 1996). *Sludge* sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Suzuki *et al.* (2001) di Vietnam serta Kongkaew *et al.* (2004) di Thailand menunjukkan bahwa *sludge* gas bio kaya akan unsur makro yaitu N, P, K, Ca dan Mg serta unsur mikro seperti Fe, Mn, Cu dan Zn.

Pemanfaatan lumpur keluaran gas bio ini sebagai pupuk dapat memberikan keuntungan yang hampir sama dengan penggunaan kompos. Ayub (2004) menyatakan bahwa kualitas lumpur sisa proses pembuatan gas bio lebih baik daripada kotoran ternak yang langsung dari kandang. Hal ini disebabkan proses fermentasi di dalam *biodigester* terjadi perombakan anaerobik bahan organik menjadi gas bio dan asam organik yang mempunyai berat molekul rendah seperti asam asetat, asam butirat dan asam laktat. Peningkatan asam organik akan

meningkatkan konsentrasi unsur N, P dan K. Dengan keadaan seperti ini, *sludge* gas bio sudah menjadi pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Sludge biogas memiliki karakteristik yaitu bervariasi sesuai dengan bahan masukan dan kondisi tindakan, bahan kering rendah (biasanya antara 1-8% padatan), kadar air yang tinggi (92-99% cairan), 10 materi tercerna misalnya lignin dan puing-puing sel, dan memiliki nutrisi anorganik (Williams & Sandra .2011). Sludge biogas dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, limbah ternak kaya akan nutrient seperti protein, lemak BETN, vitamin, mineral, mikroba dan zat lainnya (Prior et al, 1986).

Sludge biogas dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman yang bermanfaat sama dengan pupuk kandang yang terdiri dari pupuk padat dan pupuk cair namun sebelum penggunaan sebagai pupuk harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Jika dipergunakan sebagai pupuk padat sebaiknya sludge biogas melalui proses pengeringan terlebih dahulu selama  $\pm 14$  hari tanpa terkena sinar matahari langsung. Penggunaannya biasa juga dikombinasikan dengan pupuk lain misalnya urea (Setiawan, 2004).

## BAGIAN 2

# KAJIAN TEORITIS

### **Bahan Baku *Sludge* Biogas**

Penggunaan energi fosil dari tahun ke tahun semakin meningkat yang menyebabkan semakin menipisnya jumlah energi fosil yang tersedia. Seiring dengan perkembangan zaman, manusia mencoba menemukan sumber energi alternatif yang terbuat dari bahan-bahan sisa atau limbah organik. Salah satu jenis energi alternatif yang telah banyak dikembangkan oleh masyarakat yaitu biogas. Biogas dapat dihasilkan dari bahan-bahan organik, seperti tumbuh-tumbuhan, limbah organik, dan kotoran hewan (Rahim et al., 2017).

Bahan baku pembuatan biogas sangat melimpah di sekitar kita. Beragam jenis limbah kotoran selalu tersedia, terutama di daerah pemukiman dan sentra peternakan. Bahan baku juga dapat diperoleh dari limbah pertanian, berupa sisa hasil panen dan tumbuhan-tumbuhan liar.

Komposisi biogas yang dihasilkan tergantung pada jenis bahan baku yang akan digunakan. Komposisi biogas yang utama adalah gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dengan sedikit hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi, gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ), gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ), gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ) dan gas oksigen ( $\text{O}_2$ ).

### **Syarat Bahan Baku Biogas**

Pembuatan biogas sangat bergantung pada bahan bakunya, terutama pada kandungan bahan baku tersebut, nantinya kandungan tersebut akan di proses dengan mekanisme yang kompleks hingga menjadi keluaran biogas. Bahan baku juga berpengaruh pada *Sludge* yang dihasilkan, Bahan baku yang memiliki lebih banyak unsur N,P,K akan menghasilkan keluaran *Sludge* yang lebih baik untuk tanaman.

Bahan utama biogas adalah bahan organik dan air. Bahan baku yang dimanfaatkan untuk biogas harus memiliki beberapa persyaratan atau kriteria, yaitu

- Bahan organik (sampah, limbah pertanian, harus mengandung unsur karbon dan hidrogen serta nitrogen. Unsur nitrogen diperlukan bakteri untuk pembentukan sel.
- Agar fermentasi lebih cepat, bahan yang kasar harus digiling atau dirajang terlebih dahulu.
- Bahan baku harus berbentuk bubur oleh karena itu kandungan air harus cukup tinggi (optimum : 7-9%). Kadar air dalam kotoran sapi kira-kira 18% (rata-rata hewan 11- 25%), maka perlu diencerkan dengan perbandingan 1:1.
- Air yang tidak mengandung zat-zat yang dapat menghambat pemngembangbiakan bakteri.
- Perbandingan unsur karbon dan nitrogen (C/N) paling baik untuk pembentukan biogas adalah 30. 2.2.2.

## **Bahan Baku Biogas**

Bahan baku biogas dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari, seperti limbah rumah tangga berupa sisa sayur, ataupun limbah ternak seperti sapi. Berikut beberapa bahan baku yang dapat digunakan sebagai biogas.

### **Limbah Ternak**

Limbah Feses Ternak Sebagai Penghasil Biogas Kotoran ternak yang telah dicampur air atau isian (slurry) di masukkan kedalam alat pembuat biogas maka akan terjadi proses pembusukan yang terdiri dari dua tahap, yaitu proses aerobik dan anaerobik. Pada proses aerobik diperlukan oksigen dan hasil prosesnya berupa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Proses ini berakhir setelah oksigen dalam digester biogas habis. Selanjutnya proses pembusukan berlanjut pada tahap anaerobik dan menghasilkan gas metan yang biasa disebut biogas (Setiawan, 2004). Potensi kotoran yang dapat memproduksi biogas dari berbagai sumber kotoran dapat dilihat pada (Tabel 2.1.) sebagai berikut.

(Tabel 2.1.) Potensi kotoran yang dapat memproduksi biogas (Teguh dan Asrori. 2009)

<b>Tipe Kotoran</b>	<b>Produksi Gas Kotoran (m<sup>3</sup>)</b>
Sapi	0,023 – 0,40
Babi	0,040 – 0,059
Peternakan Ayam	0,065 – 0,116
Manusia	0,020 - 0,028

Limbah ternak adalah sisa buangan suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, dan pengolahan produk ternak. Limbah tersebut meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan, embrio, kulit telur, lemak, darah, bulu, kuku, tulang, dan tanduk.

Berkembangnya usaha peternakan mengakibatkan banyaknya limbah yang dihasilkan, selain menghasilkan feses dan urine, dari proses pencernaan ternak menghasilkan gas metan (CH<sub>4</sub>) yang cukup tinggi. Gas metan ini adalah salah satu unsur yang diperlukan dalam pembuatan briket. Menurut Lingaiah dan Rajasekaran (1986) dalam Pancapalaga (2008), berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa kotoran sapi mengandung selulosa (22,59 %), hemiselulosa (18,32 %), lignin (10,20 %), total karbon organik (34,72 %), total nitrogen (1,26 %), ratio C:N (27,56:1), P (0,73 %), dan K (0,68 %).

Suatu usaha peternakan pasti menghasilkan limbah, di samping hasil utamanya. Limbah ternak merupakan sisa buangan dari suatu usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah pematongan hewan, dan pengolahan produk ternak. Limbah tersebut meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan, embrio, kulit telur, lemak, darah, bulu, kuku, tulang, tanduk, dan isi rumen (Simamora *et al.*, 2008). Limbah ternak berupa feses dapat dimanfaatkan pada teknologi biogas dan hasil keluarannya (*sludge*) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

## **Limbah Organik**

Bahan baku biogas selanjutnya dapat menggunakan limbah organik. Menurut UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat 20, Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan dari suatu

sumber hasil aktivitas manusia, maupun proses-proses alam dan tidak atau belum mempunyai nilai ekonomi, bahkan dapat mempunyai nilai ekonomi yang negatif.

Biowaste atau sampah organik adalah semua bahan yang dapat diuraikan dan tidak mencemari lingkungan. Pada konteks ini, bahan tersebut tidak termasuk sampah yang kandungan selulosanya tinggi (contohnya, sampah perkebunan, kayu, rumput, daun, dll.) Karena tidak dapat dengan mudah diserap sarinya oleh larva. Daur ulang sampah organik (biowaste) masih terbatas, khususnya di daerah berpendapatan rendah dan menengah, walaupun sampah tersebut yang menjadi kontributor terbesar dari sampah perkotaan yang dihasilkan.

Bagian dari bahan organik sebagian besar terdiri atas sisa makanan, kertas, kardus, plastik, tekstil, karet, kulit, kayu, dan sampah kebun. Sedangkan, bahan anorganik sebagian besar terdiri dari kaca, tembikar, logam, dan debu (Damanhuri. 2010). Sampah yang mudah terdekomposisi, terutama dalam cuaca yang panas, biasanya dalam proses dekomposisinya akan menimbulkan bau dan dapat mendatangkan koloni lalat.

Limbah organik dapat berasal dari sisa tumbuh-tumbuhan, rumput-rumputan, atau sisa proses industri misalnya limbah organik cair yang berupa limbah industri tahu, tempe, industri tapioka, industri gula. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam fermentasi anaerob adalah keberadaan senyawa-senyawa tertentu yang bertindak sebagai inhibitor.

Oleh karena itu, perlu ditambahkan sesuatu pada bahan baku supaya menghilangkan pengaruh inhibitor yang ada. Rasio ideal C/N untuk proses dekomposisi anaerob untuk menghasilkan metana adalah 25-30. Oleh karena itu, pada proses pencemaran bahan baku diusahakan memenuhi rasio ideal. Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada tabel (Tabel 2.2.) berikut ini.

(Tabel 2.2.) Rasio C/N dari beberapa bahan organik

<b>Bahan organik</b>	<b>N dalam %</b>	<b>C/N</b>
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotosan sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard (Runch)	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol Jagung	0,8	50
Daun yang gugur	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

## **Feses Sapi**

Kotoran sapi adalah limbah peternakan yang merupakan buangan dari usaha peternakan sapi yang bersifat padat dan dalam proses pembuangannya sering bercampur dengan urine dan gas seperti metana dan amoniak. Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi antara lain nitrogen (0,29 %), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,17 %), dan K<sub>2</sub>O (0,35%) (Setiawan, 2004).

Sapi memiliki sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam sistem pencernaan yang berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput berserat tinggi. Oleh karena itu, pupuk sapi kandang memiliki kandungan selulosa yang tinggi sehingga nilai kalor yang dihasilkan oleh biogas pun cukup tinggi, yaitu kisaran 4800-6700 kkal/m<sup>3</sup>, untuk metana murni (100%) memiliki nilai kalori 8900 kkal/m<sup>3</sup> (Ristianingrum, 2012).

## Jerami Padi

Jerami padi mengandung 37.71% selulosa; 21,99% hemiselulosa; 16.62% lignin (Dewi, 2002). Selulosa dan Hemiselulosa dapat dihidrolisis menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hasil hidrolisis tersebut selanjutnya dapat difermentasi menjadi ethanol atau metana (Prajayana dkk, 2011).

Fermentasi biogas dapat dibuat dari berbagai residu tanaman dan sumber bahan organik, termasuk jerami dan dari setiap kg jerami dihasilkan 0,25 m<sup>3</sup> gas metan dan residunya mengandung 38%. Jerami padi relatif sulit terkomposisi, hanya 9-16% dari produksi total terjadi dalam periode yang sama dan pada suhu yang sama. Untuk mempercepat produksi gas sebaiknya jerami padi dikomposkan terlebih dahulu (Kota, 2009). Kandungan nutrisi jerami padi yang difermentasi dan tanpa fermentasi dapat dilihat pada Tabel 5, sebagai berikut.

Tabel 5. Kandungan Nutrisi Jerami Padi yang Difermentasi dan Tanpa Fermentasi.

	Tanpa Fermentasi	Fermentasi
Protein Kasar	4,31	9,11
Serat Kasar	40,3	36,52
Lemak Kasar	1,4	1,7
Sellulosa	33	26,54
Lignin	7,21	4,1
Abu	20,07	19,91

Sumber : Syamsu, 2006

## Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) merupakan tumbuhan yang hidup mengapung di air dan kadang-kadang berakar dalam tanah. Eceng gondok memiliki kemampuan tumbuh yang sangat cepat, terutama pada perairan yang mengandung banyak nutrient (Indriyanto, 2007).

Menurut Soetikno dan Sastroutomo (1990), taksonomi eceng gondok sebagai berikut.

Divisi : Magnoliophyta  
 Kelas : Liliopsida  
 Ordo : Commelinales  
 Famili : Pontederiaceae  
 Genus : Eichornia kunth  
 Spesies : *Eichornia crassipes*

Pemanfaatan eceng gondok sebagai bahan baku biogas dikarenakan memiliki kandungan 43% hemiselulosa dan selulosa sebesar 17%. Hemiselulosa akan dihidrolisis menjadi glukosa oleh bakteri melalui proses anaerobic digestion, yang akan menghasilkan gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) sebagai biogas (Indriyanto, 2007).

Tumbuhan mempunyai sifat-sifat yang baik antara lain, mengandung protein lebih dari 11,5% dan mengandung selulosa yang lebih tinggi besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain (Muladi, 2001). Eceng gondok mengandung 95% air yang menjadikannya terdiri jaringan yang berongga mempunyai energi yang tinggi terdiri dari bahan yang dapat difermentasikan dan berpotensi sangat besar menghasilkan biogas. Komposisi nutrisi eceng gondok dapat dilihat pada (Tabel 2.3.) sebagai berikut.

(Tabel. 2.3.) Komposisi nutrisi eceng gondok

<b>Macam Analisis</b>	<b>% Berat Kering</b>
Kadar air <sup>1)</sup>	14.6737
Kadar abu <sup>1)</sup>	14.4741
Kadar lemak kasar <sup>1)</sup>	3.0330
Kadar serat kasar <sup>1)</sup>	29.1376
Kadar protein kasar <sup>1)</sup>	12.5475
NDF <sup>1)</sup>	54.5456
ADF <sup>1)</sup>	24.4633
Lignin <sup>1)</sup>	9.3378

Manfaat Protein Kasar dan Serat kasar dalam Pakan Sludge biogas merupakan potensi untuk dijadikan bahan baku dalam penyusunan ransum pada ternak, namun penggunaannya masih terbatas. Hal demikian disebabkan karena

sludge memiliki keterbatasan yaitu kandungan serat kasar yang cukup tinggi. Pada umumnya bahan pakan yang mengandung serat kasar yang tinggi memiliki nilai pencernaan yang rendah, sehingga penggunaan sludge sebagai pakan dalam ransum menjadi terbatas. Penggunaan serat kasar yang tinggi, selain dapat menurunkan komponen yang mudah dicerna juga menyebabkan penurunan aktivitas enzim pemecah zat-zat makanan, seperti enzim yang membantu pencernaan karbohidrat, protein dan lemak.

Protein merupakan sumber asam amino yang terdiri dari unsur C, H, O, dan N. Protein berfungsi sebagai zat pembangun jaringan-jaringan baru, pengatur proses metabolisme tubuh dan sebagai bahan bakar apabila keperluan energi tubuh tidak terpenuhi oleh lemak dan karbohidrat.

Protein tersusun dari berbagai asam amino yang masing-masing dihubungkan dengan ikatan peptida. Peptida adalah jenis ikatan kovalen yang menghubungkan suatu gugus karboksil satu asam amino dengan gugus amino asam amino lainnya sehingga terbentuk suatu polimer asam amino (Toha, 2001).

Serat kasar adalah bagian dari pangan yang tidak dapat terhidrolisis oleh bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menentukan kadar serat kasar yaitu asam sulfat ( $H_2SO_4$  1,25%) dan natrium hidroksida (NaOH 1,25%). Serat kasar merupakan bagian dari karbohidrat dan didefinisikan sebagai fraksi yang tersisa setelah didigesti dengan larutan asam sulfat standar dan sodium hidroksida pada kondisi yang terkontrol. Pengukuran serat kasar dapat dilakukan dengan menghilangkan semua bahan yang larut dalam asam dengan pendidihan dalam asam sulfat (Putri. 2017).

Daya cerna serat kasar dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kadar serat dalam pakan, komposisi penyusun serat kasar dan aktivitas mikroorganisme. Kandungan protein erat hubungannya dengan kandungan serat kasar. Makin tinggi kandungan protein dari jenis bahan pakan yang sama, makin rendah kandungan serat kasarnya.

Bahan yang mengandung protein juga lebih mudah dicerna dibandingkan dengan bahan yang mengandung karbohidrat kasar. Bila proteinnya tinggi maka kandungan serat kasarnya rendah dan lebih mudah dicerna. Secara umum, protein lebih mudah dicerna dibandingkan dengan bahan yang lebih banyak mengandung serat kasar dan lebih rendah proteinnya (Amrullah, 2003).

## **Kualitas Pupuk Organik**

Pupuk dapat diartikan sebagai bahan - bahan yang diberikan pada tanah agar dapat menambah unsur hara atau zat makanan yang diperlukan tanah baik secara langsung maupun tidak langsung. Definisi yang dikemukakan oleh International Organization for Standardization(ISO), pupuk organik adalah bahan organik yang umumnya berasal dari tumbuhan dan atau hewan, ditambahkan ke dalam tanah secara spesifik sebagai sumber hara, pada umumnya mengandung nitrogen yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Pupuk organik mempunyai kandungan unsur, terutama N, P dan K sangat sedikit, tetapi mempunyai peranan lain yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan, perkembangan dan kesehatan tanaman (Suriawiria, 2003).

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari sisa tanaman, hewan atau manusia seperti pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos yang berbentuk cair maupun padat. Pupuk organik bersifat bulky dengan kandungan hara makro dan mikro rendah sehingga diperlukan dalam jumlah banyak. Keuntungan utama menggunakan pupuk organik adalah dapat memperbaiki kesuburan kimia, fisik dan biologis tanah, selain sumber hara bagi tanaman. Saat ini, pembuatan pupuk organik banyak dilakukan dalam skala industri karena minimnya tenaga kerja di pedesaan. Hanya sedikit petani yang dapat memproduksi kompos untuk memenuhi kebutuhannya.

Sebagian petani membeli kompos dari pabrik lokal maupun kompos impor. Pemakaian pupuk organik akan semakin meningkat dari tahun ke tahun, maka sangat diperlukan regulasi atau peraturan mengenai persyaratan yang harus dipenuhi oleh pupuk organik agar memberikan manfaat maksimal bagi pertumbuhan tanaman dan disisi lain tetap menjaga kelestarian lingkungan. Komposisi hara dalam sisa tanaman sangat spesifik dan bervariasi, tergantung dari jenis tanaman. Pada umumnya rasio C/N sisa tanaman bervariasi dari 80:1 pada jerami, gandum hingga 20:1 pada tanaman legum.

Pupuk organik adalah pupuk yang berperan dalam meningkatkan aktivitas biologi, kimia, dan fisik tanah sehingga tanah menjadi subur dan baik untuk pertumbuhan tanaman

Saat ini sebagian besar petani masih tergantung pada pupuk anorganik karena pupuk anorganik mengandung beberapa unsur hara dalam jumlah yang banyak. Pupuk anorganik digunakan secara terus-menerus dapat menimbulkan dampak

negatif terhadap kondisi tanah yaitu dapat menyebabkan tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air dan cepat menjadi asam yang pada akhirnya menurunkan produktivitas tanaman.

Pupuk organik terdapat dalam bentuk padat dan cair. Kelebihan pupuk organik cair adalah unsur hara yang terdapat di dalamnya lebih mudah diserap tanaman (Murbando, 1990). Pupuk organik cair adalah larutan hasil dari pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur.

Pada umumnya pupuk cair organik tidak merusak tanah dan tanaman meskipun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk cair juga dapat dimanfaatkan sebagai aktivator untuk membuat kompos (Lingga dan Marsono, 2003). Pupuk organik cair dapat dibuat dari beberapa jenis sampah organik yaitu sampah sayur busuk, sisa sayuran busuk, sisa nasi, sisa ikan, ayam, kulit telur, sampah buah seperti anggur, kulit jeruk, apel dan lain-lain/

Upaya perlindungan terhadap konsumen/petani perlu dilaksanakan melalui mekanisme sistem pengawasan mutu di lapangan. Pengawasan dilakukan sejak tahap perencanaan formula pupuk, pengadaan hingga penyaluran pupuk di tingkat pusat maupun daerah. (Supadman, 2016).

Mengingat jenis dan mutu pupuk alternatif yang beredar dipasaran baik yang sudah terdaftar maupun yang tidak terdaftar jumlahnya sangat banyak, maka diperlukan persyaratan atau kriteria yang mengatur mutu dan kualitas pupuk anorganik, organik dan pembenah tanah. Untuk menjamin baku mutu pupuk organik dan pembenah tanah maka perlu ditetapkan baku mutu pupuk organik (Supadman, 2016).

Usaha pemerintah dalam melindungi konsumen/petani dari peredaran pupuk palsu maka pemerintah telah mengeluarkan PP No. 8 tahun 2001, tentang Pupuk Budidaya Tanaman. Dalam PP No. 8 tahun 2001, diatur standar mutu atau baku mutu pupuk dan uji keefektifan pupuk anorganik yang diproduksi di dalam negeri maupun impor dari luar negeri. Yang dimaksud pupuk anorganik adalah pupuk hasil proses rekayasa secara kimia, fisik dan atau biologis, dan merupakan hasil industri atau pabrik pembuat pupuk (Supadman, 2016).

Untuk mengatur Persyaratan dan Tata Cara Pendaftaran Pupuk Anorganik Menteri Pertanian telah mengeluarkan SK Mentan No. 9 tahun 2001. Dalam SK telah diatur mengenai:

- 1) persyaratan teknis minimal dan metode uji pupuk anorganik padat dan cair;

- 2) metode pengujian keefektifan pupuk anorganik;
- 3) ketentuan lulus uji keefektifan;
- 4) tata cara pelaporan uji keefektifan; serta
- 5) lembaga yang ditunjuk untuk melaksanakan pengujian mutu dan keefektifan pupuk. Permohonan pendaftaran pupuk anorganik disampaikan secara tertulis kepada Pusat Perizinan dan Industri Departemen Pertanian dengan menggunakan formulir yang telah ditetapkan. Pengujian mutu pupuk di laboratorium dan uji keefektifan pupuk anorganik di lapangan dilakukan oleh lembaga penguji yang ditunjuk oleh Menteri Pertanian sebagaimana telah ditetapkan dalam SK Mentan No. 9 tahun 2001.

Kualitas yang harus dipenuhi dalam penggunaan pupuk organik limbah peternakan terdiri dari tiga aspek, yaitu

- kenyamanan dalam penanganan, yang meliputi; kelembaban isinya memadai, baunya tidak menjijikan dan aman bagi kesehatan,
- keamanan bagi tumbuhan dan tanah, yang meliputi: bahan organik mudah terdekomposisi, imbang C/N rendah, tidak mengandung elemen berbahaya dan tidak mengandung tumbuhan patogen,
- keefektifan dalam menumbuhkan tanaman, meliputi : kandungan nutrisi yang tinggi, efektif dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah serta meningkatkan aktivitas biologi dalam tanah (Harada *et al.* 1993). Kualitas pupuk organik harus memenuhi standar mutu atau persyaratan teknis minimal pupuk organik. Persyaratan teknis minimal pupuk organik dapat dilihat pada (Tabel 2.4.)

(Tabel 2.4.) Persyaratan Teknis Minimal Pupuk  
Organik (SNI Nomor 19 – 0428- 1989)

No.	Parameter	Satuan	Kandungan	
			Padat	Cair
1	C-organik	%	>12	4,5
2	C/N ratio	%	12-25	-
3	pH		4 – 8	4 – 8
4	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	>5	>5
5	K <sub>2</sub> O	%	>5	>5

Pemanfaatan pupuk organik dari keluaran biogas sebagai pupuk padat dapat memberikan keuntungan yang hampir sama dengan penggunaan kompos. Sisa keluaran biogas ini berbentuk lumpur dan telah mengalami fermentasi anaerob sehingga bisa langsung digunakan untuk memupuk tanaman (Simamora *et al.*, 2008). Penggunaan pupuk organik ini dapat dilakukan pada tanaman sayuran seperti bayam, kangkung, selada, kubis, dan yang lainnya

Pupuk adalah unsur hara yang diberikan ke dalam tanah atau disemprotkan pada tanaman dengan maksud memperbaiki pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman. Bentuk unsur yang diberikan ini dapat bermacam-macam, misalnya pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, abu tanaman, bungkil, pupuk buatan pabrik, dan sebagainya. Pupuk dapat dibedakan menjadi pupuk organik dan pupuk anorganik (Susanto, 1994).

Pupuk organik merupakan bahan pembenah tanah yang paling baik dan alami dibandingkan dengan pupuk anorganik (Simamora *et al.*, 2008). Fungsi pupuk organik antara lain adalah : konservasi air, perbaikan struktur tanah, dan penyediaan beberapa unsur hara. Unsur-unsur hara yang berasal dari pupuk organik adalah N,P,K dan beberapa unsur mikro. Kandungan unsur-unsur tersebut dalam pupuk organik dapat dikatakan sangat kecil, yaitu sekitar 0,25 – 0,5 % untuk N,P dan K, tetapi jumlah aktual yang tersedia dapat menjadi cukup

banyak bila pupuk organik yang digunakan jumlahnya besar (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2005).

Kandungan unsur hara pupuk organik tidak terlalu tinggi, tetapi pupuk organik mempunyai keistimewaan lain yaitu dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah seperti permeabilitas, porositas, struktur tanah, daya menahan air dan kation tanah (Hardjowigeno, 1995). ciri-ciri pupuk organik adalah :

- 1) Zat N atau zat lemasnya harus berada dalam bentuk persenyawaan.
- 2) Tidak meninggalkan sisa asam organik di dalam tanah dan
- 3) Mempunyai persenyawaan C yang tinggi (Sutedjo. 1991)

### **Bayam (*Amaranthus Sp.*)**

Bayam merupakan tanaman ekonomis yang mempunyai keunggulan komparatif, antara lain tidak terlalu banyak gangguan hama penyakit maupun kondisi lingkungan yang sub optimal karena tanaman bayam cukup responsif menerima masukan yang relatif seadanya. Selain itu tanaman ini mengandung banyak nutrisi yang diperlukan oleh masyarakat (Hadisoeganda, 1996). Keluarga bayam-bayaman (*Amaranthaceae*) terdiri dari banyak species. Klasifikasi secara umum adalah sebagai berikut.

- Divisi : Spermatophyta
- Kelas : Angiospermae
- Subkelas : Dicotyledone
- Ordo : Caryophyllales
- Famili : Amaranthaceae
- Genus : *Amaranthus*
- Species : *Amaranthus tricolor*.

Syarat tumbuh bayam hampir sama dengan kebanyakan tanaman lainnya, yaitu lahan yang aerasinya bagus (gembur) tetapi mampu menahan air yaitu cukup bahan organik, kisaran pH mendekati netral (6-7), lahan bekas dari hama penyakit dan gulma (Hadisoeganda, 1996).

Sebagian besar tanaman bayam tumbuh tegak, setinggi 30-90 cm, dan menghasilkan banyak bunga kecil pada bulir terminal (ujung) atau aksilar (samping). Bayam biasanya diperbanyak dengan biji dan sangat toleran terhadap kekeringan. Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut tanaman dengan meninggalkan akarnya untuk memudahkan pengikatan. Umur pascapanen bayam relatif singkat karena daunnya lembut dan cepat layu (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999).

Berdasarkan cara penanamannya jenis bayam dibedakan menjadi bayam cabut dan bayam petik. Bayam cabut adalah bayam yang dipanen dengan cara dicabut seluruh bagian tanaman beserta akar-akarnya. Bayam petik adalah bayam yang pemanenannya dilakukan dengan cara dipetik daun atau pucuk daunnya saja sehingga dapat dilakukan berulang kali sepanjang tanaman masih produktif.

Jenis-jenis bayam yang ada sebenarnya sangatlah banyak, dari yang tumbuh liar maupun yang telah dibudidayakan. Secara ringkas jenis bayam dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu

a. Bayam Liar

Bayam ini tumbuh secara liar, dapat dijumpai di lahan-lahan kosong tak terurus, sebagai gulma di lahan pertanian, atau di tempat-tempat yang lembab, seperti di tepi selokan. Tanaman ini tumbuh cepat dan semakin subur jika musim hujan tiba. Bayam ini dapat dikonsumsi, tetapi rasanya agak getir sehingga lebih banyak digunakan sebagai obat atau bahan untuk kecantikan.

b. Bayam budidaya

Jenis ini memang sengaja dibudidayakan untuk dikonsumsi karena rasa daunnya enak, empuk, dan mempunyai kandungan gizi yang tinggi. Selain itu, daunnya yang segar mempunyai nilai komersial yang tinggi. Jenis bayam yang telah banyak dibudidayakan diantaranya adalah bayam cabut (*A. tricolor* L) dan bayam petik/bayam tahunan (*A. hybridus* L).

Kegunaan bayam mentah yang lainnya ialah pengaruhnya pada gigi dan gusi (mencegah penyakit gusi). Penyakit gusi adalah sejenis scobutus akibat kurangnya unsur-unsur yang ada pada bayam dan wortel. Sari bayam juga merupakan obat penawar, karena mengandung banyak garam oksalat.

Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam famili Amaranaceae. Di Indonesia bayam merah merupakan bahan sayuran daun yang bergizi tinggi dan digemari oleh

semua lapisan masyarakat. Selain itu bayam merah banyak mengandung vitamin A, vitamin B, vitamin C, dan zat besi yang sangat berguna untuk pertumbuhan. Akar bayam merah juga dapat digunakan sebagai bahan obat tradisional, sedangkan pada daunnya dapat digunakan sebagai pewarna makanan alami sehingga dapat mengurangi penggunaan pewarna sintetik (Rukmana, 2008).

Bayam merupakan sayuran yang padat gizi dan sangat diperlukan untuk tubuh. Dalam 100 gram bayam merah, terdapat kalori, karbohidrat, protein, lemak, vitamin (A, B1, E, C, dan folat), dan mineral (kalsium, fosfor, dan zat besi). Kandungan besi dalam tanaman bayam relatif tinggi dibandingkan sayuran lain, yang sangat berguna bagi penderita anemia (Rizki, 2013). Bayam merah mengandung pigmen antosianin dengan total padatan terlarut 5,8 °Brix kadar antosianin 18,94 mg/ml (Saati, 2014).

Kandungan gizi pada tanaman bayam merah dapat dilihat pada (Tabel 2.4.).

(Tabel 2.4. Kandungan gizi pada tanaman bayam merah)

No	Zat Gizi	Satuan	Jumlah Nutrisi per 100 gram
1	Kalori	kilo kalori	51,0
2	Karbohidrat	g	5,4
3	Protein	g	4,6
4	Lemak	g	0,5
5	Vitamin A	SI	5.800,0
6	Vitamin B <sub>1</sub>	mg	0,1
7	Vitamin E	mg	1,7
8	Vitamin C	mg	20
9	Folat	mg	111,0
10	Kalsium (ca)	mg	368
11	Fosfor	mg	111,0
12	Zat besi	mg	2,2

Bayam merah mempunyai daun yang berbentuk bulat telur yang ujungnya agak meruncing dan berwarna kemerahan dibagian tepi dan bagian tengah daun. Batang tumbuh tegak, tebal, berdaging dan banyak mengandung air (herbaceus), tumbuh tinggi diatas permukaan tanah. Tanaman ini mempunyai bunga yang tersusun dalam malai yang tumbuh tegak, keluar dari ujung tanaman ataupun dari ketiak-ketiak daun. Bentuk akar pada bayam merah berupa akar tunggang yang menyebar dangkal pada kedalaman antara 20 – 40 cm (Bandini dan Azis, 2004).



## BAGIAN 3

# INSTALASI SLUDGE BIOGAS

### Metode Pembuatan *Sludge Biogas*

#### Prinsip Pembuatan Biogas

**P**rinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah berupa gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida, gas inilah yang disebut biogas.

Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30-55°C, dimana pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan organik secara optimal. Hasil perombakan bahan organik oleh bakteri adalah gas metan seperti yang terlihat dibawah ini:

Komposisi biogas : kotoran sapi dan campuran kotoran ternak dengan sisa pertanian  
Jenis gas: Biogas, Campuran kotoran + sisa pertanian: Metan (CH<sub>4</sub>), Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), Nitrogen (N<sub>2</sub>), Karbon monoksida (CO), Oksigen (O<sub>2</sub>), Propena (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), Hidrogen sulfida(H<sub>2</sub>S), sedikit Nilai kalor (kkal/m<sup>2</sup>).

*Sludge* merupakan hasil ikutan biogas yang terbuat dari kotoran ternak, seperti sapi dengan larutan pengencer berupa air. *Sludge* merupakan limbah dari proses pembuatan biogas, dan akan menjadi masalahjurna bagi lingkungan jika tidak dimanfaatkan (dibiarkan saja). *Sludge* merupakan salah satu masukan (input) dalam budidaya padi, karena dapat meningkatkan kandungan unsur hara dalam tanah. *Sludge* bisa dimanfaatkan langsung pada budidaya padi atau sebagai bahan baku dalam

Pembuatan kompos. *Sludge* biogas merupakan materi berbentuk lumpur yang telah mengalami fermentasi sebagian dan memiliki potensi untuk dijadikan pupuk organik (Price dan Cheremisinoff, 1981; Oleszkiewicz dan Poggi-Varaldo, 1997; Marlina, 2009; Marlina et al, 2013). *Sludge* dapat dimanfaatkan langsung, karena kandungan unsur N, P, dan K *sludge* telah sesuai dengan standar kualitas kompos SNI 19-7030-2004. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh

Hidayati et al (2008), kandungan nitrogen (N) , phosphor (P), dan kalium (K) pada sludge hasil ikutan gasbio yang terbuat dai feses sapi perahadalah N (0,82 %), P (0,20 %), dan K (0,82 %).

Kandungan unsur N, P, K pada sludge dapat ditingkatkan dengan cara pemanfaatan sludge sebagai bahan baku pembuatan kompos dengan penambahan bahan kompos lain yang berasal dari pertanian dan non pertanian. Bahan kompos yang berasal dari pertanian dapat diambil langsung dari tanaman (gulma), namun dapat pula diambil dari limbah hasil pertanian. Dari limbah pertanian antara lain berupa sisa tanaman (jerami dan brangkas), sisa pengolahan hasil pertanian (sekam padi, kulit kacang tanah, ampas tebu, dan belotong), pupuk kandang (kotoran sapi, kerbau, ayam, itik, dan kuda), dan pupuk hijau. Unsur hara N, P, dan K merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar, namun pemberiannya harus sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Kekurangan dan kelebihan unsur hara N, P, dan K akan memberikan dampak negatif. Ketiga unsur ini mempunyai peran yang sangat penting terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, dimana ketiga unsur ini saling berinteraksi satu sama lain dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Mengingat pentingnya peranan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, maka pemanfaatan sludge hasil ikutan biogas yang terbuat dari kotoran sapi dengan penambahan bahan kompos lain dari limbah pertanian perlu dilakukan. Disamping dapat membantu petani dalam masalah penyediaan pupuk, juga dapat menjaga kelestarian lingkungan (Yanti. 2016).

## **Mekanisme**

Mekanisme Pembentukan Biogas Biogas terbentuk dengan cara fermentasi dari pemecahan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme metanogenik dan mikroorganisme asidogenetik dengan kondisi anaerob. Mikroorganisme ini secara alami terdapat dalam limbah yang mengandung bahan organik (Haryati, 2006). Tahapan terbentuknya gas metan adalah hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

## **Hidrolisis**

Biogas terbentuk diawali dengan proses hidrolisis. Hidrolisis merupakan pemecahan senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana (Deublein dan Steinhauser, 2008). Senyawa kompleks berupa protein, karbohidrat dan lemak,

yang diubah menjadi senyawa sederhana berupa asam amino, glukosa, dan asam lemak oleh bakteri dengan bantuan eksoenzim karena senyawa-senyawa kompleks terlalu besar untuk dapat diserap secara langsung.  $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$  (Pemecahan selulosa)

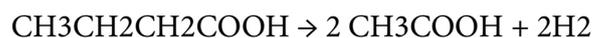
### **Asidogenesis**

Asidogenesis merupakan tahapan terusan dari hidrolisis, proses asidogenesis merupakan proses penguraian bahan kompleks organik menjadi monomer organik terlarut yang kemudian diurai menjadi asam-asam organik volatile seperti asam asetat ( $CH_3COOH$ ), hidrogen ( $H_2$ ), asam propionat, asam butirat, asam laktat, asam valerat, metanol dan karbon dioksida ( $CO_2$ ) oleh bakteri anaerobic (Dharma, 2015).



### **Asetogenesis**

Asetogenesis merupakan proses pembentukan asam asetat dan hidrogen. Bakteri yang berperan dalam proses ini adalah bakteri asetogenik seperti *Acetobacterium woodii* dan *Syntrophobacter wolunii* (Puenomoadi, 2018).

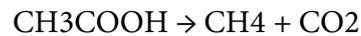


(Pembentukan asam asetat)

### **Metanogenesis**

Metanogenesis merupakan proses pembentukan gas metan oleh bakteri *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus*, dan *Methanosarcina*. Tahapan ini mendekarboksilasi asam asetat dan bersamaan dengan hidrogen ( $H_2$ ), menghasilkan gas metan ( $CH_4$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ), dalam proses

bakteri metanogenik memerlukan waktu selama 14 hari dengan suhu rata-rata 25°C (Paramitha, 2012).



### **Membangun Instalasi Biogas**

Permintaan kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) di Indonesia baik itu untuk keperluan industri, transportasi dan rumah tangga dari tahun ketahun semakin meningkat. Menyebabkan ketersediaan bahan bakar menjadi terbatas, atau harga menjadi melambung.

Terkait dengan masalah tersebut, salah satu kebijakan pemerintah ialah rencana pengurangan penggunaan bahan bakar minyak tanah untuk keperluan rumah tangga. Sejalan dengan hal itu pemerintah juga mendorong upaya-upaya untuk penggunaan sumber-sumber energi alternatif lainnya yang dianggap layak dilihat dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan, apakah itu berupa biofuel, biogas/gas bio, briket arang dan lain sebagainya. Sumber energi alternatif telah banyak ditemukan sebagai pengganti bahan bakar minyak, salah satunya adalah Biogas (Fahri, 2014)

Penggunaan biogas belum cukup berkembang luas antara lain disebabkan oleh karena masih relatif murahnya harga BBM yang disubsidi, sementara teknologi yang diperkenalkan selama ini masih memerlukan biaya yang cukup tinggi karena berupa konstruksi beton dengan ukuran yang cukup besar. Mulai tahun 2000-an telah dikembangkan reaktor biogas skala kecil (rumah tangga) dengan konstruksi sederhana, terbuat dari plastik secara siap pasang (knockdown) dan dengan harga yang relatif murah. Dan reaktor biogas dapat juga dibuat dari sumur tembok dan dengan drum serta dengan bahan baku kotoran ternak dan limbah pertanian (Fahri, 2014).

## **Hal-Hal Penting dalam Pembangunan Instalasi Biogas**

Dalam pembangunan instalasi biogas/ biodigester, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

### **Lingkungan abiotis**

Biodigester harus tetap dijaga dalam keadaan abiotis (tanpa kontak langsung dengan Oksigen (O<sub>2</sub>)). Udara (O<sub>2</sub>) yang memasuki biodigester menyebabkan penurunan produksi metana, karena bakteri berkembang pada kondisi yang tidak sepenuhnya anaerob. Temperatur Secara umum, ada 3 rentang temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu

- a. Psicrophilic (suhu 4 – 20 C) -biasanya untuk negara-negara subtropics atau beriklim dingin.
- b. Mesophilic (suhu 20 – 40 C).
- c. Thermophilic (suhu 40 – 60 C) – hanya untuk men-digesti material, bukan untuk menghasilkan biogas. Untuk negara tropis seperti Indonesia, digunakan unheated digester (digester tanpa pemanasan) untuk kondisi temperatur tanah 20 – 30 C (Sa'adah 2010).

### **Derajat keasaman (pH)**

Bakteri berkembang dengan baik pada keadaan yang agak asam (pH antara 6,6 – 7,0) dan pH tidak boleh di bawah 6,2. Karena itu, kunci utama dalam kesuksesan operasional biodigester adalah dengan menjaga agar temperatur konstan (tetap) dan input material sesuai (Sa'adah 2010).

### **Rasio C/N**

Syarat ideal untuk proses digesti adalah  $C/N = 25 - 30$ . Karena itu, untuk mendapatkan produksi biogas yang tinggi, maka penambangan bahan yang mengandung karbon (C) seperti jerami, atau N (misalnya: urea) perlu dilakukan untuk mencapai rasio  $C/N = 25 - 30$ . Berikut tabel yang menunjukkan kadar N dan rasio C/N dari beberapa jenis bahan organik( Tabel 2.5.) (Sa'adah 2010).

(Tabel 2.5. kadar N dan rasio C/N dari beberapa jenis bahan organik)

Bahan Organik	Rasio C/N	Kadar N (%)	Kekeringan bahan (%)
Kotoran ayam	15	6,3	25
Kotoran kuda	25	2,8	-
Kotoran sapi, kerbau	18	1,7	18
Tinja manusia	6 – 10	5,5 – 6,5	11
Buangan BPH	2	7 – 10	-
Sampah kota	54	1,05	-
Jerami jelai	68	1,05	-
Sayuran	12	3,6	-
Rumput muda	12	4	-

Kebutuhan Nutrisi - Bakteri fermentasi membutuhkan beberapa bahan gizi tertentu dan sedikit logam. Kekurangan salah satu nutrisi atau bahan logam yang dibutuhkan dapat memperkecil proses produksi metana. Nutrisi yang diperlukan antara lain ammonia (NH<sub>3</sub>) sebagai sumber Nitrogen, nikel (Ni), tembaga (Cu), dan besi (Fe) dalam jumlah yang sedikit. Selain itu, fosfor dalam bentuk fosfat (PO<sub>4</sub>), magnesium (Mg) dan seng (Zn) dalam jumlah yang sedikit juga diperlukan.

### **Kadar Bahan Kering**

Tiap jenis bakteri memiliki nilai “kapasitas kebutuhan air” tersendiri. Bila kapasitasnya tepat, maka aktifitas bakteri juga akan optimal. Proses pembentukan biogas mencapai titik optimum apabila konsentrasi bahan kering terhadap air adalah 0,26 kg/L (Adeputra. 2015)

### **Pengadukan**

Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan campuran substrat yang homogen dengan ukuran partikel yang kecil. Pengadukan selama proses dekomposisi untuk mencegah terjadinya benda-benda mengapung pada permukaan cairan dan berfungsi mencampur methanogen dengan substrat. Pengadukan juga memberikan kondisi temperatur yang seragam dalam biodigester (Adeputra. 2015).

## Zat Racun (Toxic)

Beberapa zat racun yang dapat mengganggu kinerja biodigester antara lain air sabun, detergen, creolin. Berikut adalah tabel beberapa zat beracun yang mampu diterima oleh bakteri dalam biodigester (Sddimension FAO dalam Ginting, 2006)

Pengaruh starter Starter yang mengandung bakteri metana diperlukan untuk mempercepat proses fermentasi anaerob. Beberapa jenis starter, antara lain

- a. Starter alami, yaitu lumpur aktif seperti lumpur kolam ikan, air comberan atau cairan septic tank, sludge, timbunan kotoran, dan timbunan sampah organik.
- b. Starter semi buatan, yaitu dari fasilitas biodigester dalam stadium aktif.
- c. Starter buatan, yaitu bakteri yang dibiakkan secara laboratorium dengan media buatan.

Bangunan utama dari instalasi biogas adalah Digester yang berfungsi untuk menampung gas metan hasil perombakan bahan bahan organik oleh bakteri. Jenis digester yang paling banyak digunakan adalah model *continuous feeding* dimana pengisian bahan organiknya dilakukan secara kontinu setiap hari. Besar kecilnya digester tergantung pada kotoran ternak yang dihasilkan dan banyaknya biogas yang diinginkan. Lahan yang diperlukan sekitar 16 m<sup>2</sup>(Gambar 3.1) Untuk membuat digester diperlukan bahan bangunan seperti pasir, semen, batu kali, batu koral, bata merah, besi konstruksi, cat dan pipa prolon.



(Gambar 3.1) Digester: Koleksi probadi

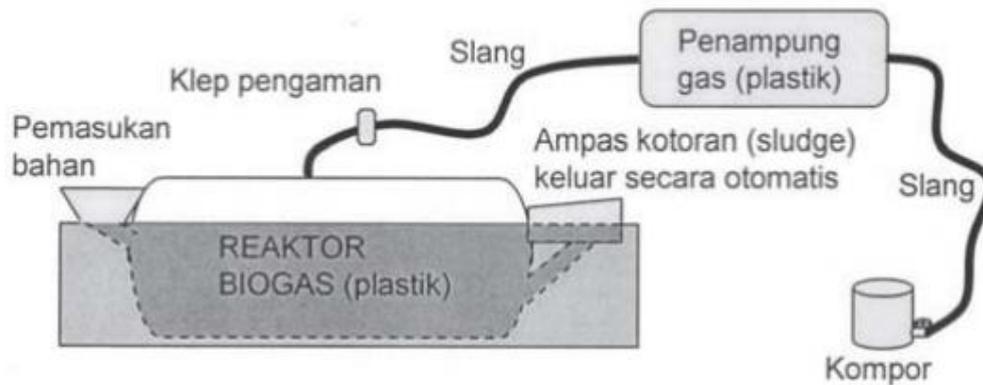
Lokasi yang akan dibangun sebaiknya dekat dengan kandang sehingga kotoran ternak dapat langsung disalurkan kedalam digester. Disamping digester harus dibangun juga penampung sludge (lumpur) dimana sludge tersebut nantinya dapat dipisahkan dan dijadikan pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

## **Proses pembuatan Biogas**

Proses pembuatan biogas mencakup pencampuran beberapa bahan baku serta starter biogas, proses pembuatan biogas dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Mencampur kotoran sapi dengan air sampai terbentuk lumpur dengan perbandingan 1:1 pada bak penampung sementara. Bentuk lumpur akan mempermudah pemasukan kedalam digester
2. Mengalirkan lumpur kedalam digester melalui lubang pemasukan. Pada pengisian pertama kran gas yang ada di atas digester dibuka agar pemasukan lebih mudah dan udara yang ada didalam digester terdesak keluar. Pada pengisian pertama ini dibutuhkan lumpur kotoran sapi dalam jumlah yang banyak sampai digester penuh.
3. Melakukan penambahan starter (banyak dijual dipasaran) sebanyak 1 liter dan isi rumen segar dari rumah potong hewan (RPH) sebanyak 5 karung untuk kapasitas digester 3,5 - 5,0 m<sup>2</sup>. Setelah digester penuh, kran gas ditutup supaya terjadi proses fermentasi.
4. Membuang gas yang pertama dihasilkan pada hari ke-1 sampai ke-8 karena yang terbentuk adalah gas CO<sub>2</sub>. Sedangkan pada hari ke-10 sampai hari ke-14 baru terbentuk gas metan (CH<sub>4</sub>) dan CO<sub>2</sub> mulai menurun. Pada komposisi CH<sub>4</sub> 54% dan CO<sub>2</sub> 27% maka biogas akan menyala.
5. Pada hari ke-14 gas yang terbentuk dapat digunakan untuk menyalakan api pada kompor gas atau kebutuhan lainnya. Mulai hari ke-14 ini kita sudah bisa menghasilkan energi biogas yang selalu terbarukan. Biogas ini tidak berbau seperti bau kotoran sapi. Selanjutnya, digester terus diisi lumpur kotoran sapi secara kontinu sehingga dihasilkan biogas yang optimal.
6. Secara garis besar, instalasi biogas ditunjukkan pada (Gambar. 3.1)

(Gambar 3.1.) Instalasi Biogas



Pengolahan kotoran ternak menjadi biogas selain menghasilkan gas metan untuk memasak juga mengurangi pencemaran lingkungan, menghasilkan pupuk organik padat dan pupuk organik cair dan yang lebih penting lagi adalah mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar minyak bumi yang tidak bisa diperbaharui.

Urutan perancangan fasilitas biodigester dimulai dengan perhitungan volume biodigester, penentuan model biodigester, perancangan tangki penyimpanan dan diakhiri dengan penentuan lokasi.

#### 1. Perhitungan Volume Biodigester

Perhitungan bertujuan agar dapat memaksimalkan produksi biogas dengan kondisi yang baik. Perhitungan ini menggunakan data-data:

- a. Jumlah kotoran sapi per hari yang tersedia.

Untuk mendapatkan jumlah kotoran sapi perhari, digunakan persamaan:

$$\text{Jumlah kotoran sapi} = n \times 28 \text{ kg/hari}$$

Dimana  $n$  adalah jumlah sapi (ekor), 28 kg/hari adalah jumlah kotoran yang dihasilkan oleh 1 (satu) ekor sapi dalam sehari.

- b. Komposisi kotoran padat dari kotoran sapi.

Komposisi kotoran sapi terdiri dari 80% kandungan cair dan 20% kandungan padat. Dengan demikian, untuk menentukan berat kering kotoran sapi adalah:

$$\text{Bahan kering} = 0,2 \times \text{Jumlah Kotoran sapi}$$

- c. Perbandingan komposisi kotoran padat dan air.

Bahan kering yang telah diperoleh tadi harus ditambahkan air sebelum masuk biodigester agar bakteri dapat tumbuh dan berkembang dengan optimum. Perbandingan komposisi antara bahan kering dengan air adalah 1:4. Dengan demikian, jumlah air yang ditambahkan adalah:

$$\text{Air yang harus ditambahkan} = 4 \text{ kali bahan kering}$$

Hasil perhitungan di atas menunjukkan massa total larutan kotoran padat (mt)

- d. Waktu penyimpanan (HRT) kotoran sapi dalam biodigester.

Waktu penyimpanan tergantung pada temperatur lingkungan dan temperatur biodigester. Dengan kondisi tropis seperti Indonesia, asumsi waktu penyimpanan adalah 30 hari

Dari data-data perhitungan di atas, maka diperoleh volume larutan kotoran yang dihasilkan adalah sebesar :

$$V_f = m_t / \rho_m$$

Dengan  $\rho_m$  : masa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

Setelah volume larutan kotoran diketahui, maka volume biodigester dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$V_d = V_f \cdot t_r$$

dengan  $t_r$  = waktu penyimpanan (30 hari).

2. Penentuan Model Biodigester Penentuan model biodigester didasari oleh beberapa pertimbangan, yaitu:

1. Jenis tanah yang akan dipakai

2. Kebutuhan

3. Biaya

3. Perancangan fasilitas biodigester

Dari segi konstruksi, digester dibedakan seperti berikut ini.

1. *Fixed Dome*

Digester ini memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan dalam reaktor (digester). Karena itu, dalam konstruksi ini gas yang terbentuk akan segera dialirkan ke pengumpul gas di luar reaktor.

2. *Floating Dome*

Pada tipe ini terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor ini juga menjadi tanda telah dimulainya produksi gas dalam reaktor biogas. Pada reaktor jenis ini, pengumpul gas berada dalam satu kesatuan dengan reaktor tersebut.

• Dari segi aliran bahan baku reaktor biogas, biodigester dibedakan seperti berikut ini.

1. Bak (*batch*)

Pada tipe ini, bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses digesti. Umumnya

digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik.

## 2. Mengalir (*continuous*)

Untuk tipe ini, aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lama bahan baku selama dalam reaktor disebut waktu retensi hidrolis (hydraulic retention time /HRT).

• Sementara dari segi tata letak penempatan digester, dibedakan seperti berikut ini.

### 1. Seluruh digester di permukaan tanah .

Biasanya berasal dari tong-tong bekas minyak tanah atau aspal. Kelemahan tipe ini adalah volume yang kecil, sehingga tidak mencukupi untuk kebutuhan sebuah rumah tangga (keluarga). Kelemahan lain adalah kemampuan material yang rendah untuk menahan korosi dari biogas yang dihasilkan.

### 2. Sebagian tangki biodigester di bawah permukaan tanah .

Biasanya digester ini terbuat dari campuran semen, pasir, kerikil, dan kapur yang dibentuk seperti sumuran dan ditutup dari plat baja. Volume tangki dapat diperbesar atau diperkecil sesuai dengan kebutuhan. Kelemahan pada sistem ini adalah jika ditempatkan pada daerah yang memiliki suhu rendah (dingin), dingin yang diterima oleh plat baja merambat ke dalam bahan isian, sehingga menghambat proses produksi.

### 3. Seluruh tangki digester di bawah permukaan tanah .

Model ini merupakan model yang paling populer di Indonesia, dimana seluruh instalasi biodigester ditanam di dalam tanah dengan konstruksi yang permanen, yang membuat suhu biodigester stabil dan mendukung perkembangan bakteri methanogen.

## **Cara Merawat Instalasi Biogas Kotoran Sapi dengan Metode Tabung**

Perawatan perlu dilakukan pada instalasi biogas, selain karena alasan optimalisasi hasil gas, perawatan juga perlu dilakukan untuk keberhasilan produk ini. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan dalam perawatan instalasi biogas, diantaranya

1. Hindarkan reaktor dari gangguan anak-anak, tangan jahil, ataupun dari ternak yang dapat merusak reaktor dengan cara memagar dan memberi atap supaya air tidak dapat masuk ke dalam saluran reaktor.
2. Isilah selalu pengaman gas dengan air sampai penuh. Jangan biarkan sampai kosong karena gas yang dihasilkan akan terbuang melalui pengaman gas.
3. Apabila reaktor tampak mengencang karena adanya gas tetapi gas tidak mengisi penampung gas, maka luruskan selang dari pengaman gas sampai reaktor, karena uap air yang ada di dalam selang dapat menghambat gas mengalir ke penampung gas. Lakukan hal tersebut sebagai pengecekan rutin.
4. Cegah air masuk ke dalam reaktor dengan menutup tempat pengisian disaat tidak ada pengisian reaktor.
5. Berikan pemberat di atas penampung gas (misalnya dengan karung-karung bekas) supaya mendapatkan tekanan di saat pemakaian.
6. Bersihkan kompor dari kotoran saat memasak ataupun minyak yang menempel.

## **Kandungan *Sludge* Biogas**

### **Analisis Kimia Pupuk Organik**

Analisis kimia pupuk organik dilakukan untuk menguji kualitas pupuk organik yang dihasilkan untuk mengetahui kandungan zat-zat hara. Uji kimia yang dilakukan adalah untuk mengetahui kadar N, P, K dan C.

### **Kadar Nitrogen (N)**

Unsur hara N termasuk unsur yang dibutuhkan dalam jumlah paling banyak sehingga disebut unsur hara makro primer. Umumnya unsur Nitrogen menyusun 1-5% dari berat tubuh tanaman.

Unsur N diserap oleh tanaman dalam bentuk ion amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) atau ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Sumber unsur N dapat diperoleh dari bahan organik, mineral tanah, maupun penambahan dari pupuk organik.

N berfungsi untuk menyusun asam amino (protein), asam nukleat, nukleotida, dan klorofil pada tanaman, sehingga dengan adanya N, tanaman akan merasakan manfaat sebagai berikut:

1. Membuat tanaman lebih hijau
2. Mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, jumlah cabang)
3. Menambah kandungan protein hasil panen.

Tanaman yang kekurangan unsur hara N akan menunjukkan gejala sebagai berikut.

1. Seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis) akibat kekurangan klorofil.
2. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, jumlah anakan atau jumlah cabang sedikit.
3. Perkembangan buah menjadi tidak sempurna dan seringkali masak sebelum waktunya.
4. Pada tahap lanjut, daun menjadi kering dimulai dari daun pada bagian bawah tanaman (BPTP Kaltim. 2020).

Metode untuk menguji N pada keluaran Sludge biogas dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada sludge ini, berikut beberapa tahapan yang dapat dilakukan untuk melakukan pengujian kadar N dalam Sludge Biogas.

Sebanyak 0,25 g pupuk dimasukkan ke dalam labu kjedahl dan ditambahkan asam sulfat sebanyak 2,5 mL dan 0,25 g selen. Larutan didestruksi hingga jernih, kemudian ditambahkan larutan penampung disiapkan dalam erlenmeyer 125 mL terdiri dari larutan  $H_3BO_3$  4 % dan BCGMR dua atau tiga tetes kemudian didestilasi. Proses destilasi dihentikan jika sudah tidak ada lagi gelembung-gelembung yang keluar dari larutan penampung. Hasil destilasi dengan HCl 0,01 N.

### **Kadar Fosfor**

Unsur P juga merupakan salah satu unsur hara makro primer sehingga diperlukan tanaman dalam jumlah banyak untuk tumbuh dan berproduksi. Tanaman mengambil unsur P dari dalam tanah dalam bentuk ion  $H_2PO_4^-$ . Konsentrasi unsur P dalam tanaman berkisar antara 0,1-0,5% lebih rendah daripada unsur N dan K.

Keberadaan unsur P berfungsi sebagai penyimpan dan transfer energi untuk seluruh aktivitas metabolisme tanaman, sehingga dengan adanya unsur P maka tanaman akan merasakan manfaat sebagai berikut.

1. Memacu pertumbuhan akar dan membentuk sistem perakaran yang baik.
2. Menggiatkan pertumbuhan jaringan tanaman yang membentuk titik tumbuh tanaman.
3. Memacu pembentukan bunga dan pematangan buah/biji, sehingga mempercepat masa panen.
4. Memperbesar persentase terbentuknya bunga menjadi buah.
5. Menyusun dan menstabilkan dinding sel, sehingga menambah daya tahan tanaman terhadap serangan hama penyakit.

Tanaman yang kekurangan unsur hara P akan menunjukkan gejala sebagai berikut.

1. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil.
2. Sistem perakaran kurang berkembang.

3. Daun berwarna keunguan.
4. Pembentukan bunga/ buah/ biji terhambat sehingga panen terlambat.
5. Persentase bunga yang menjadi buah menurun karena penyerbukan tidak sempurna (BPTP Kaltim. 2020).

Metode untuk menguji P pada keluaran Sludge biogas dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada sludge ini, berikut beberapa tahapan yang dapat dilakukan untuk melakukan pengujian kadar P dalam Sludge Biogas.

Pupuk sebanyak 2 g dicampur dengan 10 mL HCl 25% dan disimpan selama 24 jam. Rendaman tersebut diambil sebanyak 2 ml dan ditambah 18 mL aquades. Larutan hasil pengenceran ditambahkan 0,5 mL  $\text{NH}_4$  molybdat serta 2-3 tetes  $\text{SnCl}_2$  kemudian diukur dengan spectrophotometer dengan panjang gelombang 693 nm. Hasil Pengukuran yang didapat dengan kurva standar.

### **Kadar Kalium (K)**

Dalam proses pertumbuhan tanaman, unsur K merupakan salah satu unsur hara makro primer yang diperlukan tanaman dalam jumlah banyak juga, selain unsur N dan P. Unsur K diserap tanaman dari dalam tanah dalam bentuk ion  $\text{K}^+$ . Kandungan unsur K pada jaringan tanaman sekitar 0,5 - 6% dari berat kering.

Manfaat unsur K bagi tanaman seperti di bawah ini.

1. Sebagai aktivator enzim. Sekitar 80 jenis enzim yang aktivasinya memerlukan unsur K.
2. Membantu penyerapan air dan unsur hara dari tanah oleh tanaman
3. Membantu transportasi hasil asimilasi dari daun ke jaringan tanaman

Tanaman yang kekurangan unsur hara Kalium akan menunjukkan gejala yang mirip dengan kekurangan unsur N, yaitu

1. Pertumbuhan tanaman menjadi kerdil
2. Seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis). Bedanya dengan kekurangan unsur N, gejala kekurangan unsur K dimulai dari pinggir helai daun sehingga terlihat seperti huruf V terbalik.

Metode untuk menguji unsur K pada keluaran Sludge biogas dilakukan untuk melihat kandungan yang terdapat pada sludge ini, berikut beberapa tahapan yang dapat dilakukan untuk melakukan pengujian unsur K dalam Sludge Biogas

Pupuk sebanyak 1 g ditambahkan dengan 25 mL HCl 25 % kemudian di destruksi. Campuran HNO<sub>3</sub> 65 % dan HClO<sub>4</sub> dengan perbandingan 2:1 dan kemudian di destruksi kembali dengan menambahkan 10 ml HCl 37% sampai sampel berwarna putih. Hasil destruksi diencerkan kembali diencerkan sampai 250 mL, kemudian dipipet sebanyak 5 mL dan diencerkan kembali menjadi 10 mL, kemudian diukur dengan menggunakan spektrofotometer AAS (*Atomic Absorbstion Spektrofotometer*).

### **Kadar Karbon (C)**

Pupuk sebanyak 0,25 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan 5 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> dan 2,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> perlahan-lahan. Larutan dikocok sampai bereaksi sempurna. Sebanyak 1 mL larutan yang telah dibuat dimasukkan ke dalam Erlemeyer 125 mL dan ditambah 9 mL aquades kemudian dititrasi dengan Fe<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 N dengan indikator diphenylamin sebanyak dua atau tiga tetes. Titrasi dihentikan jika warna larutan sudah berwarna biru.

### **Pemeriksaan Kesuburan Tanah**

Pemeriksaan kesuburan tanah dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi awal tanah yang akan dijadikan bahan pengujian. Langkah awal pemeriksaan tanah yaitu pengambilan sampel tanah pada lahan uji. Setelah pengambilan, sampel dikeringkan ditempat yang teduh dan berangin sampai kering udara. Tingkat kesuburan tanah dengan melihat analisis kandungan N, P, K, KTK, C/N, dan total organik. Analisis kimia dilakukan oleh pihak laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian USU.

*Sludge* merupakan hasil ikutan biogas yang terbuat dari kotoran ternak, seperti sapi dengan larutan pengencer berupa air. Sludgemerupakan limbah dari proses pembuatan biogas, dan akan menjadi masalah bagi lingkungan jika tidak dimanfaatkan (dibiarkan saja). Sludgemerupakan salah satu masukan (input) dalam budidaya padi, karena dapat meningkatkan

kandungan unsur hara dalam tanah. Sludge bisa dimanfaatkan langsung pada budidaya padi atau sebagai bahan baku dalam pembuatan kompos.

Sludge dapat dimanfaatkan langsung, karena kandungan unsur N, P, dan K sludge telah sesuai dengan standar kualitas kompos SNI 19-7030-2004. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayati et al (2008), kandungan nitrogen (N), phosphor (P), dan kalium (K) pada sludge hasil ikutan gasbio yang terbuat dari feses sapi perah adalah N (0,82 %), P (0,20 %), dan K (0,82 %).

Kandungan unsur N, P, K pada sludge dapat ditingkatkan dengan cara pemanfaatan sludge sebagai bahan baku pembuatan kompos dengan penambahan bahan kompos lain yang berasal dari pertanian dan non pertanian. Bahan kompos yang berasal dari pertanian dapat diambil langsung dari tanaman (gulma), namun dapat pula diambil dari limbah hasil pertanian.

Dari limbah pertanian antara lain berupa sisa tanaman (jerami dan brangkas), sisa pengolahan hasil pertanian (sekam padi, kulit kacang tanah, ampas tebu, dan belotong), pupuk kandang (kotoran sapi, kerbau, ayam, itik, dan kuda), dan pupuk hijau. Unsur hara N, P, dan K merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah besar, namun pemberiannya harus sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Kekurangan dan kelebihan unsur hara N, P, dan K akan memberikan dampak negatif. Ketiga unsur ini mempunyai peran yang sangat penting terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, dimana ketiga unsur ini saling berinteraksi satu sama lain dalam menunjang pertumbuhan tanaman.

Mengingat pentingnya peranan unsur hara untuk pertumbuhan tanaman, maka pemanfaatan sludge hasil ikutan biogas yang terbuat dari kotoran sapi dengan penambahan bahan kompos lain dari limbah pertanian perlu dilakukan. Disamping dapat membantu petani dalam masalah penyediaan pupuk, juga dapat menjaga kelestarian lingkungan (Yanti, 2019)

Komposisi kimia *sludge* gas bio sapi potong yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Komposisi Kimia *Sludge* Gas Bio Sapi Potong (Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian USU, 2012)

No.	Peubah	Jumlah	
		<i>Sludge</i>	SNI Pupuk Cair
1.	N -total (%)	1,25	-
2.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,065	>0,05
3.	K <sub>2</sub> O	0,097	> 0,05
4.	C-Organik (%)	27,26	4,5
5.	pH H <sub>2</sub> O	9,02	4 – 8
6.	C/N	21,80	-

Berdasarkan analisis Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian USU, bahwa jumlah N, P, K, C dan pH *sludge* masing-masing yakni 1,25%; 0,065; 0,097; 27,26 % ; 9,02. Hasil analisis tersebut diatas standar mutu atau persyaratan minimal pupuk organik cair (Ginting, 2008), *sludge* biogas yang memiliki C/N ratio 15 dan pH 7 dapat digunakan sebagai pupuk organik. *Sludge* dapat digunakan sebagai pupuk untuk menjaga kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman (Marchaim, 1992).

Kualitas pupuk organik secara fisik dapat dilihat dari warna dan sifat baunya. Terlihat dari segi warna pada Gambar 3.2., dimana *sludge* berwarna lebih gelap dibandingkan *influent* dan dalam hal sifat bau, *influent* lebih bau feses dibandingkan *sludge*, hal ini dikarenakan proses oksidasi yang lebih lama dan pada *sludge* gas bio sudah terjadi proses pengomposan secara anaerob pada instalasi gas bio sehingga bahan organik yang terkandung dalam *sludge* yakni unsur C sudah menurun dan terpakai untuk gas bio dalam bentuk metana CH<sub>4</sub>.



Gambar 3.2. a. *Influent* b. *Sludge*

Hasil analisis contoh tanah menunjukkan bahwa derajat kemasaman tanah adalah 5,13; yang berarti tanah bersifat masam. Kandungan C-organik, dan P-tersedia tergolong rendah sedangkan kandungan N-total dan K-tersedia tanah tergolong tinggi, yaitu masing-masing 1,82 %; 15 ppm dan 1,20 % ; 0,658 me/100. Kriteria penilaian sifat kimia tanah menurut Pusat Penelitian Tanah dapat dilihat pada Lampiran 15.

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis tanah Inceptisol. Inceptisol adalah tanah yang belum matang (*immature*) dengan perkembangan profil yang lebih lemah dibanding dengan tanah yang matang dan masih banyak menyerupai sifat bahan induknya (Hardjowigeno, 1995).

Tekstur seluruh solum ini umumnya adalah liat, sedang strukturnya remah dan konsistensinya gembur. Secara keseluruhan rendah akan unsur hara, akan tetapi masih diupayakan untuk ditingkatkan dengan penanganan yang tepat.

## BAGIAN 4

### PENGARUH SLUDGE BIOGAS PADA PERTUMBUHAN BAYAM (*Amaranthus Sp.*)

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman merupakan proses yang penting dalam kehidupan dan perkembangbiakan suatu spesies. Pertumbuhan dan perkembangan berlangsung secara terus-menerus sepanjang daur hidup, tergantung pada hasil asimilasi, hormon, dan substansi pertumbuhan lainnya, serta lingkungan yang mendukung (Gardner *et al.*, 1991). Pertumbuhan berarti penambahan ukuran. Karena organisme multisel tumbuh dari zigot, penambahan ini bukan hanya dalam volume, tetapi juga dalam bobot, jumlah sel, banyaknya protoplasma dan tingkat kerumitan. Tahapan dalam pertumbuhan dan perkembangan sel meliputi tiga peristiwa, yaitu pembelahan sel, pembesaran sel, dan diferensiasi sel (Salisbury dan Ross, 1995).

Pertumbuhan tanaman pada dasarnya disebabkan oleh pembesaran sel dan pembelahan sel. Berdasarkan pada kenyataan ini, maka jumlah sel dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan tanaman dan organ tanaman. Berat tanaman dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan, dalam hal ini dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu berdasarkan berat segar dan berat kering (Lakitan, 1996). Untuk melihat pengaruh penggunaan Sludge Biogas terhadap pertumbuhan tanaman dapat dilihat dari tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun dan bobot kering tanaman.

Untuk mengetahui pengaruh Sludge Biogas terhadap pertumbuhan tanaman, maka dilakukan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuh ulangan. Pada penelitian ini terdapat uji respon tumbuhan dengan kegiatan penanaman bayam cabut pada media polibag. Penghitungan tingkat produksi tanaman (jumlah daun, tinggi tanaman, produksi biomassa) dan tingkat kesuburan tanah dengan melihat analisis kandungan N, P, K, KTK, C/N, dan total organik.

Perlakuan yang diuji pada penelitian ini yaitu kombinasi pemberian *sludge*. Penyiraman *sludge* dilakukan dengan intensitas yang berbeda, dan setiap harinya disiram air. Adapun perlakuannya antara lain

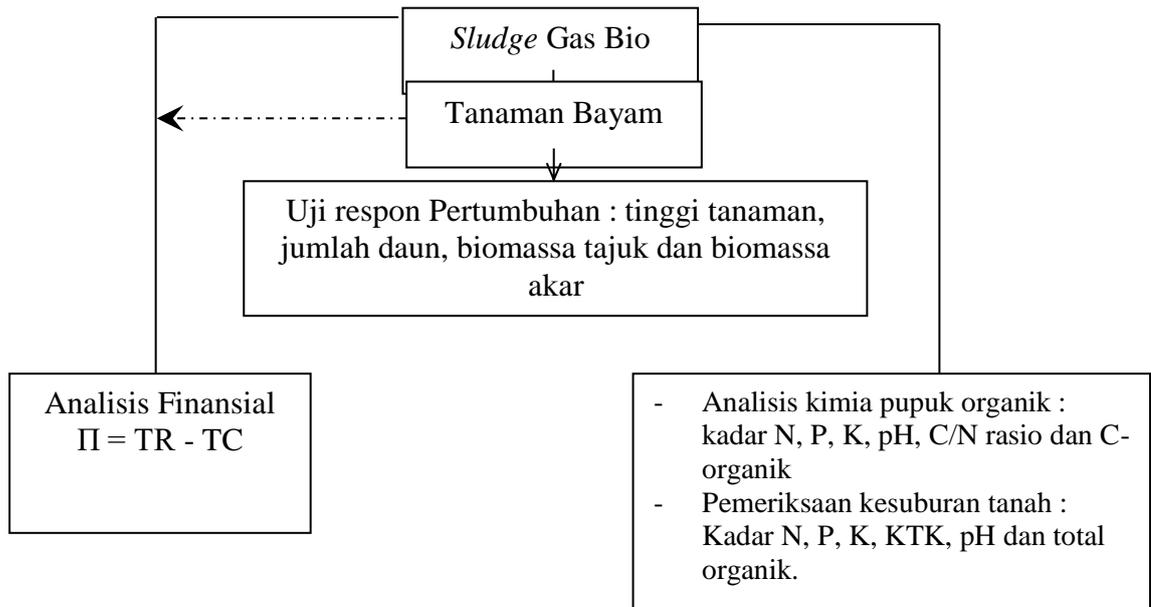
1. NPK 2,5 g awal tanam (S0)
2. *Sludge* dengan 250 mL (setiap hari )(S1)
3. *Sludge* dengan 250 mL (1 kali/pekan) ( S2)
4. *Sludge* dengan 250 mL (setiap hari) atau 7,5 lt + 2,5 g NPK (S3)
5. *Sludge* dengan 250 mL (1 kali/pekan) atau 1 lt + 2,5 g NPK ( S4)

Dengan demikian terdapat 5 perlakuan. Setiap perlakuan diulang tujuh kali sehingga diperoleh 35 satuan percobaan. Gambar peletakan perlakuan penelitian dapat dilihat pada (Gambar 4.1.) dan alur dalam penelitian pada (Gambar 4.2.).

<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S4</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S0</b>	<b>S2</b>
<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S4</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>
<b>S4</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S2</b>	<b>S0</b>
<b>S3</b>	<b>S1</b>	<b>S4</b>	<b>S2</b>	<b>S0</b>	<b>S4</b>	<b>S1</b>
<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S0</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S1</b>	<b>S3</b>

Keterangan : S0 = NPK 2,5 g di awal tanam; S1 = *Sludge* 250 mL (setiap hari); S2 = *Sludge* 250 mL ( 1 kali/minggu); S3 = *Sludge* 250 mL (setiap hari) + 2,5 g NPK di awal tanam dan S4 = *Sludge* 250 mL ( 1kali/minggu) + 2,5 g NPK di awal tanam.

(Gambar 4.1) peletakan perlakuan penelitian



**Gambar 3.2. Alur Penelitian**

### **Tinggi**

Bayam cocok ditanam pada hampir setiap jenis tanah dan dapat tumbuh sepanjang tahun pada ketinggian sampai dengan 1000 m dpl. Waktu tanam bayam yang terbaik adalah pada awal musim hujan antara bulan Oktober–Nopember atau pada awal musim kemarau antara bulan Maret–April. Bayam sebaiknya ditanam pada tanah yang gembur dan cukup subur dengan kisaran pH 6-7. Sludge biogas memiliki unsur penting dalam pertumbuhan Pengaruh penggunaan Sludge Biogas pada pertumbuhan tinggi tanaman dapat dilihat dalam (Tabel 4.1)

(Tabel 4.1) Rataan Tinggi Tanaman Bayam dengan Perlakuan Berbeda (cm)

Perlakuan	Kode	Rataan
NPK 2,5 g awal tanam (kontrol)	S0	21,57 C
<i>Sludge</i> 250 mL(setiap hari)	S1	22,47 C
<i>Sludge</i> 250 mL (1 kali/ minggu)	S2	25,34 C
<i>Sludge</i> 250 mL(setiap hari) +NPK 2.5 g awal tanam	S3	35,50 A
<i>Sludge</i> 250 mL(1 kali/ minggu) +NPK 2.5 g awal tanam	S4	30,78 B

Keterangan : Angka dalam 1 kolom yang diikuti huruf berbeda menunjukkan sangat berbeda nyata ( $P < 0.01$ ).

Berdasarkan hasil analisis ragam terhadap rataan tinggi tanaman bayam pada perlakuan berbeda diketahui bahwa perlakuan pemberian *sludge* memberi pengaruh sangat berbeda nyata dimana  $F_{\text{hitung}} (8,38) > F_{\text{tabel } 0.01} (4,02)$ . Hasil uji lanjut dengan Tukey menunjukkan bahwa tinggi tanaman pada perlakuan S1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan S2 dan perlakuan S3 sangat berbeda nyata dengan perlakuan S4 dan S0.

Perlakuan S1 dan S0 (kontrol) memberikan pengaruh tidak berbeda nyata, dimana pada media yang diberikan *sludge* setiap hari menghasilkan rataan tinggi tanaman bayam sebesar 22,47 cm, sedangkan pada media yang hanya diberikan NPK 2,5 g diawal tanam menghasilkan rataan tinggi tanaman bayam sebesar 21,57 cm, hal ini berarti bahwa pemberian *sludge* 250 mL setiap hari setara dengan pemberian NPK 2,5 g diawal tanam. Hal ini mengindikasikan bahwa *sludge* dapat menjadi alternatif pengganti NPK dan bahkan *sludge* memiliki kelebihan lain dibandingkan pupuk anorganik NPK yakni tanah menjadi lebih subur dalam waktu lama dan lebih aman tanpa meninggalkan residu senyawa kimia.

Pada perlakuan S1 dan S2, rataan tinggi tanaman bayam tidak dipengaruhi oleh intensitas pemberian *sludge* baik setiap hari maupun sekali seminggu dimana pada perlakuan S1 dilakukan pemberian *sludge* setiap hari sedangkan pada perlakuan S2 hanya dilakukan pemberian *sludge* setiap satu minggu sekali.

Perlakuan S1 dan S3 menghasilkan rataan tinggi tanaman yang sangat berbeda nyata. Hal ini terjadi karena penambahan NPK pada perlakuan S3 sebanyak 2,5 g di awal tanam sehingga menghasilkan rataan tinggi tanaman bayam

sebesar 35,50 cm, dibandingkan pada perlakuan S1 yang hanya menghasilkan rata-rata tinggi tanaman 22,47 cm, yang berarti rata-rata tinggi tanaman bayam dipengaruhi oleh intensitas pemberian *sludge* dan penambahan pupuk NPK.

Perlakuan S3 dengan S0 (kontrol) menghasilkan pengaruh sangat berbeda nyata, dimana perlakuan S3 (pemberian *sludge* 250 mL setiap hari ditambah NPK 2,5 g di awal tanam) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman bayam 35,50 cm sedangkan perlakuan S0 (pemberian NPK 2,5 g di awal tanam) menghasilkan rata-rata tinggi tanaman bayam 21,57 cm. Dengan kata lain, tinggi tanaman pada perlakuan S3 lebih tinggi dari tinggi tanaman pada perlakuan S0. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian *sludge* 250 mL setiap hari memberikan pengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman bayam.



Gambar 4.2. Tanaman Bayam Pada Umur 30 HST, tampak dari kiri ke kanan: S1, S2, S0, S3 dan S4

Pada Gambar 4.2. dapat dilihat bahwa tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan S3 dibandingkan tinggi tanaman pada perlakuan lainnya dan tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan S0. Dengan demikian urutan tinggi tanaman berdasarkan perlakuan adalah tinggi tanaman pada perlakuan S3, S4, S2, S1 dan S0. Perbandingan tinggi tanaman antara perlakuan S2-S0, S1-S3, S0-S4, dan S1-S2 dapat dilihat Pada Gambar 4.3.



S2 – S0



S1 – S3



S0

S4

S0 – S4



S1

S2

S1 – S2

Gambar 4.3. Perbandingan Tanaman Bayam pada umur 30 HST

Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3$  dan  $\text{NH}_4$  untuk sintesis asam amino, protein dan jaringan tanaman (Sopher dan Baird.1982). Nitrogen lebih optimum dalam menunjang pertumbuhan bagian vegetatif dibandingkan bagian generatif (Plaster. 1992). Oleh karena itu, penggunaannya menjadi penting bagi tanaman sayuran yang dikonsumsi bagian tajuknya. Nitrogen merupakan unsur penyusun klorofil yang berperan dalam fotosintesis untuk mengubah karbon, hidrogen dan oksigen menjadi gula sederhana. Selanjutnya, gula sederhana tersebut akan dikonversi menjadi elemen esensial untuk pertumbuhan

dan perkembangan tanaman (Havlin *et al.*, 2005). Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan unsur hara. (Salisbury dan Ross. 1995), agar dapat tumbuh dengan baik, tumbuhan tingkat tinggi memerlukan unsur hara berupa nitrogen sebesar 1,5%, fosfor 0,2%, kalium 1 %, sulfur 0,1% dan karbon sebesar 45%.

### Jumlah Daun

Respon pertumbuhan lainnya yang diamati dalam penelitian ini adalah jumlah helai daun tanaman bayam. Daun merupakan organ tanaman tempat mensintesis makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Rataan jumlah helai daun yang terbanyak ditemukan pada perlakuan S4 diikuti oleh S1, S0, S3 dan S2. Secara lengkap rata-rata jumlah helai daun yang dihasilkan oleh perlakuan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Berdasarkan hasil analisis ragam perlakuan *sludge* terhadap jumlah helai daun menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada taraf 5 % dimana  $F_{\text{hitung}} (2,74) > F_{\text{tabel } 0.05} (2,69)$ . Hasil uji lebih lanjut dengan Tukey menunjukkan bahwa perlakuan S1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan S2, tetapi berbeda nyata pada perlakuan S1 dan S4.

**Tabel 4.3.** Rataan Jumlah Helai Daun Tanaman Bayam dengan Perlakuan Berbeda

Perlakuan	Kode	Rataan
NPK 2,5 g awal tanam (kontrol)	S0	5,89 A
<i>Sludge</i> 250 mL (setiap hari)	S1	5,99 A
<i>Sludge</i> 250 mL (1 kali/ minggu)	S2	4,97 A
<i>Sludge</i> 250 mL (setiap hari) +NPK 2,5 g awal tanam	S3	5,79 A
<i>Sludge</i> 250 mL (1 kali/ minggu) +NPK 2,5 g awal tanam	S4	6,21 B

Keterangan : Angka dalam 1 kolom yang diikuti huruf berbeda menunjukkan sangat berbeda nyata ( $P < 0.01$ ).

Pada perlakuan S1 dan S0 (kontrol), diperoleh rata-rata jumlah helai daun yang tidak berbeda nyata yakni pada perlakuan S1 5,99 helai dan pada perlakuan S0 5,89 helai. Hal ini berarti bahwa jumlah helai daun pada perlakuan S1 dan S0 tidak dipengaruhi oleh intensitas pemberian *sludge* dimana pada perlakuan S1,

pemberian *sludge* dilakukan setiap hari sedangkan pada perlakuan S0, dilakukan pemberian NPK 2,5 g diawal tanam. Hal ini berarti bahwa pemberian *sludge* 250 mL setiap hari setara dengan pemberian NPK 2,5 g diawal tanam. Hal ini mengindikasikan bahwa *sludge* dapat menjadi alternatif pengganti NPK.

Pada perlakuan S1 dan S2, diketahui bahwa jumlah rata-rata daun terbesar terdapat pada perlakuan S1 yakni 5,9 helai sedangkan pada perlakuan S2 4,97 helai. Hal ini berarti bahwa jumlah helai daun pada perlakuan S1 dan S2 tidak dipengaruhi oleh intensitas pemberian *sludge* dimana pada perlakuan S1, pemberian *sludge* dilakukan setiap hari sedangkan pada perlakuan S2, dilakukan pemberian *sludge* satu kali seminggu.

Pada perlakuan S1 dan S3, diperoleh rata-rata jumlah helai daun yang tidak berbeda nyata yakni pada perlakuan S1 5,99 helai dan pada perlakuan S3 5,79 helai. Hal ini berarti bahwa jumlah helai daun pada perlakuan S1 dan S3 tidak dipengaruhi oleh intensitas pemberian *sludge* dimana pada perlakuan S1, pemberian *sludge* dilakukan setiap hari sedangkan pada perlakuan S3, dilakukan pemberian *sludge* setiap hari ditambah NPK 2,5 g di awal tanam.

Perlakuan S3 dengan S0 (kontrol) menghasilkan pengaruh tidak sangat nyata, dimana perlakuan S3 (pemberian *sludge* 250 mL setiap hari ditambah NPK 2,5 g) menghasilkan rata-rata jumlah helai daun bayam 5,79 helai daun sedangkan perlakuan S0 (pemberian NPK 2,5 g diawal tanam) menghasilkan rata-rata jumlah helai daun bayam 5,89 helai daun. Dengan kata lain, jumlah helai daun pada perlakuan S3 lebih kurang sama dengan jumlah helai daun pada perlakuan S0. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian *sludge* 250 mL setiap hari tidak memberikan pengaruh sangat nyata terhadap jumlah helai daun bayam.

Perlakuan S2 dengan S4 menghasilkan pengaruh nyata dimana perlakuan S2 (pemberian *sludge* 250 mL setiap satu kali seminggu menghasilkan rata-rata jumlah helai daun bayam 4,97 helai daun sedangkan perlakuan S4 (pemberian *sludge* satu kali seminggu ditambah NPK 2,5 g) menghasilkan rata-rata jumlah helai daun bayam 6,21 helai daun. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian NPK 2,5 g memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah helai daun bayam.

Jumlah helai daun tertinggi dipengaruhi oleh kandungan kalium. Kalium berperan penting dalam transport fotosintesa ke bagian sink tanaman (Krishna, 2002). Salah satu bagian sink yang kompetitif pada masa pertumbuhan vegetatif adalah daun muda (tunas) yang sedang tumbuh (Gardner *et al.* 1991). Salisbury and Ross (1995) semakin banyak tunas yang memperoleh hara maka pertumbuhan

dan perkembangan tunas-tunas akan semakin cepat diikuti dengan meningkatnya jumlah daun.

### Biomassa Tajuk

Respon pertumbuhan lainnya yang diamati dalam penelitian ini adalah biomassa tajuk tanaman bayam. Rataan bobot tajuk yang dihasilkan oleh perlakuan yang berbeda dapat dilihat Pada Tabel 4.4.

Berdasarkan hasil analisis ragam perlakuan *sludge* terhadap biomassa tajuk menunjukkan pengaruh sangat berbeda nyata dimana  $F_{hitung} (4,19) > F_{tabel 0.01} (4,02)$ . Hasil uji lebih lanjut dengan Tukey menunjukkan bahwa perlakuan S1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan S2, tetapi berbeda nyata pada perlakuan S1 dan S3, pada perlakuan S2 dan S3 dan pada perlakuan S3 dan S0.

**Tabel 4.4.** Rataan Bobot Segar Tajuk dan Bobot Kering Tajuk Tanaman Bayam Pada Berbagai Perlakuan yang Berbeda

Perlakuan	Kode	Bobot	
		Bobot Segar Tajuk	Kering Tajuk
NPK 2,5 g awal tanam (kontrol)	S0	44,96 B	7,07 A
<i>Sludge</i> 250mL(setiap hari)	S1	44,84 BC	6,71 A
<i>Sludge</i> 250 mL (1 kali/minggu)	S2	34,66 B	5,67 A
<i>Sludge</i> 250 mL(setiap hari) +NPK 2,5 g awal tanam	S3	79,83 AC	9,46 AB
<i>Sludge</i> 250 mL(1 kali/minggu)+NPK 2,5 g awal tanam	S4	70,39 C	7,19 A

Keterangan : Angka dalam 1 kolom yang diikuti huruf berbeda menunjukkan sangat berbeda nyata ( $P < 0.01$ ).

Pada perlakuan S1 dan S2, tidak ditemukan perbedaan nyata baik pada bobot segar maupun bobot kering tajuk. Hal ini berarti bahwa frekuensi pemberian *sludge* baik setiap hari maupun satu kali seminggu tidak memberi pengaruh nyata

terhadap biomassa tajuk. Gardner *et al.*, (1991) menyatakan bahwa efisiensi tumbuhan dalam mengalokasikan hasil fotosintesis ke bagian bagian yang berbeda, mempunyai pengaruh penting terhadap hasil panen. Ukuran tajuk yang tinggi mengindikasikan bahwa tanaman memprioritaskan cadangan makanan hasil fotosintesis disimpan di bagian tajuk sehingga hasil panen meningkat.

Pada perlakuan S1 dan S3, ditemukan perbedaan sangat nyata pada biomassa tajuk, dimana pada perlakuan S1, bobot basah tajuk adalah 44,84 g sedangkan pada perlakuan S3 sebesar 79,83 g. Hal ini berarti intensitas pemberian *sludge* tidak memberi pengaruh nyata, sebaliknya pemberian NPK memberi pengaruh nyata terhadap bobot tajuk tanaman bayam. Pada perlakuan S2 dan S3, ditemukan perbedaan sangat nyata dimana pada perlakuan S2, bobot tajuk 34,66 g dan pada perlakuan S3 79,83 g. Pada perlakuan S3 dan S0, ditemukan perbedaan sangat nyata bobot tajuk, dimana pada perlakuan S3 sebesar 79,83 g dan pada perlakuan S0 sebesar 44,96 g. Hal ini berarti, intensitas pemberian *sludge* tidak memberi pengaruh sangat nyata, sebaliknya yang memberikan pengaruh sangat nyata adalah pemberian NPK. Perlakuan campuran media tanam memberikan pengaruh nyata terhadap bobot tajuk, dimana bobot segar tertinggi diperoleh pada perlakuan S3 sebesar 79,83 g sedangkan bobot segar terkecil ditemukan pada perlakuan S2 yakni sebesar 34,66 g. Menurut Gardner *et al.*,(1991) bahwa angka dari bobot basah dapat berfluktuasi tergantung dari kelembaban tanaman itu sendiri. Sehingga memberikan ciri pertumbuhan sebenarnya adalah pada bobot kering tanaman. Hasil analisis ragam pada rata-rata jumlah bobot kering bayam memberikan pengaruh sangat nyata dan berbanding lurus dengan rata-rata bobot basahnya.

#### 4.3.4 Biomassa akar

Biomassa akar adalah respon pertumbuhan terakhir yang diamati dalam penelitian ini. Hasil rata-rata biomassa akar dapat dilihat Pada Tabel 4.5. Berdasarkan hasil analisis ragam perlakuan *sludge* menunjukkan pengaruh yang sangat berbeda nyata pada bobot segar akar dimana dimana  $F_{hitung} (4,11) > F_{tabel 0.01} (4,02)$  dan pengaruh sangat berbeda nyata pada bobot kering akar dimana  $F_{hitung} (11,39) > F_{tabel 0.01} (4,02)$ . Hasil uji lebih lanjut dengan Tukey pada bobot segar akar menunjukkan bahwa perlakuan S1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan S2 tetapi perlakuan S1 berbeda nyata dengan perlakuan S3, perlakuan S3 berbeda nyata dengan perlakuan S4 dan S0.

**Tabel 4.5.**Rataan Bobot Segar Akar dan Bobot Kering Akar Tanaman Bayam Pada Berbagai Perlakuan yang Berbeda

Perlakuan	Kode	Bobot Segar Akar	Bobot Kering Akar
-----g-----			
NPK 2,5 g awal tanam (kontrol)	S0	6,99 B	1,04 A
<i>Sludge</i> 250 mL(setiap hari)	S1	6,77 B	1,06 A
<i>Sludge</i> 250 mL (1 kali/minggu)	S2	6,60 B	0,94 A
<i>Sludge</i> 250 mL(setiap hari) +NPK 2,5 g awal tanam	S3	12,31 A	1,63 A
<i>Sludge</i> 250 mL(1 kali/minggu) +NPK 2,5 g awal tanam	S4	10,41 B	1,36 A

Keterangan : Angka dalam 1 kolom yang diikuti huruf berbeda menunjukkan sangat berbeda nyata ( $P < 0.01$ ).

Pada perlakuan S1 dan S2, tidak ditemukan perbedaan nyata baik pada bobot segar maupun bobot kering akar. Hal ini berarti bahwa intensitas pemberian *sludge* baik setiap hari maupun satu kali seminggu tidak memberi pengaruh nyata terhadap biomassa akar. Sama halnya dengan perlakuan S1 dan S0, tidak ditemukan perbedaan sangat nyata, dan diperoleh bobot basah akar relatif sama. Hal ini berarti *sludge* dapat menjadi alternatif pengganti NPK.

Pada perlakuan S1 dan S3, ditemukan perbedaan sangat nyata dimana pada perlakuan S1, diperoleh rata-rata bobot basah akar sebesar 6,77 g sedangkan pada perlakuan S3, diperoleh rata-rata bobot kering akar sebesar 12,31 g. Hal ini berarti bahwa intensitas pemberian *sludge* setiap hari tidak memberi pengaruh sangat nyata, sebaliknya yang memberikan pengaruh sangat nyata adalah pemberian NPK.

Selain dipengaruhi oleh faktor genetik dan morfologi akar, biomassa akar juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan tanah khususnya ketersediaan hara. Apabila hara tersedia dalam jumlah yang cukup, maka tanaman akan membentuk sistem akar yang dangkal (Salisbury dan Ross, 1995).

## **BAGIAN 5**

### **ANALISIS SWOT SLUDGE BIOGAS**

**A**nalisis SWOT adalah instrument perencanaan strategis yang klasik. Dengan menggunakan kerangka kerja kekuatan dan kelemahan dan kesempatan eksternal dan ancaman, instrument ini memberikan cara sederhana untuk memperkirakan cara terbaik untuk melaksanakan sebuah strategi.

Analisis SWOT ini merupakan identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi. Dasar pijak analisis berdasarkan logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (Strengths) dan peluang (Opportunities), dan secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (Weaknesses) dan ancaman (Threats). Jadi, analisis SWOT membandingkan antara faktor eksternal Peluang dan Ancaman dengan faktor internal Kekuatan dan Kelemahan (Ningrum et al., 2019)

Analisis SWOT digunakan untuk mengetahui Strengths, Weakness, Opportunity, dan Threats dalam pemanfaatan sludge biogas sebagai alternatif pupuk kimia. Selain itu, analisis SWOT biasanya digunakan untuk menganalisis suatu kondisi dimana akan dibuat sebuah rencana untuk melakukan suatu program kerja (Alma, 2013).

#### **Kekuatan**

Peranan pupuk organik dan pupuk hayati dalam keberlanjutan produksi dan kelestarian lingkungan Berbagai hasil penelitian mengindikasikan bahwa sebagian besar lahan pertanian intensif menurun produktivitasnya dan telah mengalami degradasi lahan, terutama terkait dengan sangat rendahnya kandungan Corganik dalam tanah, yaitu 2,5%.

Di lain pihak, sebagai negara tropika basah yang memiliki sumber bahan organik sangat melimpah, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Bahan/pupuk organik sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk organik

dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan.

Sumber bahan untuk pupuk organik sangat beranekaragam, dengan karakteristik fisik dan kandungan kimia/hara yang sangat beragam sehingga pengaruh dari penggunaan pupuk organik terhadap lahan dan tanaman dapat bervariasi. Pupuk organik atau bahan organik tanah merupakan sumber nitrogen tanah yang utama, selain itu peranannya cukup besar terhadap perbaikan sifat fisika, kimia biologi tanah serta lingkungan. Pupuk organik

yang ditambahkan ke dalam tanah akan mengalami beberapa kali fase perombakan oleh mikroorganisme tanah untuk menjadi humus atau bahan organik tanah. Bahan dasar pupuk organik yang berasal dari sisa tanaman umumnya sedikit mengandung bahan berbahaya. Namun penggunaan pupuk kandang, limbah industri dan limbah kota sebagai bahan dasar kompos/pupuk organik cukup mengkhawatirkan karena banyak mengandung bahan berbahaya seperti misalnya logam berat dan asam-asam organik yang dapat mencemari lingkungan.

Selama proses pengomposan, beberapa bahan berbahaya ini justru terkonsentrasi dalam produk akhir pupuk. Untuk itu diperlukan seleksi bahan dasar kompos yang mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun (B3). Bahan/pupuk organik dapat berperan sebagai “pengikat” butiran primer menjadi butir sekunder tanah dalam pembentukan agregat yang mantap. Keadaan ini besar pengaruhnya pada porositas, penyimpanan dan penyediaan air, aerasi tanah, dan suhu tanah. Bahan organik dengan C/N tinggi seperti jerami atau sekam lebih besar pengaruhnya pada perbaikan sifat-sifat fisik tanah dibanding dengan bahan organik yang terdekomposisi seperti kompos. Pupuk organik/bahan organik memiliki fungsi kimia yang penting seperti:

- 1) penyediaan hara makro (N, P, K, Ca, Mg, dan S) dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn, dan Fe, meskipun jumlahnya relatif sedikit. Penggunaan bahan organik dapat mencegah kawat unsur mikro pada tanah marginal atau tanah yang telah diusahakan secara intensif dengan pemupukan yang kurang seimbang;
- 2) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah; dan
- 3) dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam yang meracuni tanaman seperti Al, Fe, dan Mn. (Simanungkalit et al., 2006)

### Alasan Finansial

Dilihat dari segi kekuatan, alasan finansial menjadi poin utama keakutuhan dari analisis SWOT. Analisis finansial pada budidaya tanaman bayam dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perlakuan yang ekonomis. Dasar perhitungan pada Tabel 4.6. disajikan pada Lampiran 16 - 20. Asumsi – asumsi yang digunakan untuk analisis tersebut adalah

**Tabel 5.1 1. Bobot Segar Tanaman Bayam Cabut  
Pada Setiap Perlakuan yang Berbeda**

Perlakuan	Bobot	
	G	kg
S0	363,6	0,363
S1	361,3	0,361
S2	288,8	0,288
S3	645	0.645
S4	565,6	0,565

**Lampiran 5.2. Analisis Finansial Pada Perlakuan Pemberian NPK 2,5 g  
Awal Tanam ( S0)**

Uraian	Satuan	Harga/Satuan (Rp)	Volume	Total (Rp)
<b>A. Penerimaan</b>	kg	6 000	0,363	<b>2 178</b>
<b>B. Biaya</b>				
1. Benih bayam (Cap Kapal Terbang)	kg	48 000	0,00035	16,8
2. Pupuk NPK	kg	15 000	0,0025	37,5
3. Upah Tenaga Kerja	HOK	50 000 /8 jam	0,25 jam	1 562
Total Biaya				<b>1 616</b>
<b>C. Keuntungan (A - B)</b>				<b>562</b>
<b>R/C Ratio</b>				<b>1,34</b>

**Tabel 5.3.** Analisis Finansial Pada Perlakuan Pemberian Sludge 250 mL Setiap Hari (S1)

<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga/Satuan (Rp)</b>	<b>Volume</b>	<b>Total (Rp)</b>
<b>A. Penerimaan</b>	kg	6 000	0,361	<b>2 166</b>
<b>B. Biaya</b>				
1. Benih bayam (Cap Kapal Terbang)	kg	48 000	0,00035	16,8
2. Upah Tenaga Kerja	HOK	50 000 /8 jam	0,25 jam	1 562
Total Biaya				<b>1 578</b>
<b>C. Keuntungan (A - B)</b>				<b>588</b>
<b>R/C Ratio</b>				<b>1,37</b>

**Tabel 5.4.** Analisis Finansial Pada Perlakuan Pemberian Sludge 250 mL (1 kali/pekan) ( S2)

<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga/Satuan (Rp)</b>	<b>Volume</b>	<b>Total (Rp)</b>
<b>A. Penerimaan</b>	kg	6 000	0,288	<b>1 728</b>
<b>B. Biaya</b>				
1. Benih bayam (Cap Kapal Terbang)	kg	48 000	0,00035	16,8
2. Upah Tenaga Kerja	HOK	50 000 /8 jam	0,25 jam	1 562
Total Biaya				<b>1 578</b>
<b>C. Keuntungan (A - B)</b>				<b>150</b>
<b>R/C Ratio</b>				<b>1,09</b>

**Tabel 5.5.** Analisis Finansial Pada Perlakuan Pemberian Sludge 250 mL  
Setiap Hari ditambah 2,5 g NPK ( S3)

<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga/Satuan (Rp)</b>	<b>Volume</b>	<b>Total (Rp)</b>
<b>. Penerimaan</b>	kg	6 000	0,645	<b>2 870</b>
<b>. Biaya</b>				
Benih bayam (Cap Kapal Terbang)	kg	48 000	0,00035	16,8
Pupuk NPK	kg	15 000	0,0025	37,5
Upah Tenaga Kerja	HOK	50 000 /8 jam	0,25 jam	1 562
<b>Total Biaya</b>				<b>1 616</b>
<b>Keuntungan (A - B)</b>				<b>2 254</b>
<b>R/C Ratio</b>				<b>2,4</b>

**Lampiran 5.6.** Analisis Finansial Pada Perlakuan Pemberian Sludge 250 mL  
(1 kali/pekan) ditambah 2,5 g NPK ( S4)

<b>Uraian</b>	<b>Satuan</b>	<b>Harga/Satuan (Rp)</b>	<b>Volume</b>	<b>Total (Rp)</b>
<b>. Penerimaan</b>	kg	6 000	0,565	<b>2 390</b>
<b>Biaya</b>				
Benih bayam (Cap Kapal Terbang)	kg	48 000	0,00035	16,8
Pupuk NPK	kg	15 000	0,0025	37,5
Upah Tenaga Kerja	HOK	50 000 /8 jam	0,25 jam	1 562
<b>Total Biaya</b>				<b>1 616</b>
<b>C. Keuntungan (A - B)</b>				<b>1 774</b>
<b>R/C Ratio</b>				<b>2,09</b>

Penggunaan sludge biogas di analisis melalui perhitungan secara finansial sebagai berikut.

1. Harga 1 kg bayam cabut adalah Rp 6.000,- (menurut harga pasar di Kecamatan Pangkatan) .
2. Jumlah pupuk dan *sludge* gas bio sesuai dengan penggunaannya pada percobaan.
3. Setiap polibag di isi 15 benih bayam dengan berat 0,05 gr (ditimbang), harga 1 bungkus benih bayam (cap kapal terbang) dengan ukuran 1 kg adalah Rp. 48.000,- .
4. Harga pupuk NPK mutiara Rp.15.000,-/kg.
5. Jumlah tanaman bayam sesuai dengan hasil percobaan pada setiap perlakuan, sehingga diperoleh bobot segar .
6. Upah dalam penelitian ini adalah upah tenaga kerja yang berlaku di wilayah penelitian. Upah yang berlaku adalah Rp. 50.000,- / hari ( 8 jam kerja). Upah ini dihitung berdasarkan upah apabila peternak bekerja di tempat lain dan di beri upah, untuk budidaya tanaman bayam cabut dibutuhkan 0,25 jam kerja per hari untuk setiap perlakuan.

**Tabel 5.7.** Analisis Usahatani Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor*) Pada Setiap Perlakuan Yang Berbeda

<b>Uraian</b>	<b>S0</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
Penerimaan	2 178	2 166	1 728	3 870	3 390
Biaya	1 616	1 578	1 578	1 616	1 616
Keuntungan (A – B)	562	588	150	2 254	1 774
R/C Ratio	1,34	1,37	1,09	2,4	2,09

Berdasarkan hasil analisis finansial yang disajikan pada Tabel 4.6. diketahui bahwa perlakuan yang memberikan keuntungan terbesar adalah pada perlakuan S3 (*sludge* 250 mL setiap hari ditambah 2,5 g NPK di awal tanam) dan memiliki nilai rasio R/C sebesar 2,4. Hal ini disebabkan bobot segar tanaman pada perlakuan S3 lebih besar dibandingkan dengan perlakuan yang lain yaitu 645 g atau 0,645 kg, dapat dilihat pada Lampiran 15.

Pada perlakuan S0 memiliki nilai rasio R/C sebesar 1,34 yang berarti bahwa setiap tambahan penerimaan Rp. 1,34 mengeluarkan biaya sebesar Rp. 1,00,-. Nilai rasio R/C yang lebih besar satu menunjukkan bahwa budidaya tanaman

bayam tersebut layak untuk diusahakan karena penerimaan lebih besar dari biaya yang dikeluarkan.

### **Adanya Hewan Ternak dan Bahan Baku Lainnya**

Pemberian UPPO umumnya disertai dengan pemberian bantuan ternak yang diserahkan ke kelompok. Hal ini bertujuan untuk mencukupi ketersediaan bahan baku pembuatan pupuk organik.

Pemanfaatan pupuk organik untuk digunakan sendiri, sebagian dijual Pupuk organik yang telah dibuat digunakan sendiri oleh petani dan dijual juga. Hal ini berarti pupuk organik dibutuhkan secara kontinue sehingga pembuatan pupuk organik juga akan berlangsung secara terus menerus karena sudah menjadi kebutuhan para responden.

Peningkatan produksi setelah menggunakan pupuk organik Dari hasil wawancara, 59% responden menyatakan bahwa produksi hasil usahatannya meningkat setelah menggunakan pupuk organik dan sisanya menyatakan produksi hasilnya tetap. Hal ini merupakan kekuatan karena dengan meningkatnya produksi hasil, petani akan terus menggunakan pupuk organik.

### **Memiliki Komposisi penting pertumbuhan**

*Sludge* biogas memiliki beberapa komponen yang sangat penting bagi tumbuhan, hal ini menjadi nilai lebih dari *sludge* biogas. Beberapa unsur yang terapat dalam *Sludge* biogas adalah sebagai berikut.

#### **Nitrogen (N)**

Nitrogen merupakan unsur hara esensial yang keberadaannya mutlak ada untuk kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak sehingga disebut unsur hara makro (Winarso, 2005). Nitrogen pada limbah industri peternakan berbentuk  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ , dan bentuk lain, baik organik maupun anorganik. Kandungan nitrogen pada limbah ternak sangat bervariasi tergantung pada jenis ternak dan pakan yang diberikan.

Nitrogen ammonia lebih mudah menguap daripada bentuk nitrogen lainnya. Prediksi laju hilangnya nitrogen sangat sukar diukur karena penguapan  $\text{NH}_3$  dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti faktor lingkungan dan cara pengumpulan serta penanganan limbah. Nitrogen akan hilang sebanyak 25% pada penanganan limbah sistem anaerobik dan hilang sebanyak 80% pada sistem aerasi. Suhu tinggi,

angin, dan lamanya proses yang dipengaruhi oleh lingkungan akan meningkatkan jumlah nitrogen yang hilang (Triatmojo et al., 2013).

Secara umum nitrogen berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman terutama pada fase vegetatif, berperan dalam pembentukan klorofil serta sebagai komponen pembentukan lemak, protein, dan persenyawaan lain (Marsono et al., 2001). Paker (2004) menambahkan bahwa nitrogen berperan dalam proses pertumbuhan, sintesis asam amino dan protein serta merombak struktur klorofil, 8 nitrogen akan mempengaruhi warna hijau daun akan memudar dan akhirnya menguning. Kekurangan nitrogen akan menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun berwarna kuning, tangkai tinggi kurus dan warna hijau daun memucat.

### **Hara Pospor (P)**

Fosfor (P) merupakan unsur hara esensial tanaman. Tidak ada unsur lain yang dapat mengganti fungsinya di dalam tanaman, sehingga tanaman harus mendapatkan atau mengandung pospor secara cukup untuk pertumbuhannya secara normal. Fungsi penting pospor di dalam tanaman yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer, penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses didalam tanaman lainnya (Winarso, 2005).

Pospor juga mempunyai peran penting dalam membran tanaman, tempat pospor tersebut terikat pada molekul lipida yang merupakan senyawa yang dikenal sebagai fosfolipida (Samekto, 2008). Pospor dalam tanaman berfungsi dapat mempercepat pertumbuhan akar semai, dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa, dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, dapat meningkatkan biji-bijian.

### **Hara Kalium (K)**

Kalium berperan dalam membantu pembentukan protein dan karbohidrat, memperkuat jaringan tanaman, berperan membentuk antibodi tanaman terhadap penyakit serta kekeringan (Marsono et al., 2001). Kalium tidak disintesis menjadi senyawa oleh tumbuhan, sehingga unsur hara ini tetap sebagai ion didalam tumbuhan. Kalium berperan sebagai aktivator dari sebagai enzim yang esensial dalam reaksi-reaksi fotosintesis dan respirasi, serta enzim yang terlibat dalam sintesis protein dan pati. Kalium juga merupakan ion yang berperan dalam mengatur posisi osmosis sel, dengan demikian akan berperan dalam mengatur turgor sel ini, peran yang penting dalam proses membuka dan penutupnya stomata (Lakitan, 2012).

Kelebihan penggunaan Sludge biogas sebagai alternatif pupuk kimia dapat dilihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan di bawah ini.

- *Sludge* gas bio yang berasal dari kotoran sapi potong menunjukkan jumlah N, P, K, C dan pH *sludge* masing-masing yakni 1,25%; 0,065; 0,097; 27,26 %, 9,02. Hasil analisis tersebut diatas standar mutu atau persyaratan minimal pupuk organik cair. Nilai C/N rasio sebesar 21,80 menunjukkan kualitas yang baik untuk dapat digunakan sebagai pupuk organik pada tanaman bayam cabut.
- Pada rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa tajuk dan biomassa akar bayam terlihat bahwa pemberian *sludge* 250 mL setiap hari dapat menjadi alternatif pengganti dari pemberian 2,5 g pupuk NPK di awal tanam. Hasil tertinggi terbaik dari lima perlakuan tersebut adalah pada perlakuan *sludge* 250 mL setiap hari ditambah 2,5 g NPK di awal tanam untuk parameter tinggi tanaman, biomassa tajuk dan biomassa akar. *Sludge* gas bio juga tidak hanya dapat dijadikan sebagai pupuk organik tetapi juga sebagai pembenah tanah (*soil amendment*).
- Aplikasi *sludge* gas bio pada tanaman bayam cabut memberikan manfaat ekonomi. Nilai rasio R/C tertinggi adalah pada perlakuan S3 (*sludge* 250 mL setiap hari ditambah 2,5 g NPK di awal tanam) sebesar 2,4.

### **Kelemahan (W)**

Selain memiliki kelebihan, tidak dipungkiri Sludge biogas ini memiliki beberapa kekurangan, terutama pada bagian pemasaran ataupun ketersediaan bahan baku limbah ataupun sejenisnya, sehingga produksi secara massif masih jarang dilakukan, berikut adalah beberapa kekurangan penggunaan *sludge* biogas.

1. Masih kurangnya ketersediaan bahan baku walaupun ada ternak dan limbah pertanian Walaupun telah mendapat bantuan ternak dan sudah berproduksi dan adanya limbah pertanian lainnya, akan tetapi dirasakan ketersediaan bahan baku untuk membuat pupuk organik ini masih kurang. Hal ini terjadi karena penggunaan pupuk organik membutuhkan takaran yang tinggi. Selain itu ada kelompok tani yang sudah melayani penjualan/permintaan dari dinas terkait dengan program pemerintah.
2. Penggunaan pupuk organik dinilai merepotkan Penggunaan pupuk organik yang harus dalam takaran tinggi

3. Apabila langsung digunakan sebagai pupuk organik karena mempunyai karakteristik dengan bau menyengat, tekstur kompak, dan kandungan air yang masih tinggi. Dengan karakteristik seperti itu, sludge biogas belum siap untuk dijadikan pupuk organik. Persyaratan pupuk organik yang siap digunakan yaitu memiliki karakteristik, tidak berbau, berwarna coklat gelap hingga hitam, dan bertekstur remah. Salah satu cara yang dapat dilakukan agar sludge biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dengan kualitas yang baik yaitu mengolahnya melalui pengomposan.

### **Peluang (O)**

Dengan kesadaran masyarakat yang peduli dengan lingkungan, Sludge biogas memiliki peluang besar guna menjadi pupuk alternatif pengganti pupuk kimia, beberapa peluang Sludge biogas adalah sebagai berikut:

- a. Adanya bantuan dari pemerintah Adanya bantuan dari pemerintah selain bantuan UPPO ini merupakan peluang untuk meningkatkan pengembangan pupuk organik. Bantuan dari pemerintah berupa sarana produksi lainnya yang terkait dengan pembuatan pupuk organik misalnya terpal dan karung yang sudah dilabel. Bantuan lain seperti traktor, thesher juga dirasakan bermanfaat bagi petani/kelompok tani.
- b. Adanya binaan dari pemerintah/PPL berupa pelatihan Adanya binaan dari pemerintah melalui penyuluh pertanian berupa pelatihan, informasi dan motivasi merupakan peluang untuk meningkatkan kesadaran dan motivasi petani dalam penggunaan pupuk organik. Pelatihan-pelatihan ini dilaksanakan di tingkat kabupaten maupun langsung di kelompok taninya. Transfer ilmu dari peserta pelatihan tingkat kabupaten kepada anggota kelompok tani juga dibutuhkan dalam rangka peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani
- c. Adanya program pemerintah untuk menggunakan pupuk organik Pembangunan tidak akan terlepas dari adanya suatu program pemerintah dan kebijakan baik kebijakan dari pemerintah daerah, provinsi, pusat dan lembaga internasional. Program yang mendukung penggunaan pupuk organik diantaranya adalah program SL-PTT (Sekolah Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu), FEATI (Farmer Empowerment Through Agricultural Technology & Information/Pemberdayaan Petani melalui Teknologi dan

Informasi Pertanian) yang memberikan pelatihan dan percontohan kepada petani. Program PUAP (Pengembangan Usaha Agribisnis Pedesaan) sebagai bantuan modal agar petani dapat mengembangkan usaha tani ke arah agribisnis serta PPL. Salah satu paket dalam program SLPTT adalah penggunaan pupuk organik sehingga mau tidak mau petani harus menggunakan pupuk organik dalam pengelolaan tanaman terpadu padi, jagung dan kedelai.

### **Tantangan (T)**

Kebiasaan penggunaan pupuk kimia merupakan tantangan besar bagi penggunaan seluge biogas, hal ini terkait ke efektivitasan pupuk kimia yang dinilai lebih baik dan lebih cepat dalam merangsang pertumbuhan tanaman budidaya. Berikut adalah beberapa tantangan *sludge* biogas.

- a. Tidak adanya tempat khusus untuk menampung penjualan pupuk organik  
Tempat khusus untuk menampung penjualan pupuk organik masih belum ada. Umumnya konsumen langsung ke pembuat pupuk organik baik itu konsumen dari instansi terkait maupun konsumen biasa. Oleh karena itu agar sulit bagi konsumen perkotaan untuk mendapatkan pupuk organik.
- b. Masih sedikit kelompok tani yang membuat pupuk organik. Tidak adanya kelompok tani lain merupakan peluang karena bisa menimbulkan kerjasama antar kelompok tani dalam pengembangan pupuk organik . Keterbatasan ketersediaan bahan baku dan permintaannya yang terkadang melonjak membutuhkan kerjasama dengan kelompok tani lain sehingga pupuk organik dapat mencukupikebutuhan.
- c. Pupuk anorganik mudah diperoleh dengan harga subsidi Pupuk anorganik yang banyak tersedia di pasaran dengan harga subsidi menyebabkan penggunaan pupuk organik menjadi terbatas, karena penggunaan pupuk anorganik dirasakan lebih mudah.
- d. Tidak adanya penghargaan dari pemerintah untuk pemakaian pupuk organik  
Petani yang telah menggunakan dan membuat pupuk organik belum pernah mendapat penghargaan terkait dengan pertanian organik ini. Hal ini merupakan tantangan yang perlu dipertimbangkan dalam pengembangan pupuk organik.

Sebagian besar penduduk Indonesia masih mengandalkan pada sektor pertanian dan peternakan untuk menggerakkan roda perekonomian. Tanpa disadari, produk-produk pertanian dan peternakan tersebut menghasilkan hasil sampingan yang belum banyak mendapatkan perhatian, bahkan dianggap sebagai sampah yang tidak dimanfaatkan. Pada umumnya, limbah tersebut dimanfaatkan sebagai pupuk kandang. Padahal, dari limbah pertanian dan peternakan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, yaitu dari biomassa. Sumber energi biomassa berasal dari bahan organik.

Selain sebagai pengganti pupuk kimia, Sludge biogas memiliki beberapa manfaat lain. Manfaat ini merupakan hasil samping dari pembuatan biogas berupa sludge. Sludge yang mengandung beberapa unsur penting seperti N, P, K, C dan lainnya dapat di transformasikan dalam beberapa bentuk terkait kemanafaatannya terhadap tanaman. Berikut merupakan beberapa manfaat lain dari *sludge* biogas.

1. Pupuk (biofertilizer) *biofertilizer* atau pupuk hayati adalah pupuk yang mengandung mikroorganisme hidup yang ketika diterapkan pada benih, permukaan tanaman, atau tanah, akan mendiami rizosfer atau bagian dalam dari tanaman dan mendorong pertumbuhan dengan meningkatkan pasokan nutrisi utama dari tanaman. Pupuk mikrobiologis mirip dengan kompos teh, dan bisa dikatakan sebagai kompos teh yang direayasa karena hanya mikroorganisme tertentu yang bermanfaat bagi tanah yang digunakan (Wikipedia. 2020). Slurry kaya akan berbagai jenis nutrisi senyawa kimia seperti nitrogen, pospor and kalium (NPK).
2. Biogas slurry/effluent yang telah terfermentasi dengan sempurna dapat memperbaiki sifat-sifat fisis, kimia dan biologis dari tanah yang mengakibatkan kenaikan hasil panen secara kuantitas maupun kualitas.
3. Dapat digunakan sebagai pengganti lapisan tanah bagian atas yang sekaligus bisa melepaskan nutrisi ke tanaman.
4. Pakan ternak dan ikan Kegunaan lain dari cairan keluar biodigester adalah ditebarkan ke kolam sebagai nutrisi dari alga, ikan dan itik. Slurry dapat dipakai untuk substitusi pakan ikan sampai dengan 15% dan akan melipat gandakan hasil perikanan. Bisa juga digunakan untuk pupuk tanaman hidroponik.

5. Media tanam jamur dan media hidup cacing tanah 41
6. Manfaat lainnya  
Memperbaiki kualitas kandang, mengurangi bau dan pencemaran.  
Mengubah kultur dan budaya masyarakat pedesaan

## DAFTAR PUSTAKA

- Adeputra, A. 2015. *Prototipe reaktor biogas pengaruh waktu fermentasi terhadap biogas yang dihasilkan dari sampah organik* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Palembang).
- Adrianto, M. D. *Analisis Produksi Biogas Berdasarkan Bahan Baku Limbah Kotoran Sapi, Serbuk Gergaji, dan Effective Microorganism-4 (EM4)*. *Jurnal BETA (Biosistem dan Teknik Pertanian)*, 7(2), 297-301.
- Anis, F. (2014). *Teknologi Pembuatan Biogas dari kotoran ternak*.
- Arifin, M. Aep Saepudin, Arifin Santosa. 2011. Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik Di Pesantren Saung Balong Al-Barokah, Majalengka, Jawa Barat. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*. Vol.02, No.2, pp 73-78.
- Astuti, N. 2013. *Potensi Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) Rawapening untuk Biogas dengan Variasi Campuran Kotoran Sapi* (Doctoral dissertation, Program Magister Ilmu Lingkungan).
- Ayub, S.P. 2004. *Pupuk Organik Cair, Aplikasi dan Manfaatnya*. Agromedia. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI Nomor 19-0428-1989. *Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik*. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Bandung.
- Bandini, Y. 2001. *Bayam*. Penebar Swadaya, Jakarta. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana.
- BPS. 2015. *Kepadatan Penduduk Menurut Provinsi, 2000-2014*. Diakses tanggal 5 Oktober 2016, dari Badan Pusat
- Budianto M. A. K. & Muizudin. 2014. *Instalasi Biogas Kotoran Sapi*. Malang: UPT Penerbitan Universitas Muhammadiyah Malang
- Damanhuri, E., & Padi, T. 2010. Pengelolaan sampah. *Diktat kuliah TL, 3104*, 5-10.
- Darma, A. (2015). *Pengaruh Laju Alir Umpan Serta Waktu Tinggal Dalam Pemanfaatan Air Limbah Industri Tahu Menjadi Biogas Melalui Fermentasi*

*Anaerob Dengan Sistem Batch* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).

Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian. 2009. *Pemanfaatan Limbah dan Kotoran Ternak menjadi Energi Biogas*. Departemen Pertanian. Jakarta.

Direktur Energi Terbarukan dan Konservasi Energi. 2009. *Kebijakan Pengembangan Bioenergi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta.

Food and Agriculture Organization. 1997. China : *Recycling of organic waste in agriculture*. *FAO Soils Bulletin 40*. FAO Rome.

G Fredyna, Sutaryo, S., & Purnomoadi, A. (2018). *Pengaruh Penambahan Ampas Tahu Pada Feses Sapi Sebagai Substrat Biogas Terhadap Kecernaan Protein, Konsentrasi Vfa Dan Total Amonia Nitrogen* (Doctoral dissertation, Faculty of Animal and Agricultural).

Gardner, F.P., R.B. Pearce dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya. Jilid pertama. Penerjemah: Herawati Susilo*. UI-Press. Jakarta. 428 hal.

Ginting, N.. 2008. *Standar Operasional Prosedur Biogas*. Departemen Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.

Gozan, M. 2014. *Teknologi Bioetanol Generasi Kedua*. Jakarta: Erlangga.

Hadisoeganda, W. W. 1996. *Bayam Sayuran Penyangga Petani Di Indonesia*.

Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*. Akademika Presido, Jakarta.

Hartatik, W., & Widowati, L. R. 2006. Pupuk kandang. *Dalam*, 59-82.

Haryanti, T. 2006. *Biogas Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*. *Wartazoa*.16 (2) : 160 – 169.

Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Wartazoa*, 16(3), 160-169.

Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Wartazoa*. Vol. 16 : 160 – 169. Balai Penelitian Ternak. Bogor.

[http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com\\_content&view=article&id=707:manfaat-unsur-n-p-dan-k-bagi-tanaman&catid=26:lain&Itemid=59](http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=707:manfaat-unsur-n-p-dan-k-bagi-tanaman&catid=26:lain&Itemid=59) (diakses 20 oktober. 2020)

[https://id.wikipedia.org/wiki/Pupuk\\_mikrobiologis#:~:text=Pupuk%20mikrobiologis%20atau%20biofertilizer%20atau,pasokan%20nutrisi%20utama%20dari%20tanaman.](https://id.wikipedia.org/wiki/Pupuk_mikrobiologis#:~:text=Pupuk%20mikrobiologis%20atau%20biofertilizer%20atau,pasokan%20nutrisi%20utama%20dari%20tanaman.)

(Diakses 20 Oktober. 2020)

Kongkaew Kotchakorn, Annop Kanajareonpong and Thanuchai Kongkaew. 2004. *Using of slurry and sludge from biogas digestion pool as bio-fertilizer*. The Joint International Conference on “ Sustainable Energy an Environment (SEE). Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

Kota, P. R. 2009. Pengembangan Teknologi Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Ternak dan Jerami Padi Sebagai Alternatif Energi Pedesaan. *Bogor: Sekolah Pascasarjana, IPB*.

Krishna, K.R. 2002. *Potassium in soil and its influence on crop growth and yield*, p. 141-153. In: K. R. Krishna (Ed.). *Soil Fertility and Crop Production*. Science Publishers Inc.USA

Lakitan, B. 1996. *Fisiologi Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman.*: Penerbit P.T. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Lazcano, C., Gomez-Brandon, M., Dominguez, J. 2008. Comparison of The Effectiveness of Composting for The Biological Stabilization of Cattle Manure. *Chemosphere* 72.

Lingga, P., dan Marsono. 2003. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta. Penebar Swadaya

Mangoensoekarjo, S. dan Haryono Semangun.2005. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Marchaim, U., 1992. *Biogas Processes for Sustainable Development*. Bull.FAO Agriculture Services, Rome.

Murbandono, H.S.L. 1990. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta

Pancapalaga, W. 2008. *Evaluasi Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian (Kosap Plus) Sebagai Bahan Bakar Alternatif*

Paramitha, S. B. U., & Ikhsan, D. 2012. Pembuatan Biogas Dari Sampah Sayuran. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), 103-108..

Plaster, E.J. 1992. *Soil Science and Management*, Delmar Publishers Inc. 2 ed. New York. 514 p.

- Prajaya, Febri Isni. 2011. *Kajian Konversi Limbah Padat Jerami Padi Menjad Biogas. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor: Bogor*
- Pujiharti, Y. 2002. *Produksi Gas Bio dan Kualitas Lumpur dari Jerami Padi* (Tesis). Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Kriteria Penilaian Data Analisis Sifat Kimia Tanah*. Bogor.
- Putri, S. U. 2017. *Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Kandungan Serat, Karbohidrat, dan Lemak pada Pembuatan Tepung Ubi Jalar Putih (Ipomoea batatas L.) Termodifikasi Menggunakan Lactobacillus plantarum*.
- Rahmi Sa'adah, N., & Winarti, P. (2010). *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob* (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik kimia Fak. Teknik UNDIP).
- Rubatzky, V.E. dan M. Yamaguchi. 1999. *Sayuran. Sayuran Dunia 3. Prinsip, Produksi dan Gizi. Diterjemahkan oleh : C. Herison*. Edisi Kedua. Penerbit ITB. Bandung. 320 hal.
- Salisbury, F. B. dan C. W. Ross. 1995. *Fisiologi Tumbuhan. Jilid pertama. Penerjemah: D. R. Lukman dan Sumaryono*. Penerbit ITB. Bandung.
- Salisbury, F.B. and. Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan, Jilid 3*. (diterjemahkan oleh Diah dan Sumaryono) ,Penerbit ITB, Bandung.
- Semangun, H., & Mangoensoekarjo, S. 2005. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit. Gajah Mada Universty Press. Yogyakarta*.
- Setiawan, AI. 2004. *Memfaatkan Kotoran Ternak. Penebar Swadaya, Jakarta*
- Simamora, M. (2008). *Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Kandang Terhadap Perkembangan Penyakit Penting Tanaman Jagung (Zea Mays L.) Di Lapangan*.
- Simamora, S., Salundik, Sriwahyuni dan Surajudin. 2008. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Simanjuntak, M.E. 2005. *Beberapa Energi Alternatif yang Terbarukan dan Proses Pembuatannya. Jurnal Teknik Simetrika. Vol. 4, No.1*.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and*

- Biofertilizer). Di dalam: *Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W. editor. Bogor, Indonesia. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 159-180.
- Soetikno, S. S. (1990). *Ekologi Gulma. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.*
- Sopher, Charles D dan Jack V. Baird. 1982. *Soils and Soil Management. 2<sup>nd</sup>.ed. Reston, Virginia: Reston Publishing.*
- Steinhauser, G., & Klapötke, T. M. (2008). "Green" pyrotechnics: a chemists' challenge. *Angewandte Chemie International Edition*, 47(18), 3330-3347.
- Supadma, A. N., Arthagama, I. D. M., & Tantri, P. T. N. T. (2016). Uji Kualitas Beberapa Pupuk Kompos yang Beredar di Kota Denpasar. *E-Jurnal Agramoekoteknologi Tropika Vol. 5 (1): 52, 62.*
- Supadma, I. A. N. 2016. Kajian Pemberian Pupuk Organik Dan Anorganik Secara Berimbang Untuk Meningkatkan Produksi Wortel (*Daucus corata* L.).
- Suriadikarta, D. A., Simanungkalit, R. D. M., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor, ID.*
- Suriadikarta, D.A. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bandung: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suriawiria, U. 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Pengolahan Secara Biologis*. ITB, Bandung.
- Susanto, R. 1994. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius, Yogyakarta.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik: pemyarakatan dan pengembangannya*. Kanisius.
- Sutedjo, M. 1991. *Analisa Tanah, Air, dan Jaringan Tanaman*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Suwahyono, U. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif & Efisien*. Penebar Swadaya Grup.
- Suzuki, K, Takesi, W and Volum. 2001. *Concentration and Criticalization of Phosphate, Ammonium, and Mineral in the Effluent of Biogas Digesters in the Mekong Delta*. Jerean and Contho University Vietnam. Vietnam.

- Syam, T. Kushendarto., Bintoro, A., dan Indriyanto. 2007. *Keanekaragaman Pohon di Kampus Hijau Unila*.
- Teguh, W. W., & Asori, A. 2009. *Pembuatan Biogas*. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Departemen Pertanian. Serpong.
- Wahyono, S. 2010. Tinjauan Manfaat Kompos dan Aplikasinya pada Berbagai Bidang Pertanian. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 6(1).
- Yanti, D., Santosa, S., Ekaputra, E. G., Mislaini, M., Chatib, O. C., & Irsyad, F. 2016. Pemanfaatan Sludge Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi untuk Pembuatan Kompos pada Kelompok Tani Indah Sakato Kenagarian Kasang Kecamatan Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, 23(1), 8-8.
- Yanti, D., Santosa, S., Ekaputra, E. G., Mislaini, M., Chatib, O. C., & Irsyad, F. 2016. Pemanfaatan Sludge Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi untuk Pembuatan Kompos pada Kelompok Tani Indah Sakato Kenagarian Kasang Kecamatan Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, 23(1), 8-8.
- Yanti, D., Santosa, S., Ekaputra, E. G., Mislaini, M., Chatib, O. C., & Irsyad, F. 2019. Pemanfaatan Sludge Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi Untuk Pembuatan Kompos. *Jurnal Hilirisasi Ipteks*, 2(2).
- Yanti, D., Santosa, S., Ekaputra, E. G., Mislaini, M., Chatib, O. C., & Irsyad, F. (2016). Pemanfaatan Sludge Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi untuk Pembuatan Kompos pada Kelompok Tani Indah Sakato Kenagarian Kasang Kecamatan Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman. *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, 23(1).

## **Biografi Penulis**