

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Limbah Ternak**

limbah ternak atau sering juga disebut *manure* sangat bervariasi bentuk, warna, bau, dan komposisi kimianya. Manure merupakan sumber *nutrient* bagi Tanaman dan dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanah. Sifat-Sifat *manure* ditentukan oleh banyak faktor, antara lain spesies ternak, pakan, pencernaan, kandungan serat dan protein pakan, umur ternak, perkandangan, Lingkungan, dan status ternak. *Manure* sapi berbeda dengan *manure* kambing, domba, babi, kuda, kelinci, dan unggas (Triatmojo et al., 2016). Sapi yang diberi pakan rumput, *manure-nya* berbeda dengan yang diberi Pakan konsentrat. *Manure* sapi perah biasanya lebih banyak mengandung air dan Berserat tinggi karena pakan yang diberikan didominasi oleh rumput, sedangkan *manure* sapi potong lebih akas (lebih rendah kandungan airnya) karena pakan yang diberikan lebih banyak mengandung konsentrat dibandingkan rumputnya (Triatmojo et al., 2016).

#### **B. Bioaktivator EM4**

*Effective Microorganism 4* atau yang lebih dikenal dengan EM4 adalah cairan yang berisi campuran dari beberapa mikroorganisme hidup yang bermanfaat dan berguna bagi proses penguraian dan persediaan unsur hara tanah.

Tabel 2.1 Komposisi EM4 (*Effective Microorganism-4*)

<b>Jenis Bakteri</b>	<b>Jumlah (Sel/ml)</b>
Total <i>plate count</i>	2,8 x 10 <sup>6</sup>
Bakteri pelarut fosfat	3,4 x 10 <sup>5</sup>
<i>Lactobacillus</i>	3,0 x 10 <sup>5</sup>
<i>Yeast</i>	1,95 x 10 <sup>3</sup>
<i>Actinomycetes</i>	+
Bakteri fotosintetik	+

Sumber : PT.Songgolangit Persada,2011

Dalam proses fermentasi bahan organik mikroorganismenya akan bekerja dengan baik bila kondisinya sesuai. Proses fermentasi akan berlangsung dalam kondisi anaerob, pH rendah, kadar garam dan kadar gula tinggi, kandungan air sedang 30-40% kandungan antioksidan dari tanaman dan adanya tambahan substrat dengan suhu 40-50%, selain itu penambahan EM4 dapat mempercepat proses fermentasi dari kotoran sapi itu sendiri.

Bentuk EM4 adalah berupa cairan yang berwarna kecokelatan dan beraroma segar. EM4 sendiri mengandung bakteri fermentasi, mulai dari genus *Lactobacillus*, jamur fermentasi, bakteri fotosintetik *Actinomycetes*, bakteri pelarut fosfat, dan juga ragi.

Tabel 2.2 Kandungan Zat Hara EM4 (*Effective Microorganism-4*)

Kandungan zat hara	Jumlah
C-Organik	1,88 w/w
Nitrogen	0,68 w/w
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	136,78 ppm
K <sub>2</sub> O	8403,70 ppm
Aluminium	<0,01 ppm
Calcium	3062,29 ppm
Copper	1,14 ppm
Iron	129,38 ppm
Magnesium	401,58 ppm
Mangan	4,00 ppm
Sodium	145,68 ppm
Nikel	<0,05 ppm
Zinc	1,39 ppm
Boron	<0,0002 ppm
Cholorida	2429,54 ppm
Ph	3,73

Sumber : PT. Songgolangit Persada, 2011

### C. Tetes Tebu

Merupakan produk sampingan dari industri pengolahan gula yang masih mengandung gula dan asam-asam organik. *Molase* yang dihasilkan oleh industri gula tebu di Indonesia dikenal dengan nama tetes tebu. Kandungan sukrosa dalam *molase* cukup tinggi, berkisar 48-55% sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku yang baik untuk pembuatan etanol. *Molase* berbentuk cairan kental berwarna coklat ini

dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku etanol, alkohol, asam sitrat, MSG, dan gasohol (Wikipedia, 2017).

Berdasarkan kenyataan bahwa tetes tebu tersebut mengandung karbohidrat dalam bentuk gula yang tinggi (64%) disertai berbagai *nutrien* yang diperlukan mikroorganisme juga dapat meningkatkan kecepatan proses produksi pengolahan urin sapi menjadi pupuk dalam waktu yang relatif singkat.

Bakteri membutuhkan asupan karbon dalam memfermentasi zat organik dalam kotoran sapi sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan penambahan *molase* untuk membantu mengoptimalkan bakteri dalam membentuk biogas yang akan dihasilkan.

#### **D. *Reuse, Reduce, Recycle***

Limbah Peternakan selalu menjadi masalah yang perlu dipecahkan, terutama bila peternakannya besar, karena daya dukung alam tidak sebanding dengan limbah ternak yang dihasilkan. Disamping penanganan limbah kotoran ternak menjadi produk kompos, adalah sistem penanganan limbah tersebut yang dapat menguntungkan lebih bagi kehidupan manusia, yaitu dengan cara fermentasi secara digesti anaerob. Yang mana bertujuan untuk memproduksi gas metana sebagai sumber energi, menstabilkan limbah organik, reklamasi nutrient dan *inaktivasi organism pathogen* (Triatmojo et al., 2016).

biogas sendiri merupakan campuran gas metan,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{CO}_2$  sebagai hasil perombakan limbah organik secara anaerob didalam digester atau reaktor oleh

campuran berbagi mikroorganisme diantaranya adalah bakteri hidrolitik atau fermentatif, bakteri penghasil asetat dan bakteri metanogenik.

### **E. Biogas**

biogas merupakan gas yang dihasilkan oleh aktivitas anaerobik atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk diantaranya; kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisiaerobik. Kandungan utama dalam biogas adalah metana dan karbon dioksida (Wikipedia, 2021).

### **F. Teknologi Digester Biogas**

Pada umumnya biogas terdiri atas gas metana ( $\text{CH}_4$ ) 50-70%, Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 30-40%, Hidrogen ( $\text{H}_2$ ) 5-10% dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit. Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan dengan udara dan memiliki suhu pembakaran antara  $650\text{-}750^\circ\text{C}$ . Biogas tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah  $20\text{ MJ/m}^3$  dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas (Wahyuni, 2013).

Teknologi biogas merupakan salah satu teknik tepat guna untuk mengolah limbah, baik limbah pertanian, limbah peternakan, limbah industri dan rumah tangga untuk menghasilkan energi. Teknologi ini memanfaatkan

mikroorganisme yang tersedia di alam untuk merombak dan mengolah berbagai limbah organik yang ditempatkan pada ruang kedap udara (anaerob). Selanjutnya hasil pengolahan limbah tersebut dengan konsep hasil akhir menjadi produk berdaya guna sebagai bahan bakar gas (biogas) dan pupuk organik padat/cair bermutu baik (limbah keluaran dari digester) (Wahyuni, 2013).

### **G. Prinsip proses digester biogas**

Dekomposisi mikrobiologis anaerob merupakan proses dimana mikroorganisme menggunakan energi dan tumbuh dengan memetabolisa bahan organik dalam lingkungan anaerob mengakibatkan produksi metana. Proses digesti anaerob dapat dibagi menjadi empat tahap berikut, masing-masing menuntut karakteristik kelompok mikroorganisme sendiri (Sasongko, 2010).

- a. Hidrolisis senyawa polimer organik menjadi senyawa-senyawa berat molekul. lebih rendah agar dapat diserap membran sel mikroba. Hidrolisis karbohidrat Limbah biomassa kaya bahan organik menjadi monomer-monomernya, protein menjadi asam-asam amino, dan lemak atau minyak menjadi asam-asam lemak rantai panjang ataupun alkohol.
- b. Fermentasi senyawa sederhana berikut dalam reaksi bertahap. Proses ini merupakan sumber energi populasi non-metanogenik. Fermentasi hasil hidrolisis tersusun berbagai senyawa organik sederhana terutama asam lemak volatil (VFA) gas-gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, beberapa asam laktat dan etanol. Tahap ini dikenal sebagai fermentasi asam atau asidogenesis

- c. Banyak hasil-hasil reduksi fermentasi asam harus dioksidasi dibawah kondisi anaerob menjadi asam asetat, CO<sub>2</sub>, dan hidrogen dan ini menjadi substrat bakteri metan. Konversi ini terjadi jika tekanan hidrogen parsial tetap sangat rendah karena asupan hidrogen oleh metanogen. Bakteri pembentuk oksidasi ini adalah bakteri syntrophik atau disebut juga bakteri asetogen atau obligat mikroba pereduksi proton.
- d. Tahap akhir pengolahan limbah cair anaerob ini adalah fermentasi metana: yakni dua tipe reaksi yang terjadi selama tahapan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> diubah menjadi metana dan air serta tahapan kedua asetat diubah menjadi metana dan CO<sub>2</sub> Terdapat empat tahap penguraian senyawa organik menjadi methana dan CO<sub>2</sub> yang melibatkan empat jenis bakteri: *Asidogenesis* karbohidrat, *Asidogenesis* asam-asam amino, *Asetogenesis*, *Metanogenesis* (Sasongko, 2010).

#### **H. Faktor - faktor yang mempengaruhi hidrogen biogas**

Lingkungan besar pengaruhnya pada laju pertumbuhan mikroorganisme baik pada proses aerobik maupun anaerobik. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses anaerobik antara lain: temperatur, pH, konsentrasi substrat, rasio C/N dan zat beracun. Dalam hal ini hanya faktor-faktor suhu, pH, dan urea yang menjadi pokok bahasan.

##### **1. Temperatur**

Gas dapat dihasilkan jika suhu antara 4 - 60°C dan suhu dijaga konstan. Bakteri akan menghasilkan enzim yang lebih banyak pada temperatur optimum.

Semakin tinggi temperatur reaksi juga akan semakin cepat tetapi bakteri akan semakin berkurang. Beberapa jenis bakteri dapat bertahan pada

Suhu berpengaruh terhadap proses pencernaan anaerobik bahan organik dan produksi gas. Pencernaan berlangsung baik pada suhu 30 – 40 °C untuk kondisi mesofilik dan pada suhu 45 - 55°C, suhu 50 - 60°C untuk kondisi termofilik. Kecepatan fermentasi menurun pada suhu di bawah 20°C. Suhu optimal kebanyakan bakteri mesofilik dicapai pada 35°C, tetapi untuk bakteri termofilik pada suhu 55°C. Suhu optimal untuk berbagai desain tabung pencerna termasuk Indonesia adalah 35°C (Manurung, 2004).

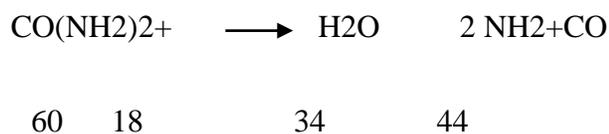
## 2. pH (keasaman)

pH pada proses perombakan anaerob biasa berlangsung antara 6,6-7,6. bakteri metanogen tidak dapat toleran pada pH di luar 6,7-7,4, sedangkan bakteri non metanogen mampu hidup pada pH 5-8,5. Perlakuan kimia umumnya diperlukan pada limbah cair dengan derajat keasaman tinggi (< pH 5) dan umumnya penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan  $\text{NaOH}$  digunakan untuk meningkatkan pH limbah cair menjadi netral (Putra et al., 2017).

## 3. Perlakuan dengan Amonia

Perlakuan dengan amonia atau amoniasi merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan pakan kasar sebagai pengganti  $\text{NaOH}$ . Amoniasi mampu meningkatkan nilai nutrisi pakan kasar melalui peningkatan daya cerna, konsumsi, kandungan protein kasar pakan dan memungkinkan penyimpanan bahan pakan berkadar air tinggi dengan menghambat pertumbuhan jamur.

Sumber amonia dalam amoniasi yang digunakan dapat berupa gas amonia, amonia cair, urea maupun urin. Daya kerja amonia dalam perlakuan amoniasi diantaranya sebagai bahan pengawet terhadap bakteri dan fungi yang berkembang pada bahan selama proses dan sumber nitrogen. Urea merupakan sumber amonia yang murah karena setiap kg urea akan dihasilkan 0.57 kg amonia. Urea akan dihidrolisis dengan bantuan enzim urease menjadi ammonia.



Perombakan urea menjadi amonia selain membutuhkan enzim urease, juga dipengaruhi oleh kelembaban dan suhu saat perlakuan. Untuk alasan teknis, kisaran kelembaban media sekitar 30-60%. Kelembaban media di bawah 30%, perombakan urea akan berjalan lambat dan kelembaban di atas 60% akan mengurangi kekompakan substrat, peluruhan larutan urea ke bagian bawah media dan tumbuhnya jamur (Manurung, 2004).

Suhu optimum perombakan urea berkisar antara 30-60°C. Kecepatan reaksi dikalikan (atau dibagi) dengan 2 setiap kenaikan (atau penurunan) suhu sebesar 10°C. Perombakan urea secara sempurna dapat terjadi setelah satu minggu atau bahkan 24 jam pada kisaran suhu 20-45°C. Perombakan urea berjalan sangat lambat. Dosis amonia merupakan berat nitrogen yang dipergunakan dibandingkan berat bahan. Dosis amonia optimum sekitar 3-5% dari bahan. Konsentrasi amonia kurang dari 3% tidak berpengaruh terhadap daya cerna dan protein kasar bahan dan amonia hanya berperan sebagai

pengawet. Konsentrasi amonia lebih dari 5% menyebabkan perlakuan tidak efisien karena banyak amonia yang terbuang. Asumsi setiap kilogram urea secara sempurna dikonversi akan menghasilkan 0.57 kg amonia, maka dapat diperkirakan dosis optimum urea untuk amoniasi yaitu berkisar antara 5-7% (Santoso, 2010).

#### 4. Rasio C/N

Salah satu cara menentukan bahan organik yang sesuai untuk menjadi bahan masukan sistem biogas adalah dengan mengetahui perbandingan Karbon (C) dan Nitrogen (N) atau disebut rasio C/N. Beberapa percobaan yang telah dilakukan oleh ISAT menunjukkan bahwa aktifitas metabolisme dari bakteri metanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20. Pertumbuhan mikroba yang optimum biasanya membutuhkan perbandingan unsur C : N : P sebesar 150 : 55 : 1. Konsentrasi substrat (rasio C:N) terkait kebutuhan nutrisi mikroba; homogenitas sistem dan kandungan air (padatan tersuspensi (SS); padatan total (TS), asam lemak volatile (VFA) (Santoso, 2010).

#### 5. Zat beracun

Senyawa dan ion tertentu dalam substrat dapat bersifat racun, misalnya senyawa dengan konsentrasi berlebihan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Ca}^+$  > 8000 mg/l;  $\text{K}^+$  > 12000;  $\text{Mg}^{++}$  dan  $\text{NH}_4^+$  > 3000, sedangkan Cu, Cr, Ni dan Zn dalam konsentrasi rendah dapat menjadi racun bagi kehidupan bakteri anaerob (Santoso, 2010).

#### 6. Substrat

Sel mikroorganisme mengandung Carbon, Nitrogen, Posfor dan Sulfur dengan perbandingan 100 : 10 : 1 : 1. Untuk pertumbuhan mikroorganisme,

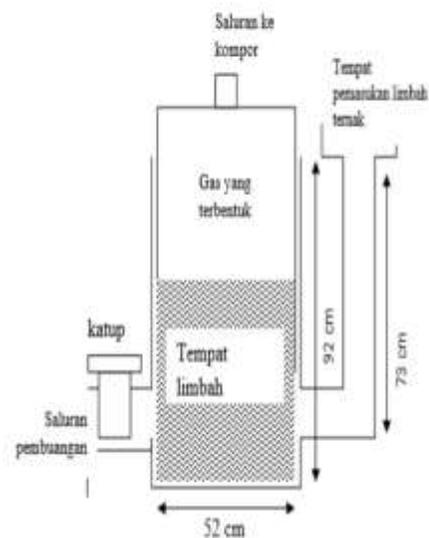
unsurunsur di atas harus ada pada sumber makanannya (substart). Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Kondisi yang optimum dicapai jika jumlah mikroorganisme sebanding dengan konsentrasi substrat (Manurung, 2004). Kandungan air dalam substart dan homogenitas sistem juga mempengaruhi proses kerja mikroorganisme. Karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih intim. Starter diperlukan untuk mempercepat proses perombakan bahan organik menjadi biogas, bisa digunakan lumpur aktif organik atau cairan isi rumen. mengungkapkan bahwa pengaturan pH awal dengan ( $\text{CaCO}_3$ ) bersama pengadukan kontinyu 100 rpm (tekanan 1 atm, suhu kamar) sangat berpengaruh terhadap total biogas yang dihasilkan selama 4 minggu fermentasi. Hal ini dikarenakan adanya intensitas kontak antara mikroorganisme dan substrat jauh lebih baik dan menghindari akumulasi padatan terbang ataupun padatan mengendap yang akan mengurangi volume keefektifan digester (Santoso, 2010).

### **I. Desain reaktor digester biogas**

Jenis reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor *floating drum*. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Reaktor ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya:

1. Digester yang digunakan sebagai tempat pencerna material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana.

2. Penampung gas yang dapat bergerak menggunakan peralatan sejenis drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Drum akan bergerak naik atau mengapung pada cairan ketika ada gas yang memenuhi ruang penampung gas, semakin banyak gas yang dihasilkan semakin tinggi penampung gas akan terapung.
3. Lubang *inlet* yang berfungsi sebagai tempat pemasukan bahan limbah kotoran ternak.
4. Lubang *outlet* sebagai tempat pengeluaran limbah yang telah selesai digunakan. Jenis bahan yang digunakan untuk pembuatan reaktor ini adalah fiber plastik. Bahan fiber memiliki kelebihan diantaranya kuat, tahan lama, tidak berkarat, anti bocor serta ringan (Putra et al., 2017).



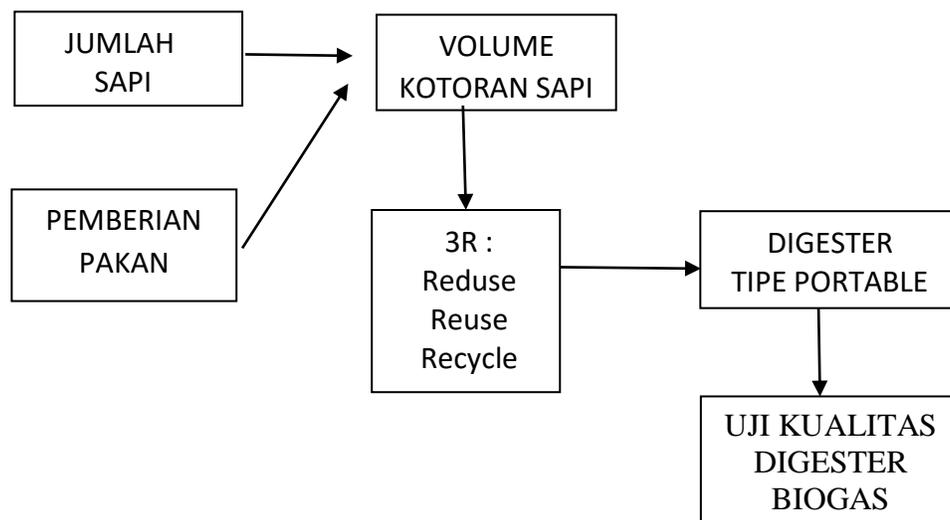
Gambar 2.1 Biodigester tipe *floating drum*

Pada dasarnya teknologi pembuatan biogas skala kecil, skala menengah, maupun skala besar sangat berpotensi untuk diterapkan oleh peminat energi berbahan baku baru dan terbarukan termasuk biogas kotoran ternak dan jumlah masyarakat pedesaan yang belum mendapat suplai listrik, sangat tepat jika menerapkan teknologi produksi biogas yang tidak rumit.

Beberapa tujuan yang ingin dicapai pada perancangan dan penerapan teknologi biogas portable adalah:

1. Mendapatkan reaktor biogas yang mudah dipindahkan dari satu tempat ketempat yang lainnya sesuai dengan lokasi kebutuhan pemakai.
2. Penyediaan bahan bakar yang memanfaatkan limbah peternakan.
3. Membantu masyarakat pedesaan dalam hal kebutuhan energi sehari hari.
4. Mendapatkan pupuk organik siap pakai sebagai hasil sampingan reaktor biogas

## J. Kerangka Teori



**Gambar 2.2** Kerangka Teori

Sumber: Penanganan Limbah Industri Peternakan, Suharjono Triatmojo, Yuny Erwianto, Nanung Agus Fitriyanto, Gadjah Mada University Press, 2016.

### K.Kerangka Konsep



**Gambar 2.3** Kerangka Konsep

## L. Definisi Operasional

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR	SKALA UKUR
1	Suhu	Derajat panas yang dihasilkan di dalam biodigester.	Pengukuran	Thermometer	Drajat Celcius (°C)	Ratio
2	pH	Adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dihasilkan oleh bahan yang ada didalam biodigester.	Pengukuran	Soil Analyzer	<6 Asam =7 Netral >7 Basa	Interval
3	Tekanan	Hasil gas yang terbentuk di dalam tabung biodigester.	Pengukuran	Manometer	KG/cm <sup>2</sup>	Interval
4	Lama Nyala Api	Lamanya api dapat menyala dari pembakaran gas bio yang dihasilkan biodigester	Pengukuran	Stopwatch	Waktu	Interval