

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kotoran Sapi

Populasi hewan ternak sapi semakin meningkat setiap tahunnya, di Sumatera Selatan jumlah sapi sudah mencapai 216.277 ekor (Badan Pusat Statistik Sumatra Selatan, 2013). Kotoran sapi adalah limbah dari usaha peternakan sapi yang bersifat padat dan dalam proses pembuangannya sering bercampur dengan urin dan gas, seperti metana dan amoniak. Produksi limbah ternak diasumsikan dari proporsi bobot hidup ternak. Ternak babi akan menghasilkan limbah kurang lebih 3,6 % dari total bobot hidup, sapi 9,4 % dari total bobot hidup, domba 1,8 % untuk setiap bobot badan 50 kg, dan untuk sapi perah dengan bobot badan 500 kg akan menghasilkan limbah kurang lebih 47 kg/hari (Azevedo dan Stout, 1974). Komposisi kotoran sapi yang umumnya telah diteliti dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kotoran Sapi

| Senyawa       | Persentase |
|---------------|------------|
| Hemisellulosa | 18,6 %     |
| Selulosa      | 25,2 %     |
| Lignin        | 20,2 %     |
| Protein       | 14,9 %     |
| Debu          | 13 %       |

*Sumber : Candra, 2011.*

Pupuk organik yang berasal dari kotoran ternak dapat menghasilkan beberapa unsur hara yang sangat dibutuhkan tanaman seperti yang terlihat pada Tabel 2.2. Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi bervariasi tergantung pada keadaan tingkat produksinya, jenis, jumlah konsumsi pakan, serta individu ternak sendiri (Abdulgani, 1988). Kotoran sapi yang tinggi kandungan hara dan energinya berpotensi untuk dijadikan bahan baku penghasil biogas (Sucipto, 2009).

Tabel 2.2 Kandungan Unsur Hara pada Pupuk Kandang

| Jenis ternak | Unsur hara (kg/ton) |      |      |
|--------------|---------------------|------|------|
|              | N                   | P    | K    |
| Sapi perah   | 22,0                | 2,6  | 13,7 |
| Sapi potong  | 26,2                | 4,5  | 13,0 |
| Domba        | 50,6                | 6,7  | 39,7 |
| Unggas       | 65,8                | 13,7 | 12,8 |

Sumber: [books.google.co.id](https://books.google.co.id)

## 2.2 Biogas

### 2.2.1 Nilai Potensial Biogas

Seperti yang diungkapkan Prof Li Kangmin dan Dr Mae-Wan Ho, *director of the The Institute of Science in Society*, biogas merupakan jantung dari tumbuhnya *eco-economy* di Cina, namun beberapa kendala harus diselesaikan untuk meraih potensi yang lebih besar. Di Indonesia, teknologi biogas masuk pada 1970-an yang perkembangannya diawali di daerah perdesaan. Dewasa ini biogas merupakan salah satu jenis energi baru terbarukan yang menjadi salah satu perhatian bagi Kementerian ESDM. Menteri ESDM menjanjikan akan memberikan bantuan untuk mengembangkan potensi energi yang walaupun terlihat kecil, namun dampaknya sangat besar bagi pemenuhan energi di Indonesia. Beberapa program telah dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia untuk meningkatkan penggunaan teknologi biogas, seperti demonstrasi instalasi dan pelatihan mengoperasikan digester untuk masyarakat. Ditahun 1984, jumlah digester yang telah dibangun di Indonesia hanya 100 unit, sembilan tahun kemudian menjadi 350 unit. Peningkatan jumlah digester yang tidak signifikan ini disebabkan mahalanya biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun instalasi digester. Teknologi ini sudah banyak digunakan oleh peternak sapi di daerah Boyolali sejak tahun 1990-an dan masih beroperasi sampai sekarang. Penelitian yang dilakukan pada tahun 2000 menghasilkan rancangan digester biogas yang terbentuk dari bahan plastik dan pada tahun 2005 rancangan tersebut dipasarkan dengan harga 1,5 juta rupiah per instalasi diharapkan juga akan meningkatkan minat para peternak untuk menggunakannya.

Penelitian terhadap teknologi biogas yang lebih maju telah berlangsung dalam beberapa tahun ini. Penelitian tersebut dilakukan oleh perusahaan swasta,

komunitas ilmiah, institusi perguruan, dan kerjasama antara industri dan pemerintah. Biogas ialah gas yang dihasilkan oleh mikroba apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam suatu keadaan anaerobik yang sesuai baik dari segi suhu, kelembaban, dan keasaman. Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas. Namun demikian kebanyakan bahan organik baik padat atau cair seperti kotoran dan urin (air kencing) hewan ternaklah yang biasanya dimanfaatkan untuk sistem biogas sederhana. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas sistem biogas disamping parameter-parameter lain seperti temperatur digester, pH (tingkat keasaman), tekanan, dan kelembaban udara (Suroyo, 2009).

Komposisi gas yang terdapat di dalam biogas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Komposisi Gas yang Terdapat dalam Biogas

| Jenis Gas                                 | Volume (%)     |
|-------------------------------------------|----------------|
| Metana ( $\text{CH}_4$ )                  | 50 – 70        |
| Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ )         | 30 – 40        |
| Hidrogen ( $\text{H}_2$ )                 | 3 – 10         |
| Hidrogen Sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) | Sedikit sekali |

*Sumber: Kadarwati, 2003.*

Pemanfaatan biogas mempunyai beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan BBM (Bahan Bakar Minyak) yang berasal dari fosil diantaranya biogas bersifat terbarukan dan ramah lingkungan. Pemanfaatan biogas memegang peranan penting dalam manajemen limbah karena metana merupakan gas rumah kaca yang lebih berbahaya dalam pemanasan global bila dibandingkan dengan karbon dioksida. Karbon dalam biogas merupakan karbon yang diambil dari atmosfer oleh fotosintesis tanaman, sehingga bila dilepaskan lagi ke atmosfer tidak akan menambah jumlah karbon di atmosfer bila dibandingkan dengan pembakaran bahan bakar fosil.

### 2.2.2 Proses Pembentukan Biogas

Proses pembentukan biogas dilakukan secara anaerob, bakteri merombak bahan organik yang terdapat pada kotoran sapi yang telah dijelaskan diatas menjadi

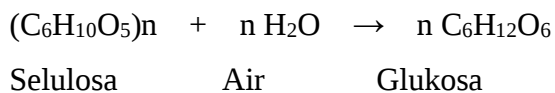
biogas dan pupuk organik, proses pelapukan bahan organik ini dilakukan oleh mikroorganisme. Laju proses pembuatan biogas sangat ditentukan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi mikroorganisme, diantaranya ialah temperatur, pH, nutrisi, konsentrasi padatan, *volatile solid*, konsentrasi substrat, lama proses pencernaan, pengadukan bahan organik serta pengaruh tekanan.

Proses perombakan bahan organik pada kotoran sapi secara anaerob yang terjadi di dalam digester terdiri dari 4 tahap proses yaitu hidrolisis, fermentasi (asidogenesis), asetogenesis, dan metanogenesis. Pembentukan biogas melalui tiga tahap proses yaitu:

#### 1. Hidrolisis/Tahap Pelarutan

Pada tahap ini terjadi penguraian bahan – bahan organik mudah larut yang terdapat pada kotoran sapi dan pemecahan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana dengan bantuan air (perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer yang larut dalam air). Senyawa kompleks ini, antara lain protein, karbohidrat, dan lemak, dimana dengan bantuan eksoenzim dari bakteri anaerob, senyawa ini akan diubah menjadi monomer (Deublein et al., 2008).

Reaksi selulosa menjadi glukosa adalah sebagai berikut :



#### 2. Pengasaman/Asetogenesis

Pada tahap pengasaman, komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Monomer yang dihasilkan dari tahap hidrolisis akan didegradasi pada tahap ini. Pembentukan asam-asam organik tersebut terjadi dengan bantuan bakteri, seperti *Pseudomonas*, *Eschericia*, *Flavobacterium*, dan *Alcaligenes* (Hambali et al., 2007). Asam organik rantai pendek yang dihasilkan dari tahap fermentasi dan asam lemak yang berasal dari hidrolisis lemak akan difermentasi menjadi asam asetat, H<sub>2</sub>, dan CO<sub>2</sub> oleh bakteri asetogenik (Drapcho et al., 2008). Pada fase ini, mikroorganisme homoasetogenik akan mengurangi H<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> untuk diubah menjadi asam asetat (Deublein et al., 2008).

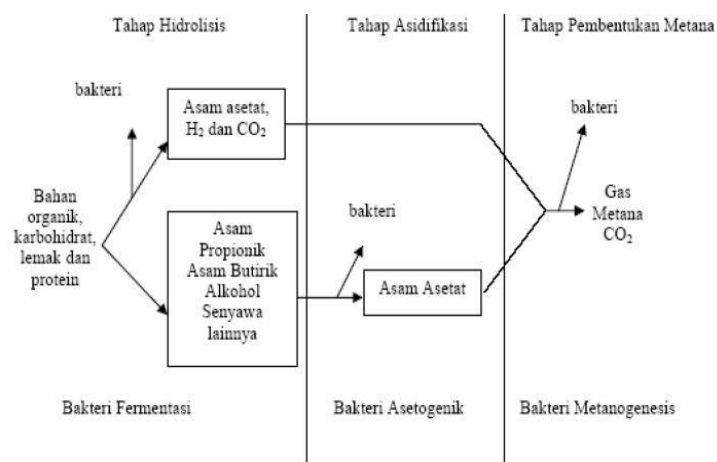
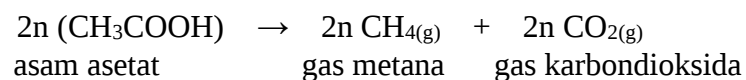
Reaksi :

- a.  $n \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2n (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) + 2n \text{ CO}_{2(g)} + \text{Kalor}$   
           glukosa                      etanol                      karbondioksida
- b.  $2n (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{(aq)} + n \text{ CO}_{2(g)} \rightarrow 2n (\text{CH}_3\text{COOH})_{(aq)} + n \text{ CH}_4(g)$   
           Etanol                      karbondioksida                      asam asetat                      metana

### 3. Metanogenesis

Pada tahap metanogenesis, terjadi pembentukan gas metan. Bakteri pereduksi sulfat juga terdapat dalam proses ini yang akan mereduksi sulfat dan komponen sulfur lainnya menjadi gas metana dan karbondioksida. Bakteri yang berperan dalam proses ini, antara lain *Methanococcus*, *Methanobacillus*, *Methanobacterium*. Terbentuknya gas metana terjadi karena adanya reaksi dekarboksilasi asetat dan reduksi  $\text{CO}_2$ . Pada tahap ini, bakteri metana membentuk gas metana secara perlahan secara anaerob selama 14 hari (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Reaksi :



Sumber : Sufyandi, 2001.

Gambar 2.1 Tahapan Proses Pembentukan Biogas

#### 2.2.3 Green Phoskko-7

Penambahan mikroorganisme ini tidak dapat menambah produksi biogas yang dihasilkan. Fungsi dari mikroorganisme ini hanya membantu proses

mempercepat pembentukan metana sebagai aktivator. Volume biogas yang besar itu dipengaruhi oleh kandungan organik yang terdapat di bahan baku. (Yuli ,2016)

*Green Phoskko-7* merupakan aktivator pembangkit gas metana sebagai pengurai secara fermentatif, semua jenis biomassa termasuk sampah dan limbah organik dalam digester anaerob. Bakteri anaerob *Green Phoskko-7* hidup secara saprofit dan bernafas secara anaerob dimanfaatkan dalam proses pembuatan biogas. Bakteri ini memecah persenyawaan organik dan menghasilkan gas metana. Dalam lingkungan mikro dalam reaktor atau digester biogas yang sesuai dengan kebutuhan bakteri ini (kedap udara, material memiliki pH > 6, kelembaban 60% dan temperatur 30°C) akan mengurai atau mendegradasi semua biomassa termasuk jenis sampah dan bahan organik.



Gambar 2.2 Bakteri *Green Phoskko 7*  
Sumber : Jurniati,2014.

### 2.3 Nilai Kalor Pembakaran Biogas

Energi yang terkandung dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas. Biogas memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu kisaran 4800 – 6700 kkal/m<sup>3</sup>, untuk gas metana murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m<sup>3</sup>. Biogas sebanyak 1000 ft<sup>3</sup> mempunyai nilai pembakaran yang sama dengan 6,4 galon butana, atau 5,2 galon gasolin (besin), atau 4,6 galon minyak diesel (Price dan Cheremisinoff, 1981).

Biogas atau metana dapat mengganti *fuel* seperti LPG atau *natural gas*, dimana 1,7 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 1 liter gasoline. Gas yang dihasilkan dapat

digunakan untuk sumber energi menyalakan lampu, dimana 1 m<sup>3</sup> biogas dapat digunakan untuk menyalakan lampu 60 Watt selama 7 jam. Hal ini berarti bahwa 1m<sup>3</sup> biogas menghasilkan energi = 60 W x 7 jam = 420 Wh = 0,42 kWh.

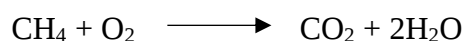
Seperti terlihat pada Tabel 3 walaupun kandungan kalor biogas relatif rendah dibanding dengan gas alam, butana dan propana, tetapi masih lebih tinggi dari gas batubara. Selain itu biogas ramah lingkungan, karena sumber bahannya memiliki rantai karbon yang lebih pendek dibandingkan dengan minyak tanah, sehingga gas CO yang dihasilkan relatif lebih sedikit.

Tabel 2.4 Perbandingan Nilai Kalor Biogas

| Jenis Gas    | Nilai Kalor (Joule/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------|--------------------------------------|
| Gas Batubara | 16.7-18.5                            |
| Gas Bio      | 20-26                                |
| Gas Metana   | 33.2-39.6                            |
| Gas Alam     | 38.9-81.4                            |
| Gas Propane  | 81.4-96.2                            |
| Gas Butana   | 103.3-125.8                          |

Sumber: Meynell, P.J., 1976.

Pada biogas dengan kisaran normal yaitu 60-70% metana dan 30-40% karbondioksida, nilai kalori antara 20 – 26 J/cm<sup>3</sup> (Meynell, P. J., (1976). Pembakaran satu molekul metana dengan oksigen akan melepaskan satu molekul CO<sub>2</sub> (Karbon dioksida) dan dua molekul H<sub>2</sub>O (air).



Dalam pemanfaatannya, kandungan gas dalam biogas yang paling bisa dimanfaatkan adalah kandungan gas metana (CH<sub>4</sub>). Karena CH<sub>4</sub> ini mempunyai nilai panas/kalor yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Gas metana murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 kkal/m<sup>3</sup> (Widodo, dkk., 2005). Kesetaraan biogas dibandingkan dengan bahan bakar lain dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Kesetaraan Biogas dan Energi Lainnya

| Aplikasi         | 1 m <sup>3</sup> Biogas setara dengan |
|------------------|---------------------------------------|
| 1 m <sup>3</sup> | Elpiji 0,46                           |
|                  | Minyak Tanah 0,62 Liter               |

---

Minyak Solar 0,52 Liter  
 Bensin 0,8 Liter  
 Kayu Bakar 3,50 Kg  
 Listrik 4,7 Kwh

---

*Sumber : Wahyuni, 2008.*

## 2.4 Digester Biogas

Konversi energi biogas untuk pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan *gas turbine*, *microturbines*, dan *Otto Cycle Engine*. Pemilihan teknologi ini sangat dipengaruhi oleh potensi biogas yang ada, seperti konsentrasi gas metana, tekanan biogas, kebutuhan beban. Digester merupakan komponen utama dalam produksi biogas. Digester menjadi tempat dimana bahan organik diurai oleh bakteri secara anaerob (tanpa udara) menjadi gas metana dan karbondioksida. Pada umumnya produksi biogas terbentuk 4-5 hari setelah digester diisi. Produksi biogas menjadi banyak setelah 12-16 hari. Secara umum, komponen digester terdiri dari empat komponen utama sebagai berikut :

1. Saluran masuk kotoran sapi (*Influent Tank*).
2. Ruang digestion (ruang fermentasi).
3. Tangki penyimpanan biogas.
4. Saluran keluar kotoran sapi (*Exfluent Tank*).

## 2.5 Genset

Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik yang disebut sebagai generator set dengan pengertian satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau mesin berbahan bakar bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar) yang dapat membangkitkan listrik (Anggito, 2014).

Cara kerja generator set adalah dengan menyalakan diesel *engine* dari generator set. Penggerak mula (*Prime mover*) merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada mesin diesel terjadi penyalan sendiri, karena proses kerjanya

berdasarkan udara murni yang dimampatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi. Ketika bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar maka bahan bakar (dalam penelitian ini adalah bahan bakar cair, bensin atau premium) akan menyala secara otomatis. Ada dua langkah kerja pendek dari diesel masing-masing mempunyai dua proses kerja, yaitu sebagai berikut :

Proses pertama :

Langkah pertama adalah langkah pemasukan dan penghisapan. Disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan poros engkol berputar ke bawah. Langkah kedua merupakan langkah kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan piston naik dan menekan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran. Proses 1 dan 2 termasuk proses pembakaran.

Proses kedua :

Langkah 3 merupakan langkah ekspansi, disini katup isap dan buang tertutup sedangkan proses engkol terus berputar dan menarik kembali piston ke bawah. Langkah keempat merupakan langkah pembuangan, disini katub buang terbuka menyebabkan gas sisa pembakaran terbuang keluar. Gas keluar karena pada langkah keempat ini piston kembali bergerak naik dan membuka katub pembuangan yang berada di atas tabung silinder piston. Setelah proses tersebut, maka proses berikutnya akan mengulang kembali proses pertama yaitu proses pembakaran, dilanjutkan dengan proses pembuangan.

Setelah engine menyala, poros dari *engine* terhubung langsung dengan poros rotor pada generator set sehingga poros *engine* dan poros rotor berputar secara bersamaan. Ketika terjadi putaran di poros rotor, maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) seperti halnya hukum Faraday.

Berdasarkan arus listriknya genset dibagi menjadi 2, yaitu Mesin Generator Set Listrik Alternator (AC) dan Mesin Generator Set Listrik Dinamo (DC). Untuk generator set jenis Listrik Alternator (AC), memiliki 2 kutub magnet yang saling dihadap-hadapkan agar bisa menghasilkan medan magnet. Pada daerah tengah medan magnet terdapat sebuah kumparan yang berputar.

Dikarenakan kumparan terus berputar sehingga gaya magnet yang masuk berubah-ubah. Sifat arus listrik yang dihasilkan adalah arus bolak-balik yang berbentuk seperti gelombang (amplitudo bergantung pada medan magnet, luas penampang kumparan dan jumlah lilitan kawat). Sedangkan, generator set jenis Listrik Dinamo (DC) memiliki cara kerja yang mirip dengan mesin generator set alternator.

Hal yang berbeda dari mereka berdua adalah genset DC menggunakan sistem cicin belah. Cicin belah ini biasanya disebut dengan nama komutator, yang biasanya terletak pada bagian output. Apapun pilihan genset, perlu diketahui bahwa pada umumnya cara kerja genset memerlukan lilitan kawat dan kutub-kutub magnet.

#### 2.5.1 Parameter Unjuk Kerja Genset

Beberapa parameter penting yang berpengaruh pada unjuk kerja motor bakar adalah sebagai berikut :

##### 2.5.1.1 Daya Mesin

Daya adalah usaha yang dilakukan suatu benda setiap detik. Dengan kata lain daya merupakan gaya yang diberikan suatu benda untuk memindahkan benda lain terhadap waktu yang diperlukan. (Abdullah, mikrajuddin. 2004)

Pada sebuah mesin, daya merupakan tujuan utama, begitu juga halnya dengan mesin yang dihubungkan ke generator. Daya pada mesin yang dihubungkan dengan generator terutama generator AC berfasa tunggal akan berpengaruh terhadap tegangan dan arus listrik. Seperti halnya pendapat dari Maleev dalam penelitian Murni tahun 2010, yang menyatakan bahwa daya dari mesin yang disambungkan ke generator AC fasa tunggal dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$N = \frac{V \times I \times \cos\phi}{\eta_{gen} \times \eta_{transmisi} \times 1000} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

N = Daya Mesin (kW)

V = Voltase (Volt)

$I$  = Arus (Amp)

$\cos\phi$  = Faktor Daya Listrik = 1

$\eta_{gen}$  = Efisiensi Genset (0,90)

$\eta_{trns}$  = Efisiensi Transmisi (0,95)

#### 2.5.1.2 Torsi

Torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Torsi juga dapat diperoleh dari perhitungan daya indikator dan putaran mesin yang terjadi.

$$T = \frac{N \times 60000}{2 \times \pi \times n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$T$  = Torsi teukur (Nm)

$N$  = Daya (kW)

$n$  = Putaran mesin (rpm)

#### 2.5.1.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik atau *specific fuel consumption (sfc)* merupakan jumlah massa bahan bakar (kg) per waktu yang dipakai selama proses pembakaran untuk menghasilkan daya sebesar 1 HP. Dengan kata lain konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diartikan sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$Sfc = \frac{G_f}{N} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana  $G_f$  adalah jumlah bahan bakar yang digunakan dengan satuan kg/jam dan  $N$  adalah daya efektif atau daya poros dengan satuannya HP. (Basyirun dkk. 2008)