

## BAB II

### TINJAUAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Teori

##### 2.1.1 Biogas sebagai Energi Terbarukan

Biogas adalah gas mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri *anaerob* (bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara) (Rahayu dkk, 2009). Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, namun demikian hanya bahan organik (padat, cair) homogen seperti kotoran dan urine (air kencing) hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Di daerah yang banyak industri pemrosesan makanan antara lain tahu, tempe, ikan pindang atau brem bisa menyatukan saluran limbahnya ke dalam sistem biogas, sehingga limbah industri tersebut tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Hal ini memungkinkan karena limbah industri tersebut di atas berasal dari bahan organik yang homogen. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas sistem biogas di samping parameter-parameter lain seperti digester, pH, tekanan, dan kelembaban udara. 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 aktivitas metabolisme dari bakteri methanogenik akan optimal pada nilai rasio C/N sekitar 8-20 (Rahayu dkk, 2009).

Bahan organik dimasukkan ke dalam ruangan tertutup kedap udara (disebut *Anaerobic Digester*) sehingga bakteri *anaeroba* akan membusukkan bahasan organik tersebut yang kemudian menghasilkan gas (disebut biogas). Biogas yang telah berkumpul di dalam *digester* selanjutnya dialirkan melalui pipa penyalur gas menuju tabung penyimpanan gas atau langsung ke lokasi pembuangannya. (Rahayu dkk, 2009).

Pembakaran biogas dilakukan melalui proses pencampuran dengan sebagian oksigen (O<sub>2</sub>). Nilai kalori dari 1 meter kubik biogas sekitar 6.000 watt jam yang setara dengan setengah liter minyak diesel. Oleh karena itu, biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil.

Namun demikian, untuk mendapatkan hasil pembakaran yang optimal, perlu dilakukan pra kondisi sebelum biogas dibakar, yaitu melalui proses pemurnian/penyaringan karena biogas mengandung beberapa gas lain yang tidak

menguntungkan. Sebagai salah satu contoh, kandungan gas hidrogen sulfida yang tinggi yang terdapat dalam biogas jika dicampur dengan oksigen dengan perbandingan 1:20, maka akan menghasilkan gas yang sangat mudah meledak. Tetapi sejauh ini belum pernah dilaporkan terjadinya ledakan pada sistem biogas sederhana. Di samping itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan sisa kotoran ternak yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budidaya pertanian. (Rahayu dkk, 2009).

Limbah biogas, yaitu kotoran ternak yang telah hilang gasnya (*slurry*) merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin dan lain-lain tidak dapat digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah dan padi.

### 2.1.2 Biogas dari Kotoran Ternak

Biogas merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob, karena diproses secara alami, gas ini merupakan campuran beberapa gas yang tergolong sebagai bahan bakar di mana gas yang dominan adalah  $CH_4$  dan yang lain yang jauh lebih kecil adalah  $CO_2$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ , dan lain-lain. Biogas ini memiliki nilai kalor yang cukup tinggi yaitu pada kisaran 4800~6700 kkal/m<sup>3</sup>, sedang gas methana murni nilai kalornya 8900 kkal/m<sup>3</sup>.

**Tabel 2. 1 Potensi Energi yang Berasal dari Kotoran Hewan di Indonesia**

Jenis Hewan	Populasi (Juta)	Tinja sehari (TBK)	Biogas (BK)	(m <sup>3</sup> /Kg)	Energi (10 <sup>6</sup> kkal/m <sup>3</sup> sehari)
Sapi/ Kerbau	13,233	68,80	0,25		86,018
Kuda	0,675	2,43	0,25		3,038
Kambing Domba	16,431	4,93	0,25		6,146
Babi	6,484	4,53	0,44		9,971
Itik, Ayam	117,654	4,11	0,60		12,330
Manusia	185,000	112,44	0,40		24,880
<b>Total</b>	<b>339,387</b>	<b>197,24</b>	<b>2,19</b>		<b>142,389</b>

Sumber: Simanjuntak, 2005

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pembentukan biogas (Rahayu, Sugi, dkk, 2009):

1) Bahan baku

Biogas akan terbentuk bila bahan baku berupa padatan berbentuk bubuk halus atau butiran kecil

2) Derajat keasaman (pH)

Bakteri anaerob akan giat bekerja pada pH 6,8 – 8 bila pH terlalu asam dapat ditambahkan bahan yang bersifat basa seperti kapur dan sebaliknya

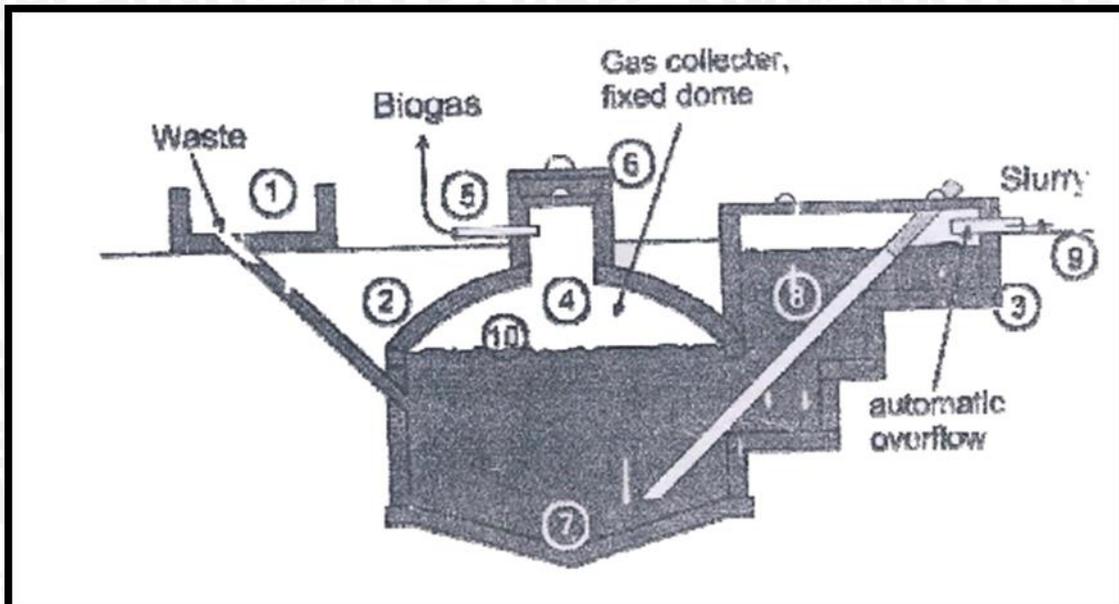
- 3) Temperatur  
Suhu pembentukan biogas yang baik adalah sekitar 30–55 °C sesuai dengan lingkungan yang cocok untuk bakteri.
- 4) Pengenceran bahan baku  
Bahan baku perlu diencerkan dengan air dengan perbandingan 1:1

### 2.1.3 Jenis Reaktor Biogas

Alat pembangkit biogas menggunakan alat yang kedap udara dengan bagian pokok terdiri atas pencerna (digester), lubang pemasukan bahan baku dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (slurry) dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Ada dua jenis digester yang biasa digunakan dilihat dari sisi konstruksinya, yaitu *fixed dome* dan *floating drum*. (Daryanto, 2007) dalam Munawaroh.

#### 1. *Fixed Dome*

Digester fixed dome mewakili konstruksi reactor yang memiliki volume tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor. Biaya yang dikeluarkan sebagai operasional digester fixed dome dapat dikatakan rendah, karena digester dengan tipe seperti ini berupa bangunan permanen, tidak berkarat dan dapat bertahan hingga 20 tahun. Bangunan digester fixed dome biasanya terletak di bawah tanah, sehingga dapat terhindar dari kerusakan fisik. Selain itu proses pembentukan biogas yang terjadi didalam tanah dapat terhindar dari suhu rendah pada malam hari, sedangkan pada siang hari sinar matahari dapat meningkatkan proses pembentukan biogas lebih cepat. Beberapa bagian penting digester fixed dome dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2. 1 Digester Fixed Dome**

Keterangan:

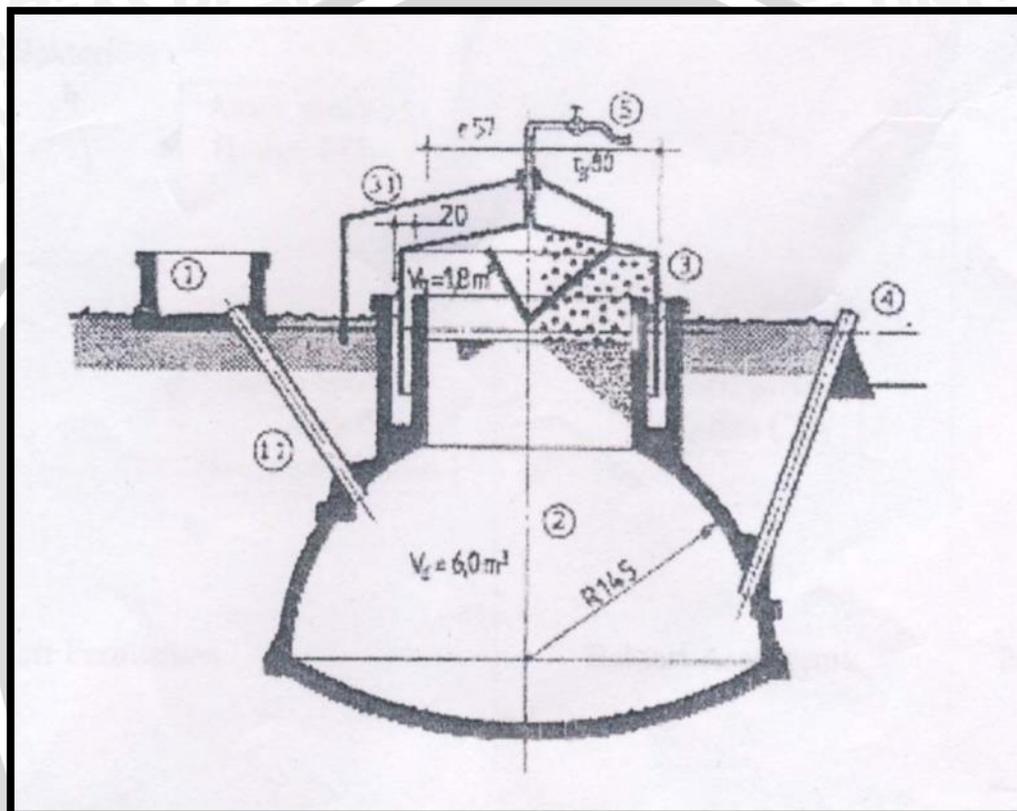
- 1 : pipa pencampur dan pipa masuk
- 2 : digester
- 3 : removal tank
- 4 : penampung gas
- 5 : pipa gas
- 6 : tempat pipa gas
- 7 : tempat pengumpulan kotoran
- 8 : saluran untuk menyalurkan limbah
- 9 : alat pengukur perbedaan jumlah biogas dan kotoran
- 10 : supernatant scum

Digester fixed dome terdiri dari bagian pencernaan yang berbentuk kubah tertutup. Di dalam digester terdapat ruang penampung gas dan removal tank. Biogas yang telah terbentuk disimpan dalam penampung gas, sedangkan kotoran yang akan digunakan untuk memproduksi biogas dialirkan menuju removal tank. Tekanan gas di dalam digester akan seiring dengan meningkatnya volume gas di dalam penampung gas.

## 2. *Floating Drum*

Pada *floating drum* terdapat bagian pada konstruksi reaktor yang bisa bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor. Pergerakan bagian reaktor tersebut menjadi tanda telah dimulainya produksi gas di dalam reaktor biogas. *Floating drum* terdiri dari bagian pencernaan yang

berbentuk kubah atau silinder yang dapat bergerak, panahan gas mengapung atau drum. Pergerakan panahan gas dipengaruhi oleh proses fermentasi dan pembentukan gas. Bagian drum sebagai tempat penampung atau penyimpanan gas yang terbentuk mempunyai rangka pengarah agar pergerakan drum stabil. Apabila digester sedang memproduksi biogas drum akan naik ke atas. Jika biogas sedang dikonsumsi, drum akan turun kebawah. Gambar digester *floating drum* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2. 2 Floating drum**

Keterangan

- 1 : pipa tempat pencampur kotoran dengan air
- 2 : isi pipa
- 3 : digester
- 4 : penampung gas
- 5 : rangkai pengarah
- 6 : tempat pembuangan limbah
- 7 : pipa gas

Bahan yang digunakan untuk drum adalah baja. Lembaran baja yang digunakan untuk kedua sisi drum berukuran 2,5 mm, sedangkan untuk bagian atas drum berukuran 2 mm. drum harus dijaga agar jangan berkarat. Untuk mencegah drum berkarat dapat digunakan cat minyak, cat sintentik maupun aspal. Produksi gas dapat meningkat apabila drum dicat dengan

menggunakan warna merah karena suhu dalam tangki pencernaan akan meningkat ketika terkena sinar matahari. Bagian atas drum sebaiknya dibuat miring. Hal ini dimaksudkan untuk mencegah air hujan masuk kedalam drum, sehinggal drum dapat mengalami korosi atau berkarat.

Digester tipe floating drum tidak selalu menggunakan bahan dari baja. Bahan lain yang dapat digunakan untuk digester tipe ini adalah plastic polyethilen. Biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat digester dengan bahan polyethilen lebih besar dari pada menggunakan bahan dari baja.

Jenis digester ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan jenis digester yang sesuai dengan kondisi di Desa Tegalweru dan juga digunakan sebagai acuan dalam penentuan modal awal pengadaan Biogas di Desa Tegalweru.

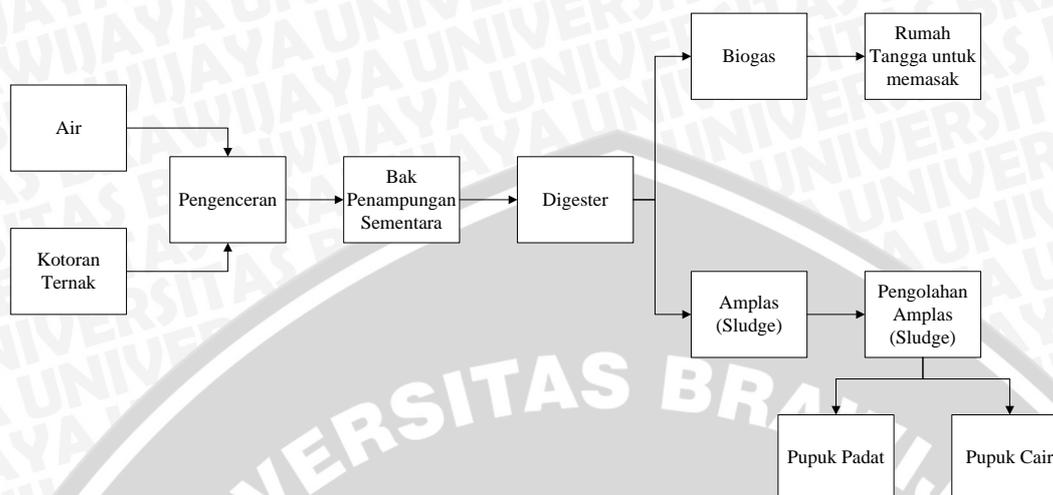
Berdasarkan Pedoman Umum Pengembangan Biogas Asal Ternak Bersama Masyarakat (BATAMAS), 2008, Biogister dibuat dari bak permanen dengan bentuk kubah, konstruksi yang mempergunakan bahan bangunan batu bata, semen pasir, dan besi bechel. Jenis dan tipe biodigester sebagai berikut:

- a. Type A  
Biodigester dengan volume sebanyak  $100 \text{ m}^3$ , dimana dapat menampung kotoran ternak sapi sebanyak 100 ekor;
- b. Type B  
Biodigester dengan volume sebanyak  $50 \text{ m}^3$ , dimana dapat menampung kotoran ternak sapi sebanyak 50 ekor;
- c. Type C  
Biodigester dengan volume sebanyak  $25 \text{ m}^3$ , dimana dapat menampung kotoran ternak sapi sebanyak 25 ekor;
- d. Type D  
Biodigester dengan volume sebanyak  $10 \text{ m}^3$ , dimana dapat menampung kotoran ternak sebanyak 10 ekor;
- e. Type plastik  
Biodigester terbuat dari bahan plastik dengan volume sebanyak  $9 \text{ m}^3$ , dimana dapat menampung kotoran ternak sapi sebanyak 2-3 ekor;
- f. Type fiberglass  
Biodigester terbuat dari fiberglass dengan volume sebanyak 5-10  $\text{m}^3$ .

Biodegester yang digunakan di Desa Tegalweru adalah tipe *fixed doomed* dengan volume sebesar  $8 \text{ m}^3$  dimana dapat menampung kotoran ternak dari 4-5 ekor.

### 2.1.4 Siklus Kerja Biogas

Siklus kerja biogas terdiri dari input, proses dan output yang dijelaskan dibawah ini:



**Gambar 2. 3 Siklus Kerja Biogas**

Sumber: Sri Wahyuni, 2009

#### A. Input

Input dalam biogas adalah berupa kotoran ternak dan air. Dimana 2 material ini diencerkan. Pengumpul bahan dilakukan pada fasilitas yang ada di peternakan seperti sanitasi, lingkungan dan lahan pertanian. Bahan untuk biogas terbagi menjadi bahan cair, padat, semi padat, dan lumpur.

##### a) Bahan baku

Kotoran hewan sebagai sumber bahan baku biogas terdiri dari padatan berkisar antara 8 hingga 25% tergantung dari tipe binatang. Bahan baku tersebut dapat diencerkan dengan berbagai proses pencampuran dengan air atau dengan menambahkan bahan tambahan.

##### b) Bahan cair

Bahan cair adalah bahan utama dari biogas dengan prosentasi padatan kurang dari 5%. Bahan cair ini dapat langsung di pompa ke tangki pengolahan dan penyimpanan sebelum diaplikasikan.

##### c) Lumpur

Lumpur kotoran sapi juga merupakan inputan dari sistem biogas dimana terkandung padatan 5-10%. Lumpur dari kotoran sapi ini dapat langsung dipompa ke tangki pengumpul dan pengolahan. Beberapa liter air ditambahkan untuk membuat lumpur.

##### d) Semi-padat

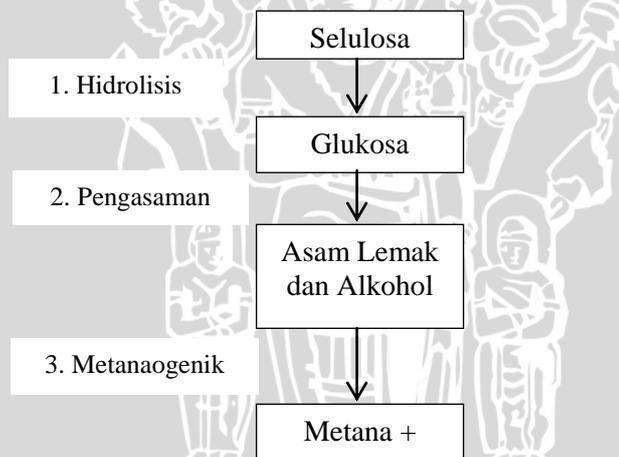
Bahan ini berstruktur 10-20% padatan. Pada bahan semi-padat ini tidak dilakukan penambahan air. Bahan ini terkumpul pada lahan peternakan. Bahan ini dapat digunakan pada semua iklim, karena dapat dipanaskan untuk mendorong pertumbuhan bakteri.

e) Bahan Padat

Bahan padat memiliki struktur 20% padatan. Bahan padat yang tidak diolah dan dibiarkan pada padang rumput atau dimana tempat hewan dirawat tidak cocok untuk pengembangan biogas.

B. Proses

Proses penghasilan biogas dilakukan didalam digester, dimana di dalam digester terdapat proses fermentasi dan perubahan-perubahan kimiawi. Proses fermentasi mengacu pada berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi diantara bakteri mentanogen dan non-mentanogen serta bahan yang ditambahkan ke dalam digester sebagai input. Penghancuran input yang merupakan bahan organic dicapai dalam 3 tahapan, yaitu hidrolisis, addification, dan methanization.



**Gambar 2. 4 Siklus Kerja Biogas**

Sumber: Sri Wahyuni, 2009

C. Output

Output yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas adalah gas metana yang digunakan sebagai energi pemanas (untuk memasak dalam rumah tangga). Limbah sisa hasil pemanfaatan biogas berupa ampas dapat diolah menjadi pupuk padat dan pupuk cair sehingga mampu meminimalisir dampak lingkungan yang ditimbulkan

Keterkaitan antara lingkup materi dalam penelitian ini dengan proses atau siklus dari Biogas dikarenakan dalam wilayah studi hasil limbah Biogas dimanfaatkan sebagai pupuk padat dan pupuk cair.

### 2.1.5 Prinsip Pembuatan Biogas

Prinsip pembuatan biogas sebagai energy alternative yang cocok diterapkan pada skala pedesaan adalah:

1. Biogas diproduksi oleh bakteri dari bahan organik di dalam kondisi hampa udara (anaerobik proses). Proses ini berlangsung selama pengolahan atau fermentasi, gas tersebut sebagian besar berupa metana dengan rumus molekul  $CH_4$  dan karbondioksida dengan rumus molekul  $CO_2$ .
2. Campuran gas tersebut bersifat mudah terbakar jika kandungan metana mencapai lebih dari 50 %. Biogas yang berasal dari kotoran ternak berisi kira-kira 60 % metana. Potensi produksi gas dari suatu jenis bahan sesungguhnya cukup tinggi jika kadar bahan organiknya juga tinggi dan tingkat rasio C/N 20 : 1 sampai 40 : 1.
3. Kecepatan produksi gas selanjutnya tergantung dari kondisi fisik bahan dan temperatur. Bahan kering dan berserabut lebih lama jika dibandingkan dengan bahan yang halus serta basah. Temperatur optimal pada suhu 35 C, berkisar antara 32 – 37 C. Selain itu juga tergantung dari jenis bakterinya. Kelompok bakteri yang berbeda bertugas untuk kehidupan fermentasi dalam sebuah ekosistem. Setiap jenis bakteri tergantung dengan jenis lainnya. Jangka fermentasi menjadi singkat jika populasi bakteri benar-benar seimbang.
4. Kadar kering (total solid = TS) lapisan yang tidak terolah, berkisar antara 7 – 11 %. Hasil ini bisa dicapai jika kotoran padat dicampur air atau urine dengan volume yang seimbang. Proses digester yang sehat menunjukkan adanya pH 7.0 (taraf netral dari bahan).
5. Bila bakteri yang menghasilkan metana telah tersedia dalam bahan misalnya dari kotoran ruminansia, produksi biogas dimulai dalam waktu 3 – 5 hari. Pada lahan pertanian digester diisi perlahan-lahan, sementara itu penggunaannya setelah bangunan penuh terisi.
6. Bila ada masalah untuk mengawali produksi gas (misal udara terlalu dingin), maka perlu ditambah 20 % kotoran pemacu yang berasal dari digester yang telah berfungsi, kemudian diaduk pada saat pengisian pertama.

### 2.1.6 Pemilihan Ukuran Reaktor Biogas

Program Biogas Rumah (BIRU)/ Indonesian Domestic Biogas Programme (IDBP) memberikan subsidi berupa reaktor biogas berukuran 4,6,8,10 dan 12 m<sup>2</sup>.

Berikut ini adalah informasi dasar mengenai ukuran-ukuran reaktor biogas yang dibangun BIRU dan kuantitas bahan baku yang dibutuhkan:

**Tabel 2. 2 Ukuran Reaktor Biogas**

SN	Kapasitas Tempat Pengolahan * (m <sup>3</sup> )	Produksi gas per hari (m <sup>3</sup> )	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari ** (kg)	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan
1	4	0,8 – 1,6	20-40	20-40	3-4
2	6	1,6 – 2,4	40-60	40-60	5-6
3	8	2,4 – 3,2	60-80	60-80	7-8
4	10	3,2 – 4,2	80-100	80-100	9-10
5	12	4,2 – 4,8	100-120	100-120	11-12

\* kapasitas tempat pengolahan artinya volume reaktor biogas dan kubah penyimpanan gas

\*\* rata-rata waktu penyimpanan 50 hari

Ukuran reaktor biogas diputuskan berdasarkan jumlah bahan baku harian yang tersedia, sebagai berikut:

**Tabel 2. 3 Ketentuan Ukuran reaktor Biogas berdasarkan Ketersediaan Bahan Baku**

Kuantitas bahan baku yang tersedia setiap harinya (kg)	Produksi per Hari (m <sup>3</sup> )	Kuantitas bahan bakar kayu yang dapat dihemat per hari (kg)
20-40	0,8 – 1,6	20-40
40-60	1,6 – 2,4	40-60
60-80	2,4 – 3,2	60-80
80-100	3,2 – 4,2	80-100
100-120	4,2 – 4,8	100-120

Ketersediaan bahan baku di Desa Tegaweru akan menentukan ukuran reaktor biogas.

Menurut Hastuti, 2009, kelebihan yang diperoleh dari aplikasi biogas yang menggunakan bahan kotoran ternak yaitu:

1. Biogas menghasilkan api berwarna biru bersih, tidak menghasilkan asap maupun bau sehingga kebersihan dapur terjaga.
2. Biogas dapat dipergunakan 24 jam nonstop tidak akan berhenti sepanjang bahan bakar baku kotoran ternak rutin dipasokke dalam digester.
3. Waktu yang diperlukan dengan menggunakan biogas lebih cepat, misalnya memasak air dengan biogas membutuhkan waktu 15 menit lebih cepat dibandingkan menggunakan kayu bakar atau minyak tanah.
4. Keluarga yang menggunakan biogas tidak membutuhkan pembelian bahan bakar karena sudah bisa terpenuhi kebutuhannya dari kotoran ternak yang dipeliharanya sehingga biaya hidup sedikit lebih irit.
5. Waktu tidak terbuang banyak, misalnya bagi mereka yang biasanya mencari/memotong kayu bakar di hutan kini waktunya bisa dipergunakan

untuk kegiatan yang memberikan nilai tambah ekonomis, dengan pekerjaan sambilan.

6. Aplikasi biogas menjadikan kotoran ternak sangat berharga, oleh karena itu para petani akan rajin merawat ternaknya sehingga kondisi kandang menjadi bersih dan kesehatan ternak menjadi lebih baik, yang secara tidak langsung akan membawa keuntungan dengan penjualan ternaknya yang sehat, lebih cepat besar dan harga jualnya menjadi lebih tinggi.

Biogas menghasilkan pupuk organik yang secara kontinyu dalam jumlah yang memadai serta kualitas pupuk yang lebih baik, sehingga petani dapat menghemat biaya produksi pertanian dengan mengurangi pengeluaran membeli pupuk kimia.

Manfaat aplikasi Biogas tersebut merupakan salah satu alasan penelitian terkait pemanfaatan Biogas di Desa Tegalweru dilaksanakan. Potensi hewan ternak berupa sapi yang ada di Desa Tegalweru dapat menguntungkan secara ekonomi, sosial dan lingkungan apabila dimanfaatkan sebagai Biogas.

### 2.1.7 Keberhasilan

Dalam kaitannya dengan manfaat, biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi serta menghasilkan pupuk organik dalam bentuk padat dan cair. Pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas dengan fermentasi anaerob dan menggunakan bakteri methanogen dapat mendukung penerapan konsep zero waste, sehingga praktik pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan dapat dicapai (Andreas Wiji SP, 2010).

Persyaratan keberhasilan pengembangan Biogas menurut Sulaeman (2008) dan Andreas Wiji SP (2010) dijelaskan pada tabel berikut ini:

**Tabel 2. 4 Persyaratan keberhasilan pengembangan Biogas**

No	Paramater	Syarat	
		Sulaeman (2008)	AndreasWiji SP (2010)
1.	Ekonomi		
	a. Biaya aplikasi	Terjangkau	-
	b. Pengaruh pada pendapatan	Nyata	Ada nilai tambah
	c. Pemanfaatan/pemasaran hasil.	Mudah	Mudah
2.	Sosial		
	a. Kesesuaian terhadap kebiasaan	Tidak bertentangan	Masyarakat mau menerima
	b. Ketersediaan tenaga kerja	Mampu dan cukup	
3.	Lingkungan		
	a. Dampak	Tidak ada dampak negatif	Mengurangi pencemaran lingkungan
	b. Zero waste	Terpenuhi	

## 2.2 Tinjauan Analisis

### 2.2.1 Analisis Manfaat Biaya (*Benefit Cost Analysis*)

Analisis manfaat dan biaya (*benefit cost analysis*) adalah suatu teknik yang digunakan untuk membandingkan berbagai biaya yang terkait dengan investasi/biaya dengan manfaat yang diharapkan untuk didapatkan. Analisis ini digunakan jika suatu proyek akan dievaluasi kelayakan secara ekonomi sehingga dapat ditentukan apakah suatu investasi layak dilakukan berdasarkan perbandingan antara manfaat yang diperoleh serta biaya yang harus dikeluarkan.

BCA umumnya digunakan manakala manfaat secara ekonomi suatu produk lingkungan (*environmental goods*) yang tidak memiliki pasar akan dinilai. Pada dasarnya BCA terdiri dari dua variabel utama yaitu manfaat dan biaya. Oleh karena itu, kajian manfaat (*benefit*) dan kajian biaya (*cost*) terlebih dahulu harus dilakukan. Manfaat suatu barang, khususnya barang lingkungan, adalah setara dengan kemampuan untuk membayar (*willingness to pay/WTP*) dari individu untuk barang lingkungan tersebut. Menurut Robinson (2012), dalam memperbandingkan arus biaya dan arus manfaat dari suatu proyek maka dipakai beberapa parameter untuk mengukur kelayakan dari proyek tersebut. Beberapa parameter yang sering digunakan yaitu:

1. *Net Present Value* (Nilai Uang Saat Ini)

Metode *Net Present Value* adalah nilai tunai dari proyek. Agar menggambarkan nilai tunai maka semua biaya dan manfaat proyek terlebih dahulu dialihkan menjadi nilai tunai dengan cara didiskonto.

2. *Internal Rate of Return*

*Internal Rate of Return* disingkat IRR adalah tingkat yang membuat nilai tunai PV dari pengeluaran (*cost*) sama dengan nilai tunai PV dari penerimaan (*benefit*). IRR merupakan indikator tingkat efisiensi dari suatu investasi. Suatu proyek/investasi dapat dilakukan apabila laju pengembaliannya (*rate of return*) lebih besar dari pada laju pengembalian dan apabila melakukan investasi di tempat lain (bunga deposito bank, reksadana dan lain-lain).

3. *Benefit Cost Ratio*

*Benefit Cost Ratio* adalah perbandingan antara nilai tunai manfaat proyek dengan nilai tunai biaya proyek. *Rasio antara Net Incremental Benefits* yaitu dapat dihitung dengan memasukan jumlah pemasukan “dengan proyek” kemudian dikurangi dengan pengeluaran “tanpa proyek”. Dengan menggunakan

Net Incremental Benefits, dapat juga menghitung jumlah pengeluaran yaitu pengeluaran “dengan proyek” dikurangi pengeluaran “tanpa proyek” setelah discounting.

Dalam penelitian ini, ketiga parameter di atas digunakan untuk menilai keberlanjutan pemanfaatan limbah kotoran ternak dari aspek ekonomi.

### 2.2.2 Metode Perhitungan Emisi

Produksi limbah kotoran ternak mengandung gas metana dan gas nitrous oksida yang dihasilkan dari suatu sistem pengolahan limbah. Metode perhitungan emisi dalam penelitian ini digunakan sebagai dasar untuk perhitungan jumlah emisi gas metana dan nitrous oksida yang berkurang setelah pengolahan limbah kotoran ternak menjadi menggunakan Biogas.

Dalam penelitian ini, pengolahan data menggunakan metode perhitungan emisi ialah untuk menghitung emisi gas metana yang dihasilkan dari limbah kotoran ternak sapi, dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Emission Factor (kg/head/yr)} \cdot \text{Population (head)} / (10^6 \text{ kg/Gg}) = \text{Emissions Gg/yr.}$$

Dimana :

- Emisi factor : berdasar default value dari IPCC [kg/ekor/tahun]
- Populations : Jumlah sapi
- Emission : Emisi GRK {Gg/tahun}

Faktor emisi merupakan nilai rata-rata suatu parameter udara yang dikeluarkan oleh IPCC. Biogas mayoritas mengandung gas metana (CH<sub>4</sub>) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) serta beberapa jandungan unsur kimia lainnya dalam jumlah kecil diantaranya *Hydrogen Sulfida* (H<sub>2</sub>S), *Ammonia* (NH<sub>3</sub>), *Hydrogen* (H<sub>2</sub>) dan Nitrogen. Energi yang terkandung dalam biogas ditentukan oleh seberapa besar konsentrasi metana (CH<sub>4</sub>). Semakin tinggi kandungan metana maka akan semakin besar kandungan enregi pada biogas. Oleh karena itu perlu adanya pengukuran terkait gas metana yang dapat dikurangi akibat adanya Biogas.

Beberapa variabel yang digunakan dalam perhitungan menggunakan nilai yang telah ditentukan oleh IPCC (default value). Tabel berikut menunjukkan nilai-nilai tersebut.

**Tabel 2. 5 Parameter Emisi Faktor Gas Metana**

MANURE MANAGEMENT EMISSION FACTORS FOR CATTLE, SWINE, AND BUFFALO				
Regional Characteristics	Livestock Type	Emission Factor by Climate Region (kg/head/yr)		
		Cool	Temperate	Warm
Latin America: Almost all	Dairy Cattle	0	1	2

livestock manure is managed as a solid on pastures and ranges.	Non-dairy Cattle	1	2	1
	Swine	0	1	2
	Buffalo	1	1	2
<b>Africa:</b> Almost all livestock manure is managed as a solid on pastures and ranges	Dairy Cattle	1	1	1
	Non-dairy Cattle	0	1	1
	Swine	0	1	2
	Buffalo			
<b>Middle East:</b> Over two-thirds of cattle manure is deposited on pastures and ranges. About one-third of swine manure is managed in liquid-based systems. Buffalo manure is burned for fuel or managed as a solid.	Dairy Cattle	1	2	2
	Non-dairy Cattle	1	1	1
	Swine	1	3	6
	Buffalo	4	5	5
<b>Asia:</b> About half of cattle manure is used for fuel with the remainder managed in dry systems. Almost 40% of swine manure is managed as a liquid. Buffalo manure is managed in drylots and deposited in pastures and ranges	Dairy Cattle	7	16	27
	Non-dairy Cattle	1	1	2
	Swine	1	4	7
	Buffalo	1	2	3
<b>Indian Subcontinent:</b> About half of cattle and buffalo manure is used for fuel with the remainder managed in dry systems. About one-third of swine manure is managed as a liquid	Dairy Cattle	5	5	6
	Non-dairy Cattle	2	2	2
	Swine	3	4	6
	Buffalo	4	5	5

The range of estimates reflects cool to warm climates. Climate regions are defined in terms of annual average temperature as follows:  
Cool = less than 15°C; Temperate = 15°C to 25°C inclusive; and Warm = greater than 25°C. All climate categories are not necessarily represented within every region. For example, there are no significant warm areas in Eastern or Western Europe.  
Note: Significant buffalo populations do not exist in North America, Oceania, or Africa.  
Source: IPCC, 2006 (Chapter 4, Table 4.6).

**Tabel 2. 6 Parameter Emisi Faktor Gas Nitrous oksida**

TENTATIVE DEFAULT VALUES FOR N <sub>2</sub> O EMISSION FACTORS FROM ANIMAL WASTE PER ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM (KG N <sub>2</sub> O - N/KG NITROGEN EXCRETED)	
Animal Waste Management System	Emission Factor EF
Anaerobic lagoons	0.001 (<0.002)
Liquid systems	0.001 (<0.001)
Daily spreada	0.0 (no range)
Solid storage and drylot <sup>a</sup>	0.02 (0.005-0.03)
Pasture range and paddock (grazing) <sup>b</sup>	0.02 (0.005-0.03)
Used as fuel <sup>c</sup>	Not Applicable
Other systems <sup>b</sup>	0.005

<sup>a</sup>Considered to be a part of direct soil emissions from agricultural fields after spreading.

<sup>b</sup>Considered to be a part of direct soil emissions from animal production.

<sup>c</sup>Considered to be a part of emissions from energy.

Source: IPCC, 2006.

### 2.2.3 Regresi Logistik

Regresi logistik adalah bagian dari analisis regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel dependen yang kategori dan variabel independen bersifat kategori, kontinu, atau gabungan dari keduanya. Analisis regresi logistik digunakan untuk memperoleh probabilitas terjadinya variabel dependen (Suharjo, 2008 dalam Haloho, dkk, 2013). Bentuk persamaan regresi logistik adalah sebagai berikut:

$$\pi(x_i) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})}{1 + (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi})} \quad \text{Pers. 2.1}$$

Keterangan  $i = 1, 2, \dots, n$

Untuk mengetahui pengaruh dari variabel independen dapat dilakukan uji signifikansi secara keseluruhan dan secara individu sebagai berikut:

#### A. Uji signifikansi secara keseluruhan

Sebelum membentuk model regresi logistik terlebih dahulu dilakukan uji signifikansi parameter. Uji yang pertama kali dilakukan adalah pengujian peranan parameter didalam model secara keseluruhan yaitu dengan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_i = 0$  (Model tidak berarti)

$H_1 : \text{paling sedikit koefisien } \beta_i \neq 0$  (Model berarti)

$i = 1, 2, \dots, p$ .

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$G = -2 \log \left( \frac{l_0}{l_1} \right) = -2 [\log(l_0) - \log(l_1)] = -2 \log(L_0 - L_1) \quad \text{Per. 2.2}$$

dengan :

$l_0$  : Nilai maksimum fungsi kemungkinan untuk model di bawah hipotesis nol

$l_1$  : Nilai maksimum fungsi kemungkinan untuk model di bawah hipotesis alternatif

$L_0$  : Nilai maksimum fungsi log kemungkinan untuk model di bawah hipotesis nol

$L_1$  : Nilai maksimum fungsi log kemungkinan untuk model di bawah hipotesis alternatif

Nilai  $-2(L_0 - L_1)$  tersebut mengikuti distribusi *Chi-square* dengan  $df = p$ . Jika menggunakan taraf nyata sebesar  $\alpha$ , maka kriteria ujinya adalah tolak  $H_0$  jika  $-2(L_0 - L_1) \geq \chi^2_{(p)}$  atau  $p\text{-value} \leq \alpha$ , dan terima dalam hal lainnya (Nachrowi, 2002 dalam Haloho, dkk, 2013).

#### B. Uji Signifikansi Secara Individual

Uji signifikansi parameter secara individual dilakukan dengan menggunakan Wald Test dengan rumusan hipotesis sebagai berikut:

$H_0 : \beta_i = 0$  ( koefisien logit tidak signifikan terhadap model)

$H_1 : \beta_i \neq 0$  ( koefisien logit signifikan terhadap model )

Dan statistik uji:

$$W^2 = \left[ \frac{\hat{\beta}^i}{SE(\hat{\beta}^i)} \right]^2 \quad \text{Per. 2.3}$$

Nilai kuadrat  $W$  tersebut mengikuti distribusi *Chi-square* dengan  $df = 1$ . Jika  $W^2 \geq X^2_{(1,\infty)}$  atau  $p\text{-value} \leq \alpha$  maka  $H_0$  ditolak, dan  $H_1$  diterima.  $\hat{\beta}^i$  adalah nilai dari estimasi parameter regresi dan  $SE(\hat{\beta}^i)$  adalah standard error (Nachrowi, 2002 dalam Haloho, dkk, 2013).

## 2.3 Tinjauan Kebijakan

Tinjauan yang digunakan dalam penelitian pengembangan bioenergi skala rumah tangga melingkupi beberapa kebijakan yang nantinya menjadi pilar utama dalam identifikasi dan pengembangan. Tinjauan kebijakan yang digunakan antara lain Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional serta Perda Kabupaten Malang Nomor 6 Tahun 2008 yaitu tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Tahun 2005-2025.

### 2.3.1 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007

Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Pasal 20 Ayat 2 dan 3 menyatakan bahwa:

- a. Penyediaan energi oleh Pemerintah dan/ atau pemerintah diutamakan di daerah yang belum berkembang, daerah terpencil, dan daerah pedesaan dengan menggunakan sumber energi setempat, khususnya sumber energi terbarukan.
- b. Daerah penghasil sumber energi mendapat prioritas untuk memperoleh energi dari sumber energi setempat.

### 2.3.2 Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006

Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energy nasional, beberapa tinjauan terkait pemanfaatan energy terbarukan yaitu terkait target dan beberapa sasaran kebijakan nasional antara lain:

- a. Tercapainya elastisitas energi lebih kecil dari 1 (satu) pada tahun 2025

b. Terwujudnya energi (primer) mix yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional:

- 1) Minyak bumi menjadi kurang dari 20%
- 2) Gas bumi menjadi lebih dari 30%
- 3) Batubara menjadi lebih dari 33%
- 4) Biofuel menjadi lebih dari 5%
- 5) Panas bumi menjadi lebih dari 5%
- 6) Energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya,biomass, nuklir, tenaga air skala kecil, tenaga surya, dan tenaga angin menjadi lebih dari 5%.
- 7) Bahan bakar lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2%.

### 2.3.3 Perda Kabupaten Malang Nomor 6 Tahun 2008

Visi yang terkandung di dalam Perda Nomor 6 Tahun 2008 yaitu:

1. “Satata Gama Karta Raharja” merupakan semangat dan nilai-nilai luhur dalam kehidupan bermasyarakat dari para leluhur pendahulu Kabupaten Malang, yang bermakna Masyarakat Adil Dan Makmur Material Dan Spiritual Diatas Dasar Kesucian Yang Langgeng. Apabila kita kaji secara mendalam maka sesanti tersebut masih sangat sesuai dengan kondisi dan kebiasaan masyarakat yang sangat beragam di Kabupaten Malang, oleh karena itu sangat perlu untuk kita lestarikan.
2. Dengan mengacu pada agenda Pembangunan Jangka panjang Nasional serta menjamin tercapainya tujuan pembangunan Kabupaten Malang maka ditetapkan Visi Pembangunan Kabupaten Malang Tahun 2005-2025 adalah “Kabupaten Malang Aman, Maju, Adil dan Makmur”.

Demi terwujudnya visi-visi tersebut, dirumuskan beberapa misi, diantaranya:

1. Meningkatkan pemahaman dan menjadikan nilai-nilai universal agama sebagai pemersatu dan penggerak pembangunan masyarakat madani.
2. Meningkatkan supremasi hukum dan HAM serta mendorong tumbuh dan berkembangnya kekuatan sosial politik dan organisasi kemasyarakatan.
3. Meningkatkan mutu pendidikan dan kesehatan sertamendorong maju dan berprestasinya olah raga seni dan budaya.
4. Meningkatkan pengelolaan sumber daya alam dan sumber daya lainnya berdasarkan potensi dan prospek pengembangannya.

5. Meningkatkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya berdasarkan keadilan sosial dan menjamin kesinambungan pembangunan yang berwawasan lingkungan.
6. Meningkatkan profesionalisme aparatur dalam rangka pelayanan publik.

Terwujudnya misi Kabupaten Malang terutama pada misi peningkatan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya berdasarkan keadilan sosial dan menjamin kesinambungan pembangunan yang berwawasan lingkungan dimana salah satu upaya yang akan dilaksanakan yaitu dengan mengembangkan energi alternatif untuk keberlangsungan kegiatan ekonomi masyarakat.

#### 2.4 Studi Terdahulu

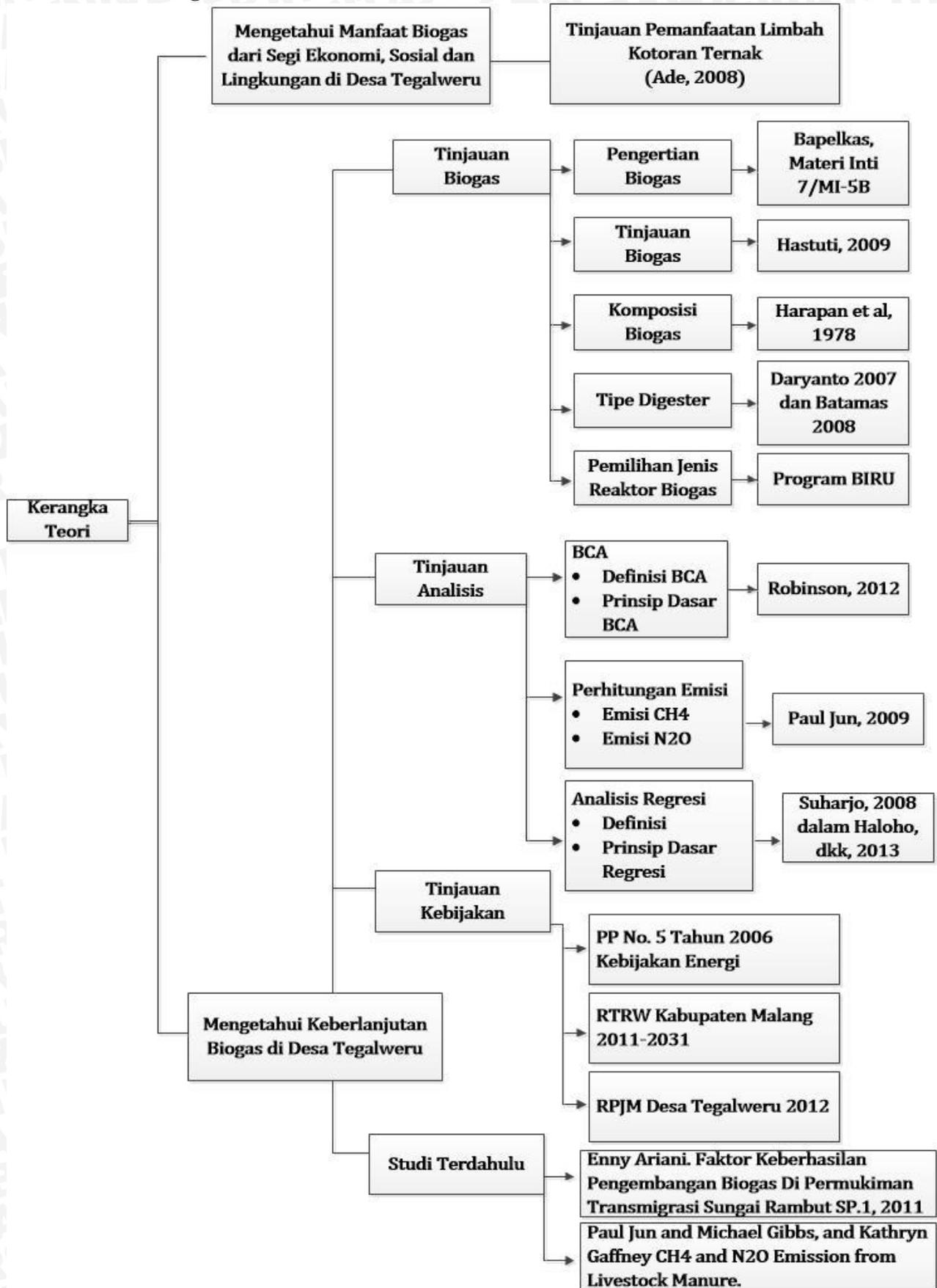
Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai referensi oleh peneliti yaitu terdapat 2 penelitian. Masing-masing peneliti mempunyai isi kajian yang diulas berdasarkan tema penelitiannya. Penelitian terdahulu yang digunakan oleh peneliti diambil mengenai tinjauan pustaka, metodologi dan variabel-variabel penelitian. Adapun 2 penelitian yang digunakan yaitu:

1. Enny Ariani, 2011 mengenai Faktor Keberhasilan Pengembangan Biogas Di Permukiman Transmigrasi Sungai Rambut SP.1, 2011. Penelitian ini tidak membahas manfaat langsung maupun tidak langsung yang dapat diperoleh dengan adanya pengembangan biogas di perkampungan transmigrasi sungai rambutan SP 1, Peneliti juga tidak meneliti keberlanjutan Biogas di perkampungan transmigrasi sungai rambutan SP 1. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui faktor-faktor yang menjadi kendala pengembangan biogas. Penggunaan dalam penelitian berupa parameter dan variable dari aspek Ekonomi, Sosial dan Lingkungan yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah ke dua.
2. Paul Jun dan Michael Gibbs, mengenai emisi gas CH<sub>4</sub> dan gas N<sub>2</sub>O yang berasal dari limbah kotoran ternak. Penggunaan dalam penelitian ini berupa *default value* yang ditetapkan oleh IPCC dan beberapa teori yang berkaitan dengan pengurangan emisi gas metana dan nitrous oksida.

Tabel 2. 7 Studi Terdahulu

Nama	Judul Tahun	Variabel	Metode Analisis	Hasil	Perbedaan	Penggunaan dalam Penelitian
Enny Ariani	Faktor Keberhasilan Pengembangan Biogas Di Permukiman Transmigrasi Sungai Rambut SP.1, 2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomi</li> <li>• Sosial</li> <li>• Lingkungan</li> </ul>	Analisis Deskriptif yang mengacu pada persyaratan pengembangan biogas menurut Sulaeman (2008) dan Andreas Wiji SP (2010)	Dapat diketahui factor-faktor yang menjadi kendala pengembangan biogas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peneliti tidak membahas manfaat langsung maupun tidak langsung yang dapat diperoleh dengan adanya pengembangan biogas di perkampungan transmigrasi sungai rambut SP 1</li> <li>• Peneliti juga tidak meneliti keberlanjutan Biogas di perkampungan transmigrasi sungai rambut SP 1</li> </ul>	Penggunaan dalam penelitian berupa parameter dan variabel dari aspek Ekonomi, Sosial dan Lingkungan yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah ke dua.
Paul Jun <i>et al</i>	CH4 and N2O emission from livestock manure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lingkungan</li> </ul>	Metode yang digunakan berupa metode perhitungan emisi	Penurunan pencemaran gas metana dan nitrous oksida akibat pemanfaatan limbah kotoran ternak.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peneliti mengkaji hingga manajemen dalam pengurangan emisi baik gas metana maupun gas nitrous oksida.</li> </ul>	Penggunaan dalam parameter ini berupa <i>default value</i> yang telah ditetapkan oleh IPCC.

## 2.5 Kerangka Teori



Gambar 2. 5 Kerangka Teori