

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Biogas

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dihasilkan oleh proses pemecahan bahan limbah organik yang melibatkan aktivitas bakteri anaerob dalam kondisi anaerobik dalam digester (Susetyo, dkk. 2010). Biogas umumnya mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 60-70% yang bila dibakar akan menghasilkan energi panas sekitar 1000 *British Thermal Unit/ft<sup>3</sup>* atau 252 Kkal/0,028  $\text{m}^3$ . Biogas juga digunakan sebagai energi pengganti yang ramah lingkungan. Dapat diketahui, pada saat ini Indonesia mempunyai potensi limbah biomas yang melimpah, namun belum dapat di manfaatkan secara maksimal. (Tuti Haryati, 2006)

##### 2.1.1 Biogas Sebagai Potensi Sumber Energi Alternatif

Biogas merupakan 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  $\text{CH}_4$  dan yang lain yang jauh lebih kecil adalah  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , dan lain-lain. Biogas ini memiliki nilai kalor yang cukup tinggi yaitu pada kisaran 4800-6700 kkal/ $\text{m}^3$ , sedang gas methana murni nilai kalornya 8900 kkal/ $\text{m}^3$  (Simanjuntak, Melvin Emil, 2005). Biogas mayoritas mengandung gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) serta beberapa kandungan unsur kimia lainnya dalam jumlah kecil diantaranya *Hydrogen Sulfida* ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Ammonia ( $\text{NH}_3$ ), *Hydrogen* ( $\text{H}_2$ ) dan Nitrogen. Energi yang terkandung dalam biogas ditentukan oleh seberapa besar konsentrasi metana ( $\text{CH}_4$ ). Semakin tinggi kandungan metana maka akan semakin besar kandungan energi pada biogas.

Biogas merupakan gas ramah lingkungan karena biogas dapat mengurangi efek rumah kaca. Selain itu, biogas juga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil lainnya seperti LPG maupun kayu bakar. Pengembangan biogas secara intensif akan menghasilkan energi biogas yang besar dan cukup untuk mengurangi efek rumah kaca atau *global warming* yang sekarang sedang terjadi.

## 2.2 Distribusi Biogas

Distribusi menurut Kotler (1997) adalah kegiatan penyampaian produk dari produsen kepada konsumen sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Distribusi gas pada biogas sangat ditentukan oleh jarak antar sumber energi dengan konsumen dan juga jumlah konsumen yang menggunakan. Distribusi yang melebihi jarak 2 km diperlukan adanya augmentasi dengan pompa penguat untuk mendukung api stabil dengan menggunakan pipa plastik *standart* (Khoiyangbam, 2011). Pipa tersebut selanjutnya dirangkai atau dihubungkan dengan pipa-pipa lainnya hingga mencapai tempat yang dikehendaki, yakni tempat memasak (kompor atau lampu). Pada ujung pengeluaran gas dipasang kran guna mengalirkan atau mematikan aliran gas. Jaringan pipa biogas atau instalasi biogas adalah suatu jaringan pipa yang digunakan untuk mengalirkan atau mendistribusikan biogas ke masyarakat sekitar.

Jaringan pipa biogas atau instalasi biogas adalah suatu jaringan pipa yang digunakan untuk mengalirkan atau mendistribusikan biogas ke masyarakat sekitar. Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran yang digunakan untuk mengalirkan zat cair atau gas di bawah tekanan (Triatmojo 1996 : 58). Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat. Maka tekanan menjadi penting karena tekanan yang rendah akan mengakibatkan masalah dalam distribusi jaringan pipa, namun bila tekanan besar akan memperbesar kehilangan energi.

Pada sistem penyimpan dan pendistribusian biogas ini, pipa yang digunakan adalah jenis *Polivinil Chlorida* (PVC). Pipa tersebut tersedia dipasaran dengan berbagai merk baik yang diproduksi oleh industri dalam negeri maupun dari produk impor. Pemilihan/ penggunaan pipa PVC ini tentunya dengan berbagai pertimbangan sesuai dengan kebutuhan, antara lain: saluran pipa harus tahan terhadap korosi, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak mudah pecah atau bocor dan mudah dipasang secara fleksibel.

Proses distribusi digunakan untuk menyalurkan ketersediaan energi biogas terhadap kebutuhan masyarakat atas energi biogas. Dengan adanya sistem distribusi yang tepat, kelebihan energi yang dihasilkan oleh masing-masing biogas dari KK peternak non-biogas dapat disalurkan kepada tetangga terdekat, khususnya non-peternak. Selain itu, dapat dimaksimalkan dalam pendistribusian gas metana dari TPA Paras kepada masyarakat di Dusun Paras, Desa Karangnongko.

### 2.3 Keuntungan Penggunaan Biogas

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

1. Biogas menghasilkan api berwarna biru bersih, tidak menghasilkan asap maupun bau sehingga kebersihan dapur terjaga.
2. Biogas dapat dipergunakan 24 jam non-stop tidak akan berhenti sepanjang bahan bakar baku kotoran ternak rutin dipasok dalam *biodigester*.
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 lebih hemat
5. Waktu tidak terbuang banyak, misalnya bagi mereka yang biasanya mencari/memotong kayu bakar dihutan kini waktunya bisa dipergunakan untuk kegiatan yang memberikan nilai tambah ekonomi, dengan pekerjaan sambilan.
6. Aplikasi biogas menjadikan kotoran ternak sangat berharga. Oleh karena itu masyarakat yang memiliki ternak akan rajin merawat ternaknya sehingga kondisi kandang menjadi lebih bersih dan kesehatan ternak menjadi lebih baik.
7. Proses produksi biogas menghasilkan residu berupa pupuk organik yang secara berlanjut dalam jumlah yang memadai serta kualitas pupuk yang lebih baik, sehingga petani dapat menghemat biaya produksi pertanian dengan mengurangi pengeluaran untuk membeli pupuk kimia.

Pada teori ini menjelaskan keuntungan bagi pengguna biogas. Pada penelitian ini, masyarakat peternak melakukan pemanfaatan biogas agar dapat menghemat biaya pengeluaran membeli bahan bakar untuk memasak. Sehingga masyarakat peternak tidak harus membeli LPG dan menggunakan kayu bakar setiap bulannya sebagai kebutuhan untuk memasak.

### 2.4 Faktor Masyarakat Untuk Mengadopsi Biogas

Berdasarkan hasil penelitian Humayun Kabir (2013), dijelaskan bahwa faktor-faktor masyarakat untuk mengadopsi biogas adalah sebagai berikut:

1. Jumlah sapi: jumlah sapi menjadi salah faktor masyarakat dalam mengadopsi biogas dikarenakan jumlah sapi menjadi acuan untuk perhitungan ketersediaan energi biogas sebagai pengganti energi fosil.
2. Pendapatan: Penerapan penggunaan biogas menggunakan teknologi yang dilihat dari pendapatan masyarakat.
3. Pengeluaran: Penerapan penggunaan biogas menggunakan teknologi yang dilihat dari pengeluaran masyarakat.

Pemanfaatan biogas di Desa Karangnongko masih dapat dikembangkan, dikarenakan belum secara keseluruhan peternak mengolah kotoran ternak menjadi biogas. Alasan peternak yang belum memiliki *biodigester* dikarenakan terkendala biaya untuk pembangunan *biodigester*, pemahaman masyarakat terkait keuntungan penggunaan biogas, dan juga kesadaran masyarakat dalam mengurangi pencemaran lingkungan. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan cara pengelolaan biogas secara kolektif dan juga dilakukan pengelompokkan peternak. Menurut Meidiana (2015), pembangunan biogas skala komunal bagi kelompok ternak dapat meringankan biaya konstruksi yang ditanggung oleh peternak sehingga meningkatkan kemampuan membayar peternak. Selain itu, kerjasama yang dilakukan antar peternak dalam mengembangkan sistem biogas kolektif dapat mengatasi masalah lingkungan (Asmara, 2013).

## 2.5 Pola Persebaran Permukiman

Persebaran permukiman bersifat menentukan terhadap keanekaan pola permukiman. Persebaran dari aspek kepadatan bervariasi (jumlah luas permukiman dibagi jumlah luas wilayah dimana permukiman itu berada) dari sangat jarang hingga padat. Abdullah (2000) membedakan pola permukiman secara garis besar menjadi dua tipe, yakni pola permukiman mengumpul dan menyebar. Pola persebaran mengumpul terdiri dari dusun-dusun atau bangunan-bangunan rumah yang mengumpul dengan jarak tertentu, sedangkan pola permukiman menyebar terdiri dari dusun-dusun atau bangunan-bangunan rumah yang tersebar dengan jarak yang tidak tertentu.

Pola persebaran permukiman dalam penelitian ini digunakan untuk mengelompokkan peternak non biogas berdasarkan karakteristik spasial di Desa Karangnongko. Dengan dilakukan pengelompokan tersebut, masyarakat peternak memiliki potensi untuk menggunakan *biodigester* secara berkelompok dan memiliki jarak maksimal distribusi bagi masyarakat peternak untuk mendistribusikan kepada non peternak di Desa Karangnongko.

## 2.6 Pemanfaatan Biogas

Bagi masyarakat, biogas dapat menjadi salah satu energi alternatif dalam pemenuhan kebutuhan energi untuk memasak masyarakat (Albertus, 2010). Berdasarkan Wahyuni (2013), sebelum dilakukan konversi kotoran ternak sapi ke energi biogas perlu diketahui terlebih dahulu bobot ternak dan juga produksi kotoran ternak setiap harinya. Acuan standar bobot ternak dan produksi kotoran ternak setiap harinya dapat dilihat pada

**Tabel 2.1.**

Tabel 2. 1 Produksi Kotoran Ternak Per Hari

Jenis Ternak	Bobot ternak (kg/ekor)	Produksi (kg/hari)
Sapi potong	400-500	20-29
Sapi perah	500-600	30-50

Sumber: Wahyuni, 2013

Berdasarkan **Tabel 2.1** dapat diketahui bahwa sapi potong dapat menghasilkan produksi kotoran 20-29 kg/hari. Setelah itu, dapat dikonversikan kepada energi biogas dengan menggunakan standar berikut:

Tabel 2. 2 Potensi gas yang dihasilkan

Jenis Ternak	Potensi gas yg dihasilkan/ kg kotoran (m <sup>3</sup> )
Sapi / kerbau	0,023-0,040

Sumber: Wahyuni, 2013

Berdasarkan dari Wahyuni (2013), bahwa potensi gas yang dihasilkan setiap 1 kilogram kotoran sapi untuk dijadikan sebagai potensi biogas yaitu sejumlah 0,02 – 0,04 m<sup>3</sup>. **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2** dijadikan sebagai acuan standar perhitungan dalam pemanfaatan biogas.

Biogas dapat diubah menjadi beberapa bentuk energi, yaitu salah satunya energi panas yang diubah menjadi energi memasak. Terdapat beberapa proses konversi biogas yang dapat digunakan sebagai energi alternatif yang dapat mengurangi penggunaan energi fosil (Tuti Haryati, 2006). Dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2. 3 Konversi Energi Biogas dan Penggunaannya

Penggunaan	Energi 1m <sup>3</sup> Biogas
<b>Penerangan</b>	Sebanding dengan lampu 60-100 W selama 6 jam
<b>Memasak</b>	Untuk memasak 3 jenis makanan untuk 5-6 orang 0,3 m <sup>3</sup> dapat mengganti waktu memasak 1 jam
<b>Pengganti bahan bakar</b>	Sebanding dengan 0,7 kg bensin
<b>Tenaga pengangkut</b>	Menjalankan motor 1 PK selama 2 jam
<b>Listrik</b>	Sebanding dengan 1,25 kWh listrik

Sumber: Haryati 2006

Pemanfaatan ini dapat menghemat beberapa bahan bakar komersial dengan memanfaatkan minimal limbah dari dua ekor sapi, yaitu sebagai berikut.

Bahan Bakar	Besaran yang terganti untuk 1 m <sup>3</sup> biogas
Elpiji	0,46 kg
Minyak Tanah	0,62 liter
Bensin	0,8 liter
Kayu Bakar	3,5 kg

Sumber: (Kementrian ESDM, 2012)

Pada penelitian ini, biogas hanya digunakan sebagai energi panas untuk proses memasak, karena pada kondisi eksisting, biogas digunakan hanya untuk memasak. Acuan untuk konversi penggunaan bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu elpiji dan kayu bakar dikarenakan pada kondisi eksisting di lokasi bahan bakar yang digunakan merupakan elpiji dan kayu bakar.

## 2.7 Ukuran Digester

Dalam pemilihan bentuk tipe digester program Biru memberikan pilihan dalam bentuk dan ukuran *biodigester*. Tipe *biodigester* yang dimana menjadi kebutuhan dalam memenuhi suatu kebutuhan untuk pengolahan limbah menjadi energi. Berdasarkan informasi dasar dan ukuran-ukuran *biodigester* yang pernah dibangun dengan standar BIRU, dengan kuantitas bahan baku yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2. 4 Pemilihan Ukuran Biodigester

SN	Kapasitas Tempat Pengolahan * (m3)	Produksi gas per hari (m3)	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari ** (kg)	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan	Kuantitas bahan bakar kayu yang dapat dihemat per hari (kg)
1	4	0,8 – 1,6	20-40	20-40	2-4	20-40
2	6	1,6 – 2,4	40-60	40-60	5-6	40-60
3	8	2,4 – 3,2	60-80	60-80	7-8	60-80
4	10	3,2 – 4,2	80-100	80-100	9-10	80-100

Sumber: Tim Program Biru 2010

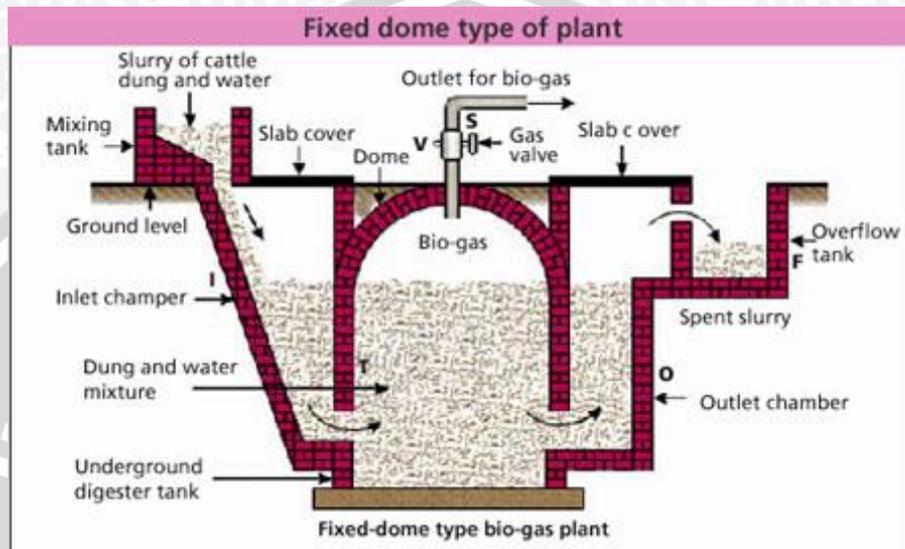
Berdasarkan salah satu tujuan penelitian untuk pengelompokan peternak dilakukan dengan melihat kapasitas reaktor biogas yang mampu dimiliki berdasarkan jumlah ternaknya. Kapasitas reaktor biogas yang diperlukan bermacam-macam, kapasitas reaktor biogas memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda-beda dimulai dari 4m<sup>3</sup>, 6m<sup>3</sup>, 8m<sup>3</sup> dan 10m<sup>3</sup>.

### 2.7.1 Tipe Digester

Pada prinsipnya *biodigester* ini menggunakan alat yang kedap udara dengan bagian pokok terdiri atas pencerna, terdapat lubang pemasukan bahan baku dengan pengeluaran lumpur sisa hasil pencemaran dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk. Terdapat dua jenis digester yang bisa dilihat dari sisi konstruksinya yaitu:

### 1. Fixed Dome

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 naik seiring dengan meningkatnya volume gas di dalam penampung gas.

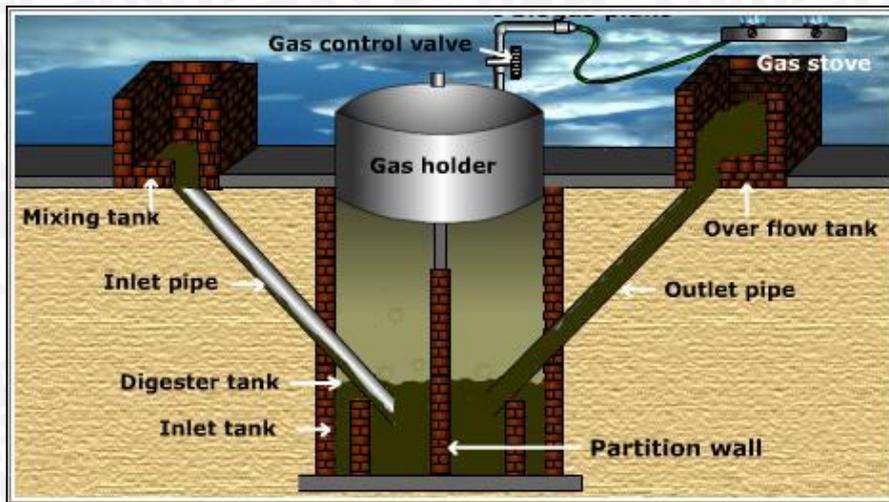


Gambar 2.1 Digester Fixed Dome

Sumber: Wahyuni, 2013

### 2. Floating Drum

Bahan yang digunakan untuk *floating drum* yakni baja, lembaran baja digunakan untuk kedua sisi drum untuk kedua sisi drum berukuran 2,5 mm, sedangkan untuk bagian atas drum berukuran 2 mm. Drum harus dijaga dan jangan sampai berkarat. Untuk mencegah drum berkarat dapat digunakan cat minyak, cat sintetis maupun aspal. Produksi gas dapat meningkat apabila drum dicat dengan menggunakan warna merah karena suhu dalam tangki pencernaan akan meningkat ketika terkena sinar matahari. Digester tipe *floating drum* tidak selalu menggunakan bahan dari baja. Bahan lain yang dapat digunakan untuk digester tipe ini adalah *plastic polyethilen*. Akan tetapi biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat digester dengan bahan *polyethilen* cenderung lebih tinggi dari pada menggunakan bahan dari baja



Gambar 2.2 Floating Drum

Sumber: Wahyuni, 2013

Pada penelitian ini menggunakan model digester *fixed dome* dikarenakan biaya lebih murah dan juga tahan lama, selain itu berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Siska (2015), model digester yang digunakan pada Desa Argosari, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang yaitu tipe *fixed dome*. Bahan *biodigester fixed dome* terbuat dari semen dengan jangka waktu 20 tahun.

## 2.8 Alasan Peternak Tidak Dapat Memiliki Biogas

Berdasarkan penelitian Cu Thi Thien Thu, *et.al* (2012) menjelaskan alasan peternak yang tidak memiliki instalasi biogas ialah:

### 1. Ketidacukupan jumlah ternak sapi

Ketersediaan jumlah ternak sapi sangat berpengaruh dalam kuantitas kotoran sapi yang akan digunakan sebagai biogas yang juga akan menentukan baik buruknya energi biogas yang akan dibutuhkan

### 2. Keterbatasan uang

Uang adalah faktor utama yang mempengaruhi peternak untuk mempunyai instalasi biogas, karena biaya pembuatan yang cenderung mahal bagi peternak. Keterbatasan uang ini berkaitan dengan mata pencarian dan tingkat pendapatan masyarakat

### 3. Ketidacukupan lahan

Ketersediaan lahan mempengaruhi peternak untuk menggunakan biogas, hal ini dikarenakan ketersediaan lahan yang terbatas.

### 4. Keterbatasan informasi

Keterbatasan informasi menjadi penghambat peternak untuk mengetahui lebih dalam tentang biogas, sehingga dengan keterbatasan informasi peternak tidak memiliki pengetahuan yang mencukupi untuk menggunakan biogas.

#### 5. Keterbatasan tenaga kerja

Tenaga kerja yang terbatas terutama pada saat proses pembuatan dalam konstruksi. Hal tersebut yang menyebabkan peternak enggan untuk memiliki biogas.

Desa Karangnongko memiliki potensi ternak sapi sejumlah 336 sapi. Dari 128 KK peternak hanya 3 KK saja yang telah memanfaatkan limbah kotoran ternak menjadi energi alternatif biogas. Keterbatasan uang menjadi salah satu alasan peternak yang belum memiliki instalasi biogas di Desa Karangnongko. Masalah tersebut dapat menjadi pertimbangan penggunaan biogas dengan cara pengelompokan antara peternak lainnya. Hal ini akan meringankan biaya yang dikeluarkan setiap rumah tangga dengan membangun *biodigester* secara komunal.

### 2.9 Elemen Sistem

Menurut Mulyadi (2012), sistem merupakan sekelompok unsur yang erat hubungannya satu sama lain yang berfungsi bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu. Ada beberapa elemen yang membentuk sebuah sistem, yaitu: tujuan, masukan, proses, keluaran, batas, mekanisme pengendalian dan umpan balik serta lingkungan. Berikut penjelasan mengenai elemen-elemen yang membentuk sebuah sistem:

#### 1. Tujuan

Setiap sistem memiliki tujuan (*Goal*), entah hanya satu atau mungkin banyak. Tujuan inilah yang menjadi pemotivasi yang mengarahkan sistem. Tanpa tujuan, sistem menjadi tak terarah dan tak terkendali.

#### 2. Masukan

Masukan (*input*) sistem adalah segala sesuatu yang masuk ke dalam sistem dan selanjutnya menjadi bahan yang diproses. Masukan dapat berupa hal-hal yang berwujud (tampak secara fisik) maupun yang tidak tampak.

#### 3. Proses

Proses merupakan bagian yang melakukan perubahan atau transformasi dari masukan menjadi keluaran yang berguna dan lebih bernilai, misalnya berupa informasi dan produk, tetapi juga bisa berupa hal-hal yang belum termanfaatkan.

#### 4. Keluaran

Keluaran (*output*) merupakan hasil dari pemrosesan. Pada perencanaan, output merupakan hasil yang dituju.

5. Batas

Yang disebut batas (*boundary*) sistem adalah pemisah antara sistem dan daerah di luar sistem (lingkungan). Batas sistem menentukan konfigurasi, ruang lingkup, atau kemampuan sistem.

6. Mekanisme Pengendalian dan Umpan Balik

Mekanisme pengendalian diwujudkan dengan menggunakan umpan balik, yang mencuplik keluaran. Umpan balik ini digunakan untuk mengendalikan baik masukan maupun proses.

7. Lingkungan

Lingkungan adalah segala sesuatu yang berada diluar sistem. Lingkungan bisa berpengaruh terhadap operasi sistem dalam arti bisa merugikan atau menguntungkan sistem itu sendiri. Lingkungan yang merugikan tentu saja harus ditahan dan dikendalikan supaya tidak mengganggu kelangsungan operasi sistem, sedangkan yang menguntungkan tetap harus terus dijaga, karena akan memacu terhadap kelangsungan hidup sistem.

Pada penelitian ini menggunakan sistem sebagai batasan (*boundary*) pada hasil analisis *supply* dan *demand* dengan analisis potensi gas metana. Elemen sistem yang digunakan berupa masukan (*input*), proses, dan keluaran (*output*)/

## 2.10 Metode Analisis

### 2.10.1 Perhitungan Supply Demand

Analisis *supply* dan *demand* energi adalah salah satu alat analisis yang digunakan untuk menghitung ketersediaan dan kebutuhan energi masyarakat untuk memasak. *Supply* atau penawaran dapat diaplikasikan sebagai penawaran sumber energi bahan bakar dari biogas dengan mempertimbangkan ketersediaan kotoran ternak sebagai bahan baku pembuatan biogas. Sedangkan, *demand* atau permintaan berarti kebutuhan sumber energi untuk memasak yang dilihat dari karakteristik konsumsi bahan bakar masyarakat untuk memasak. Adapun hasil analisis *supply* dan *demand* ini digunakan untuk mengetahui besaran ketersediaan dan kebutuhan energi kelompok peternak dan non peternak.

Berdasarkan kondisi eksisting, karakteristik sapi di Desa Karangnongko yaitu berupa sapi potong usia dewasa. Kotoran sapi potong dewasa dapat menghasilkan kotoran

hingga 29 kg setiap harinya. Terdapat tiga jenis penggunaan energi di Desa Karangnongko yaitu berupa biogas, kayu bakar, dan LPG.

### 2.10.2 Perhitungan Potensi Gas Metana

Perhitungan potensi gas metana pada TPA Paras dilakukan menggunakan metode dari IPCC (2006). Penggunaan IPCC (2006) dikarenakan IPCC merupakan lembaga ilmiah yang meninjau dan menilai terkait perubahan iklim. Salah satu kajian dari IPCC yaitu manfaat gas metana yang dapat digunakan sebagai pengganti energi bahan bakar untuk memasak yang dilakukan sebagai salah satu kontribusi untuk penurunan efek gas rumah kaca. Pada dasarnya, terdapat tiga tingkatan perhitungan potensi gas metana, yaitu Tingkatan 1, Tingkatan 2, dan Tingkatan 3. Metode perhitungan dari IPCC pada penelitian ini menggunakan tingkatan 2, dimana pada tingkatan 2 ini dapat menggunakan *default value* dari IPCC (2006), jika terdapat data yang tidak tersedia di TPA.

Nilai tertentu (*default value*) dari IPCC digunakan untuk menghasilkan perhitungan yang lebih akurat walaupun tidak terdapat pengukuran komposisi dan volume sampah di TPA. Definisi zona iklim dapat dilihat pada **Tabel 2.5**, kemudian standar metana pada tingkat generasi konstan dapat dilihat pada **Tabel 2.6**, *Default value* yang digunakan pada penelitian ini pada **Tabel 2.7**, dan parameter yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 5 IPCC Definisi Zona Iklim

	MAT (Suhu udara)	MAP (Curah hujan)	MAP/PET
Moist and wet tropical	>20 <sup>0</sup> C	>1000 mm	
Dry tropical	>20 <sup>0</sup> C	<1000 mm	
Wet Boreal and Temperate	<20 <sup>0</sup> C		>1
Dry Boreal and Temperate	<20 <sup>0</sup> C		<1

Sumber: IPCC, 2006

Tabel 2. 6 IPCC Standar Metana pada Tingkat Generasi Konstan

Tropical		Mosit and Wet	
Type of Waste		Default value	Range
Slowly degrading waste	Paper/textiles waste	0,07	0,06 – 0,085
	Wood/straw/rubber waste	0,035	0,03 – 0,05
Rapidly degrading waste	Food waste/ sewage sludge	0,4	0,17 – 0,7

Sumber: IPCC, 2006

Tabel 2. 7 *Default Value* IPCC

Variabel	Default Value	Catatan
Methane correction factor (MCF)	0,8	Tipe TPA: unmanaged shallow (<5 meter waste)
Fraction of degradable organiccarbon (DOC)	Tergantung jenis sampah	Berkisar antara 0,15 – 0,40
Fraction of degradation	0,5	

Variabel	Default Value	Catatan
Organic Carbon Decomposes (DOC <sub>t</sub> )		
Oxidation factor (OX)	0	Jenis TPA unmanaged atau managed tetapi tidak ditutup dengan material aerasi
Waste decay rate (k)	Tergantung jenis sampah	Berikisar antara 0,17 – 0,7*
Methane recovery (R)	0	Recovery metana diperhitungkan hanya jika terdapat dokumentasi yang lengkap
*berdasarkan Jensen dan Pipatti dimana: -temperatur rata-rata tahunan 20 <sup>o</sup> C -curah hujan rata-rata pertahun 1000 mm -jenis sampah terdegradasi (sampah makanan)		

Sumber: IPCC 2006

Tabel 2. 8 Parameter

DOC (Degradable organic carbon) (weight fraction, wet basis)	IPCC Default Value		MCF	
	Range	Default	Un-managed, deep	
Food waste	0,08 – 0,20	0,15	IPCC default	0,8
Garden	0,18 – 0,22	0,2	Country-specific value	0,8
Paper	0,36 – 0,45	0,4		
Textiles	0,20 – 0,40	0,24		
Methane generation rate constant (k) (years <sup>-1</sup> )	Range	Default		
Food waste	0,17 – 0,7	0,4		
Garden	0,15 – 0,2	0,17		
Paper	0,06 – 0,085	0,07		
Textiles	0,06 – 0,085	0,07		

Sumber: IPCC, 2006

Perhitungan gas metana dihitung menggunakan standar yang didapatkan dari IPCC (2006.) Standar yang digunakan yaitu berupa definisi zona iklim pada lokasi penelitian yang dapat dilihat pada **Tabel 2.5**, kemudian standar metana pada tingkat generasi konstan dapat dilihat pada **Tabel 2.6**, *default value* yang dapat dilihat pada **Tabel 2.7**, dan parameter dari masing-masing jenis sampah di TPA dapat dilihat pada **Tabel 2.8**

Pada penelitian ini, dilakukan perhitungan potensi gas metana di TPA menggunakan produksi gas metana tahunan selama kurun waktu perhitungan. Sampah yang digunakan untuk menghitung potensi gas metana yaitu sampah kompos berupa sampah rumah tangga, sampah organik, dan sampah taman dan juga sampah berupa kertas, dan tekstil.

### 2.10.3 ATP dan WTP

*Ability To Pay* adalah kemampuan seorang untuk membayar jasa pelayanan yang diterima berdasarkan penghasilan yang di anggap ideal (Tamin, 1999). Pendekatan yang

digunakan dalam analisis ATP didasarkan pada alokasi biaya untuk pembuatan digester biogas dengan sisa pendapatan yang diterima oleh masyarakat. Dengan kata lain *ability to pay* adalah kemampuan masyarakat dalam membayar suatu barang atau jasa yang diinginkan (Hadi Yudariansyah, 2006). Pada penelitian ini, ATP dihitung berdasarkan kemampuan membayar seseorang yang dihitung berdasarkan selisih pendapatan kotor dengan pengeluaran setiap bulan (Elmamy Handayani, 2012)

Analisis *Willingness to Pay* WTP dilakukan untuk memahami konsep harga optimal bagi konsumen, seperti terdapat pada suatu barang atau jasa yang sekiranya memiliki harga optimal yang ingin di beli. WTP atau ketersediaan untuk membayar adalah kesediaan individu untuk membayar terhadap suatu kondisi lingkungan atau penilaian terhadap sumberdaya alam dan jasa alami dalam rangka memperbaiki kualitas lingkungan (Henley and splash, 1993). WTP diambil berdasarkan kemauan seseorang dalam membayar jasa. Pada penelitian ini, WTP digunakan untuk melihat kemauan peternak dalam pembuatan *biodigester* dan kemauan masyarakat non peternak dalam membayar biogas.

Menurut Widiyanto (2001), terdapat tiga jenis pertanyaan yang diajukan guna mendapatkan WTP adalah sebagai berikut:

1. Pertanyaan Terbuka (*Open-ended elicitation format*)

Dapat dilakukan dengan bertanya langsung kepada konsumen beberapa jumlah nilai maksimum yang dapat di bayar terhadap suatu barang atau jasa. Metode ini memiliki kelebihan yang dimana konsumen tidak perlu diberikan petunjuk yang bias mempengaruhi nilai yang akan diberikan. Metode ini menggunakan nilai awal yang akan ditawarkan kepada konsumen, terdapatnya kekurangan pada metode ini ialah kurang tepatnya nilai yang diberikan oleh konsumen terkadang terlalu besar atau terlalu kecilnya dan sehingga tidak dapat menggambarkan nilai harga optimal yang sebenarnya.

2. Pertanyaan Tertutup *Closed ended referendum elicitation format (Bidding game format)*

Pertanyaan tertutup yang dimana konsumen dapat ditanya apakah mau atau ingin membayar sejumlah uang tertentu yang di ajukan sebagai titik awal dengan memberikan pilihan ya atau tidak, ataupun setuju dan tidak setuju. Jika konsumen memiliki jawaban iya maka harga barang yang ditawarkan akan dinaikan sampai nilai harga barang akan disepakati, jika jawaban dari konsumen tidak nilai tawaran barang diturunkan sampai harga yang nantinya di sepakati. Kelebihan metode ini

memberikan waktu berfikir lebih lama bagi konsumen untuk menentukan harga optimal.

### 3. *Discrete Choice*

Konsumen diminta memilih harga optimal yang realistis menurut prefrensinya untuk beberapa hal yang ditawarkan dalam bentuk kartu. Untuk mengembangkan kualitas metode yang dapat diberikan semacam nilai patokan yang menggambarkan nilai yang dikeluarkan seseorang dengan pendapat tertentu bagi suatu barang atau jasa.

Dari tiga jenis pertanyaan diatas, pertanyaan tertutup digunakan pada penelitian ini, dengan harga yang di tawarkan dari titik terendah hingga titik teratas dan responden dengan memberikan pilihan ya atau tidak.

Nilai ATP dan WTP dapat dibandingkan untuk mengetahui nilai penting suatu produk (barang atau jasa) bagi seseorang (Tamin 1999). Menurut (Tamin 1999), terdapat tiga kondisi yang mungkin terjadi terkait dengan perbandingan ATP dan WTP, yaitu:

#### 1. Jika $ATP > WTP$

Kondisi ini menunjukkan bahwa kemampuan membayar lebih besar daripada keinginan membayar jasa tersebut. Hal ini terjadi bila pengguna mempunyai penghasilan yang relatif tinggi tetapi kepentingan terhadap jasa tersebut relatif rendah, pengguna pada kondisi ini disebut pengguna yang bebas memilih (*choice riders*).

#### 2. Jika $ATP < WTP$

Kondisi ini merupakan kebalikan dari kondisi diatas dimana keinginan pengguna untuk membayar jasa tersebut lebih besar daripada kemampuan membayarnya. Hal ini memungkinkan terjadi bagi pengguna yang mempunyai penghasilan yang relatif rendah tetapi kepentingan terhadap jasa tersebut sangat tinggi, sehingga keinginan pengguna untuk membayar jasa tersebut cenderung lebih dipengaruhi oleh kepentingan, pada kondisi ini pengguna disebut *captive riders*.

#### 3. Jika $ATP = WTP$

Kondisi ini menunjukkan bahwa antara kemampuan dan keinginan membayar jasa yang dikonsumsi pengguna tersebut sama, pada kondisi ini terjadi keseimbangan kepentingan pengguna dengan biaya yang dikeluarkan untuk membayar jasa tersebut.

Pada penelitian ini, perbandingan ATP dengan WTP dilakukan untuk melihat kepentingan masyarakat peternak non-biogas dalam pembuatan *biodigester*.

### 2.10.4 Analisis Cluster Spasial

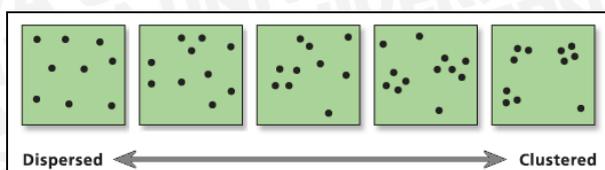
Menurut Supranto (2010: 142-143). Analisis *Cluster* digunakan untuk mengklasifikasikan objek-objek menjadi kelompok yang relatif homogen dan memiliki kedekatan jarak. Analisis *cluster* digunakan dalam penentuan pengelompokan peternak untuk distribusi potensi biogas. Pengelompokan distribusi potensi biogas disesuaikan dengan kedekatan jarak, kesamaan kondisi ekonomi, dan pola teknis serta pengelompokan disesuaikan kebutuhan gas peternak tiap rumah. Berdasarkan Dewi (2013), *cluster spasial* menjelaskan pola persebaran dari titik lokasi dengan mempertimbangkan jarak, jumlah titik lokasi dan juga luas wilayah.

#### A. Proses Analisis Cluster Spasial

Pengelompokan berdasarkan kedekatan jarak antar objek memiliki beberapa syarat untuk mendapatkan segmen yang baik (Simamora, 2005), sebagai berikut:

1. Dapat diukur: ukuran, daya beli dan karakteristik segmen dapat diukur,
2. Memadai: segmen cukup besar dan menguntungkan untuk dilayani. Sebuah segmen berukuran besar yang homogen, sehingga mendapatkan program pemasaran secara khusus;
3. Dapat dijangkau: segmen dapat dijangkau dan dilayani secara efektif;
4. Berbeda: sebuah segmen secara konseptual berbeda dan juga merespon stimuli pemasaran dengan cara berbeda;
5. Dapat ditindaklanjuti: program efektif dapat dibuat untuk menarik dan melayani segmen.

Penggunaan *Nearest Neighbor Analysis* bertujuan untuk menghitung indeks tetangga terdekat berdasarkan jarak rata-rata dari masing-masing fitur terdekatnya tetangga. *Average Nearest Neighbor* mengukur jarak antara masing-masing *centroid* fitur (*point*) dan point tetangga terdekat dan kemudian dilakukan rata-rata semua jarak tetangga terdekat. Jika jarak rata-rata kurang dari hipotesis rata-rata distribusi, maka distribusi fitur (*point*) yang dianalisis dianggap mengelompok (*clustered*). Jika jarak rata-rata lebih besar dari hipotesis distribusi fitur, maka fitur yang dianggap tersebar (*dispersed*) dapat dilihat pada **Gambar 2. 3**.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Pengelompokan Hasil Average Nearest Neighbor

Sumber: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//005p00000008000000>

*Average Nearest Neighbor* dihitung sebagai jarak rata-rata yang diamati dibagi dengan jarak rata-rata yang diharapkan (dengan jarak rata-rata yang diharapkan yang berbasis pada distribusi acak hipotetis dengan jumlah yang sama fitur yang meliputi luas areal yang sama).

Pada penelitian ini, penggunaan *cluster spasial* digunakan untuk mengidentifikasi pola permukiman di Desa Karangnongko. Selain itu, *analisis cluster spasial* menghasilkan jarak rata-rata antar rumah yang digunakan sebagai dasar penentuan jarak rumah yang masuk dalam kelompok. Pengelompokan dilakukan dengan tujuan untuk pembuatan *biodigester* secara komunal, guna untuk meningkatkan kemampuan masyarakat peternak untuk memiliki *biodigester*.

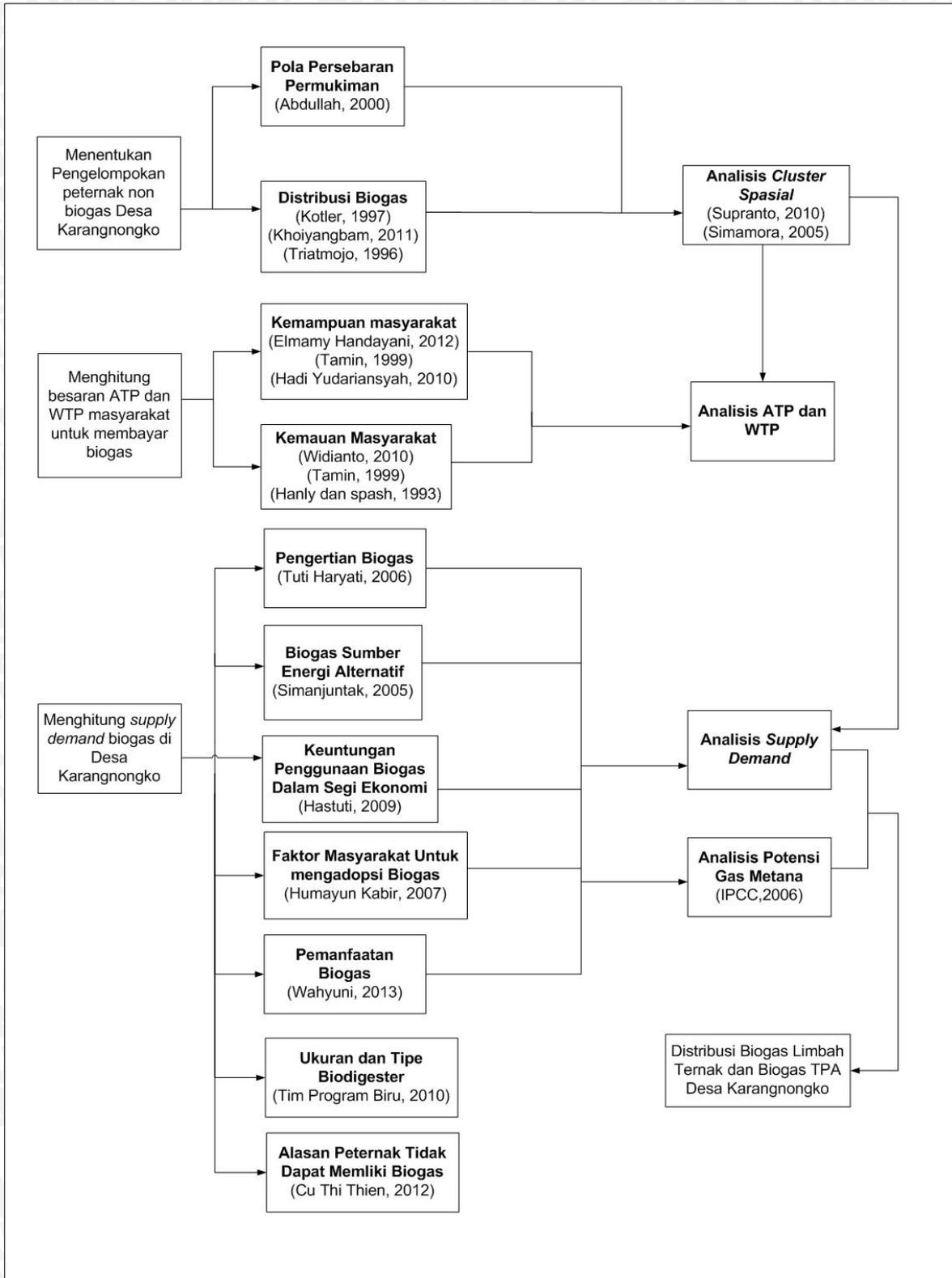
### **2.11 Studi Terdahulu**

Tinjauan studi terdahulu merupakan perbandingan studi yang serupa dengan Distribusi Biogas Limbah Ternak dan Biogas TPA Desa Karangnongko dan digunakan sebagai referensi peneliti untuk penggunaan teori maupun dalam menentukan metode analisis yang digunakan pada penelitian. Perbedaan studi terdahulu dengan penelitian yang dilakukan adalah penggunaan analisis ketersediaan dan kebutuhan energi, dimana pada penelitian Siska Ita Selvia (2015) tidak menghitung ketersediaan energi dari biogas TPA melainkan hanya menghitung ketersediaan energi biogas dari kotoran limbah ternak. Selain itu, pada penelitian Siska Ita Selvia (2015) menentukan pengelompokan hanya untuk distribusi biogas, sedangkan pada penelitian ini tidak hanya untuk distribusi biogas akan tetapi digunakan juga untuk meningkatkan kemampuan peternak dalam pembuatan *biodigester*. Perbedaan lainnya yaitu terkait analisis kelayakan ekonomi, dimana pada Roosganda Elizabeth (2011) perhitungan aspek ekonomi dihitung dari berapa pengurangan pengeluaran setelah penggunaan biogas, sedangkan pada penelitian yang dilakukan yaitu aspek ekonomi dihitung berdasarkan *Willingness to Pay* dan *Ability to Pay* dari masyarakat peternak.

Tabel 2. 9 Studi Terdahulu

Nama	Judul	Variabel	Metode Analisis	Hasil
<b>Roosganda Elizabeth dan S. Rusdiana (2011)</b>	Efektivitas Pemanfaatan Biogas Sebagai Sumber Bahan Bakar Dalam Mengatasi Biaya Ekonomi Rumah Tangga di Pedesaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengeluaran masyarakat</li> <li>• Pendapatan masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Deskriptif</li> <li>• Analisis Ekonomi Penggunaan Biogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanfaatan Biogas Untuk Mengurangi Biaya Yang Dikeluarkan Oleh Masyarakat</li> <li>• Komparasi Biaya Penggunaan LPG dan Biogas di Tingkat Rumah Tangga</li> </ul>
<b>Siska Ita Selvia (2015)</b>	Pola Distribusi Biogas Berdasarkan <i>Supply</i> dan <i>Demand</i> Energi di Desa Argosari	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan energi</li> <li>• Kebutuhan energi</li> <li>• Teknis</li> <li>• Sosial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Ketersediaan dan Kebutuhan Energi Biogas</li> <li>• Analisis Cluster Statistik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi Biogas Sebagai Sumber Energi</li> <li>• Manajemen Pemanfaatan Biogas</li> </ul>
<b>Richo Putra Idea (2016)</b>	Manfaat Ekonomi dan Lingkungan Pengelolaan Limbah Kotoran Ternak Masyarakat Peternak Desa Gadingkulon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekonomi</li> <li>• Lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Penurunan Gas Emisi</li> <li>• Analisis Regresi Logistik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca</li> <li>• Faktor-faktor yang mempengaruhi penggunaan biogas</li> </ul>
<b>Christia Meidiana (2015)</b>	Spatial-Economic Approach for Determining Biogas Management in Rural Area	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karakteristik Spasial</li> <li>• Affordability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Cluster</li> <li>• Analisis Affordability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manajemen biogas yang lebih optimal berdasarkan ukuran biodigester</li> <li>• Pembangunan biodigester secara komunal</li> <li>• Peningkatan kemampuan pembuatan <i>biodigester</i> setelah pengelompokkan.</li> </ul>
<b>Monsterrat Zamorano, Jorge Ignacio, Ignacio Aguilar Paves, dan Angel Ramos Ridao (2007)</b>	Study of The Energy Potential of The Biogas Produced by An Urban Waste Landfill in Southern Spain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komposisi sampah</li> <li>• Jenis sampah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis potensi gas metana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potensi gas metana yang dihasilkan</li> <li>• Kelayakan ekonomi dalam pemanfaatan biogas dari sampah TPA</li> </ul>

2.12 Kerangka Teori



Gambar 2. 4 Kerangka Teori