

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Energi

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No 5 Tahun 2006 energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari sumber energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik. Beberapa contoh dari energi terbarukan adalah panas bumi, biofuel, aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut, dan suhu kedalaman laut. Referensi mengenai pengertian energi digunakan sebagai pengetahuan oleh peneliti tentang jenis-jenis energi terbarukan.

2.2 Biogas

Berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No 3 Tahun 2014 Biogas adalah gas yang merupakan produk akhir pencernaan anaerobik biomassa oleh mikro organisme didalam tangki peneerna (digester) dengan komponen utamametana 40% (empat puluh persen) sampai dengan 70%(tujuh puluh persen) dan karbondioksida.

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Biogas terdiri atas gas metan (CH_4) sebesar 50-70%, gas karbon dioksida (CO_2) sebesar 30-40%, Hidrogen 5 – 10% dan gas-gas lainnya dalam jumlah sedikit. Pada umumnya semua jenis bahan organik dapat diolah untuk menghasilkan biogas, namun hanya bahan organik yang (padat, cair) homogen seperti kotoran dan urine ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. (Rahayu, dkk, 2009). Selain itu dimungkinkan juga untuk melakukan penyaluran antara saluran pembuangan di Kamar mandi untuk disambungkan ke dalam digester biogas. Apabila ada di daerah industri seperti tempe, tahu, ikan pindang atau brem dapat dilakukan penyaluran limbah hasil pengolahan ke dalam sistem biogas. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena limbah yang dihasilkan berupa limbah dari bahan organik yang homogen. Penyaluran limbah industri tersebut juga dilakukan untuk mencegah proses pencemaran lingkungan. Referensi mengenai biogas digunakan oleh peneliti sebagai pengetahuan tentang pengertian biogas dan cara terbentuknya biogas.

Sumber bahan yang utama yang dapat digunakan untuk menghasilkan biogas adalah kotoran ternak sapi, kerbau, babi, kuda dan unggas, selain itu dapat juga dihasilkan biogas dari sampah organik. **Tabel 2.1** adalah tabel mengenai komponen yang ada di biogas secara umum.

Tabel 2.1 Komponen Biogas

Komponen	Konsentrasi
CH ₄ (Metana)	±60 %
CO ₂ (Karbondioksida)	± 38 %
N ₂ ,O ₂ , H ₂ dan H ₂ S	± 2 %

Sumber: Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009

Referensi mengenai bahan yang terkandung didalam biogas digunakan sebagai pengetahuan peneliti untuk penggunaan energi terbarukan melalui biogas.

2.2.1 Digester Biogas

Di Indonesia jenis tempat pengolahan biogas yang dikembangkan adalah jenis kubah yang tidak dapat dipindah-pindah dan disemen (*fixed dome*). Digester biogas dengan model *fixed dome* memiliki beberapa ukuran yaitu 4,6,8,10 dan 12 m³. Tabel 2.2 menunjukkan informasi dasar mengenai ukuran digester biogas yang dibangun dan kualitas bahan baku yang dibutuhkan.

Tabel 2.2 Informasi Dasar Ukuran Digester Biogas dan Kualitas Bahan Baku yang Dibutuhkan

SN	Kapasitas tempat pengolahan (m ³)	Produksi gas per hari (m ³)	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari (Kg)**	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan (ekor)
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

Sumber: BioGas Energi Ramah Lingkungan, 2012

*kapasitas tempat pengolahan artinya adalah volume digester biogas dan kubah penyimpanan gas.

** rata-rata waktu penyimpanan : 50 hari

Dari **Tabel 2.2** dapat digunakan sebagai dasar untuk penentuan jumlah digester yang dibutuhkan berdasarkan hasil dari pengelompokan peternak non biogas. Jumlah digester yang dibutuhkan akan disesuaikan berdasarkan jumlah sapi dan peternak yang ada.

Biogas yang merupakan sumber energi terbarukan dapat digunakan dengan cara dibakar seperti gas elpiji (LPG) dan dapat digunakan untuk sumber energi penggerak generator listrik. Dari kotoran 2 ekor sapi ternak dapat setara dengan 6 ekor ternak babi dapat

menghasilkan kurang lebih 2 m³ biogas perhari. (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009). Kesetaraan biogas dengan sumber energi lain dapat dilihat pada **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Kesetaraan Biogas Dengan Sumber Energi Lain

Biogas	Sumber energi lain
1 m ³ biogas	0,46 kg LPG
	0,62 liter minyak tanah
	3,5 kg kayu bakar

Sumber: Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009

Tabel 2.3 digunakan sebagai acuan dalam penyetaraan biogas yang dihasilkan dari kotoran ternak menjadi LPG untuk perhitungan supply dan demand gas.

2.2.2 Faktor Yang Mempengaruhi Pemanfaatan Kotoran Ternak

Pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas membutuhkan beberapa syarat yang berakitan dengan aspek teknis infrastruktur, manajemen dan sumber daya manusia. Apabila faktor-faktor tersebut dapat terpenuhi maka pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas sebagai penyedia energi terbarukan di pedesaan dapat berjalan optimal. Berikut adalah sepuluh faktor yang mempengaruhi optimalisasi pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas (Sukmawati & Kaharudin, 2010):

a.) Ketersediaan ternak

Pesebaran ternak di suatu daerah dapat menjadi potensi bagi pengembangan biogas. Hal ini disebabkan karena biogas berasal dari kotoran ternak. Untuk dapat menjalankan biogas dalam skala rumah tangga diperlukan kotoran ternak dari 2-4 ekor sapi dewasa

b.) Kepemilikan ternak

Pemilihan jenis dan kapasitas biogas dapat ditentukan dari jumlah ternak sapi yang dimiliki oleh peternak. Apabila terdapat peternak yang memiliki jumlah sapi lebih dari 4 ekor dapat dipilih biogas dengan skala yang lebih besar (bahan fiber atau semen) atau beberapa biogas dalam skala rumah tangga.

c.) Pola pemeliharaan ternak

Digester biogas dapat berfungsi secara optimal apabila ketersediaan kotoran ternak dapat terjaga. Kotoran ternak lebih mudah untuk didapatkan apabila pola pemeliharaan ternak di kandangkan jika dibandingkan dengan digembalakan.

d.) Ketersediaan lahan

Pembangunan digester biogas dibutuhkan lahan yang luasnya tergantung dari jenis dan kapasitas biogas. Dalam pembangunan digester biogas skala kecil dibutuhkan luasan lahan sebesar $14 \text{ m}^2(7\text{m} \times 2\text{m})$

e.) Tenaga kerja

Pengoprasian digester biogas dapat dilakukan oleh tenaga kerja yang berasal dari peternak/pengelola sendiri. Digester biogas dapat berfungsi dengan baik apabila pengisian kotoran ternak dalam digester dapat dilakukan dengan baik serta dilakukan perawatan peralatan. Beberapa kendala yang menyebabkan biogas tidak dapat berjalan adalah pertama tidak adanya tenaga kerja yang mengoprasikan digester. Kedua adalah peternak/pengelola tidak memiliki waktu untuk melakukan pengisian kotoran.

f.) Manajemen limbah/kotoran

Manajemen limbah/kotoran berkaitan dengan penentuan komposisi padat-cair kotoran ternak yang digunakan sebagai penghasil biogas, frekuensi pemasukan kotoran, dan pengangkutan atau pengaliran kotoran ternak ke dalam digester. Bahan baku digester adalah kotoran ternak dan air dengan perbandingan sebesar 1:3. Frekuensi dalam memasukkan kotoran dapat dilakukan setiap satu atau dua hari sekali. Pemasukan kotoran dapat dilakukan dengan cara diangkut atau melalui saluran

g.) Kebutuhan energi

Sumber energi biogas dapat digunakan secara berkelanjutan jika sumber energi yang lain terbatas. Apabila sumber energi yang lain sudah cukup memenuhi maka dapat diarahkan peternak untuk mengolah kotoran ternak menjadi kompos.

h.) Jarak (antara kandang digester dan rumah)

Agar pemanfaatan energi biogas dapat optimal sebaiknya kandang digester dengan jarak rumah tidak terlalu jauh. Jarak yang sesuai antara kandang-biogas-rumah adalah antara 20-30 m (Andreas, 2010).

i.) Pengelolaan hasil samping biogas

Pengelolaan hasil samping biogas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. 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. (Rahayu, dkk, 2009)

j.) Sarana pendukung

Sarana pendukung yang dibutuhkan dalam upaya optimalisasi biogas adalah dengan menyediakan peralatan pendukung untuk mempermudah pekerjaan perawatan digester biogas.

Selain faktor-faktor tersebut terdapat faktor lain yang mempengaruhi pemanfaatan ternak menjadi biogas yaitu kemauan peternak untuk menggunakan digester biogas. Dari faktor-faktor yang mempengaruhi pemanfaatan kotoran ternak akan digunakan sebagai referensi variabel untuk menghitung jumlah biogas yang dihasilkan.

2.2.3 Alasan Kepemilikan Biogas

Cu Thi Thien Thu, et.al., (2012) menyatakan bahwa beberapa alasan peternak yang tidak memiliki biodigester adalah:

a.) Keterbatasan uang

Faktor utama yang mempengaruhi peternak untuk mempunyai digester biogas adalah uang. Karena biaya konstruksi yang cenderung mahal bagi peternak. Keterbatasan uang berkaitan dengan mata pencaharian dan tingkat pendapatan masyarakat.

b.) Ketidacukupan jumlah sapi

Ketersediaan jumlah sapi berkaitan dengan kuantitas kotoran sapi yang dihasilkan sebagai bahan baku pembuatan biogas yang juga akan menentukan kualitas dari energi yang dihasilkan.

c.) Ketidacukupan lahan yang dimiliki

Penggunaan biogas juga dipengaruhi oleh ketersediaan lahan, hal ini disebabkan ketersediaan lahan yang terbatas karena permukiman di pedesaan yang padat.

d.) Keterbatasan informasi

Peternak memiliki hambatan dalam pengetahuan tentang biogas disebabkan informasi yang diperoleh terbatas. Sehingga peternak tidak memiliki pengetahuan yang mencukupi untuk menggunakan biogas.

e.) Keterbatasan tenaga kerja

Tenaga kerja yang dimiliki terutama pada saat proses konstruksi terbatas. Hal ini menyebabkan peternak enggan memiliki instalasi biogas.

Humayun Kabir, et.al., (2013) menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi masyarakat dalam menggunakan biogas di daerah pedesaan yang ada di Bangladesh. Beberapa variable yang digunakan oleh peneliti adalah:

a.) Usia

Usia dari kepala keluarga memiliki pengaruh yang positif maupun negatif terhadap pengambilan keputusan untuk menggunakan biogas. Kepala rumah tangga yang usianya lebih tua memiliki status ekonomi yang lebih, sehingga memiliki kemampuan yang lebih untuk membeli teknologi biogas. Selain itu kepala rumah tangga yang lebih tua cenderung untuk lebih menerima inovasi. Meskipun terkadang lebih memilih untuk mengambil keputusan yang lebih netral untuk mengurangi resiko, yang mengisyaratkan bahwa kepala rumah tangga tidak siap untuk menerima pemikliran yang baru.

b.) Pendidikan

Lama tahun pendidikan yang ditempuh oleh kepala rumah tangga diharapkan memiliki hubungan yang positif terhadap penggunaan teknologi baru. Kepala rumah tangga yang lebih berpendidikan seharusnya lebih konservatif, lebih terbuka terhadap sumber informasi. Pengetahuan dan mengerti tentang dampak negatif yang dihasilkan oleh bahan bakar fosil terhadap lingkungan. Kepala rumah tangga yang lebih berpendidikan menganggap sumber energy bersih seperti biogas lebih ramah lingkungan dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan kepala rumah tangga yang kurang berpendidikan.

c.) Ukuran rumah tangga

Ukuran dari sebuah rumah tangga dapat mempengaruhi keputusan yang dilakukan oleh kepala keluarga untuk menggunakan biogas baik secara positif maupun negatif. Keluarga besar yang sebagian anggota keluarga bekerja dapat digunakan sebagai tenaga kerja untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan rutin biogas. Oleh karena itu rumah tangga yang memiliki jumlah anggota keluarga lebih besar memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk menggunakan energy biogas.

Namun dengan jumlah keluarga yang besar juga membuat beban tanggungan keluarga yang ada di rumah semakin besar sehingga ketergantungan akan sumber daya keluarga semakin besar hingga hamper tidak ada tabungan yang tersedia untuk melakukan investasi di bidang teknologi biogas. Dalam keadaan tersebut ukuran keluarga yang semakin besar memiliki hubungan yang negative untuk menggunakan biogas. Namun jika dipandang sebagai sumber tambahan tenaga maka petani dapat meenggunakan teknologi tersebut sedangkan jika dipandang sebagai tanggungan maka kepala rumah tangga tidak mungkin bersedia untuk mengadopsi teknologi baru.

d.) Gender

Jenis kelamin dari kepala rumah tangga diharapkan dapat memiliki sikap yang positif maupun negative terhadap pemasangan teknologi biogas. Karena perempuan mendominasi penggunaan energi di pedesaan di tingkat rumah tangga, dapat diharapkan bahwa rumah tangga yang dikepalai oleh perempuan bias memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk menggunakan energi biogas dari pada kepala rumah tangga yang laki-laki. Perempuan menerima manfaat langsung dari penggunaan biogas. Laki-laki mendominasi control, akses, kepemilikan dan proses pengambilan keputusan tentang sumber-sumber daya produktif dalam rumah tangga dan langsung dapat mempengaruhi pengambilan keputusan terhdap investasi teknologi biogas di Bangladesh.

e.) Luas lahan

Luas lahan yang dimiliki oleh rumah tangga diharapkan dapat memberikan efek positif terhadap keputusan untuk menggunakan biogas. Agar satu unit biodigester dapat berfungsi secara efektif, tiga kompoen digester biogas yaitu hewan, biodigester, dan pakan ternak harus berdekatan satu sama lain. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penyediaan bahan baku dan pemantauan yang efektif dari kegiatan operasional. Oleh karena itu rumah tangga membutuhkan luas lahan minimal yang dapat menampung digester serta ternak tersebut. Berdasarkan asumsi tersebut maka diharapkan bahwa rumah tangga yang memiliki luas lahan yang lebih besar akan memiliki kemungkinan yang lebih tinggi untuk mengadopsi tanaman biogas.

f.) Sapi dan Unggas

Jumlah ternak dan burung/unggas yang dimiliki oleh setiap rumah tangga cenderung menjadi faktor yang mempengaruhi penggunaan biogas karena kotoran sapi berguna sebagai bahan utama untuk pembuatan digester biogas skala kecil di Bangladesh. Terlalu sering menggunakan kotoran unggas untuk biogas akan memberikan dampak yang negative dari biogas yang dihasilkan. Ketersediaan jumlah kotoran ternak diperlukan dalam digester biogas. Dengan demikian diharapkan bahwa semakin tinggi jumlah ternak yang dimiliki, semakin besar kemungkinan untuk menggunakan biogas.

g.) Pendapatan

Penggunaan teknologi dipengaruhi oleh pendapatan rumah tangga. Rumah tangga dengan tingkat pendapatan yang lebih tinggi lebih dimungkinkan untuk mengadopsi teknologi biogas daripada rekan mereka yang miskin. Pendapatan rumah tangga dengan demikian diharapkan akan berhubungan positif dengan keputusan untuk mengadopsi teknologi.

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Cu Thi Thien Thu, et.al.,(2012) dan Humayun Kabir, et.al., (2013). Faktor-faktor tersebut akan digunakan untuk menganalisis factor apa yang mempengaruhi masyarakat peternak non biogas terhadap kepemilikan digester biogas di Desa Gadingkulon. Faktor-faktor yang digunakan adalah usia, tingkat pendidikan, tanggungan keluarga, pendapatan keluarga, ketersediaan ternak, ketersediaan lahan, ketersediaan informasi dan ketersediaan tenaga kerja.

2.3 Gas Rumah Kaca

Berdasarkan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 gas rumah kaca adalah gas yang terkandung didalam atmosfer bumi baik alami maupun antropogenik yang dapat menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah. Gas rumah kaca yang berasal dari sektor pertanian memiliki kandungan berupa gas CO₂ (karbondioksida), CH₄ (metana), dan N₂O (nitrous oksida). Emisi gas rumah kaca adalah lepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada area tertentu dalam jangka waktu tertentu. Emisi gas rumah kaca memiliki faktor emisi yang merupakan besaran emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer per satuan aktivitas tertentu. Pengertian mengenai gas rumah kaca digunakan oleh peneliti untuk pemahaman terkait dengan gas rumah kaca.

2.4 Analisis Penawaran (*Supply Analysis*)

Penawaran dapat didefinisikan sebagai hubungan yang statis yang menunjukkan berapa banyak suatu komoditas ditawarkan pada suatu tempat dalam kurun waktu tertentu pada berbagai tingkat harga ketika faktor lain tidak berubah. (Tomek and Robinson, 1990 dalam Nuryanti 2005). Dalam hal ini konsep penawaran akan diterapkan untuk mengetahui seberapa besar energi yang ditawarkan dari adanya Biodigester di Desa Gadingkulon menggunakan rumus yang berasal dari rumus penawaran jagung nasional yang dilakukan oleh Swastika tahun 2011. Berikut ini adalah rumus penawaran jagung nasional (Swastika et al,2011):

$$St= Yt+Mt-Xt-Zt$$

St= Penawaran jagung pada tahun t

Yt= Produksi jagung dalam negeri pada tahun t

Mt= Volume impor jagung pada tahun t

Xt= Volume ekspor jagung pada tahun t

Zt = Perubahan stok jagung nasional pada tahun t

Rumus tersebut digunakan sebagai bahan referensi untuk analogi perhitungan supply biogas sebagai energi alternatif di Desa Gadingkulon.

2.5 Perhitungan Emisi

Limbah kotoran ternak yang dihasilkan mengandung gas metana dan gas nitro oksida. Perhitungan mengenai jumlah emisi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menghitung gas metana yang dihasilkan dari seluruh limbah ternak yang tidak dimanfaatkan dan menghitung besar penurunan emisi gas yang dihasilkan dari hasil pengelompokan peternak untuk pembuatan digester biogas.

Pengolahan data perhitungan emisi dilakukan dengan cara menghitung emisi gas metana dan nitrous oksida yang dihasilkan dari limbah kotoran ternak sapi, dengan menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

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

Dimana:

Emission Factor: Default value dari IPCC (kg CH₄/ekor/tahun) atau (kg N₂O/ekor/tahun)

Populations :Jumlah sapi

Emission :Emisi GRK (Gg/tahun)

Faktor emisi diperoleh dari IPCC yang merupakan nilai rata-rata suatu parameter udara. Konsentrasi gas metana (CH_4) yang ada di biogas merupakan bagian yang menentukan seberapa besar kandungan energi yang ada. Semakin tinggi kandungan gas metana maka akan semakin besar pula energi yang akan dihasilkan. Oleh karena itu diperlukan pengukuran mengenai seberapa besar gas metana yang dihasilkan jika kotoran ternak yang ada tidak diolah menjadi biogas. Selain gas metana biogas juga mengandung beberapa gas yang memiliki kandungan lain yaitu gas Nitrous Oksida (N_2O).

Beberapa variabel yang digunakan dalam perhitungan emisi gas rumah kaca menggunakan nilai yang telah ditentukan oleh IPCC (default value). Tabel 2.4 berikut merupakan nilai-nilai yang telah ditentukan dalam perhitungan emisi gas.

Tabel 2. 4 Parameter Emisi Faktor Gas Metana

Regional Characteristic	Livestock Type	Emission Factor by Climate Region (kg CH_4 /head/yr)		
		Cool	Temperate	Warm
Latin America: Almost all livestock manure is managed as a solid on pastures and ranges. Buffalo manure is deposited on pastures and ranges	Dairy Cattle	0	1	2
	Non-Dairy Cattle	1	2	1
	Swine	0	1	2
	Buffalo	1	1	2
Middle East: 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
Asia: About Half of Cattle manure is used for fuel with the remainder managed in dry system. Almost 40% of swine manure is managed as 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
Indian Subcontinent: 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

Sumber :IPCC, 2006

Tabel 2.4 digunakan sebagai penentuan nilai emisi faktor untuk perhitungan penurunan emisi gas CH₄. Pada tabel ini nilai emisi faktor gas metana diklasifikasikan berdasarkan wilayah, jenis ternak, dan suhu lokasi penelitian. Dari tabel 2.4 dapat diketahui bahwa jenis ternak yang ada di Desa Gadingkulon adalah *non dairy cattle* dengan suhu sedang memiliki *nilai emission factor* sebesar 1.

Tabel 2. 5 Parameter Emisi Faktor Gas Nitrous Oksida

TENTATIVE DEFAULT VALUES FOR N₂O EMISSION FACTORS FROM ANIMAL WASTE PER ANIMAL WASTE MANAGEMENT SYSTEM (KG N₂O-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	0.02 (0.005-0.03)
Pasture range and paddock (grazing) ^b	0.02 (0.005-0.03)
Used as fuel ^c	Not applicable
Other System ^b	0,005

^aConsidered to be part of direct soil emissions from agricultural fields after spreading.
^bConsidered to be part of direct soil emissions from animal production.
^cConsidered to be part of direct soil emissions from energy.

Sumber :IPCC, 2006

Tabel 2.5 digunakan sebagai penentuan nilai emisi gas nitro oksida yang didasarkan atas sistem pengolahan limbah kotoran ternak. Berdasarkan table 2.5 dapat diketahui bahwa nilai emisi gas nitrooksida bernilai 0,02 yang berasal dari *Pasture range and paddock (grazing)*.

2.6 Analisis Regresi Logistik

Analisis regresi adalah salah satu metode yang digunakan untuk mendefinisikan hubungan matematis antara variabel output/dependen (y) dengan satu atau beberapa variabel input/independen (x). Dengan menggunakan analisis regresi akan diketahui variabel-variabel independen yang benar-benar signifikan dapat mempengaruhi variabel dependen dan dengan variabel independen yang signifikan tadi dapat digunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen. Analisis regresi merupakan salah satu metode yang populer dan luas penggunaannya.

Salah satu bagian dari analisis regresi adalah regresi logistik yang biasanya disebut dengan model logistik atau logit model. Analisis regresi logistik digunakan untuk memprediksi probabilitas kejadian suatu peristiwa, dengan cara mencocokkan data pada fungsi logit kurva logistik. Metode ini merupakan model linier umum yang digunakan untuk regresi binomial.

Regresi logistik sama seperti halnya regresi pada umumnya, yaitu menggunakan beberapa variabel bebas, baik numerik maupun kategori.

Regresi logistik tidak memerlukan asumsi normalitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi. Hal ini dikarenakan variabel terikat yang terdapat pada regresi logistik merupakan variabel *dummy* (0 dan 1). Sehingga residualnya tidak memerlukan ketiga pengujian tersebut. Karena hanya melibatkan variabel-variabel bebas maka masih diperlukan pengujian untuk multikolinearitas. Pengujian multikolinearitas dapat menggunakan uji *goodness of fit test*, kemudian dilakukan dengan pengujian hipotesis (uji χ^2) yang berguna untuk melihat variabel-variabel bebas yang signifikan, sehingga dapat tetap digunakan untuk penelitian. Diantara variabel bebas yang signifikan dapat dibentuk matriks korelasi dan apabila tidak terdapat variabel bebas yang saling memiliki korelasi maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat gangguan multikolinearitas pada model penelitian. (David W. Hosmer, 2011).

Persamaan logit bagi regresi logistik:

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

Persamaan untuk menentukan nilai peluang dari persamaan logit:

$$\pi(x) = \frac{e^{g(x)}}{1 + e^{g(x)}}$$

Keterangan:

- $\pi(x)$ adalah nilai peluang
- $g(x)$ adalah nilai estimasi logit
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ dan β_3 adalah nilai koefisien untuk variabel konstan.

Untuk dapat mengetahui pengaruh dari peran variabel independen dapat dilakukan dengan uji signifikansi secara keseluruhan dan secara individu sebagai berikut (Haloho, et al. 2013):

a.) Uji signifikansi secara keseluruhan

Sebelum membentuk model regresi logistik terlebih dahulu 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 (Haloho, et al. 2013):

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

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah:

$$G = -2 \log \frac{l_0}{l_1} = -2 [\log(l_0) - \log(l_1)] = -2 (L_0 - L_1)$$

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 α , maka kriteria ujinya adalah tolak H_0 jika $-2 (L_0 - L_1) \geq X^2$ atau $p\text{-value} \leq \alpha$ dan terima dalam hal lainnya (Nachrowi dalam Haloho et al 2013).

dengan hipotesis sebagai berikut

b.) Uji signifikansi secara individual

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

Dan statistik uji (Halolo et al, 2013):

$$W^2 = \frac{\hat{\beta}}{SE(\hat{\beta}_i)}$$

Nilai kuadrat W tersebut mengikuti distribusi *Chi-square* dengan $df = 1$. Jika $W^2 \geq X^2_{(1,\alpha)}$ atau $p\text{-value} \leq \alpha$ maka H_0 ditolak, dan H_1 diterima. $\hat{\beta}_1$ adalah nilai dari estimasi parameter regresi dan $SE(\hat{\beta}_1)$ adalah *standard error* (Nachrowi dalam Haloho et al 2013).

c.) Uji kecocokan model

Alat yang digunakan menguji kecocokan model dalam regresi logistik adalah uji *Hosmer-Lemeshow*. Statistik *Hosmer-Lemeshow* mengikuti distribusi *Chi-square* dengan $df = g - 2$ dimana g adalah banyaknya kelompok, dengan rumus sebagai berikut:

$$X^2_{HL} = \sum_{i=1}^g \frac{(O_i - N_{inti})^2}{N_{inti}(1 - \pi_i)}$$

Untuk menguji kecocokan model, nilai *Chi-square* yang diperoleh dibandingkan dengan nilai *Chi-square* pada table *Chi-square* dengan $df = g - 2$. Jika $X_{HL}^2 \geq X_{(g-2)}^2$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (Hosmer, 2000 dalam Haloho, dkk, 2013).

Dimana:

N_i : Total frekuensi pengamatan kelompok ke- i

O_i : Frekuensi pengamatan kelompok ke- i

$\bar{\pi}_i$: Rata-rata taksiran peluang kelompok ke- i

Untuk menguji kecocokan model, nilai *Chi-square* yang diperoleh dibandingkan dengan nilai *Chi-square* pada table *Chi-square* dengan $df = g - 2$. jika $X_{HL}^2 \geq X_{(g-2)}^2$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima (Hosmer, 2000 dalam Haloho, dkk, 2013).

Analisis regresi logistik digunakan sebagai referensi untuk menghitung faktor yang mempengaruhi masyarakat dalam memiliki digester biogas.

2.7 Analisis Cluster

Analisis cluster adalah analisis yang digunakan untuk mengelompokkan obyek berdasarkan kesamaan karakteristik di antara obyek-obyek tersebut. Terdapat beberapa ciri dari analisis cluster, yaitu:

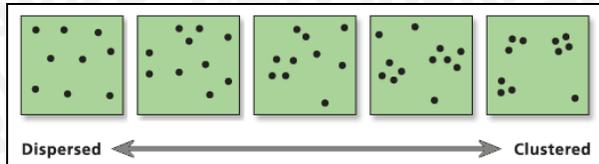
- *Homogenitas internal (within cluster)* adalah kesamaan antar anggota dalam suatu cluster.
- *Heterogenitas external (between cluster)* adalah perbedaaan antara cluster yang satu dengan cluster yang lain.

2.7.1 Analisis Cluster Spasial

Analisis kluster spasial (Argis Resources, 2013) bertujuan untuk meminimumkan jarak atau tetangga terdekat. Dua objek pertama yang dikelompokkan adalah yang memiliki jarak terdekat yang selanjutnya adalah jarak yang terdeteksi. Jarak terdekat akan diperlihatkan dengan overlay antara titik-titik dalam objek menggunakan GIS.

The Average Nearest Neighbor digunakan untuk mengukur jarak antara masing-masing centroid fitur (point) dan point tetangga terdekat. 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 (klustered). Jika jarak rata-rata lebih besar dari hipotesis distribusi fitur, maka fitur yang dianggap tersebar (*dispersed*). Seperti pada gambar 2.1



Gambar 2. 1 Ilustrasi Pengelompokan Hasil Average Nearest Neighbor

Sumber: arcGIS Resources,2013

Rata-rata rasio tetangga terdekat dihiutng sebagai jarak rata-rata yang diamati dibagi dengan jarak rata-rata yang diharapkan. Rumus dari alat analisis *The Average Nearest Neighbor* adalah:

$$\bar{D}_O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

$$\bar{D}_E = \frac{0.5}{\sqrt{n/A}}$$

$$z = \frac{\bar{D}_O - \bar{D}_E}{SE}$$

$$SE = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}}$$

Analisis kluster yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis analisis kluster spasial. Analisis kluster spasial digunakan untuk mengelompokkan peternak non biogas.

2.8 Tinjauan Kebijakan

2.8.1 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang Tahun 2010-2030

Pada Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang tahun 2010-2030 terdapat arahan untuk mengolah hasil ternak sehingga memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Arahan yang tercantum dalam RTRW tersebut berkaitan dengan pengembangan untuk menggunakan hasil dari peternakan seperti kotoran ternak menjadi energi terbarukan. Pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan ekonomi masyarakat, terutama untuk masyarakat peternak dan petani yang memiliki ternak.

2.8.2 Renstra Kecamatan Dau Tahun 2011 – 2015

Pada Renstra Kecamatan Dau Tahun 2011 – 2015 terdapat visi Kabupaten Malang yaitu Mandiri yang artinya kemandirian masyarakat berupa sikap dan kondisi masyarakat yang memiliki semangat enterpreneurship untuk semakin mampu memenuhi kebutuhan dengan mengandalkan kemampuan dan kekuatan sendiri. Dari penjelasan tersebut salah satu sikap

mandiri yang dapat diterapkan oleh masyarakat adalah penggunaan energi biogas sebagai salah satu upaya untuk menyediakan energi secara mandiri melalui ternak sapi yang dimiliki.

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan referensi untuk mengetahui kajian yang telah dilakukan oleh penelitian yang dilakukan oleh orang lain. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang digunakan sebagai bahan referensi:

- a.) Penelitian yang pernah dilakukan oleh S. R. Kalbande, A. K. Kamble dan C. N. Gangde pada tahun 2011 mengenai *Bioenergy assessment and its integration for self sufficient renewable energy village*. Penelitian ditekankan untuk mengetahui potensi limbah ternak dan biomassa yang tersedia di Desa untuk pembangkit energi. Peneliti bertujuan untuk menilai *bioresources* yang berpotensi di Desa Nimbhor dan menyarankan perencanaan energi terbarukan untuk desa mandiri energi. Penelitian yang dilakukan oleh S. R. Kalbande, A. K. Kamble dan C. N. Gangde pada tahun 2011 digunakan sebagai bahan referensi oleh peneliti untuk menggunakan rumus perhitungan konversi energi dari biogas menjadi energi listrik.
- b.) Penelitian yang dilakukan oleh Sugi Rahayu pada tahun 2009 yang berjudul *Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya*. Pembahasan yang dilakukan oleh penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar konversi energi yang dihasilkan dari biogas hasil kotoran ternak sapi dan bagaimana mensosialisasikan produk biogas tersebut kepada masyarakat sehingga dapat dijadikan sebagai rintisan wira usaha baru. Penelitian yang dilakukan oleh Rahayu tahun 2009 digunakan sebagai bahan referensi mengenai definisi tentang biogas.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

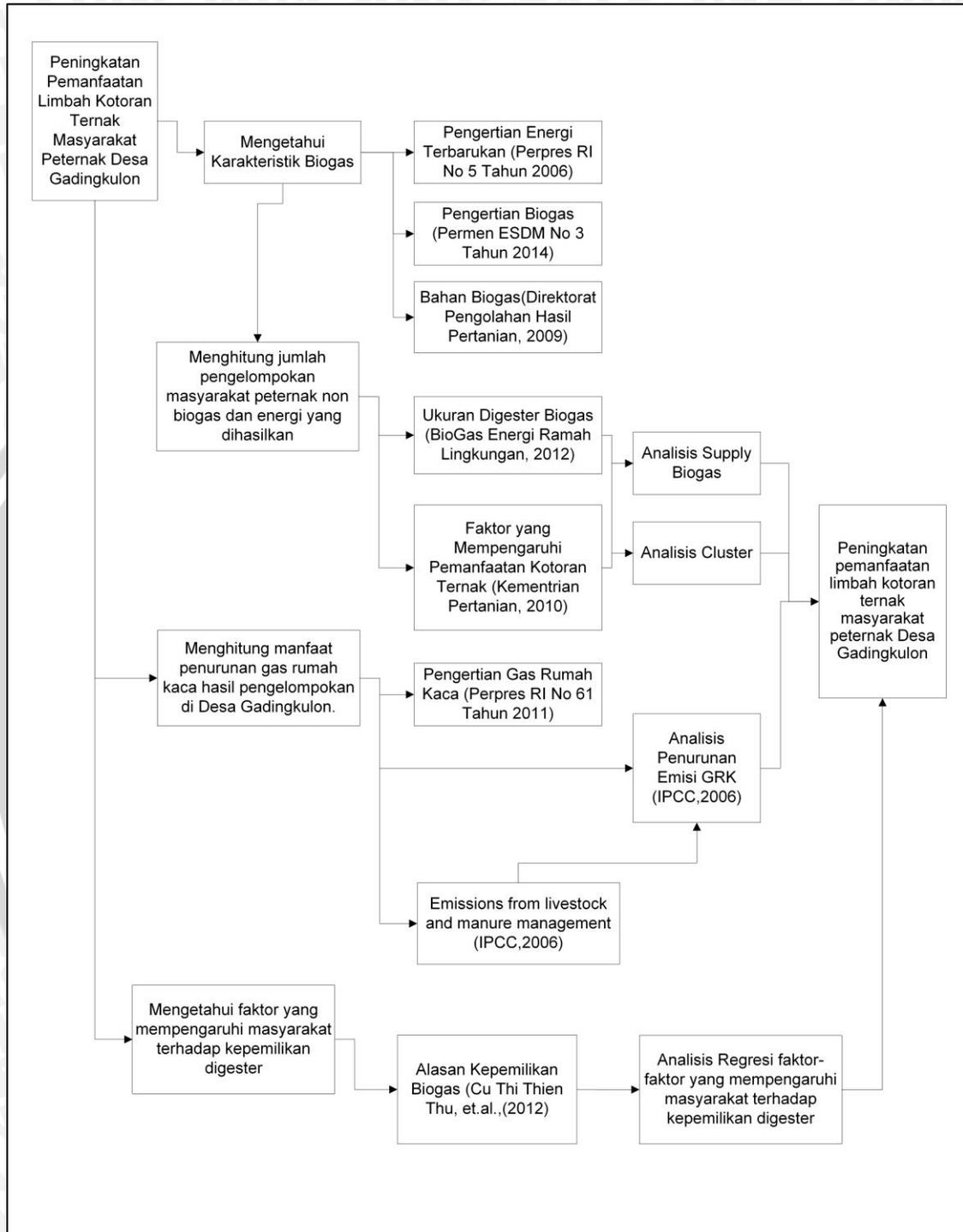
Nama	Judul	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Penggunaan dalam penelitian	Perbedaan
Bagus Firmansyah	Pemanfaatan Potensi Biogas Sebagai Kontribusi Pemenhuanh Kebutuhan Listrik Rumah Tangga di Kecamatan Dau,2014	<ul style="list-style-type: none"> • Kuantittas Ternak • Produksi Biogas • Daya listrik Berdasarkan Kavling • Kependudukan 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis proyeksi jumlah ternak sapi • Analisis ketersediaan biogas • Analisis kebutuhan listrik • Analisis regresi logistik 	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat tiga desa yang mampu menyumbang listrik terbesar di Kecamatan Dau • Terdapat enam desa yang tidak dapat memenuhi kebutuhan supply dan demand 	Digunakan sebagai referensi dalam penentuan desa yang menjadi ruang lingkup wilayah studi dari seluruh desa yang ada di Kecamatan Dau	Dalam penelitian ini tidak menghitung kebutuhan listrik di Desa Gadingkulon. Penelitian ini juga tidak menghitung kebutuhan supply dan demand dalam satu desa.
Sugi Rahayu	Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya, 2009	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan biogas • Pengetahuan tentang pengelolaan biogas dari masyarakat • Aspek sosio-kultural • Teknologi biogas 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis deskriptif • Analisis partisipasi 	<ul style="list-style-type: none"> • Masyarakat petani paham dan mengetahui manfaat residu biogas dari kotoran ternak • Aspek sosio kultural dalam rangka perintisan wirausaha baru telah dipahami masyarakat peternak dan petani • Masyarakat mengetahui prospek apa saja yang dapat 	Digunakan sebagai bahan referensi untuk definisi biogas	Dalam penelitian ini tidak menganalisis pengetahuan masyarakat tentang pengolaan biogas dan teknologi biogas yang digunakan. Hanya menghitung seberapa besar digester yang dapat ditambahkan melihat hasil

Nama	Judul	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Penggunaan dalam penelitian	Perbedaan
Ratih Novi Listyawati	Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Energi Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalweru	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yield</i> • <i>Percen renewabel</i> • <i>Emergy yield ratio</i> • <i>Emergy investmen ratio</i> • <i>Enviromental loading ratio</i> • <i>Enviromental sustainability index</i> • Tingkat kepentingan • Tingkat kepuasan • Ketersediaan lahan • Tingkat pendidikan • Jumlah tenaga kerja • Kepemilikan sapi • Mata pencaharian • Pendapatan penduduk 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis Evaluatif (<i>emergy analysis</i>) • Analisis IPA • Analisis regresi 	<p>dikembangkan berkaitan dengan teknologi biogas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berdasarkan hasil <i>emergy analysis</i> didapatkan dua skenario dalam pemanfaatan kotoran ternak di Desa Tegalweru • Terdapat empat variabel yang harus di perbaiki dalam peningkatan pemanfaatan biogas. • Terdapat 3 variabel yang mempengaruhi secara signifikan terhadap kemauan masyarakat dalam menggunakan biogas 	Dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan refrenensi variabel untuk analisis regresi	dari pengelompokan Jumlah variabel yang digunakan berbeda, dalam penelitian ini menggunakan 8 variabel untuk analisis regresi.
Siti Nuriska	Manfaat aplikasi biogas di Desa Argosari Kecamatan Jabung Kabupaten Malang,2015	<ul style="list-style-type: none"> • Manfaat lingkungan • Manfaat ekonomi • Manfaat sosial • Faktor yang mempengaruhi penggunaan biogas 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Intergovernmental Panel Of Climate Change (IPCC)</i> analysis • Benefit Cost Analysis (NPV, BCR. IRR) • Analisis LQ 	<ul style="list-style-type: none"> • Manfaat penggunaan biogas didapatkan dalam tiga aspek yaitu manfaat sosial, manfaat lingkungan, dan manfaat ekonomi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam penelitian ini digunakan sebagai pertimbangan mengenai perhitungan 	Jumlah variabel yang digunakan dalam analisis regresi logistik berbeda, manfaat ekonomi yang dihasilkan

Nama	Judul	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Penggunaan dalam penelitian	Perbedaan
			<ul style="list-style-type: none"> Analisis regresi logistik 	<ul style="list-style-type: none"> Hasil analisis regresi logistik didapatkan empat variabel yang mempengaruhi yaitu ketersediaan lahan, tingkat pendidikan, jumlah sapi, pengeluaran. 	<ul style="list-style-type: none"> penurunan emisi. 	<ul style="list-style-type: none"> melalui penghematan yang diperoleh dari penggunaan biogas.
<p>Rika Amalia Rizki, 2014</p>	<p>Keberhasilan Implementasi Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Di Desa Tegalweru</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ekonomi Lingkungan Sosial 	<ul style="list-style-type: none"> Analisis BCA (<i>Benefit Cost Analysis</i>) Analisis Perhitungan Emisi Analisis sosial terkait biogas Analisis regresi 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat menekan jumlah pengeluaran akan bahan bakar non terbarukan yang memiliki nilai BCR sebesar 1,19 Terdapat pengurangan emisi dari adanya limbah kotoran ternak sebesar $1,80 \times 10^{-3}$ Gg CH₄ dan $2,16 \times 10^{-5}$ Gg N₂O. Variabel yang mempengaruhi terhadap keberhasilan pengembangan Biogas di Desa Tegalwe adalah pengurangan pencemaran 	<ul style="list-style-type: none"> Dalam penelitian ini digunakan sebagai studi literatur terkait dngan perhitungan pengurangan emisi 	<ul style="list-style-type: none"> Perbedaan dengan penelitian ini adalah penelitian ini lebih fokus untuk menghitung berapa jumlah digester yang bisa ditambahkan dari hasil pengelompokan. Setelah itu dilakukan perhitungan penurunan emisi dari hasil pengelompokan untuk digester komunal.

Nama	Judul	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Penggunaan dalam penelitian	Perbedaan
Agil Harnowo Putra	Penentuan Harga Optimal Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Melalui Evaluasi Skenario Dengan Emeryg Analysis, 2014	<ul style="list-style-type: none"> • Pemanfaatan limbah kotoran ternak • Pemilihan skenario • Harga optimal 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis pemanfaatan limbah ternak untuk biogas dan pupuk organik • Analisis evaluatif emeryg analysis • Analisis demand supply energi 	danzero waste <ul style="list-style-type: none"> • Desa Tegalweru menggunakan limbah kotoran ternak sebanyak 27 ekor dari 1080 ekor dan digunakan dalam digester ukuran 8m². • Dari hasil analisis skenario menunjukkan skenario dua dan skenario tiga dapat memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru karena capaian energi yang diperoleh 167,52% untuk penerangan lampu dan 507,53% untuk memasak. Hasil analisis emeryg menunjukkan skenario tiga memiliki skenario yang lebih efisien dibandingkan dengan skenario yang lain. 	<ul style="list-style-type: none"> • Digunakan sebagai studi literatur terkait dengan penelitian yang berkaitan dengan biogas. 	Fokus dari penelitian ini bertujuan untuk menambah berapa jumlah digester yang dapat dimafaat berdasarkan hasil pengelompokan dan menghitung jumlah emisi yang dapat diturunkan dari hasil pengelompokan, kemudian dilakukan analisis regresi untuk mengetahui faktor apa saja yang mempegaruhi masyarakat dalam kepemilikan digester biogas.

2.10 Kerangka teori



Gambar 2. 2 Kerangka Teori Penelitian

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

