

**PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF SKALA RUMAH TANGGA DI DESA
TEGALWERU**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
mendapatkan gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

RATIH NOVI LISTYAWATI

NIM. 105060600111051

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2014**

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF SKALA RUMAH TANGGA DI DESA TEGALWERU

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

RATIH NOVI LISTYAWATI
NIM. 105060600111051

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng
NIP. 19720501 1999032 002

Mustika Anggraeni ST.,MSi
NIP. 19791026 200812 2 002

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF SKALA RUMAH TANGGA DI DESA
TEGALWERU**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

RATIH NOVI LISTYAWATI
NIM. 105060600111051

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 27 Januari 2014

Dosen Penguji I

Aris Subagyo, ST., MT.
NIP. 19810404 2012121 005

Dosen Penguji II

Chairul Maulidi, ST., MT.,
NIP. 84120106110290

Mengetahui

Ketua Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota

Dr. Ir. Abdul Wahid Hasyim, MSP
NIP.19651218 199412 1 001

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI / TUGAS AKHIR

Saya yang tersebut di bawah ini :

Nama : Ratih Novi Listyawati
NIM : 105060600111051
Judul Skripsi / Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Energi
Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalweru

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya di dalam hasil karya Skripsi / Tugas Akhir saya, baik berupa naskah maupun gambar tidak terdapat unsur penjiplakan karya Skripsi / Tugas Akhir yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi / Tugas Akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur penjiplakan dari karya Skripsi / Tugas Akhir orang lain, maka saya bersedia Skripsi / Tugas Akhir dan gelar Sarjana Teknik yang telah diperoleh dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Januari 2014
Yang membuat pernyataan

Ratih Novi Listyawati
105060600111051

Tembusan :

1. Kepala Laboratorium Skripsi / Tugas Akhir Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota
2. Dua (2) Dosen Pembimbing Skripsi / Tugas Akhir yang bersangkutan
3. Dosen Pembimbing Akademik yang bersangkutan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun ucapkan pada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak sebagai ENergi Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalweru* dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih penyusun sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas segala limpahan nikmat-Nya yang tidak pernah berhenti mengalir kepada saya dan keluarga.
2. Kedua Orang Tua, Ibu dan Bapak atas segala limpahan doa dan dukungan yang diberikan serta kesabaran yang tidak terbatas.
3. Keluarga, Mas Hadi, Mas Dodik dan Mbak Ade atas segala limpahan doa dan dukungan yang selalu mengalir.
4. Dosen pembimbing Ibu Dr.tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng dan Ibu Mustika Anggraeni, ST., MSi yang telah memberikan masukan, arahan, dan bimbingan dalam setiap tahap penyusunan tugas akhir ini.
5. Dosen penguji Bapak Aris Subagyo, ST., MT. dan Bapak Chairul Maulidi, ST., MT yang telah memberikan masukan, arahan, dan bimbingan dalam proses penyempurnaan tugas akhir ini.
6. Seluruh responden di Desa Tegalweru yang telah meluangkan waktunya untuk diwawancara.
7. Teman-teman PWK angkatan 2010, Rika, Desi, Bagus, Agil, Ainun, Riska, Arta, Dwi, Fatia, Cisika, Hasfarm dan teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang sejak awal membantu proses survei sekaligus memberi motivasi serta menjadi teman diskusi terhadap penyusunan tugas akhir ini.
8. Serta semua pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung dan tidak langsung.

Kritik dan saran yang sifatnya membangun dari berbagai pihak diperlukan peneliti sebagai bahan perbaikan dalam penyusunan tugas akhir nantinya. Peneliti berharap tugas akhir ini dapat berguna bagi pihak yang terkait.

Malang, Januari 2014

Penyusun

RINGKASAN

Ratih Novi Listyawati, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2013, *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Energi Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalweru*, Dosen Pembimbing : Dr.tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. dan Mustika Anggraeni, ST., MSi.

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metaorganik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anerobik. Untuk menghasilkan sebuah biogas, terdiri dari dua tahapan yaitu proses aerobik dan anaerobic. Proses pertama diperlukan oksigen dan hasil prosesnya berupa karbondioksida (CO₂). Selanjutnya proses kedua yaitu proses anerobik dimana dari proses kedua ini dihasilkan biogas.

Metode analisa yang digunakan dalam penelitian yaitu analisis *emergy* untuk menentukan kondisi yang tepat di terapkan di Desa Tegalweru. Analisis ini membandingkan 2 kondisi yang dapat diterapkan dilihat dari efisiensi dan keberlanjutan dari masing-masing kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi dimana pemanfaatan limbah kotoran ternak hanya untuk 6 titik biogas sesuai dengan kondisi eksisting yang ada. Sedangkan untuk kondisi kedua adalah kondisi dimana semua potensi sapi dapat dimanfaatkan sebagai biogas yaitu sebanyak 1.080 ekor sapi. Analisis selanjutnya adalah analisis IPA (*Importance Performance Analysis*) digunakan untuk mengevaluasi pelayanan dari biogas yang telah ada. Serta analisis regresi logistic yang berguna untuk melihat faktor-faktor yang mempengaruhi kemauan peternak untuk memiliki biogas.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kondisi yang tepat diterapkan berdasarkan hasil perhitungan efisiensi dan keberlanjutan *emergy* adalah kondisi 2 dengan 1.080 ekor sapi yang dimanfaatkan sebagai sumber energi. Selanjutnya evaluasi dari kinerja biogas yang telah ada menggunakan analisis IPA menunjukkan bahwa terdapat 3 variabel yang memiliki tingkat kepuasan rendah namun tingkat kepentingannya tinggi yaitu variabel ketersediaan lahan, energi untuk memasak dan energi untuk penerangan. Analisis regresi logistic meunjukkan hasil bahwa variabel independen yang mempengaruhi peternak untuk memiliki biogas adalah dari ketersediaan lahan yang mereka miliki, tingkat pendidikan dan jumlah kepemilikan sapi.

Kata Kunci: Limbah Kotoran Ternak, Analisis *Emergy*, Biogas, IPA

SUMMARY

Ratih Novi Listyawati, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2013, *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Energi Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalweru*, Academic Supervisor : Dr.tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. dan Mustika Anggraeni, ST., MSi.

Biogas is a mixture of gases produced by metaorganic bacteria that occurs in materials which is decomposable naturally under anaerobic conditions. The process of biogas production, consist of two stages: aerobic and anaerobic processes. The first process need oxygen and the process results is carbon dioxide (CO₂). Furthermore, the second process is anaerobic process which generates biogas consisting mainly carbon dioxide and methane.

The analytical methods used in the study is emergy analysis to determine the appropriate manure waste utilization can be applied in Tegalweru village. This analysis compared 2 conditions that can be applied based on the efficiency and sustainability of each condition. The first condition is a condition in which the utilization of manure waste biogas only for 6 points according to existing condition. The second condition is a condition in which manure from all potential cows can be used as a biogas as many as 1,080 head of cattle. The next analysis is the IPA (Importance Performance Analysis) which is used to evaluate the performance of existing biogas utilization. The logistic regression analysis was conducted afterwards to find out the factors that can significantly influence the willingness of farmers to have the biogas installation and use the biogas.

The results of the study denoted that the best conditions can be applied based on the results of the calculation of the efficiency and sustainability of emergy is condition 2 with 1,080 cows utilized as an energy source. Further evaluation of the performance of existing biogas using IPA analysis shows that there are three variables that have a low level of satisfaction but a high level of importance which are the availability of land, energy for cooking and energy for lighting. Logistic regression analysis results that the independent variables which influence farmers to have and use biogas are the availability of land, the level of education and the number of cattle.

Keywords : Livestock Manure Waste , Emergy Analysis , Biogas, IPA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
RINGKASAN	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6.1 Ruang Lingkup Wilayah	5
1.6.2 Ruang Lingkup Materi	6
1.7 Kerangka Pemikiran	8
1.8 Sistematika Pembahasan	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Definisi Operasional.....	10
2.2 Biogas sebagai Energi Terbarukan.....	11
2.2.1 Pengertian Biogas	11
2.2.2 Jenis-Jenis Reaktor Biogas	12
2.2.3 Faktor dalam Proses Produksi Biogas.....	13
2.2.4 Siklus Kerja Biogas.....	14
2.3 Komponen Kinerja Biogas	16
2.4 Alasan Kepemilikan Biogas	17
2.5 Skala Pendekatan Pembuatan Biogas.....	17
2.6 Tinjauan Analisis.....	18
2.6.1 Emergy Analysis	18
2.6.2 Analisis IPA (Importance Performace Analysis).....	23
2.6.3 Analisis Regresi	26
2.7 Tinjauan Kebijakan	28
2.8 Kerangka Teori.....	30

2.9	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Jenis Penelitian.....	33
3.2	Variabel Penelitian.....	33
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	35
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	36
3.4.1	Survei Sekunder.....	36
3.4.2	Survei Primer.....	36
3.5	Populasi.....	40
3.5.1	Populasi Analisis IPA.....	40
3.5.2	Populasi Analisis Regresi.....	40
3.6	Metode Sampling.....	40
3.7	Penentuan Responden.....	41
3.8	Metode Analisis Data.....	42
3.8.1	Emergy Analysis.....	42
3.8.2	Analisis IPA (Importance Performance Analysis).....	46
3.8.3	Analisis Regresi.....	48
3.9	Implikasi Antar Analisis.....	50
3.10	Desain Survei.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
4.1	Gambaran Umum Desa Tegalweru.....	56
4.1.1	Karakteristik Penduduk.....	57
4.2	Pengelolaan Limbah Kotoran Ternak.....	59
4.2.1	Kondisi Pemanfaatan Kotoran Ternak.....	60
4.2.2	Proses.....	63
4.2.3	Output.....	64
4.3	Penentuan Skenario.....	70
4.3.1	Kebijakan Terkait.....	70
4.3.2	Skenario.....	71
4.4	Emergy Analysis.....	71
4.4.1	Emergy Flow.....	72
4.4.2	Emergy Value.....	73
4.4.3	Perhitungan Indikes Emergy.....	75
4.5	Analisis Tingkat Kepentingan dan Kepuasan terhadap Biogas.....	76

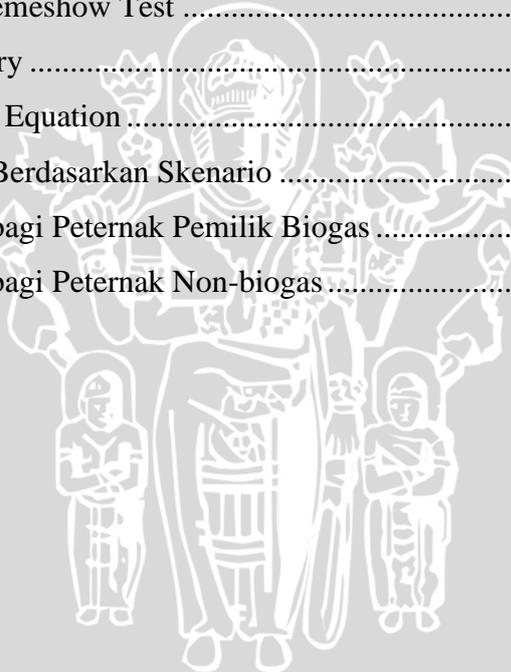
4.6	Analisis Minat Kepemilikan Instalasi Biogas	84
4.6.1	Uji Signifikansi	87
4.6.2	Uji Model Fit.....	88
4.6.3	Uji Regresi Logistik.....	88
4.7	Rekomendasi Pengembangan Bioenergi Skala Rumah Tangga.....	91
4.7.1	Pemilihan Skenario	91
4.7.2	Rekomendasi Pengembangan Biogas dengan Sasaran Peternak Pemilik Biogas	91
4.7.3	Rekomendasi Pengembangan Biogas dengan Sasaran Peternak Non-Biogas	93
BAB V PENUTUP		96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR ISTILAH		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Penyusun Biogas	11
Tabel 2. 2 Tipe Reaktor Biogas	12
Tabel 2. 3 Hasil Kotoran Dari seekor Ternak Dewasa (kg/hari)	13
Tabel 2. 4 Konstruksi Tabel Emergy	21
Tabel 2. 5 Nilai emergi dan indeks emergi yang dianalisa dalam studi	22
Tabel 2. 6 Skala Tingkat Kepuasan dan Kepentingan dalam Analisa IPA.....	24
Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3. 1 Variabel Penelitian.....	33
Tabel 3. 2 Daftar Kebutuhan Data Sekunder	36
Tabel 3. 3 Kebutuhan Data dan Tujuan	38
Tabel 3. 4 Populasi Peternak Kecamatan Dau tahun 2009-2013.....	40
Tabel 3. 5 Jumlah Sampel Menurut Krejcie dan Morgan, 1970.....	41
Tabel 3. 6 Komponen input dalam perhitungan emergi	43
Tabel 3. 7 Nilai Transformity pada Emergy Analysis	45
Tabel 3. 8 Atribut-Atribut Analisis IPA	46
Tabel 3. 9 Uji Chi Square dalam Tabluasi Silang untuk Variabel Mata Pencaharian	48
Tabel 3. 10 Uji Chi Square dalam Tabluasi Silang untuk Variabel Ketersediaan Tenaga Kerja.....	49
Tabel 3. 11 Kategori Variabel Independen	49
Tabel 3. 12 Matriks Implikasi antar Analisis.....	50
Tabel 3. 13 Desain Survei.....	53
Tabel 4. 1 Jumlah Penduduk Tahun 2007-2013	57
Tabel 4. 2 Jumlah Penduduk Berdasarkan Tingkat Pendidikan	59
Tabel 4. 3 Karakteristik Biogas di Desa Tegalweru	62
Tabel 4. 4 Kuantitas dan Kandungan Kotoran Ternak	63
Tabel 4. 5 Perawatan Sapi dan Jarak Kandang dengan Rumah.....	63
Tabel 4. 6 Jenis reaktor biogas Desa Tegalweru	63
Tabel 4. 7 Tabel Produksi Biogas Desa Tegalweru	64
Tabel 4. 8 Penjelasan Skenario dalam Penelitian	71
Tabel 4. 9 Perbedaan Antar Skenario	71
Tabel 4. 10 Emergy Value Skenario 1	73
Tabel 4. 11 Emergy Value Skenario 2	74

Tabel 4. 12 Ringkasan Emergy Value Skenario 1 dan Skenario	75
Tabel 4. 13 Perhitungan Emergy Base-Indices.....	75
Tabel 4. 14 Tabulasi Persepsi Kepuasan dan Tingkat Kepentingan Masyarakat Desa Tegalweru terhadap pelayanan Biogas	78
Tabel 4. 15 Perhitungan titik-titik pada kuadran kartesius	79
Tabel 4. 16 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 1	82
Tabel 4. 17 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 2	82
Tabel 4. 18 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 3	83
Tabel 4. 19 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 4	83
Tabel 4. 20 Case Processing Summary.....	86
Tabel 4. 21 Categorical Variables Codings	87
Tabel 4. 22 Omnibus Test of Model Coefficients	87
Tabel 4. 23 Hosmer and Lemeshow Test	88
Tabel 4. 24 Model Summary	88
Tabel 4. 25 Variable in the Equation	88
Tabel 4. 26 Rekomendasi Berdasarkan Skenario	91
Tabel 4. 27 Rekomendasi bagi Peternak Pemilik Biogas	92
Tabel 4. 28 Rekomendasi bagi Peternak Non-biogas	93



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ruang Lingkup Wilayah	6
Gambar 1. 2 Kerangka Pemikiran.....	8
Gambar 2. 1 Siklus Kerja Biogas.....	14
Gambar 2. 2 Proses di dalam Digester.....	15
Gambar 2. 3 Diagram sistem <i>emergy</i> (<i>Emergy Flow</i>)	21
Gambar 2. 4 Kuadran IPA	25
Gambar 2. 5 Kerangka Teori	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3. 2 Diagram sistem <i>emergy</i>	44
Gambar 3. 3 <i>Emergy Flow</i> dalam Penelitian	44
Gambar 3. 4 Diagram Implikasi Antar Analisis	52
Gambar 4. 1 Peta Guna Lahan Desa Tegalweru	56
Gambar 4. 2 Histogram Jumlah Penduduk Tahun 2007-2013.....	57
Gambar 4. 3 Histogram Mata Pencarian Masyarakat Desa Tegalweru	58
Gambar 4. 4 Prosentase Peternak Murni dan Peternak Sampingan.....	58
Gambar 4. 5 Diagram Pengelolaan Biogas di Desa Tegalweru.....	60
Gambar 4. 6 Histogram Jumlah Ternak Sapi Tahun 2009-2013	61
Gambar 4. 7 Kondisi Ternak Sapi Pada Kandang Bapak Sholihin	62
Gambar 4. 8 Kondisi Pemanfaatan Kotoran Ternak untuk Biogas.....	62
Gambar 4. 9 Peta Titik Lokasi Biogas Eksisting	65
Gambar 4. 10 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (I)	66
Gambar 4. 11 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (II)	67
Gambar 4. 12 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (III).....	68
Gambar 4. 13 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (IV).....	69
Gambar 4. 14 <i>Emergy Flow</i> Skenario 1 dan Skenario 2 dalam Pemanfaatan Kotoran Ternak di Desa Tegalweru	72
Gambar 4. 15 Tingkat Kepuasan Masyarakat terhadap kinerja biogas	77
Gambar 4. 16 Tingkat Kepentingan menurut Persepsi Masyarakat terhadap Kinerja Biogas.....	78
Gambar 4. 17 Diagram IPA (Importance Performance Analysis) masyarakat Desa Tegalweru terhadap Pelayanan Biogas	81
Gambar 4. 18 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Tingkat Pendidikan)	85

Gambar 4. 19 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Jumlah Sapi) 85
Gambar 4. 20 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Pendapatan) 86
Gambar 4. 21 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Ketersediaan Lahan)..... 86



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan atau *renewable energy* adalah energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut (Undang-Undang RI Nomor 30 Tahun 2007). Bioenergi merupakan salah satu energi terbarukan sebagai solusi untuk memecahkan masalah krisis energi yang saat ini besar dampaknya bagi perubahan iklim global. Perubahan iklim merupakan masalah global yang menjadi agenda bagi seluruh negara untuk menanggulangi. United Nation Environment Programme (2013) menyatakan bahwa energi fosil memiliki peranan yang besar dalam peningkatan emisi karbon penyebab pemanasan global. Peningkatan itu sebesar 32,1 juta ton sejak tahun 2009. Kenaikan emisi karbon ini di dominasi oleh Benua Asia dan Pasifik dimana emisi per kapita yang dihasilkan akan meningkatkan jumlah emisi di dunia. Peningkatan emisi ini menyebabkan tingginya konsentrasi CO₂ di atmosfer sehingga akan dapat meningkatkan suhu global (UNEP, 2013).

Emisi karbon yang terjadi disebabkan salah satunya karena pembakaran bahan bakar fosil untuk kegiatan industri, pemanasan dan transportasi. Bahan bakar fosil merupakan energi yang mendominasi kebutuhan energi dunia dan akan terus meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Penggundulan hutan dan perubahan gubahan juga memengaruhi banyaknya emisi karbon penyebab pemanasan global (UNEP, 2013).

Di negara-negara berkembang, seperti di Indonesia, penggunaan energi mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (2012), hingga tahun 2011 disebutkan bahwa pertumbuhan konsumsi energi Indonesia mencapai 7% pertahun sementara pertumbuhan energi dunia hanya 2,6% pertahun. Dari peningkatan konsumsi energi ini pemanfaatan energi terbarukan akan menjadi solusi untuk menghindari adanya krisis energi di kemudian hari. Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 menyebutkan target terwujudnya energi *mix* yang optimal tahun 2025, dimana konsumsi energi untuk penggunaan energi terbarukan harus lebih dari 15%. Inovasi penggunaan sumber terbarukan untuk menghasilkan energi telah banyak dilakukan, seperti *solar cell* (energi matahari) maupun energi dari kotoran sapi dan sampah.

Program BIRU (Biogas Rumah Tangga) merupakan salah satu program dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan dengan memanfaatkan kotoran sapi perah dan sapi potong sebagai sumber energi. Program ini merupakan kerjasama antara masyarakat dengan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Salah satu manfaat pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber biogas adalah mencegah emisi metana sebagai produk proses fermentasi kotoran ternak. Gas metana merupakan gas yang menimbulkan efek rumah kaca 23 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas CO₂ dan sapi merupakan salah satu hewan ternak penyumbang terbesar gas metana jika limbah kotorannya tidak diolah (Pratama, 2012).

Berdasarkan laporan pembangunan biogas oleh program BIRU, hingga 31 Januari 2013, di Jawa Timur telah dibangun 5.100 unit reaktor biogas rumah atau sejumlah 62% dari total jumlah 8.300 unit reaktor yang dibangun di Indonesia (Purnomo, 2013). Sesuai dengan Peraturan Daerah Kabupaten Malang Nomor 6 Tahun 2008 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) daerah Kabupaten Malang Tahun 2005-2025, bahwa pengembangan energi alternatif merupakan solusi untuk keberlangsungan kegiatan ekonomi masyarakat yang termasuk dalam misi Kabupaten Malang untuk mewujudkan pembangunan Kabupaten Malang yang merata dan berwawasan lingkungan (Pemerintah Kabupaten Malang, 2008). Kabupaten Malang menjadi daerah pemilik reaktor biogas terbanyak di Jawa Timur. Hingga Februari 2013, telah dibangun 2.609 reaktor biogas skala rumah tangga, Namun terdapat pula reaktor biogas skala komunal dengan penggunaan 2-3 rumah tangga dalam satu reaktor. Besarnya angka pembangunan reaktor biogas ini dikarenakan Kabupaten Malang merupakan sentra peternakan sapi perah dan sapi potong terbesar di Jawa Timur. Jumlah sapi perah dan sapi potong di Kabupaten Malang berjumlah 225.895 ekor. Setiap harinya sapi-sapi tersebut menghasilkan 3.388.425 kg kotoran. Namun kotoran sapi yang telah dimanfaatkan untuk biogas hanya 152,4 kg (Purnomo, 2013). Tingginya potensi pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas dapat menjadi masukan bagi pengembangan biogas di Kabupaten Malang dalam skala rumah tangga.

Desa Tegalweru Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, merupakan salah satu desa dengan potensi kotoran ternak sebagai sumber biogas. Tingginya potensi biogas dikarenakan banyaknya kepemilikan hewan ternak dimana kotoran dari ternak tersebut dapat diolah menjadi biogas dan pupuk. Karakteristik mata pencaharian masyarakat Desa Tegalweru didominasi oleh peternak dan petani dengan jumlah ternak sapi sebanyak 1.080 ekor sapi (Dinas Peternakan, 2013) namun tidak semua dimanfaatkan oleh peternak

di Desa Tegalweru, sehingga tujuan penelitian adalah meningkatkan pemanfaatan potensi limbah kotoran ternak yang ada di Desa Tegalweru. Ratih Novi, dkk (2013) menyatakan bahwa manfaat dari pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru apabila seluruh potensi sapi digunakan sebagai biogas, akan mengurangi resiko gas metan penyebab efek rumah kaca sebesar $8,70E-05$ Gg CH_4 .

Peningkatan pemanfaatan biogas dilakukan dengan menetapkan skenario yang tepat untuk diterapkan di desa Tegalweru melalui perhitungan *emergy analysis* dengan 2 skenario yang berbeda. Dua skenario yang berbeda diambil guna membandingkan kondisi eksisting dengan kondisi maksimal apabila seluruh potensi sapi dimanfaatkan. Skenario 1 merupakan skenario dengan pemanfaatan sapi berdasarkan kondisi eksisting yaitu 27 sapi dengan 6 titik biogas, sedangkan skenario dua adalah skenario dengan pemanfaatan maksimal dari seluruh sapi yang ada di Desa Tegalweru yaitu sejumlah 1.080 sapi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi dan keberlanjutan dari dua skenario tersebut. Hasil dari *emergy analysis* akan menentukan analisis yang dilakukan selanjutnya, apabila skenario 1 terpilih maka analisis yang dilakukan selanjutnya adalah analisis IPA saja, namun apabila skenario 2 terpilih untuk diterapkan di Desa Tegalweru, maka akan dilakukan dua analisis yaitu analisis IPA dan analisis regresi dimana analisis regresi akan dapat merealisasikan dari pemanfaatan berdasarkan skenario 2. Analisis IPA digunakan untuk mengevaluasi terhadap kinerja biogas yang telah ada untuk melihat tingkat kepuasan dan kepentingan menurut persepsi masyarakat sehingga pengembangan dapat difokuskan pada variabel yang memiliki pelayanan rendah. Sedangkan analisis regresi dilakukan untuk pengidentifikasian faktor-faktor yang memengaruhi minat peternak untuk memiliki biogas berskala rumah tangga sehingga dapat meningkatkan minat peternak non-biogas untuk bersedia menggunakan biogas untuk kemudian dapat dirumuskan rekomendasi bagi pengembangan energi alternatif skala rumah tangga dengan sasaran peternak yang telah memiliki biogas dan peternak non-biogas.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan kondisi pemanfaatan bioenergi yang ada di Desa Tegalweru, diketahui beberapa isu terkait pengembangan sumber energi terbarukan, antara lain:

1. Desa Tegalweru Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, merupakan salah satu desa dengan potensi bioenergi yang tinggi, dapat dilihat dari tingkat kepemilikan hewan ternak yaitu sejumlah 1080 ekor sapi (Dinas Peternakan, 2013). Namun hanya 27

ekor sapi (2,5%) yang mampu dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai biogas untuk memasak dan penerangan.

2. Terdapat 475 peternak yang ada di Desa Tegalweru, namun yang mampu memanfaatkan limbah kotoran ternak sebagai biogas hanya 10 KK.
3. Saat ini masyarakat Desa Tegalweru belum dapat memanfaatkan dengan maksimal potensi kotoran ternak dikarenakan masyarakat saat ini hanya membuang limbah kotoran ternak pada lahan kosong maupun sungai sehingga dapat menimbulkan penyakit karena kotoran ternak segar masih mengandung bakteri patogen.
4. Pembuangan kotoran ternak di Desa Tegalweru secara terbuka mengeluarkan emisi gas rumah kaca yaitu gas metana dan nitrousoksida. Hal ini turut menyumbang pemanasan global. Metana dan nitrous oksida merupakan gas yang menimbulkan efek rumah kaca masing-masing 23 kali dan 310 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gas CO₂. Menurut Ratih Novi, dkk (2013), pemanfaatan dari 1.080 sapi akan mengurangi resiko gas metan sebesar 8,70E-05 Gg CH₄ sehingga akan mengurangi resiko *global warming*.

1.3 Rumusan Masalah

Sesuai dengan Rencana Pengembangan Daerah Kabupaten Malang untuk memanfaatkan energi-energi alternatif dalam peningkatan ekonomi masyarakat sekaligus pemanfaatan maksimal potensi bioenergi yang dimiliki peternak untuk masing-masing rumah tangga di khususnya Desa Tegalweru, maka rumusan masalah yang perlu dikemukakan pada penelitian ini adalah “Rekomendasi apa yang sesuai bagi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang?”

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang akan dikaji, maka tujuan dari penulisan adalah peningkatan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang melalui rekomendasi yang didapat berdasar faktor-faktor yang berpengaruh dan evaluasi pelayanan biogas yang telah ada.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang, maka diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan manfaat bagi pemerintah, masyarakat dan mahasiswa.

1. Pemerintah
 - a. Dapat bermanfaat bagi pemerintah untuk mengembangkan potensi bioenergi di Desa Tegalweru.
 - b. Dapat digunakan sebagai input dalam penyusunan kebijakan pengelolaan energi alternatif di Desa Tegalweru khususnya dan Kabupaten Malang pada umumnya.
2. Masyarakat
 - a. Dapat bermanfaat untuk masyarakat khususnya masyarakat Desa Tegalweru untuk mengembangkan potensi bioenergi yang dimiliki.
 - b. Mendorong masyarakat untuk dapat menjadikan wilayah mereka menjadi desa yang memiliki kemandirian dalam pemenuhan kebutuhan energi.
3. Mahasiswa
 - a. Dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengembangkan energi-energi alternatif yang ada di lingkungan sekitar.
 - b. Dapat bermanfaat sebagai media latihan dalam penelitian mahasiswa serta sebagai motivasi dalam penelitian selanjutnya.

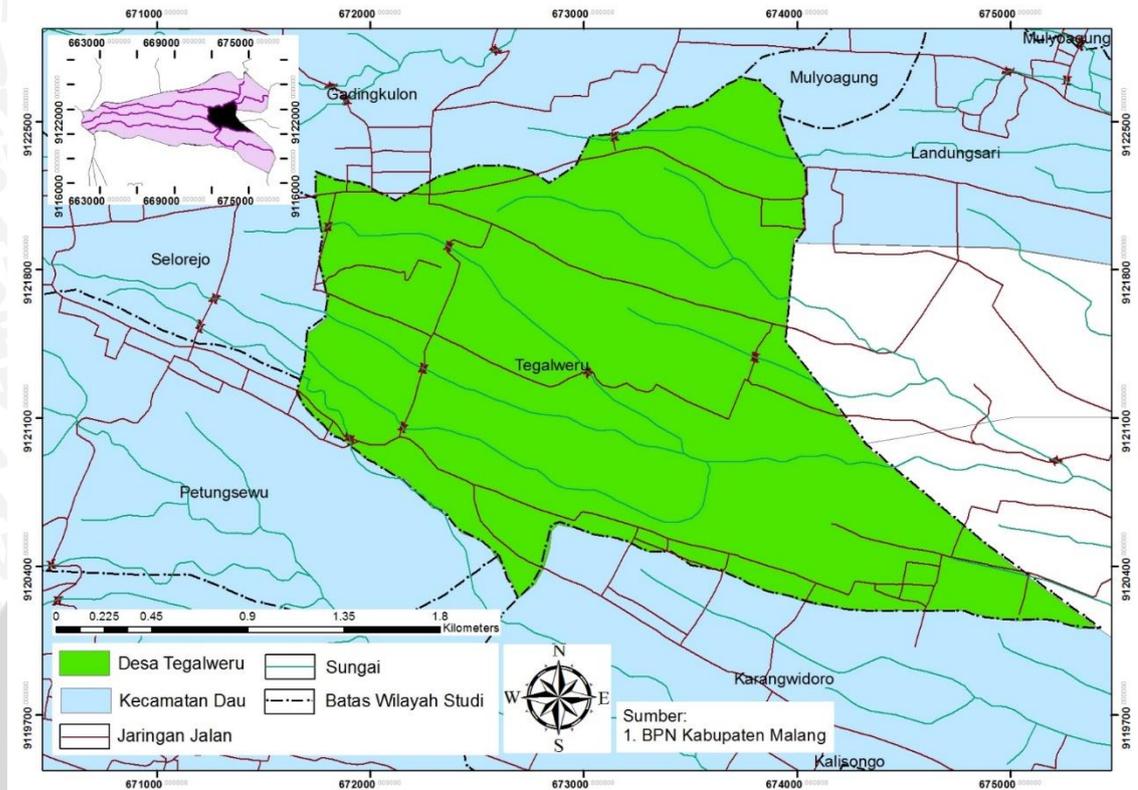
1.6 Ruang Lingkup Penelitian

1.6.1 Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah yang menjadi objek penelitian adalah Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang. Desa Tegalweru terbagi menjadi empat dusun, dengan luas wilayah 370,5 Ha. Jumlah penduduk Desa Tegalweru pada tahun 2013 adalah sebanyak 3265 jiwa. Desa Tegalweru memiliki batas administrasi sebagai berikut:

Sebelah Timur	:	Desa Merjosari
Sebelah Barat	:	Desa Selorejo
Sebelah Selatan	:	Desa Karangwidoro dan Desa Petung Sewu
Sebelah Utara	:	Desa Gadingkulon

Desa Tegalweru dibagi menjadi empat dusun dan memiliki ketinggian 587-845 dpl. Kemiringan lahan di Desa Tegalweru yaitu pada kemiringan 0-7%.



Gambar 1. 1 Ruang Lingkup Wilayah

1.6.2 Ruang Lingkup Materi

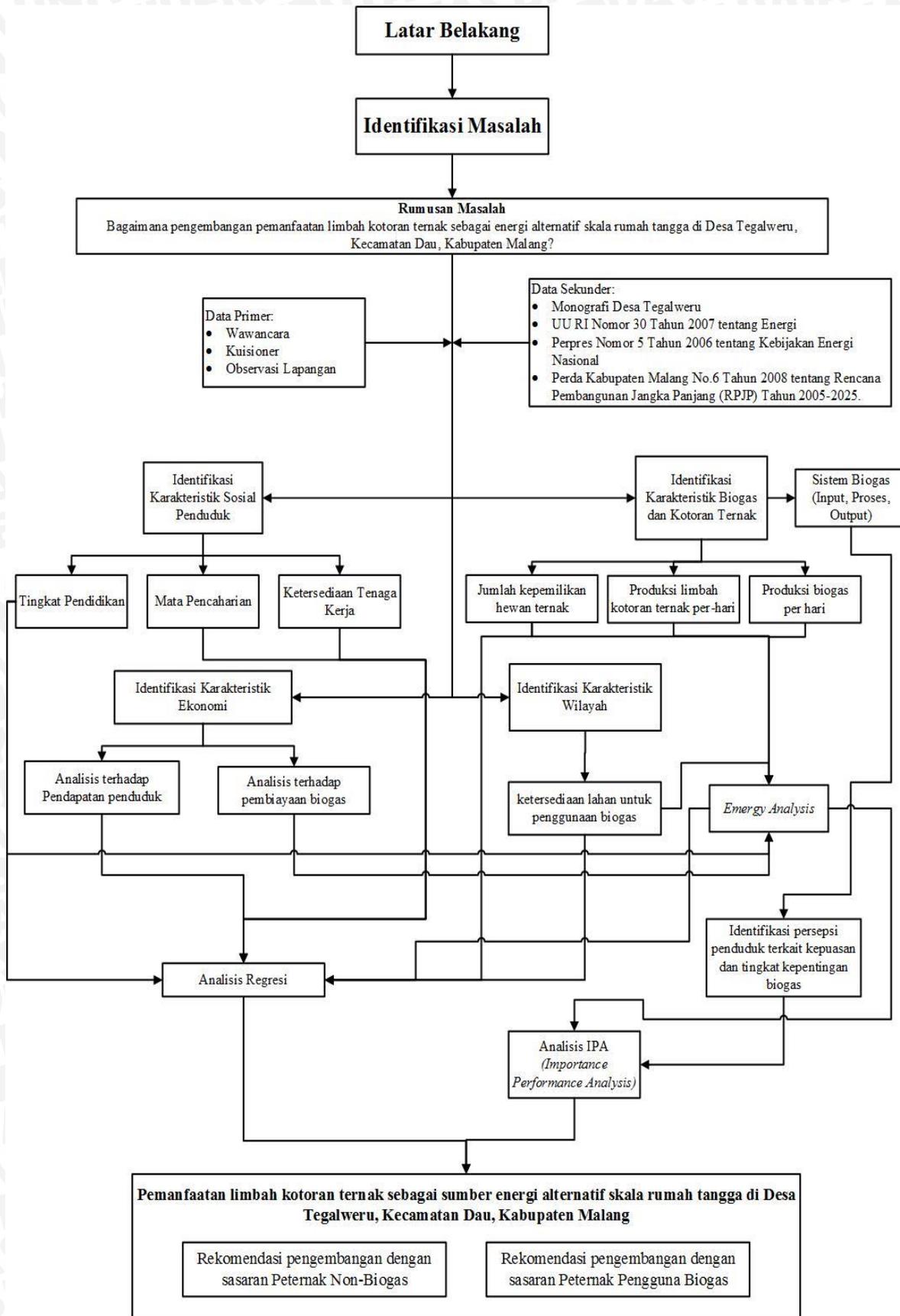
Materi yang akan dikaji dalam penelitian ini dibatasi berdasarkan kajian terhadap potensi energi yang dimiliki oleh masing-masing rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau. Penelitian pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi alternatif skala rumah tangga memiliki ruang lingkup materi sebagai berikut:

1. Karakteristik pengguna biogas. Karakteristik yang dimaksud adalah:
 - a. Karakteristik sosial penduduk yaitu mata pencaharian, tingkat pendidikan, dan ketersediaan tenaga kerja.
 - b. Karakteristik ekonomi penduduk meliputi jumlah pendapatan penduduk dan pembiayaan biogas (konstruksi dan perawatan).
2. Karakteristik biogas dan kotoran ternak sebagai input yang meliputi:
 - a. Ketersediaan lahan untuk biogas
 - b. Produksi biogas per-hari
 - c. Produksi limbah kotoran ternak per-hari
 - d. Kepemilikan hewan ternak

3. Skala pemanfaatan biogas adalah skala rumah tangga.
4. Kajian penelitian difokuskan pada sediaan dari potensi ternak yang ada di Desa Tegalweru.
5. Penentuan kondisi yang tepat untuk diterapkan di Desa Tegalweru menggunakan *emergy analysis*, dimana penentuan kondisi tersebut didasarkan pada perbandingan atas efisiensi dan keberlanjutan masing-masing kondisi.
6. Evaluasi pemanfaatan potensi kotoran ternak yang telah ada sebagai alternatif energi terbarukan di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dengan metode *Importance Performance Analysis*.
7. Batasan evaluasi dari penelitian dengan menggunakan indikator *emergy* adalah kajian terhadap siklus kerja dari biogas, yaitu efisiensi energi serta keberlanjutan dari biogas dihitung dari dua kondisi yang berbeda yaitu kondisi eksisting dan kondisi dimana potensi kotoran sapi dimanfaatkan dengan maksimal.
8. Perumusan rekomendasi pengembangan potensi biogas dengan sasaran peternak non-biogas adalah skala rumah tangga dengan melihat faktor-faktor yang memengaruhi minat peternak non-biogas untuk memiliki instalasi serta perumusan rekomendasi untuk peningkatan pelayanan biogas yang telah ada dengan sasaran peternak yang telah memiliki biogas berdasarkan hasil analisis IPA (*Importance Performance Analysis*).



1.7 Kerangka Pemikiran



Gambar 1.2 Kerangka Pemikiran

1.8 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan menjelaskan tentang urutan dan isi setiap bab dalam penelitian.

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang mencakup ruang lingkup wilayah, ruang lingkup materi, serta pembuatan kerangka pemikiran dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang literatur yang menjadi acuan dalam pengumpulan data, analisis data, penelitian sejenis yang menjadi penunjang penelitian, dan serta kerangka teori yang dibuat untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan pengaplikasian tiap-tiap teori yang dijadikan acuan dalam menganalisis tiap permasalahan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metode-metode yang digunakan dalam penelitian yang dimulai dari jenis penelitian, diagram alir penelitian, metode pengumpulan data, metode analisis data, dan desain survei yang berfungsi sebagai pedoman penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang data yang diperoleh dari survei primer dan survei sekunder, analisis data dan arahan yang dihasilkan dari analisis yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari hasil pembahasan yang sesuai dengan tujuan penelitian dan temuan baru dari hasil analisis. Selain itu, peneliti juga akan memberikan saran dan rekomendasi bagi pihak-pihak yang terkait dalam peningkatan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi alternatif skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Operasional

Definisi operasional merupakan pembahasan mengenai konseptualitas secara operasional dari judul penelitian yaitu “Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Energi Alternatif Skala Rumah Tangga di Desa Tegalwaru” dan batasan secara harfiah dalam tinjauan pustaka yang digunakan dalam penelitian. Definisi operasional ini selanjutnya digunakan sebagai acuan batasan dalam pembahasan penelitian. Dimana untuk mencapai tujuan peningkatan pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru, dilakukan 3 tahap analisis yaitu *emergy analysis*, analisis IPA (*Importance Performance Analysis*) dan analisis regresi logistik. Adapun definisi operasional masing-masing analisis dijelaskan sebagai berikut:

1. *Emergy* merupakan kandungan energi atau segala bentuk energi yang tersedia dan digunakan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan sebuah produk atau jasa dengan satu satuan unit yang sama (Odum, 1996). Analisis ini akan digunakan untuk melihat tingkat efisiensi dan keberlanjutan dan perbandingan dua kondisi yang berbeda untuk nantinya diterapkan di Desa Tegalweru.
2. Metode IPA mempunyai fungsi utama untuk menampilkan informasi berkaitan dengan faktor-faktor pelayanan yang menurut peternak sangat memengaruhi kepuasan dan loyalitas mereka, dan faktor-faktor pelayanan yang menurut peternak perlu ditingkatkan karena kondisi saat ini belum memuaskan (Widoyoko, 2012). Hasil analisis IPA ini akan dijadikan masukan dalam merumuskan rekomendasi bagi peternak pengguna biogas.
3. Regresi logistik adalah bagian dari analisis regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel dependen yang bersifat 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). Terdapat 4 variabel yang akan dikaji dalam penelitian, dimana dari 4 variabel tersebut akan dikaji pengaruh yang signifikan terhadap minat peternak untuk menggunakan biogas dan dirumuskan rekomendasi pemanfaatan limbah kotoran ternak bagi peternak yang belum memiliki biogas.

2.2 Biogas sebagai Energi Terbarukan

2.2.1 Pengertian Biogas

Setiawan (2007;35) menjelaskan bahwa biogas (gas bio) merupakan gas yang timbul jika bahan-bahan organik, seperti kotoran hewan direndam di dalam air dan disimpan di dalam tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dan udara). Sedangkan menurut Wahyuni (2009; 14), biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metaorganik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anerobik. Untuk menghasilkan sebuah biogas, terdiri dari dua tahapan yaitu proses aerobik dan anaerobic. Proses pertama diperlukan oksigen dan hasil prosesnya berupa karbondioksida (CO₂). Selanjutnya proses kedua yaitu proses anerobik dimana dari proses kedua ini dihasilkan biogas. Sehingga untuk menghasilkan biogas dibutuhkan tempat yang hampa udara. Berikut adalah senyawa atau komponen penyusun biogas.

Tabel 2. 1 Komponen Penyusun Biogas

Jenis Gas	Jumlah (%)
Methan (CH ₄)	54-70
Karbon dioksida (CO ₂)	27-45
Nitrogen (N)	0,5-3
Karbon monoksida (CO)	0,1
Oksigen (O ₂)	0,1
Hydrogen sulfide (H ₂ S)	>0,1

Sumber: Setiawan, 2007

Gas metan yang merupakan komponen dengan komposisi paling tinggi pada kotoran hewan, gas ini pula yang berperan dalam produksi panas untuk biogas yang menghasilkan panas untuk memasak maupun untuk penerangan.

Beberapa keuntungan yang akan diperoleh dari penggunaan kotoran ternak sebagai penghasil biogas (Setiawan, 2007;37) adalah sebagai berikut:

1. Biogas yang dihasilkan diharapkan mampu mengurangi ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan minyak yang jumlahnya terbatas dan harga yang tinggi
2. Jika diterapkan pada masyarakat di sekitar hutan dan menggunakan kayu sebagai bahan bakar, diharapkan akan dapat mengurangi penebangan kayu sehingga kelestarian hutan lebih terjaga
3. Teknologi ini dapat mengurangi pencemaran lingkungan karena kotoran yang semula hanya mencemari lingkungan, digunakan untuk sesuatu yang bermanfaat
4. Selain menghasilkan energi, buangan (*sludge*) dari alat penghasil biogas dapat dimanfaatkan pula sebagai pupuk.

2.2.2 Jenis-Jenis Reaktor Biogas

Jika ditinjau dari konstruksi, reaktor dibagi menjadi dua jenis reaktor, yaitu *Fixed Dome* dan *Floating Drum*. *Fixed dome* memiliki volume yang tetap sehingga produksi gas akan meningkatkan tekanan di dalam reaktor. Sedangkan *Floating Drum* memiliki beberapa bagian yang mampu bergerak untuk menyesuaikan dengan kenaikan tekanan reaktor.

Selain ditinjau dari segi konstruksi, jenis biogas jika ditinjau dari segi aliran bahan baku terdiri dari tipe *batch* (bak) dan *Continuous* (mengalir). Pada tipe bak, bahan baku (limbah) ditempatkan di dalam wadah dari awal hingga proses pembentukan gas metan selesai. Sedangkan pada tipe aliran, bahan baku masuk dan residu keluar pada rentan waktu tertentu. Tabel 2.2 menunjukkan jenis-jenis reaktor yang ada di Indonesia.

Tabel 2. 2 Tipe Reaktor Biogas

Karakteristik	Kubah tetap (<i>fixed dome</i>)	Terapung (<i>floating</i>)	Balon (<i>balloon</i>)
Pengembangan	1930-an	1937	
Bentuk	Kubah	Kubah	Balon
Bahan	Semen	Semen	Plastik
Tempat	Dibawah permukaan	Terapung (diatas permukaan)	Diatas permukaan
Bagian	Dua bagian: a. Tempat pencerna material biogas b. Pengumpul gas yang berbentuk kubah dan tertanam	Dua bagian: a. Tempat pencerna material biogas b. Pengumpul gas yang terapung diatas permukaan	Satu bagian: a. Digester dan penyimpanan gas yang bercampur
Kelebihan	a. Biaya konstruksi lebih murah b. Mudah diaplikasikan dan dipasang	a. Dapat melihat volume gas yang tersimpan di reaktor secara langsung b. Tekanan gas konstan karena tempat penyimpanan yang terapung	a. Ukuran kecil sehingga mudah diaplikasikan skala rumah tangga b. Biaya konstruksi murah
Kekurangan	a. Sering terjadi kebocoran apabila tidak dibangun dengan baik b. Rawan kebocoran gas apabila terjadi bencana alam c. Perbaikan apabila sudah retak akan sulit	a. Biaya material konstruksi mahal b. Faktor korosi pada drum, umur drum lebih pendek dari <i>fixed dome</i>	a. Penggunaan bahan plastic sehingga rawan terjadi kebocoran

Gambar



Sumber: RURA (2012)

Jenis-jenis reaktor biogas memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Jenis reaktor yang terdapat di Desa Tegalweru adalah berjenis kubah tetap atau *fixed*

dome, hal ini dikarenakan biaya konstruksi yang cenderung murah dan teknik pemasangan yang mudah. Ukuran digester yang ada di Desa Tegalweru berukuran 8m³.

2.2.3 Faktor dalam Proses Produksi Biogas

Ketersediaan bahan baku yaitu kotoran ternak merupakan syarat mutlak dalam pembuatan biogas. Tidak hanya kuantitas biogas yang mencukupi, namun pertimbangan akan kelangsungan (kontinuitas) juga dipertimbangkan. Untuk pengisian awal biogas berskala rumah tangga, diperlukan 200 kg kotoran sapi, namun untuk kebutuhan kotoran ternak perharinya akan dapat dipenuhi dengan minimal 2 ekor sapi. Sebagai pembandingan untuk efisiensi kotoran ternak yang digunakan sebagai biogas, antara lain pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 3 Hasil Kotoran Dari seekor Ternak Dewasa (kg/hari)

Jenis Ternak	Kotoran Padat	Kotoran Cair
Sapi	23,59	9,07
Kuda	16,10	3,63
Babi	2,72	1,59
Domba	1,13	0,68
Ayam	0,05	-

Sumber: Setiawan, 2007

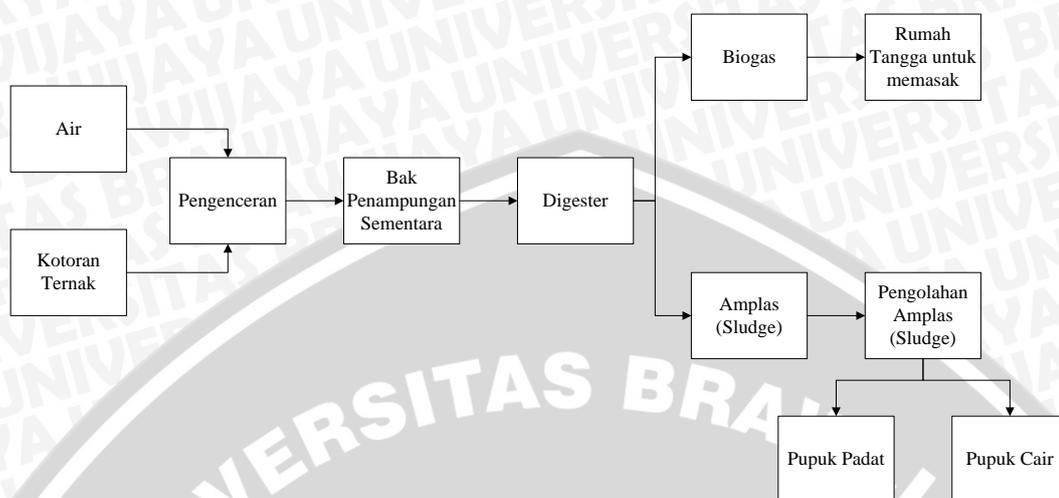
Persyaratan lain yang harus dipenuhi dalam pembuatan biogas adalah suhu lokasi. Suhu merupakan salah satu syarat aktifnya bakteri penghasil biogas. Suhu yang paling baik untuk berlangsungnya proses pembentukan biogas adalah pada suhu 27-32°C (Setiawan, 2007; 38)

Selain itu, produksi biogas secara optimum dapat dicapai bila nilai pH dari campuran input di dalam digester berada pada kisaran 6 dan 7 (Wahyuni, 2009; 23). Pada tahap awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, Ph dalam digester dapat mencapai dibawah 5. Keadaan ini akan menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Bakter-bakteri metaorganik sangat peka terhadap Ph. Konsentrasi NH₄ yang bertambah, akan meningkatkan nilai Ph diatas 8. Ketika produksi metana dalam kondisi stabil, kisaran nilai Ph adalah 7,2-8,2.

Laju pengumpanan dalam biogas adalah jumlah bahan yang dimasukkan ke dalam digester per unit kapasitas per hari. Pada umumnya, 6 kg kotoran sapi per m³ volume digester adalah direkomendasikan pada suatu jaringan pengolah kotoran sapi.

2.2.4 Siklus Kerja Biogas

Siklus kerja biogas merupakan sebuah sistem dalam biogas yang terdiri dari input, proses dan output.



Gambar 2. 1 Siklus Kerja Biogas

Sumber: Wahyuni, 2009

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.

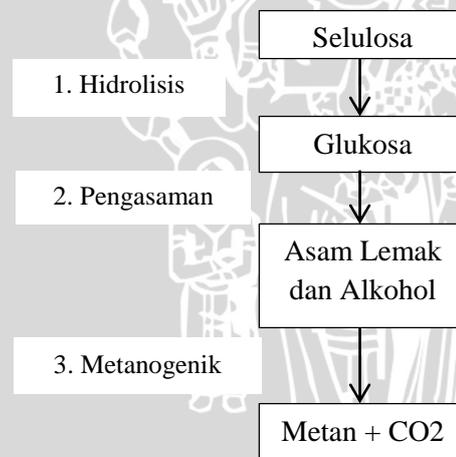
d) Semi-padat

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.

Proses penghasiian 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 organik dicapai dalam 3 tahapan, yaitu hidrolisis, addification, dan methanization.



Gambar 2. 2 Proses di dalam digester

Sumber: Wahyuni, 2009

Output yang dihasilkan dari proses pembentukan biogas adalah gas metan 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.

2.3 Komponen Kinerja Biogas

Beberapa komponen biogas yang memiliki peran besar dalam kinerja biogas menurut Vaibhav Nasery (2011) adalah sebagai berikut:

A. Input

Input adalah semua komponen yang bekerja sebagai masukan dalam proses pembentukan biogas. Komponen yang termasuk dalam input adalah sebagai berikut:

1. Kotoran sapi

Kotoran sapi adalah bahan utama dalam biogas yang merupakan bahan dasar untuk menghasilkan biogas. Gas metan yang terkandung di dalam kotoran ternak merupakan materi dasar dalam pembentukan energi panas untuk memasak maupun penerangan.

2. Tenaga kerja

Tenaga kerja yang merupakan input adalah tenaga kerja dalam proses konstruksi maupun proses perawatan digester biogas. Jika tidak terdapat tenaga kerja, sistem biogas akan terhambat karena tidak ada manajemen dari pengelolaannya.

3. Lahan

Lahan dibutuhkan untuk penempatan biogas maupun kandang sapi. Penempatan kandang sapi seharusnya berdekatan dengan digester biogas untuk memudahkan distribusi kotoran sapi ke dalam digester.

4. Input tambahan

Input tambahan dalam biogas dapat berupa bahan campuran yang dimasukkan bersama kotoran ternak kedalam digester biogas.

B. Proses

Proses adalah semua komponen yang terlibat dalam proses pembentukan biogas namun masih dapat di kendalikan oleh manusia. Komponen tersebut adalah alat pengolahan yang dibutuhkan untuk mengisi digester dengan kotoran ternak.

C. Output

Output adalah hasil dari proses biogas dimana terdiri dari energi yang dihasilkan baik digunakan untuk memasak maupun penerangan serta pengelolaan residu hasil sampingan dari biogas dimana dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

D. Maintenance

Maintenance atau perawatan merupakan proses perawatan dari digester dimana komponennya berupa tenaga kerja dan biaya perawatan.

2.4 Alasan Kepemilikan Biogas

Dari hasil penelitian Thu, C.T.T, dkk (2012), beberapa alasan peternak tidak memiliki instalasi biogas adalah:

A. Keterbatasan uang

Uang adalah factor utama yang memengaruhi peternak untuk memunyai instalasi biogas. Karena biaya konstruksi yang cenderung mahal bagi peternak. Keterbatasan uang ini berkaitan dengan mata pencaharian dan tingkat pendapatan masyarakat.

B. Ketidacukupan jumlah sapi

Ketersediaan jumlah sapi ini berpengaruh terhadap kuantitas kotoran sapi yang akan digunakan sebagai biogas yang juga akan menentukan baik buruknya energi biogas yang dihasilkan.

C. Ketidacukupan lahan yang dimiliki

Ketersediaan lahan memengaruhi peternak untuk menggunakan biogas, hal ini dikarenakan ketersediaan lahan yang terbatas karena padatnya permukiman di pedesaan.

D. 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.

E. Keterbatasan tenaga kerja

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

2.5 Skala Pendekatan Pembuatan Biogas

Sasaran pembuatan biogas dilakukan secara bertahap dengan tiga pendekatan (Direktorat Jenderal Peternakan, 2008), yaitu:

1. Kelompok/kawasan

Ternak dapat berkelompok dalam 1-2 kandang pada satu lokasi atau dalam satu kawasan dan dibangun biodigester yang besarnya disesuaikan dengan jumlah ternak yang ada, kemudian biogas yang dihasilkan disalurkan ke rumah tangga peternak dengan jumlah ternak sapi dengan populasi 50 sampai dengan 100 ekor dengan biodigester sebesar 100-200 m³ per unit.

2. Rumah tangga

Ternak dikandangkan masing-masing pada rumah peternak. Untuk peternak yang berdekatan dibangun biodigester untuk menampung kotoran ternak, sedangkan biogas didistribusikan untuk peternakan yang bersangkutan dan tetangganya. Jumlah ternak dengan pola ini mencapai 10-25 ekor dengan biodigester sebesar 20-50 m³. Dapat juga kotoran ternak segar dari beberapa peternak dikumpulkan dan diantar ke biodigester yang ada di dekat peternak tersebut.

3. Individual

Individual biodigester dapat dibuat untuk keperluan satu rumah tangga dan beberapa rumah tangga, tetapi dibangun/dipasang pada peternakan yang memunyai sapi minimal 2 ekor. Volume biodigester yang diperlukan cukup 2 m³ biodigester yang potable bahan dari drum/plastik/bak beton.

2.6 Tinjauan Analisis

2.6.1 *Emergy Analysis*

Emergy merupakan kandungan energi atau segala bentuk energi yang tersedia dan digunakan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan sebuah produk atau jasa dengan satu satuan unit yang sama (Odum, 1996). *Emergy* dari sebuah produk tidak dilihat hanya pada produk yang dihasilkan, melainkan juga pada proses atau siklus kerjanya. Analisis ini mempertimbangkan semua komponen dalam aliran energi dan menghitung nilai *emergy* pada aliran sistem dalam sebuah kerangka kerja. *Emergy* menunjukkan energi basis untuk menghitung dan mengevaluasi siklus kerja barang maupun jasa.

Prinsip dasar dari *Emergy Analysis* adalah *Maximum Empower Principle*. Prinsip ini menyatakan pengembangan dan pemaksimalan energi yang ada pada suatu kinerja dengan sumber energi yang mengalir sehingga mampu meningkatkan proses produktivitas dan mengatasi keterbatasan dari sistem kerja.

Emergy atau energi memory adalah energi yang tersedia yang digunakan secara langsung maupun tidak langsung untuk membuat sebuah produk atau jasa dengan mengkonversi dalam satu satuan yang sama. Mengukur sumber daya alam dan sumber daya ekonomi dengan persamaan energi matahari yaitu sej (solar equivalent joules)

Prinsip dalam penggunaan *Emergy* ialah bahwa semua jenis produk dalam sebuah siklus kerja mulai dari input, proses dan output dengan satuan energi yang berbeda akan di konversi dengan acuan energi matahari yang disebut *transformity*.

Transformity adalah kuantitas dengan satuan sej/J (*emergy* per unit energi) yang dapat menunjukkan efisiensi dengan perbandingan dua proses yang sama. Nilai *transformity* yang tinggi berarti *emergy* yang dibutuhkan semakin tinggi untuk memproduksi output dengan jumlah sama.

Secara jenis perhitungan *emergy* dapat dibagi menjadi tiga (Zhou, S.Y., 2011) yaitu:

1. *Local renewable resources*

Local renewable resources adalah sumber daya alam yang dapat diperbarui dan jumlahnya tak terbatas namun memiliki satuan energi yang berbeda.

2. *Non Renewable Inputs*

Non Renewable Inputs memiliki pengertian sumber daya yang tidak dapat diperbarui dan terbatas namun mampu didapatkan secara gratis.

3. *Economic Inputs*

Economic inputs merupakan sebuah sumber daya yang didapat dengan cara membeli atau membayar, dapat dihitung walaupun memiliki jenis energi yang berbeda-beda.

Proses menghitung *emergy* untuk sebuah proses dilakukan dengan langkah-langkah yang tepat agar hasil yang didapat maksimal. Terdapat empat tahapan penting dalam sebuah analisis *emergy* yaitu:

1. Pengumpulan data dan pembatasan sistem (*Data acquisition*)

Pengumpulan data-data yang relevan dan informasi terkait dengan sistem yang akan dibuat. Beberapa metode agar mampu mendapatkan data yang akurat untuk *emergy* antara lain melalui survey lapangan secara langsung, *me-review* kebijakan yang ada, mewawancarai tokoh-tokoh penting yang berkaitan dalam sistem yang akan dibahas serta mengadakan pertemuan untuk membahas pengumpulan data dan penggunaan data. Mengidentifikasi data yang telah dikumpul dan melakukan *review* terhadap dokumen sekunder yang baik dapat membantu dalam menyediakan sebuah data yang berkualitas dan kuat. Selain pengumpulan data yang baik diperlukan pembatasan sistem, tujuannya agar sistem yang dibuat didalam energi tidak terlalu melebar atau menyempit, hanya berfokus kepada apa yang akan dihitung energinya.

2. Kategorisasi data (*Data categorization*)

Langkah kedua adalah melakukan kategorisasi data yang akan dikaji kedalam beberapa grup, contoh dari grup ini antara lain *input* dari ekonomi, sumber daya

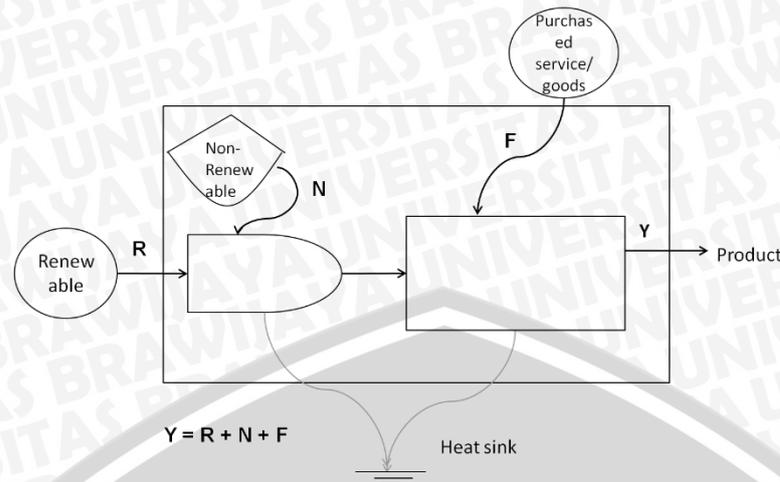
yang terbaharukan (*renewable resources*), sumber daya tidak terbaharukan (*non-renewable resources*) dan hasil ekonomi (*economic yields*). Pembagian grup tidak terikat kepada empat kategori tersebut, pembagian grup dilihat berdasarkan kebutuhan penelitian. Ketika sebuah grup atau kelompok data sudah terbentuk maka hal berikutnya adalah membuat form tabulasi, dimana form tabulasi berbentuk seperti sebuah tabel yang siap untuk dianalisa dan memiliki syarat-syarat validasi dan keakuratan data berdasarkan analisis rasional singkat yang dilakukan serta wawancara dengan penduduk. Tabel yang sudah divalidasi akan menjadi sebuah tabel yang mendeskripsikan sebuah alur dari bahan-bahan material, pekerja dan energi yang dibutuhkan sebagai titik awal dari arus masukan, hal ini berlaku untuk *emergy* biogas dan pupuk kompos.

3. Sirkulasi *emergy* dan penentuan indikator (*Emergy flows and indicators determination*)

Langkah selanjutnya adalah membuat sebuah sirkulasi atau skema *emergy* dimana didalamnya terdapat sebuah proses memasukan input dari berbagai kategori data yang telah dipecah sehingga nantinya akan mengeluarkan hasil berupa *Emergy Yield Ratio*, *Emergy Investment Ratio*, *Environmental Loading Ratio* dan *Emergy Sustainability Index*, keempat hasil tersebut dapat menjadi dasar apakah sebuah sistem *emergy* layak untuk dijalankan atau tidak, hal ini didasarkan pada banyaknya energi dan efisiensi yang dilakukan.

A. Indikator *Emergy*

Indikator *emergy* digunakan untuk mengevaluasi proses eco-technology yang digunakan serta nilai ekonomi yang dihasilkan. Indikator *emergy* yang ada pada sebuah sistem menunjukkan fungsi dari kandungan energi terbarukan, tidak terbarukan dan perhitungan aliran *emergy*.



Gambar 2.3 Diagram sistem *emergy* (*Emergy Flow*)

Sumber: Odum, 1996; 2003

Gambar 2.3 memunyai beberapa bentuk didalam diagram *emergy* dengan pengertian seperti berikut :

-  : Lambang lingkaran adalah *source, force* ataupun masukan
-  : Lambang ini berarti *storage* atau simpanan barang
-  : Lambang segi enam berarti merupakan konsumen
- ^{ss} : Lambang ini berarti energi atau finansial yang dihasilkan

Tabel 2.4 Konstruksi Tabel *Emergy*

1	2	3	4	5	6
No.	Substansi	Input	Unit	<i>Transformity</i>	<i>Solar emergy</i>
Baris 1					
Baris 2					
Baris 3					
Baris 4					
Baris 5					

Sumber: Odum (1996)

Baris dalam tabel menggambarkan proses perhitungan input atau output. Perhitungan tersebut berdasar pada unit waktu yaitu per tahun. Sedangkan kolom dalam tabel berfungsi sebagai berikut:

- Kolom 1 : Kolom penomoran untuk semua substansi yang terlibat dalam proses produksi.
- Kolom 2 : Nama substansi
- Kolom 3 : Arus input/output yang dihitung dalam unit per tahun.
- Kolom 4 : Unit yang dipakai dalam analisis yang biasanya berupa Joule, gram atau mata uang (Rp, \$, €).



Kolom 5 : Nilai *transformity* dan *emergy* spesifik, biasanya diturunkan dari penelitian-penelitian terdahulu.

Kolom 6 : Solar *emergy* yang merupakan produk dari arus input/output (kolom3) dengan *transformity/emergy* (kolom 5).

Pembuatan diagram *emergy* merupakan penyederhanaan dari sebuah sistem kompleks yang terjadi ketika sebuah proses dimulai, dalam sebuah proses pasti memerlukan input dimana didalam diagram *emergy* digambarkan dengan simbol lingkaran yang bisa berarti *input* berupa *renewable resources*, *non-renewable resources*, maupun *economic inputs*. Selanjutnya masukan tadi akan disimpan didalam sebuah wadah didalam sistem *emergy* yang dinamakan dengan *storage* atau tempat penyimpanan, tempat penyimpanan mengumpulkan berbagai jenis masukan yang memiliki massa atau energi yang berbeda-beda dimana nanti akan terjadi sebuah proses didalam sebuah *storage*, didalam *storage* yang mengandung berbagai macam masukan terdapat konsumen atau pemakan berupa bakteri atau mikroba, dimana nantinya keluaran dari *storage* akan berupa energi atau keuntungan finansial yang dilambangkan dengan panah segi enam.

Beberapa indikator yang akan digunakan dalam penelitian adalah:

a. *Environmental loading ratio* (ELR)

ELR merupakan indikator besarnya beban yang ditanggung lingkungan akibat kegiatan proses produksi barang/jasa

b. *Emergy yield ratio* (EYR)

EYR merupakan indikator keuntungan yang dihasilkan oleh sistem.

c. *Emergy sustainable ratio* (ESI)

ESI merupakan rasio EYR terhadap ELR yang mengindikasikan keberlanjutan kegiatan proses produksi barang/jasa.

d. *Emergy Investment Ratio* (EIR)

EIR adalah besarnya biaya atau investasi yang dikeluarkan demi berjalannya sebuah sistem untuk menghasilkan barang dan jasa.

Pada Tabel 2.5 akan dijelaskan mengenai penentuan *emergy* dalam penelitian.

Tabel 2. 5 Nilai *emergy* dan indeks *emergy* yang dianalisa dalam studi

Indeks (<i>Index</i>)	Singkatan (<i>Abbreviation</i>)	Formula (<i>Formula</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
<i>Renewable Resources</i>	R		
<i>Non-Renewable Resources</i>	N		
<i>Economic Inputs</i>	F		

Indeks (<i>Index</i>)	Singkatan (<i>Abbreviation</i>)	Formula (<i>Formula</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
<i>Emergy Investment Ratio</i>	EIR	$EIR = F / (R + N)$	Semakin rendah nilainya, semakin rendah biayanya
<i>Emergy Yield Ratio</i>	EYR	$EYR = Y / (N + F + R)$	Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi pula nilai kembali yang dihasilkan per unit dari investasi <i>emergy</i>
<i>Environmental Loading Ratio</i>	ELR	$ELR = (N + F) / R$	Semakin rendah rasionya, semakin rendah pula tingkat stress atau beban lingkungan yang ditimbulkan
<i>Emergy Sustainability Index</i>	ESI	$ESI = EYR / ELR$	Semakin tinggi tingkat rasionya maka semakin berkelanjutan pula sistemnya

Sumber : Odum, 1996

Dalam penelitian pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai energi alternatif skala rumah tangga, dilakukan perhitungan indikator *emergy* diantaranya *Emergy Yield Ratio*, *Emergy Investment Ratio*, *Environmental Loading Ratio*, dan *Emergy Sustainability Index*.

2.6.2 Analisis IPA (Importance Performace Analysis)

Metode IPA memunyai fungsi utama untuk menampilkan informasi berkaitan dengan faktor-faktor pelayanan yang menurut peternak sangat memengaruhi kepuasan dan loyalitas mereka, dan faktor-faktor pelayanan yang menurut peternak perlu ditingkatkan karena kondisi saat ini belum memuaskan. Peternak yang dimaksud dalam analisis ini adalah peternak yang telah memiliki biogas, sehingga mereka dapat memberikan informasi mengenai kinerja biogas dari segi kepuasan dan kepentingan.

Metode *Importance Performance Analysis* (IPA) secara konsep merupakan suatu model multi-atribut. Teknik ini mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan penawaran pasar dengan menggunakan dua kriteria, yaitu kepentingan dan kepuasan peternak. Penerapan teknik IPA dimulai dengan identifikasi atribut-atribut yang relevan terhadap situasi pilihan yang diamati. Daftar atribut-atribut dapat dikembangkan dengan mengacu kepada literatur-literatur dan melakukan interview. Atribut yang digunakan akan yang melekat kepada barang atau jasa (biogas) dievaluasi berdasarkan seberapa penting masing-masing produk tersebut bagi peternak dan bagaimana jasa atau barang tersebut dipersepsikan oleh masyarakat. Berikut adalah tahapan dari analisis IPA.

A. Penentuan Skala Likert

Prinsip pokok skala likert adalah menentukan lokasi kedudukan seseorang dalam suatu kontinum sikap terhadap objek sikap, mulai dari sangat negatif sampai dengan sangat positif (Widoyoko, 2012: 104). Skala yang digunakan adalah skala likert yang pada umumnya digunakan dalam penelitian bersifat pengukuran sikap, keyakinan, nilai dan pendapat pengguna/konsumen terhadap suatu pelayanan jasa atau objek.

Penggunaan skala likert terdiri dari 3 alternatif model, yakni model tiga pilihan (skala tiga), empat pilihan (skala empat), dan lima pilihan (skala lima) yang disusun dalam bentuk suatu pernyataan dan diikuti oleh pilihan respon yang menunjukkan tingkatan. Adapun penilaian persepsi masyarakat mengenai tingkat pelayanan dari biogas yang mereka miliki menggunakan skala likert dengan 5 tingkat untuk menilai tingkat kepentingan dan kepuasan dari kinerja biogas. Pemilihan respon skala lima memunyai variabilitas respon yang lebih lengkap dibandingkan dengan skala empat maupun tiga sehingga mampu mengungkap lebih maksimal perbedaan sikap responden (Widoyoko, 2012: 106). Adapun nilai skala lima yang digunakan beserta masing-masing bobot/tingkat adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Skala Tingkat Kepuasan dan Kepentingan dalam Analisa IPA

Skala	Tingkat Kepuasan	Tingkat Kepentingan
1	Sangat tidak puas	Sangat tidak penting
2	Tidak puas	Tidak penting
3	Kurang puas	Kurang penting
4	Puas	Penting
5	Sangat puas	Sangat penting

B. Tingkat Kesesuaian

Tingkat kesesuaian adalah hasil perbandingan skor kinerja/pelaksanaan dengan skor kepentingan. Tingkat kesesuaian ini yang akan menentukan urutan prioritas peningkatan faktor yang memengaruhi kepuasan masyarakat. Terdapat 2 buah variabel yang diwakilkan oleh huruf X dan Y. X adalah penilaian kinerja untuk mengukur kepuasan masyarakat sedangkan Y merupakan tingkat kepentingan komponen menurut masyarakat. Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$Tk = \frac{X(\text{Persepsi})}{Y(\text{Kepentingan})} \times 100\% = \frac{(a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)}{(a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)} \times 100\%$$

Keterangan :

Tk : Tingkat kesesuaian

X : Skor penilaian persepsi (kepuasan)

Y : Skor penilaian kepentingan

C. Diagram Kartesius

Sumbu mendatar (X) diisi skor tingkat pelaksanaan (kepuasan terhadap kinerja), dan sumbu Y diisi oleh skor tingkat kepentingan. Skor tingkat kualitas pelayanan dan tingkat kepentingan diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Keterangan :

n : jumlah responden

\bar{X} : Skor rata-rata tingkat pelaksanaan/kepuasan

\bar{Y} : Skor rata-rata tingkat kepentingan

Diagram kartesius merupakan suatu bangun yang dibagi atas empat bagian yang dibatasi oleh dua buah garis yang berpotongan tegkal lurus pada titik-titik {X, Y}, dimana \bar{X} merupakan rata-rata dari rata-rata skor tingkat pelaksanaan atau kepuasan seluruh variabel dan \bar{Y} adalah rata-rata dari rata-rata skor tingkat kepentingan seluruh faktor yang memengaruhi kepuasan.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{K} \qquad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{K}$$

Keterangan:

K = Banyaknya variabel yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan

Selanjutnya tingkat unsur-unsur tersebut dijabarkan dan dibagi menjadi empat bagian ke dalam diagram kartesius seperti Gambar 2.4.

y = Kepentingan

4 Konsentrasi di Sini	1 Pertahankan Prestasi
3 Prioritas Rendah	2 Berlebihan

x = Kepuasan

Gambar 2.4 Kuadran IPA

Sumber: Supranto, 2001

1. *Keep up with the good work* (pertahankan prestasi).

Faktor-faktor yang terletak pada kuadran ini dianggap penting dan diharapkan sebagai faktor penunjang bagi kepuasan masyarakat sehingga pihak manajemen berkewajiban memastikan bahwa kinerja institusi yang dikelolanya dapat terus memertahankan prestasi yang telah dicapai.

2. *Possibly Overkill* (terlalu berlebihan).

Faktor-faktor yang terletak pada kuadran ini dianggap tidak terlalu penting dan atau tidak terlalu diharapkan sehingga pihak manajemen perlu mengalokasikan sumber daya yang terkait dengan faktor-faktor tersebut kepada faktor-faktor lain yang memunyai prioritas penanganan lebih tinggi yang masih membutuhkan peningkatan, semisal di kuadran B.

3. *Low Priority* (prioritas rendah)

Faktor-faktor yang terletak pada kuadran ini memunyai tingkat persepsi atau kinerja aktual yang rendah sekaligus dianggap tidak terlalu penting dan atau terlalu diharapkan oleh masyarakat sehingga manajemen tidak perlu memrioritaskan atau terlalu memberikan perhatian pada faktor-faktor tersebut.

4. *Concentrate here* (konsentrasi di sini).

Faktor-faktor yang terletak dalam kuadran ini dianggap sebagai faktor yang penting dan atau diharapkan oleh masyarakat tetapi kondisi persepsi dan atau kinerja aktual yang ada pada saat ini belum memuaskan sehingga pihak manajemen berkewajiban mengalokasikan sumber daya yang memadai untuk meningkatkan kinerja berbagai faktor tersebut. Faktor-faktor yang terletak pada kuadran ini merupakan prioritas untuk ditingkatkan.

2.6.3 Analisis Regresi Logistik

Regresi logistik adalah bagian dari analisis regresi yang digunakan untuk menganalisis variabel dependen yang bersifat 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).

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:

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

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

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

Statistik uji yang digunakan adalah:

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

keterangan:

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 $-2(L_0 - L_1) \geq X_{(p)}^2$ 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:

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

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

Dan statistik uji:

$$W^2 = \left[\frac{\beta^{\wedge}}{SE(\beta^{\wedge})} \right]$$

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

C. Uji Kecocokan Model

Alat yang digunakan untuk 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:

$$X_{HL}^2 = \sum_{i=1}^g \frac{(O_i - N_i\pi_i)^2}{N_i\pi_i(1 - \pi_i)}$$

dimana:

N_i : Total frekuensi pengamatan kelompok ke- i

O_i : Frekuensi pengamatan kelompok ke- i

π_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).

2.7 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.

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.

Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, beberapa tinjauan terkait pemanfaatan energi 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

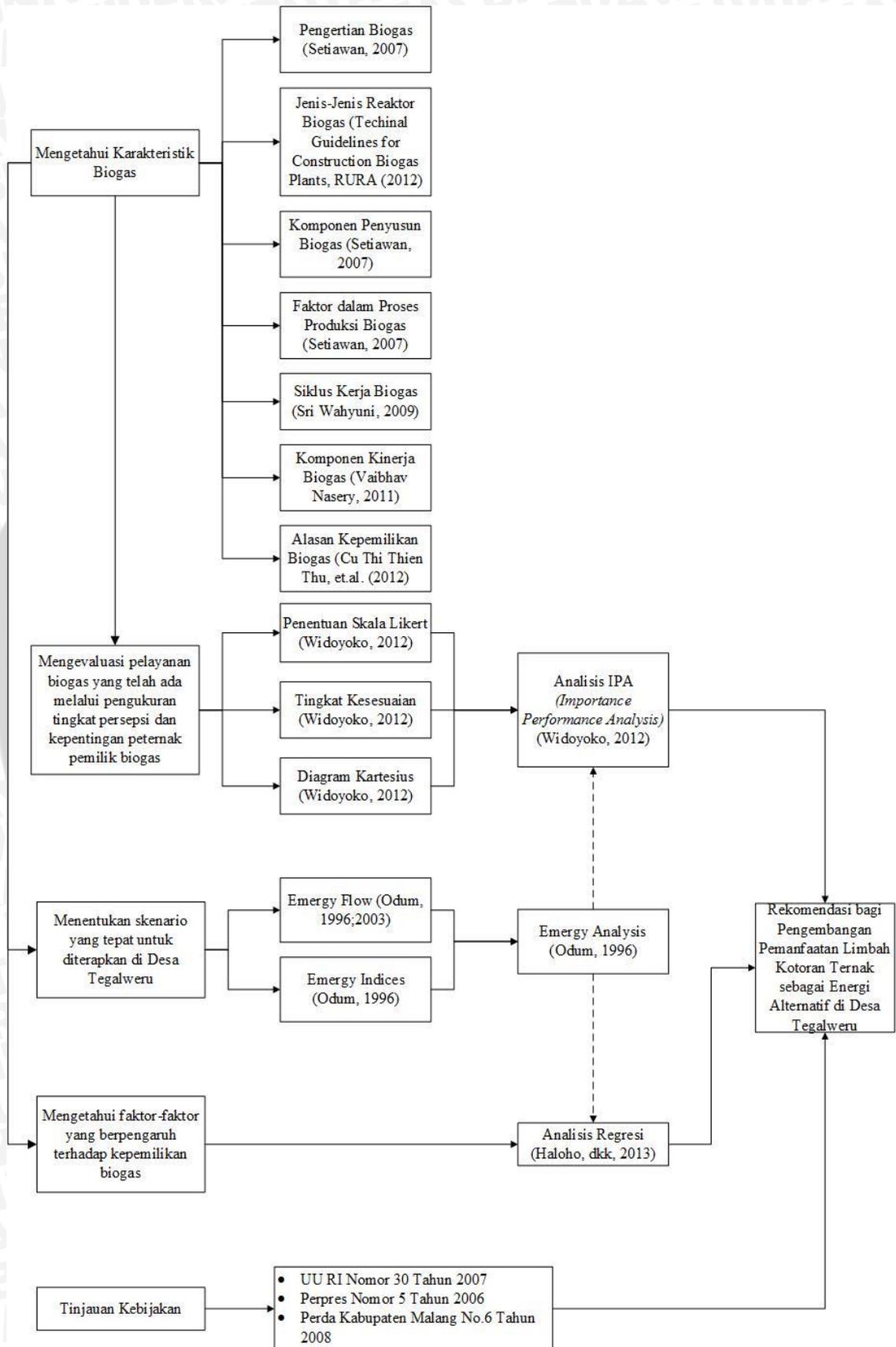
adalah energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, biomass, nuklir, tenaga air skala kecil, tenaga surya, dan tenaga angin menjadi lebih dari 5%.

Berdasarkan Perda Nomor 6 Tahun 2008, demi terwujudnya visi-visi Kabupaten Malang, dirumuskan beberapa misi, salah satunya adalah meningkatkan pengelolaan sumber daya alam dan sumber daya lainnya berdasarkan potensi dan prospek pengembangannya serta meningkatkan pemerataan pembangunan dan hasil-hasilnya berdasarkan keadilan sosial dan menjamin kesinambungan pembangunan yang berwawasan lingkungan.

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



2.8 Kerangka Teori



Gambar 2.5 Kerangka Teori

2.9 Penelitian Terdahulu

Terdapat dua penelitian terdahulu yang digunakan peneliti sebagai referensi dalam penelitian. Masing-masing peneliti memunyai isi kajian yang diulas berdasarkan tema penelitiannya. Penelitian terdahulu yang digunakan oleh peneliti diambil mengenai variabel yang digunakan dan metodologi. Adapun dua penelitian yang digunakan yaitu:

1. Zhao, S.Y., dkk., mengenai analisis *emergy* yang digunakan dalam menganalisis proyek biogas dilihat dari segi pertanian. Beberapa perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah penelitian S.Y Zhao hanya menghitung proses *emergy* tanpa mengkaji unsur karakteristik masyarakat dan karakteristik wilayah, selain itu penelitian S.Y Zhao tidak memberikan rekomendasi pengembangan dari analisis yang telah digunakan.
2. Thu, Cu Thi Thien., dkk., mengenai manajemen limbah kotoran ternak dari biogas studi kasus di Vietnam. Perbedaan penelitian ini adalah penelitian Cu Thi Thien Thu hanya dilakukan secara deskriptif pada beberapa provinsi di Vietnam, tidak dianalisis lebih dalam untuk mengetahui sistem pengelolaan biogas, selain itu penelitian Cu Thi Thien Thu tidak memberikan rekomendasi pengembangan wilayah studi.

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisis	Hasil	Penggunaan dalam Penelitian
S.Y Zhao B. Zhang Z.F.Cai	<i>Emergy analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering, 2009</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Biophysical Perspective</i> • <i>Emergy</i> • <i>Agricultural ecological engineering</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Analisis Emergy</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil <i>Emergy</i> • <i>Economic and Ecological Economic benefits</i> • <i>Emergy based indices</i> 	Penelitian S.Y Zhao digunakan sebagai referensi untuk melakukan menghitung efisiensi dan keberlanjutan biogas menggunakan <i>emergy analysis</i>
Cu Thi Thien Thu Pham Hung Cuong Le Thuy Hang Nguyen Van Chao La Xuan Anh Nguyen Xuan Trach Sven G. Sommer	<i>Manure management practices on biogas and non-biogas pig farms in developing countries – using livestock farms in Vietnam as an example (2012)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Household</i> • <i>Animal Production</i> • <i>Manure Management</i> • <i>Biogas</i> • <i>Biogas consumption</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Statistical technique s of Microsoft Office 2007 software</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Informasi tentang luas lahan pertanian, jumlah peternak. • Informasi mengenai kepemilikan instalasi biogas • Jenis pemberian pakan ternak 	Penelitian Cu Thi Thien Thu digunakan sebagai referensi untuk variabel yang berpengaruh terhadap kepemilikan biogas.

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisis	Hasil	Pergunaan dalam Penelitian
					<ul style="list-style-type: none"> • Metode yang digunakan untuk pengelolaan biogas



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah berjenis penelitian deskriptif yaitu penelitian atas dasar pengetahuan atau informasi tentang gejala sosial yang akan diselidiki atau dipermasalahkan dan bersumber dari survei literatur (Silalahi, 2009: 29). Sedangkan berdasarkan metodenya, penelitian ini tergolong penelitian kuantitatif dan kualitatif, hal ini dikarenakan data yang digunakan bersifat kuantitatif berupa angka-angka seperti perhitungan *emergy* serta kualitatif berupa persepsi peternak terhadap kinerja biogas dan kemauan peternak untuk menggunakan biogas.

3.2 Variabel Penelitian

Tujuan dari penelitian adalah memberikan suatu rekomendasi untuk penilaian terhadap kondisi eksisting penggunaan biogas pada masing-masing rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau. Kajian yang dilakukan meliputi karakteristik penduduk dan karakteristik biogas serta rekomendasi pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi alternatif berskala rumah tangga. Guna merumuskan rekomendasi pemanfaatan limbah kotoran ternak maka capaian tujuan penelitian dilakukan secara bertahap. Tahapan yang secara detil ditunjukkan pada Tabel 3.1 beserta variabel yang digunakan dalam setiap tahap.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

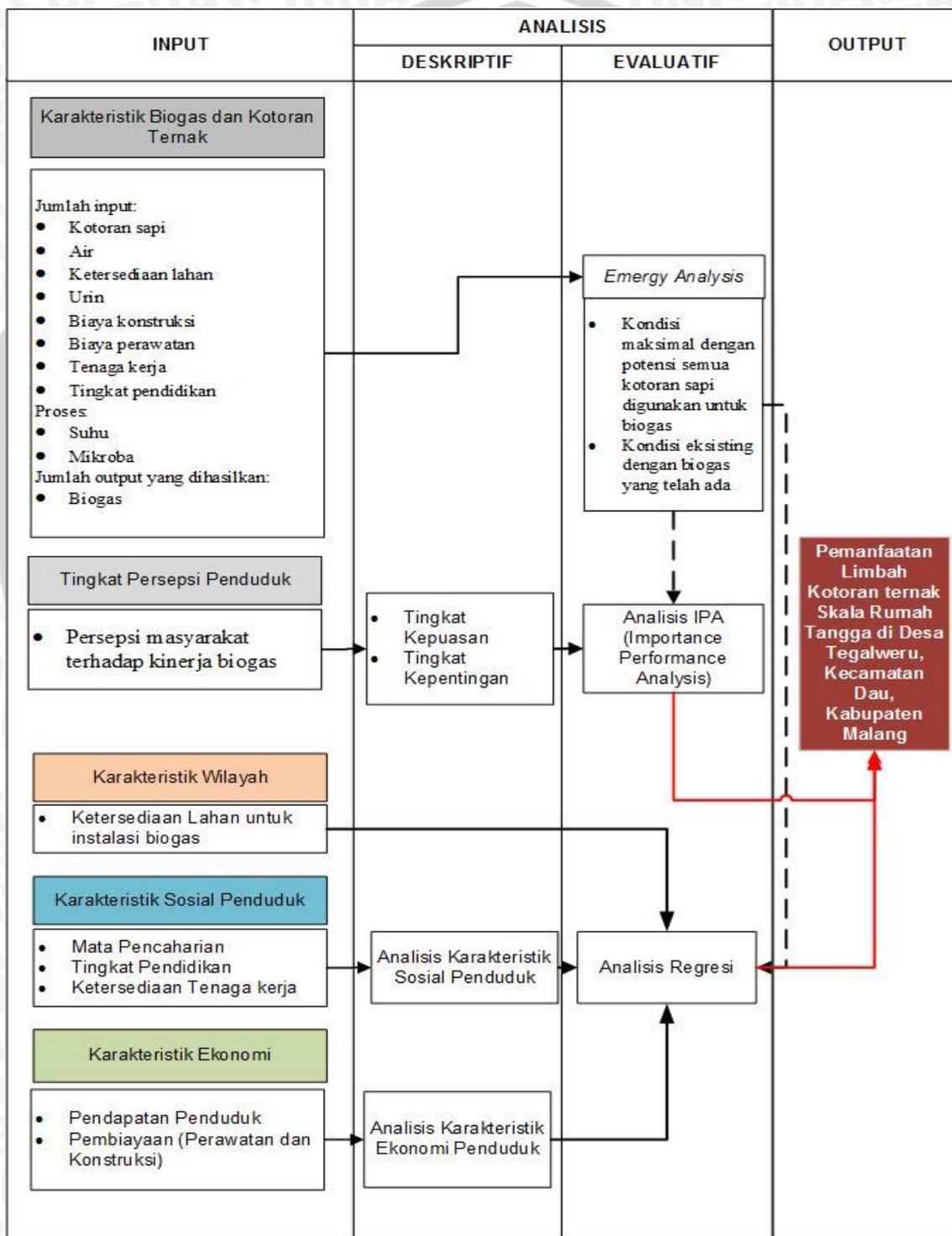
Tahapan Analisis	Variabel	Sub Variabel	Sumber	Alasan Penggunaan Variabel	Keterangan
Menentukan skenario yang tepat untuk diterapkan di Desa Tegalweru	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yield</i> • <i>Percent Renewable</i> • <i>Emergy yield ratio</i> • <i>Emergy investment ratio</i> • <i>Environmental loading ratio</i> • <i>Environmental sustainability index</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Renewable Resources (R)</i> • <i>Non-Renewable Resources (N)</i> • <i>Economic inputs (F)</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • S.Y Zhao, dkk. 2009 • Odum, H.T, 2000 	Untuk menghitung efisiensi dan keberlanjutan dari pemanfaatan biogas melalui <i>Emergy Indices</i>	Output yang dihasilkan digunakan untuk menentukan skenario yang tepat untuk diterapkan di Desa Tegalweru serta sebagai masukan dalam pengusulan rekomendasi pengembangan pemanfaatan



Tahapan Analisis	Variabel	Sub Variabel	Sumber	Alasan Penggunaan Variabel	Keterangan
Mengevaluasi pelayanan biogas yang telah ada melalui tingkat persepsi dan tingkat kepentingan peternak pemilik biogas.	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kepentingan • Tingkat Kepuasan 	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan kotoran sapi • Ketersediaan bahan campuran • Besarnya biaya/modal konstruksi instalasi biogas • Ketersediaan tenaga kerja • Ketersediaan lahan • Ketersediaan alat bantu pengolahan • Energi untuk memasak • Energi untuk penerangan • Pengelolaan limbah lain • Ketersediaan alat pengelolaan • Biaya perawatan • Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan • Kemudahan perawatan 	Vaibhav Nasery, 2011	Untuk mengetahui performa dari instalasi biogas yang telah ada	limbah kotoran ternak. Output yang dihasilkan digunakan sebagai rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak bagi peternak yang telah memiliki biogas.
Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kepemilikan biogas	<p>Ketersediaan lahan</p> <hr/> <p>Tingkat pendidikan</p> <hr/> <p>Jumlah tenaga kerja</p> <hr/> <p>Kepemilikan sapi</p> <hr/> <p>Mata Pencaharian</p> <hr/> <p>Pendapatan Penduduk</p>	<p>Ada atau tidaknya lahan untuk instalasi biogas</p> <hr/> <p>-</p> <hr/> <p>-</p> <hr/> <p>Jumlah sapi</p> <hr/> <p>-</p> <hr/> <p>-</p>	Cu Thi Thien Thu, dkk.,2012	Untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kepemilikan biogas	Output yang dihasilkan digunakan sebagai rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak bagi peternak yang belum memiliki biogas.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian memberikan penjelasan mengenai kerangka kerja dan langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti hingga dapat memenuhi tujuan penelitian yaitu memberikan rekomendasi bagi pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi alternatif skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang (Gambar 3.1)



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian adalah dengan survei sekunder berupa studi literatur terkait data yang diperoleh dari instansi maupun literatur lain penunjang penelitian serta survei primer yaitu berupa survei lapangan, wawancara dan kuisisioner.

3.4.1 Survei Sekunder

Survei sekunder dilakukan dengan pengumpulan data sekunder berupa studi literatur maupun survei pada instansi. Berikut adalah pengumpulan data dengan teknik survei sekunder, yaitu:

1. Studi literatur

Studi literature merupakan kegiatan mencari teori dan bahasan yang sesuai dengan tema penelitian dan dijadikan dasar dalam analisis hingga menghasilkan output yang diinginkan. Studi ini dilakukan melalui kajian kepustakaan dari buku-buku, tulisan-tulisan maupun jurnal-jurnal yang berkaitan dengan bioenergi dan perhitungan efisiensi energi. Hasil dari kajian studi literatur digunakan untuk menunjang proses identifikasi dan analisis untuk kemudian dilakukan pengembangan terhadap bioenergi di Desa Tegalweru.

2. Survei Instansi

Survei Instansi dilakukan untuk memperoleh data sekunder dari instansi-intansi terkait dengan tema penelitian. Instansi yang diperlukan untuk tujuan perolehan data ialah Kantor Desa Tegalweru dan Badan Perencanaan Daerah Kabupaten Malang.

Tabel 3. 2 Daftar Kebutuhan Data Sekunder

No.	Instansi	Data Yang dibutuhkan
1.	Kantor Desa Tegalweru	<ul style="list-style-type: none"> • Monografi Desa Tegalweru <i>Time Series</i> • RPJM Desa Tegalweru
2.	Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"> • RTRW Kabupaten Malang • RPJM Kabupaten Malang

3.4.2 Survei Primer

Survei primer dilakukan dalam penelitian pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi alternatif skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang memerlukan data yang akurat, sehingga dilakukan survei primer dengan metode wawancara, kuisisioner, dan observasi lapangan. Wawancara dilakukan pada masyarakat Desa Tegalweru yang meliputi masyarakat yang memiliki instalasi biogas dan masyarakat yang tidak memiliki biogas namun berpotensi dengan kepemilikan

sapi. Serta pemerintah desa yaitu kepala desa. Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan secara langsung. Hal ini dilakukan untuk menggali informasi selengkap-lengkapya terkait biogas, potensi biogas berdasarkan kepemilikan hewan ternak (sapi) dan karakteristik serta persepsi kemauan masyarakat terkait kepemilikan biogas yang digunakan sebagai input untuk rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang skala rumah tangga.

Kuisisioner dilakukan untuk melihat tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan dari biogas eksisting yang telah ada. Hasil dari kuisisioner digunakan sebagai input dalam analisis IPA (*Importance Performance Analysis*) dan merupakan gambaran mengenai kondisi biogas yang telah ada dan variabel-variabel apa saja yang perlu diperbaiki dari kondisi biogas. Kuisisioner IPA hanya diberikan kepada masyarakat yang telah memiliki biogas. Sedangkan masyarakat yang tidak memiliki biogas, diberikan kuisisioner yang berisi kesediaan mereka untuk menggunakan biogas dan outputnya berupa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap minat masyarakat peternak untuk membangun instalasi biogas.

Observasi lapangan adalah survei primer dengan tinjauan langsung di lapangan. Dalam penelitian, dilakukan observasi lapangan berupa survei terhadap potensi hewan ternak (kuantitas) dan kotoran yang dihasilkan sehingga diperoleh data potensi biogas yang dapat dikembangkan. Selain itu, observasi dilakukan dengan melihat efisiensi energi yang digunakan dalam biogas mulai dari input, proses dan output yang dihasilkan serta persebaran titik-titik instalasi biogas yang telah ada. Tabel 3.3 merupakan data yang diperlukan serta metode dalam pengumpulan data dengan survei primer.

Tabel 3. 3 Kebutuhan Data dan Tujuan

Tujuan Penelitian	Tahapan	Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Output
Merumuskan rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang	Mengidentifikasi Karakteristik penduduk	Mata pencaharian	-	<ul style="list-style-type: none"> Jenis mata pencaharian penduduk 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui apa saja mata pencaharian masyarakat Desa Tegalweru, tujuan kuisisioner adalah kepada masyarakat Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.
		Tingkat pendidikan	-	<ul style="list-style-type: none"> Tingkat pendidikan penduduk 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui tingkat pendidikan penduduk untuk melihat keberlanjutan dari adanya biogas, tujuan kuisisioner adalah kepada masyarakat Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.
	Mengidentifikasi karakteristik ekonomi	Pendapatan penduduk	-	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah pendapatan penduduk, per bulan per rumah tangga 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui pendapatan penduduk per bulan per rumah tangga untuk melihat keberlanjutan. Tujuan kuisisioner adalah kepada masyarakat Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.
		pembiayaan biogas	<ul style="list-style-type: none"> Biaya instalasi/konstruksi Biaya <i>maintenance</i> Biaya tenaga kerja 	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah biaya yang dikeluarkan untuk kepemilikan biogas 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui modal untuk biaya instalasi biogas yang telah ada, dengan tujuan kuisisioner pada masyarakat yang telah memiliki instalasi biogas.
	Mengidentifikasi kondisi biogas eksisting yang telah ada	<ul style="list-style-type: none"> Produksi energi dari biogas per hari 	-	<ul style="list-style-type: none"> Banyaknya produksi biogas per hari 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui kuantitas dan kualitas energi yang dihasilkan oleh biogas eksisting yang telah ada. Tujuan kuisisioner adalah kepada masyarakat yang telah memanfaatkan biogas sebagai energi alternatif
		<ul style="list-style-type: none"> Kepentingan Kepuasan 	-	<ul style="list-style-type: none"> Persepsi Masyarakat 	<ul style="list-style-type: none"> Mengetahui tingkat kepentingan menurut persepsi masyarakat terhadap kondisi biogas yang telah ada. Tujuan

Tujuan Penelitian	Tahapan	Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Output
					<p>kuisisioner adalah kepada masyarakat Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.</p> <ul style="list-style-type: none"> Mengetahui tingkat kepuasan menurut persepsi masyarakat terhadap kondisi biogas yang telah ada. Tujuan kuisisioner adalah kepada masyarakat Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang.
	<p>Menghitung efisiensi energi pada biogas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Yield Percent Renewable Emergy yield ratio Emergy investment ratio Environmental loading ratio Environmental sustainability index 	<ul style="list-style-type: none"> Renewable Resources (R) Non-Renewable Resources (N) Economic Inputs (F) 	<p>Jumlah input:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kotoran sapi Air Ketersediaan lahan Urin Biaya konstruksi Biaya perawatan Tenaga kerja Tingkat pendidikan <p>Proses:</p> <ul style="list-style-type: none"> Suhu Mikroba <p>Jumlah output yang dihasilkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> Biogas 	<ul style="list-style-type: none"> Untuk mengetahui energi yang dihasilkan oleh sistem biogas Untuk menghitung berapa prosentase penggunaan bahan terbarukan untuk menghasilkan biogas untuk menghitung keuntungan secara ekonomi dan menggambarkan kapasitas kegiatan untuk mengeksploitasi sumber daya lokal untuk mengetahui berapa energi yang dihasilkan biogas untuk 1 m3 kotoran ternak yang digunakan untuk menghitung besarnya beban yang ditanggung lingkungan akibat kegiatan proses produksi barang/ jasa untuk menghitung indikasi keberlanjutan kegiatan proses produksi dalam sistem biogas.

3.5 Populasi

Populasi dalam penelitian berjudul “Pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai energi alternatif skala rumah tangga di Desa Tegalweru” menggunakan dua jenis populasi untuk dua analisis yang dilakukan, yaitu analisis IPA dan analisis regresi.

3.5.1 Populasi Analisis IPA

Analisis IPA dalam penelitian digunakan untuk menilai kinerja dan pelayanan dari biogas menurut persepsi peternak. Pengambilan data untuk analisis IPA dilakukan dengan sasaran populasi peternak yang menghasilkan biogas sebagai sumber energi yaitu sejumlah 10 KK dengan 6 titik biogas.

3.5.2 Populasi Analisis Regresi

Penelitian ini menggunakan analisis regresi untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap minat peternak non-biogas untuk menggunakan biogas, sehingga populasi yang digunakan adalah populasi peternak di Desa Tegalweru. Berdasarkan data dari Dinas Peternakan (2013) terdapat 475 populasi peternak di Desa Tegalweru.

Tabel 3. 4 Populasi Peternak Kecamatan Dau tahun 2009-2013

Desa	Th 2009	Th 2010	Th 2011	Th 2012	Th 2013
Kucur	589	646	666	632	1271
Kalisongo	294	286	308	308	242
Karangwido	248	243	258	258	236
Petungsewu	548	546	556	528	302
Selorejo	534	524	543	543	561
Tegalweru	472	468	476	473	475
Landungsari	92	86	99	99	100
Gadingkulon	536	532	542	542	544
Mulyoagung	156	142	136	231	218
Sumbersekar	210	168	231	126	136
Jumlah	3679	3641	3815	3740	4085

Sumber: Dinas Peternakan, 2013

3.6 Metode Sampling

Metode sampling pada penelitian diterapkan hanya pada populasi untuk analisis regresi, dikarenakan pada populasi untuk analisis IPA hanya 10 KK sehingga responden pada analisis IPA adalah seluruh populasi peternak yang menghasilkan biogas sebagai sumber energi. Penelitian ini menggunakan *random sampling* dimana sampel yang dimaksud adalah sampel acak dengan populasi peternak di Desa Tegalweru. Pemilihan metode ini dengan pertimbangan peneliti memilih secara acak dari peternak-peternak yang belum menggunakan biogas. Dalam penentuan sampel, diambil responden yang dapat mewakili atau yang mengerti tentang populasinya. Penentuan jumlah sampel yang

digunakan berdasarkan metode dari Krejcie dan Morgan (1970) dimana jumlah sampel sudah ditentukan berdasar Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Jumlah Sampel Menurut Krejcie dan Morgan, 1970

Populasi (N)	Sampel (n)	Populasi (N)	Sampel (n)	Populasi (N)	Sampel (n)
10	10	220	140	1200	291
15	14	230	144	1300	297
20	19	240	148	1400	302
25	24	250	152	1500	306
30	28	260	155	1600	310
35	32	270	159	1700	313
40	36	280	162	1800	317
45	40	290	165	1900	320
50	44	300	169	2000	322
55	48	320	175	2200	327
60	52	340	181	2400	331
65	56	360	186	2600	335
70	59	380	191	2800	338
75	63	400	196	3000	341
80	66	420	201	3500	346
85	70	440	205	4000	351
90	73	460	210	4500	354
95	76	480	214	5000	357
100	80	500	217	6000	361
110	86	550	226	7000	364
120	92	600	234	8000	367
130	97	650	242	9000	368
140	103	700	248	10000	370
150	108	750	254	15000	375
160	113	800	260	20000	377
170	118	850	265	30000	379
180	123	900	269	40000	380
190	127	950	274	50000	381
200	132	1000	278	75000	382
210	136	1100	285	100000	384

Sumber: Krejcie dan Morgan, 1970

Berdasarkan data Dinas Peternakan Tahun 2013, jumlah peternak di Desa Tegalweru adalah 475, sehingga banyaknya sampel yang diambil adalah sebanyak 214 sampel.

3.7 Penentuan Responden

Responden sebagai narasumber dalam penelitian ini menggunakan responden instansi, akademisi dan pengguna biogas. Beberapa kriteria responden yang digunakan di dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Responden Instansi:

Responden instansi meliputi instansi desa dan instansi Kabupaten dengan kriteria:

a) Instansi desa:

- 1) Memahami kondisi masyarakat Desa Tegalweru
- 2) Memahami karakteristik wilayah Desa Tegalweru

- 3) Memahami potensi-potensi energi yang ada di Desa Tegalweru
 - 4) Memahami program-program pengembangan energi mandiri, baik yang telah ada maupun yang dikembangkan
- b) Instansi Kabupaten:
- 1) Mengetahui rencana pengembangan energi dalam peraturan daerah
 - 2) Memiliki kapabilitas di bidang pengembangan energi
2. Responden Akademisi
- Responden akademisi meliputi dosen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Brawijaya yang memiliki kapabilitas di bidang energi dan lingkungan, sehingga dapat membantu peneliti dalam melakukan penelitian.
3. Responden Pengguna Biogas
- Responden pengguna biogas adalah masyarakat di Desa Tegalweru yang telah memanfaatkan kotoran sapi menjadi biogas dimana responden ini diwakilkan oleh satu KK dalam setiap satu kepemilikan biogas karena skala biogas adalah skala rumah tangga, sehingga informasi cukup dilakukan oleh satu orang dalam satu titik kepemilikan biogas dengan kriteria:
- a) Memiliki pengetahuan dalam pengelolaan biogas
 - b) Mampu mengungkapkan kelemahan, kelebihan serta kendala yang dihadapi dalam penggunaan biogas.
 - c) Mampu memberikan saran terhadap pengembangan biogas di Desa Tegalweru
 - d) Diutamakan kepada kepala keluarga dalam satu titik biogas.
4. Responden Peternak
- Responden peternak yang dimaksud adalah masyarakat di Desa Tegalweru yang memiliki ternak sapi namun tidak memiliki instalasi biogas. Oleh karena itu, dari informasi peternak ini dilihat apa saja yang berpengaruh terhadap kepemilikan biogas. Wawancara terhadap responden peternak dilakukan pada semua rumah tangga yang memiliki ternak dan mampu memberikan saran terhadap pengembangan biogas skala rumah tangga.

3.8 Metode Analisis Data

3.8.1 *Emergy Analysis*

Emergy analysis digunakan untuk melihat besarnya investasi yang digunakan dalam pembangunan instalasi, efisiensi yang dihasilkan, beban yang diterima lingkungan

serta keberlanjutan dari pemanfaatan limbah kotoran ternak. Perhitungan *emergy* dilakukan pada dua keadaan yang berbeda, hal ini dilakukan untuk membandingkan antara dua kondisi tersebut. Kondisi pertama (skenario 1) adalah kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak dari 27 ekor sapi, kondisi ini mengacu pada kondisi eksisting saat ini. Sedangkan kondisi 2 adalah kondisi dimana semua potensi limbah kotoran ternak dapat dimanfaatkan maksimal yaitu sejumlah 1.080 ekor sapi.

A. Komponen Input dalam *Emergy Analysis*

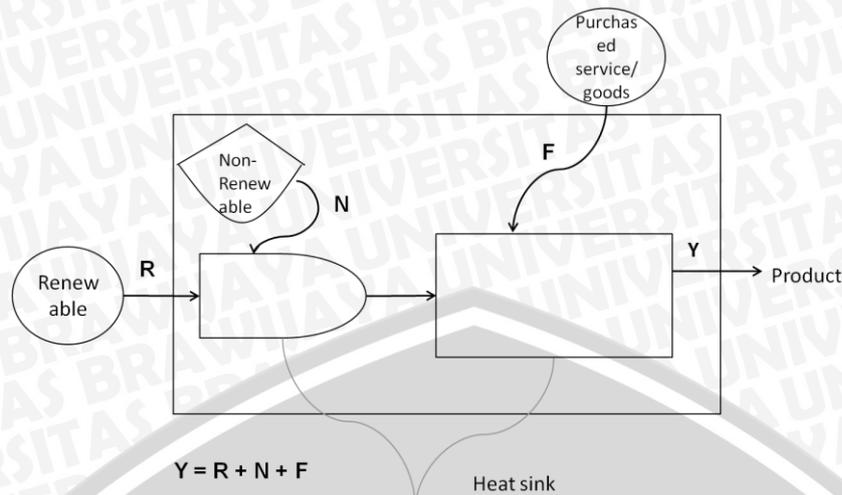
Emergy flow terdiri dari input, proses dan output. Dimana input dapat dikategorikan menjadi 3 tipe yaitu *local renewable resources* (RR), *non-renewable resources* (NR), and *economic inputs* (EI). Dalam penelitian pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau beberapa input yang digunakan dalam perhitungan terhadap efisiensi biogas dengan menggunakan *emergy analysis* terdapat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Komponen input dalam perhitungan emergy

No.	Item	Satuan
Renewable Resources		
1	Sinar Matahari	J
2	Curah Hujan, Chemical	J
3	Curah Hujan, geopotential	
4	Angin	J
5	Rotasi Bumi	J
6	Kotoran Ternak	J
7	Urin dan limbah cair sapi	J
Economic Input		
8	Biaya Konstruksi	US\$
9	Biaya Perawatan	US\$
Non Renewable		
10	Air Tanah	kg
11	Tingkat Pendidikan Tidak Bersekolah	J
	Tamat Sekolah	J
	Tamat Perguruan Tinggi	J
Yield		
12	Biogas	J

B. *Emergy flow*

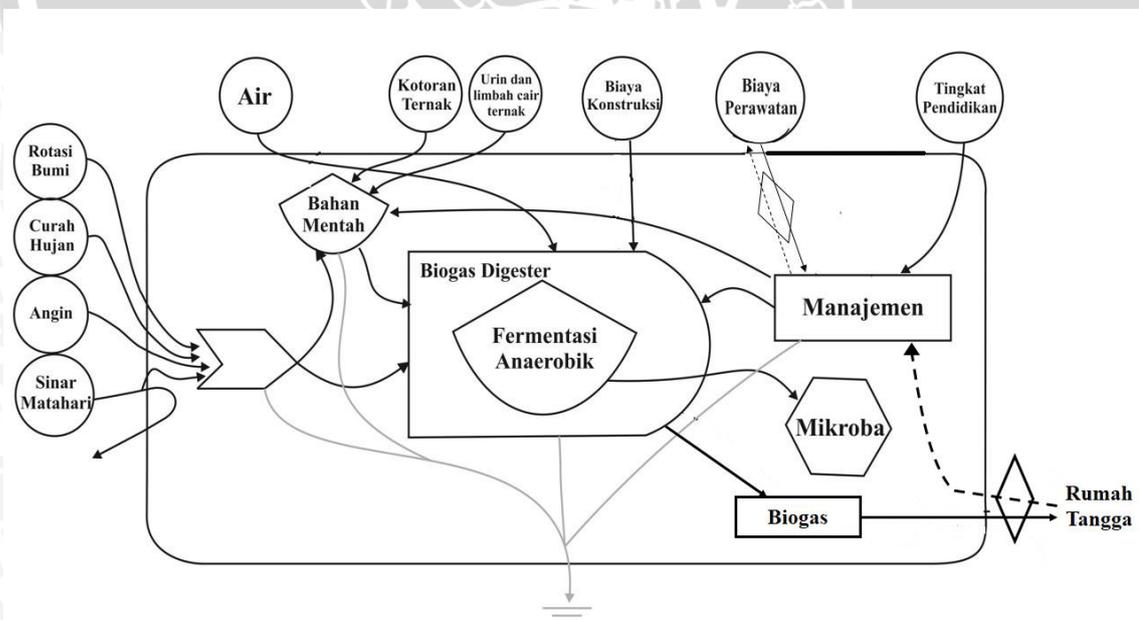
Aliran *emergy* dalam *emergy analysis* berisi tentang aliran energi dari setiap input yang kemudain masuk dalam proses sehingga menghasilkan biogas pada produk akhir. Gambar 3.2 adalah diagram umum menurut aturan Odum, 1996. Secara garis besar input terdiri dari 3 kelompok yaitu sumber energi terbarukan, tak terbarukan dan sumber energi yang dibeli.



Gambar 3. 2 Diagram sistem energi

Sumber: Odum, 1996; 2003

Penelitian berjudul pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dalam hal ini menggunakan analisis emergi guna menentukan efisiensi dari dua perhitungan kondisi kotoran ternak yang dimanfaatkan oleh masyarakat yaitu kondisi eksisting dan kondisi pada saat potensi kotoran ternak dapat dimanfaatkan seluruhnya. Dengan analisis emergi, Gambar 3.3 adalah diagram alir input-proses-output yang diterapkan pada penelitian.



Gambar 3. 3 Energy Flow dalam Penelitian

C. Transformity

Prinsip dalam penggunaan *emergy* ialah bahwa semua jenis produk dalam sebuah siklus kerja mulai dari input, proses dan output dengan satuan energi yang berbeda di konversi dengan acuan energi matahari yang disebut *transformity*. *Transformity* adalah kuantitas dengan satuan sej/J (*emergy* per unit energi) yang dapat menunjukkan efisiensi dengan perbandingan dua proses yang sama. Nilai *transformity* yang tinggi berarti *emergy* yang dibutuhkan semakin tinggi untuk memproduksi output dengan jumlah sama. Nilai *transformity* diadopsi dari penelitian terdahulu serta data-data sekunder. Batasan pemilihan *transformity* adalah hanya pada komponen input dan output yang telah diidentifikasi sebelumnya pada *emergy flow*.

Nilai *transformity* yang digunakan pada penelitian dijelaskan dalam Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Nilai Transformity pada Emergy Analysis

No.	Item	Satuan	Transformity	Referensi
Renewable Resources				
1	Sinar Matahari	J	1.00E+00	<i>By definition</i>
2	Curah Hujan, Chemical	J	1.82E+04	Odum HT, 1997
3	Curah Hujan, geopotential		1.05E+04	Odum HT, 1997
4	Angin	J	1.50E+03	Odum HT, 1998
5	Rotasi Bumi	J	3.44E+04	Odum HT, 1999
6	Kotoran Ternak	J	2.70E+04	Wei, XM <i>et al</i> , 2009
7	Urin dan limbah cair sapi	J	3.80E+06	Geber U, <i>et al</i> , 2001
Economic Input				
8	Biaya Konstruksi	US\$	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008
9	Biaya Perawatan	US\$	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008
Non Renewable				
10	Air Tanah	kg	3.23E+11	Buenfill, 2001
11	Tingkat Pendidikan			
	Tidak Bersekolah	J	8.90E+06	Odum, 1988
	Tamatan Sekolah	J	2.46E+07	Odum, 1988
	Tamat Perguruan Tinggi	J	7.33E+07	Odum, 1988
Yield				
12	Biogas	J	2.48E+05	Wei, XM <i>et al</i> , 2009

Output yang dihasilkan dari analisis ini digunakan sebagai input dalam rekomendasi pengembangan baik untuk peternak yang telah memiliki biogas maupun peternak yang belum memiliki biogas. Output ini berkaitan dengan analisis IPA dan analisis regresi dimana hasil dari perhitungan *emergy* yaitu kondisi yang tepat untuk diterapkan di Desa Tegalweru dan menjadi rekomendasi pengembangan.

3.8.2 Analisis IPA (*Importance Performance Analysis*)

Analisis IPA digunakan dalam mengevaluasi kondisi biogas yang telah ada di Desa Tegalweru. Atribut-atribut yang dinilai dilihat kondisi pelayanannya terhadap peternak. Sasaran responden dari analisis IPA adalah peternak di Desa Tegalweru yang telah memiliki instalasi biogas. Tabel 3.8 adalah atribut-atribut IPA yang dievaluasi dalam penelitian.

Tabel 3. 8 Atribut-Atribut Analisis IPA

Tahap	Variabel	Referensi	Keterangan
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi	Vaibhav Nasery, 2011	Ketersediaan kotoran sapi yang dimaksud adalah kuantitas kotoran sapi yang dapat memenuhi input untuk dimasukkan ke dalam digester setiap harinya dan seberapa penting bagi sebuah proses untuk menghasilkan biogas
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)		Ketersediaan bahan campuran meliputi ketersediaan air dari segi kuantitas apakah dapat memenuhi dari kebutuhan pengenceran kotoran ternak dan apakah penting bagi sebuah proses untuk menghasilkan biogas.
	Besarnya biaya/ modal konstruksi instalasi biogas		Besarnya biaya konstruksi meliputi apakah peternak saat ini mampu untuk dapat memenuhi biaya konstruksi dan seberapa penting variabel biaya konstruksi bagi sebuah proses untuk menghasilkan biogas menurut persepsi peternak.
	Ketersediaan tenaga kerja		Ketersediaan tenaga kerja ini meliputi tenaga kerja untuk konstruksi. Tersedianya tenaga kerja nantinya akan memberikan implikasi bagi pembangunan instalasi baru. Tingkat kepentingan dari variabel ini juga akan dinilai oleh peternak apakah memiliki peran yang penting bagi sebuah proses untuk menghasilkan biogas.
	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas		Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas meliputi luas lahan yang dimiliki untuk biogas serta jarak antara kandang dan digester dengan rumah. Hal ini dikarenakan jarak kandang dan luas lahan yang dimiliki akan mempengaruhi kesehatan rumah terkait bau dan pencemaran air tanah. Selain itu tingkat kepentingan dari variabel ini akan dinilai menurut persepsi peternak seberapa pentingkah variabel bagi berlangsungnya proses untuk menghasilkan biogas.
PROSES	Ketersediaan alat bantu pengolahan		Ketersediaan alat bantu pengolahan meliputi alat-alat yang digunakan untuk proses menghasilkan biogas apakah peternak puas dengan ketersediaannya dan seberapa pentingkah variabel ini bagi berlangsungnya proses untuk menghasilkan biogas.
OUTPUT	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak		Energi yang dihasilkan untuk memasak meliputi perbandingan antara gas dari hasil biogas dengan gas LPG yang banyak digunakan peternak yang terdiri dari seberapa lama pemakaian gas dari biogas dalam satu

Tahap	Variabel	Referensi	Keterangan
	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan		bulan dibandingkan dengan pemakaian LPG dalam satu bulan serta seberapa pentingkah energi untuk memasak bagi proses pemanfaatan biogas menurut persepsi peternak.
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan		Energi yang dihasilkan untuk listrik dan penerangan meliputi perbandingan antara penggunaan penerangan dari biogas dengan penggunaan listrik dari PLN untuk penerangan serta seberapa pentingkah energi untuk penerangan bagi proses pemanfaatan biogas menurut persepsi peternak.
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan		Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan meliputi apakah ada pengelolaan limbah dari hasil proses biogas dan seberapa pentingkah pengelolaan limbah ini dalam proses untuk menghasilkan biogas.
	Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan		Biaya perawatan yang dikeluarkan adalah biaya yang dikeluarkan setiap bulannya untuk perawatan dari digester biogas apakah biaya yang dikeluarkan mampu dijangkau oleh peternak atau tidak dan seberapa pentingkah variabel ini bagi proses untuk menghasilkan biogas.
	Kemudahan perawatan		Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan adalah terkait dengan kuantitas tenaga kerja untuk perawatan apakah peternak mampu memenuhi kuantitas tenaga kerja tersebut serta seberapa pentingkah variabel ini bagi proses untuk menghasilkan biogas.
			Kemudahan perawatan meliputi kegiatan-kegiatan dalam perawatan digester apakah kegiatan pemeliharaan mampu dilakukan peternak pengguna biogas ataukah membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak untuk melakukan perawatan serta seberapa pentingkah variabel ini bagi proses dalam menghasilkan biogas.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perhitungan tingkat kepuasan dan tingkat kepentingan peternak yang memiliki biogas adalah sebagai berikut:

1. Menghitung tingkat kesesuaian dengan rumus:

$$TK = \frac{X(\text{Persepsi})}{Y(\text{Kepentingan})} \times 100\% = \frac{(a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)}{(a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)} \times 100\%$$

Tingkat kesesuaian digunakan untuk melihat tingkat kepuasan peternak.

2. Menghitung letak titik-titik variabel pada diagram kartesius dengan menggunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Keterangan :

n : jumlah responden

\bar{X} : Skor rata-rata tingkat pelaksanaan/kepuasan

\bar{Y} : Skor rata-rata tingkat kepentingan

3. Menghitung letak perpotongan dua garis tegak lurus pada diagram cartesius, dengan rumus sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{K}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{K}$$

Keterangan:

K = Banyaknya variabel yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan

4. Penentuan variabel yang masuk pada 4 kuadran yang tersedia pada diagram kartesius.

Output dari hasil analisis IPA digunakan sebagai masukan dalam rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak terutama bagi peternak yang telah memiliki biogas. Rekomendasi yang diberikan dipengaruhi pula oleh hasil analisis *emergy*. Kondisi yang tepat diterapkan dari hasil *emergy analysis* digunakan sebagai input dalam rekomendasi pengembangan dari hasil analisis IPA.

3.8.3 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan dalam mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh dalam minat peternak untuk menggunakan biogas. Responden dari analisis ini adalah masyarakat yang bekerja sebagai peternak, namun tidak memiliki biogas. Dalam penelitian ini, analisis regresi logistic biner digunakan dengan metode enter. Analisis regresi logistic biner merupakan metode yang dilakukan dengan cara memasukkan satu persatu variabel bebas (X) yang berkorelasi dengan variabel terikat (Y)

Terdapat 6 variabel menurut Cu Thi Thien Thu, dkk (2012) yang memengaruhi kemauan masyarakat untuk menggunakan biogas. Namun dari hasil analisis tabulasi silang (melihat keterkaitan antara variabel X dan variabel Y) terdapat dua variabel yang memiliki ketidakterkaitan dengan variabel Y yaitu variabel mata pencaharian dan ketersediaan tenaga kerja.

Tabel 3. 9 Uji Chi Square dalam Tabulasi Silang untuk Variabel Mata Pencaharian

	Value
Pearson Chi-Square	.(a)
N of Valid Cases	214

a No statistics are computed because MataPencaharian is a constant.

Tabel 3. 10 Uji Chi Square dalam Tabulasi Silang untuk Variabel Ketersediaan Tenaga Kerja

	Value
Pearson Chi-Square	.(a)
N of Valid Cases	214

a No statistics are computed because tenagakerja is a constant.

Dari hasil analisis tabulasi silang kedua variabel tersebut tidak memiliki nilai chi-square dikarenakan data yang konstan, sehingga kedua variabel di eliminasi dalam analisis selanjutnya. Sehingga empat variabel X yang digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi masyarakat untuk menggunakan biogas adalah sebagai berikut:

- X1 : Ketersediaan Lahan
- X2 : Tingkat Pendidikan
- X3 : Pendapatan Penduduk
- X4 : Jumlah Sapi

Tabel 3. 11 Kategori Variabel Independen

Kemauan Masyarakat untuk menggunakan biogas (Y)		Ketersediaan Lahan (X1)		Tingkat Pendidikan (X2)		Pendapatan Penduduk (X3)		Jumlah Sapi (X4)	
0	Ya	0	Ada	0	Tidak bersekolah	0	<500.000	0	1-3 ekor
1	Tidak	1	Tidak	1	Tamatan SD	1	500.001-1.500.000	1	4-6 ekor
				2	Tamatan SMP	2	>1.500.000	2	>6 ekor
				3	Tamatan SMA				

Pembagian kategori pada Tabel 3.11 dilakukan berdasarkan survei primer yang dilakukan. Dari hasil survei bahwa peternak di Desa Tegalweru memiliki tingkat pendidikan paling tinggi adalah lulusan SMA, serta jumlah sapi berkisar antara 2 ekor hingga 8 ekor. Dalam variabel X3 dan X4 dilakukan pengkategorian dengan interval untuk memudahkan dalam input dikarenakan data yang heterogen.

Ouput dari hasil analisis regresi digunakan sebagai rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak dengan sasaran peternak yang belum memiliki biogas. Analisis ini berkaitan dengan *emergy analysis* dimana hasil dari perhitungan *emergy* menentukan analisis regresi digunakan atau tidak. Karena apabila dalam perhitungan terpilih kondisi 1 yaitu kondisi pengembangan dengan kondisi eksisting, maka analisis regresi tidak dapat digunakan, karena analisis regresi hanya dilakukan apabila ditentukan kondisi dimana terdapat penambahan jumlah digester biogas dan

peningkatan pemanfaatan kotoran ternak. *Emergy analysis* tidak berkaitan dengan IPA dan berdiri sendiri namun dipengaruhi oleh output dari *emergy analysis*.

3.9 Implikasi Antar Analisis

Tabel 3.12 adalah matriks implikasi antar analisis yang menjelaskan hubungan antara satu analisis dengan analisis lainnya. Selain itu, juga menjelaskan pengaruh masing-masing analisis terhadap analisis lainnya.

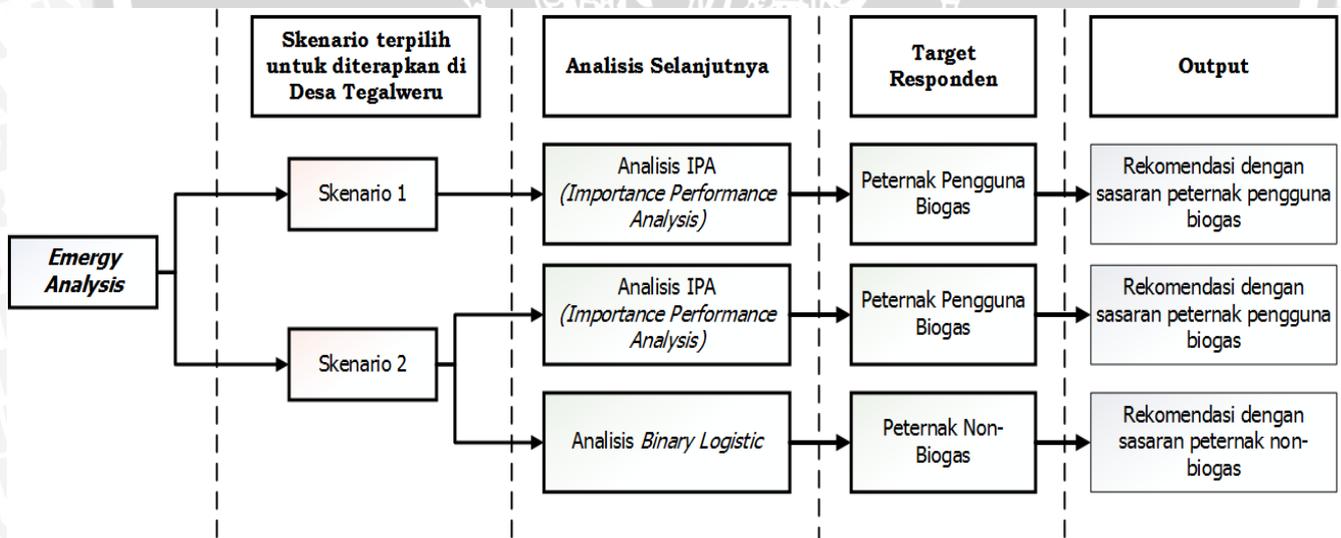
Tabel 3. 12 Matriks Implikasi antar Analisis

	<i>Emergy analysis</i>	Analisis IPA	Analisis Regresi
<i>Emergy analysis</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Emergy analysis</i> memengaruhi analisis IPA dalam penyusunan rekomendasi. Dimana output dari analisis IPA adalah rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan sebelumnya oleh analisis <i>emergy</i> yang kemudian menghasilkan rekomendasi bagi peternak yang telah memiliki biogas. • Analisis IPA akan membantu penerapan skenario terpilih yang telah di analisis melalui <i>emergy analysis</i>. Hasil pemilihan skenario baik skenario 1 maupun skenario 2 akan berhubungan atau dibantu penerapannya dengan memaksimalkan pelayanan biogas yang ada saat ini melalui analisis IPA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil <i>emergy analysis</i> menjadi pertimbangan dalam penggunaan analisis regresi. Karena apabila penilaian terhadap 2 skenario menghasilkan skenario terpilih adalah skenario 1, maka analisis regresi tidak digunakan karena fokus pengembangan biogas adalah hanya 6 titik biogas (eksisting) sedangkan apabila skenario 2 terpilih maka analisis regresi dilakukan untuk meningkatkan minat masyarakat sehingga dapat diterapkan hasil skenario 2. • <i>Emergy analysis</i> memengaruhi analisis regresi dalam penyusunan rekomendasi. Dimana output dari analisis regresi adalah rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan sebelumnya oleh <i>emergy analysis</i> yang kemudian menghasilkan rekomendasi bagi peternak yang belum memiliki biogas.

	<i>Emergy analysis</i>	Analisis IPA	Analisis Regresi
Analisis IPA	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Emergy analysis</i> memengaruhi analisis IPA dalam penyusunan rekomendasi. Dimana output dari analisis IPA adalah rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan sebelumnya oleh <i>emergy analysis</i> yang kemudian menghasilkan rekomendasi bagi peternak yang telah memiliki biogas. • Analisis IPA akan membantu penerapan skenario terpilih yang telah di analisis melalui <i>emergy analysis</i>. Hasil pemilihan skenario baik skenario 1 maupun skenario 2 akan berhubungan atau dibantu penerapannya dengan memaksimalkan pelayanan biogas yang ada saat ini melalui analisis IPA. 		
Analisis Regresi	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil <i>emergy analysis</i> akan menjadi pertimbangan dalam penggunaan analisis regresi. Karena apabila penilaian terhadap 2 skenario menghasilkan skenario terpilih adalah skenario 1, maka analisis regresi tidak digunakan karena fokus pengembangan biogas adalah hanya 6 titik biogas (eksisting) sedangkan apabila skenario 2 terpilih maka analisis 		

<i>Emergy analysis</i>	Analisis IPA	Analisis Regresi
<p>regresi dilakukan untuk meningkatkan minat masyarakat sehingga dapat diterapkan hasil skenario 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Emergy analysis</i> memengaruhi analisis regresi dalam penyusunan rekomendasi. Dimana output dari analisis regresi adalah rekomendasi pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak berdasarkan kondisi yang telah ditentukan sebelumnya oleh <i>emergy analysis</i> yang kemudian menghasilkan rekomendasi bagi peternak yang belum memiliki biogas. 		

Secara skematis, Tabel 3.12 dapat digambarkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Implikasi Antar Analisis

3.10 Desain Survei

Tabel 3. 13 Desain Survei

Tujuan Penelitian	Tahapan Analisis	Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Sumber Data	Metode Analisis Data	Output Penelitian
Peningkatan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga di Desa Tegalweru, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang	1. Menentukan kondisi (skenario) yang tepat untuk diterapkan di Desa Tegalweru	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Yield</i> • <i>Percent Renewable</i> • <i>Emergy yield ratio</i> • <i>Emergy investment ratio</i> • <i>Environmental loading ratio</i> • <i>Environmental sustainability index</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Renewable Resources (R)</i> • <i>Non-Renewable Resources (N)</i> • <i>Economic inputs (F)</i> 	Jumlah input: <ul style="list-style-type: none"> • Kotoran sapi • Air • Ketersediaan lahan • Urin • Biaya konstruksi • Biaya perawatan • Tenaga kerja • Tingkat pendidikan Proses: <ul style="list-style-type: none"> • Suhu • Mikroba Jumlah output yang dihasilkan: <ul style="list-style-type: none"> • Biogas 	<ul style="list-style-type: none"> • Survei primer • Survei sekunder (studi literature) 	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian terdahulu • Profil Desa Tegalweru, 2012 • Profil Kecamatan Dau • Hasil wawancara • Biogas Rumah Tangga (BIRU) • Dinas Peternakan Kabupaten Malang 	Analisis evaluatif (<i>Emergy Analysis</i>)	Mengetahui efisiensi energi yang dihasilkan oleh bioenergi eksisting serta sustainability terhadap penggunaan masing-masing rumah tangga pada siklus kerja biogas yang terdiri dari input, proses dan output untuk kemudian dijadikan bahan pertimbangan dalam penyusunan pengembangan pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai sumber energi skala rumah tangga

Tujuan Penelitian	Tahapan Analisis	Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Sumber Data	Metode Analisis Data	Output Penelitian
	2. Mengevaluasi pelayanan biogas yang telah ada melalui tingkat persepsi dan tingkat kepentingan peternak pemilik biogas.	<ul style="list-style-type: none"> • Tingkat Kepentingan • Tingkat Kepuasan 	<ul style="list-style-type: none"> • Ketersediaan kotoran sapi • Ketersediaan bahan campuran • Besarnya biaya/modal konstruksi instalasi biogas • Ketersediaan tenaga kerja • Ketersediaan lahan • Ketersediaan alat bantu pengolahan • Energi untuk memasak • Energi untuk penerangan • Pengelolaan limbah lain • Ketersediaan alat pengelolaan • Biaya perawatan • Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan 	<ul style="list-style-type: none"> • Persepsi Masyarakat terhadap pelayanan biogas yang telah ada. 	Survei Primer	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian terdahulu • Hasil wawancara dan penyebaran kuisioner. 	Analisis evaluative (teknik analisa: Analisis IPA (<i>Importance Performance Analysis</i>))	Mengetahui persepsi masyarakat terhadap biogas yang telah ada terkait kepentingan dan kepuasan dan menjadi input bagi rekomendasi kinerja biogas yang telah ada.

Tujuan Penelitian	Tahapan Analisis	Variabel	Sub Variabel	Jenis Data	Metode Pengumpulan Data	Sumber Data	Metode Analisis Data	Output Penelitian
			<ul style="list-style-type: none"> Kemudahan perawatan 					
	3. Mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kepemilikan biogas	Ketersediaan lahan	Ada atau tidaknya lahan untuk instalasi biogas	Ketersediaan lahan peternak non-biogas	Survei primer	<ul style="list-style-type: none"> Penelitian terdahulu Hasil wawancara dan penyebaran kuisioner 	Analisis Regresi	Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kemauan masyarakat untuk memiliki biogas
		Tingkat pendidikan	-	Tingkat pendidikan peternak	Survei primer			
		Jumlah tenaga kerja	-	Ketersediaan jumlah tenaga kerja	Survei primer			
		Kepemilikan sapi	Jumlah sapi	Jumlah kepemilikan sapi per peternak	Survei primer			
		Mata Pencaharian	-	Mata pencaharian	Survei primer			
		Pendapatan Penduduk	-	Pendapatan peternak perbulan	Survei primer			

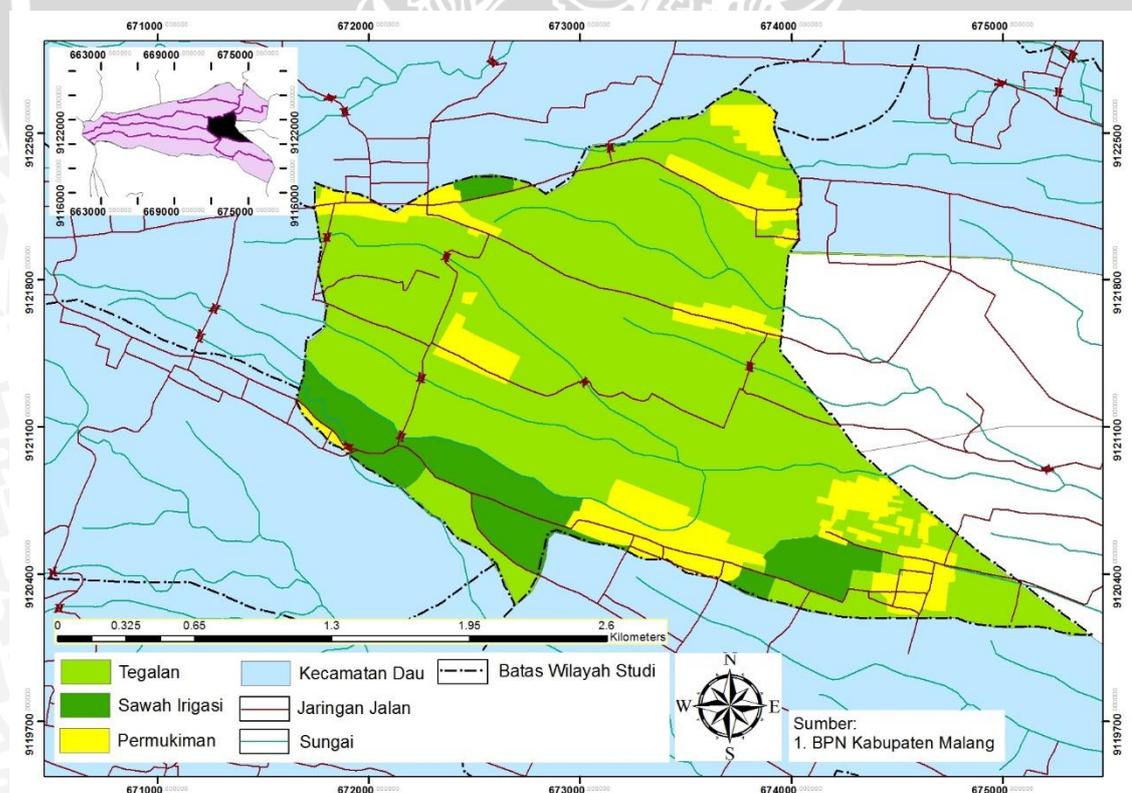
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Desa Tegalweru

Desa Tegalweru terletak pada ketinggian 597-845 m diatas permukaan laut dan termasuk dalam Kecamatan Dau, Kabupaten Malang dengan potensi di bidang pertanian dan peternakan. Secara astronomis, Desa Tegalweru terletak pada kemiringan 0-7% dengan batas wilayah sebagai berikut:

- Utara : Desa Gadingkulong, Kecamatan Dau.
- Timur : Desa Merjosari, Kecamatan Dau.
- Selatan : Desa Petung sewu dan Desa Karangwidoro, Kecamatan Dau.
- Barat : Desa Selorejo, Kecamatan Dau.

Desa Tegalweru terbagi menjadi empat dusun, dengan luas wilayah 370,5 Ha dan terletak pada dataran tinggi. Luas guna lahan yang mendominasi di Desa Tegalweru adalah tegalan dan persawahan. Sebagian besar masyarakat bekerja sebagai petani dan peternak sapi.



Gambar 4. 1 Peta Guna Lahan Desa Tegalweru



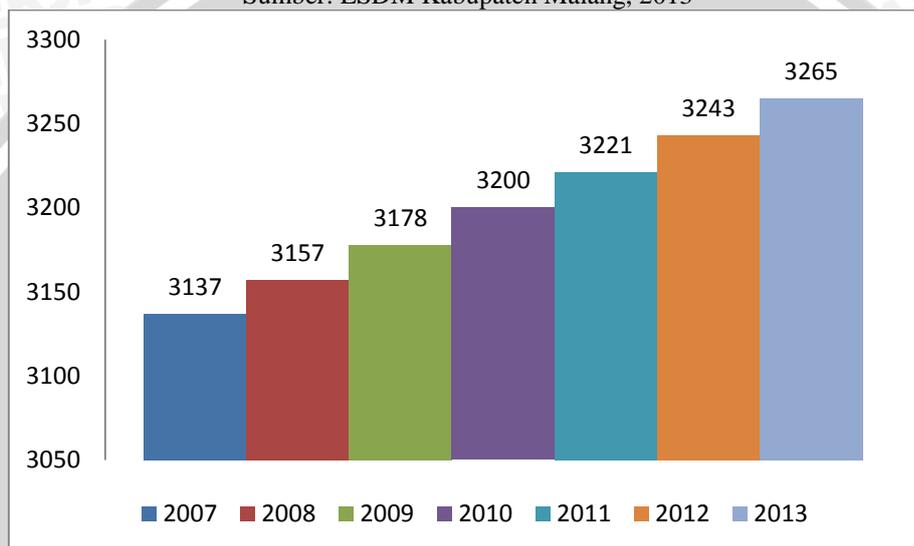
4.1.1 Karakteristik Penduduk

Peningkatan jumlah penduduk sejalan dengan peningkatan jumlah kebutuhan energi di Desa Tegalweru. Tabel 4.1 adalah jumlah penduduk tahun 2007-2013.

Tabel 4. 1 Jumlah Penduduk Tahun 2007-2013

No.	Tahun	Jumlah Penduduk
1.	2007	3.137 jiwa
2.	2008	3157 jiwa
3.	2009	3178 jiwa
4.	2010	3200 jiwa
5.	2011	3221 jiwa
6.	2012	3243 jiwa
7.	2013	3265 jiwa

Sumber: ESDM Kabupaten Malang, 2013



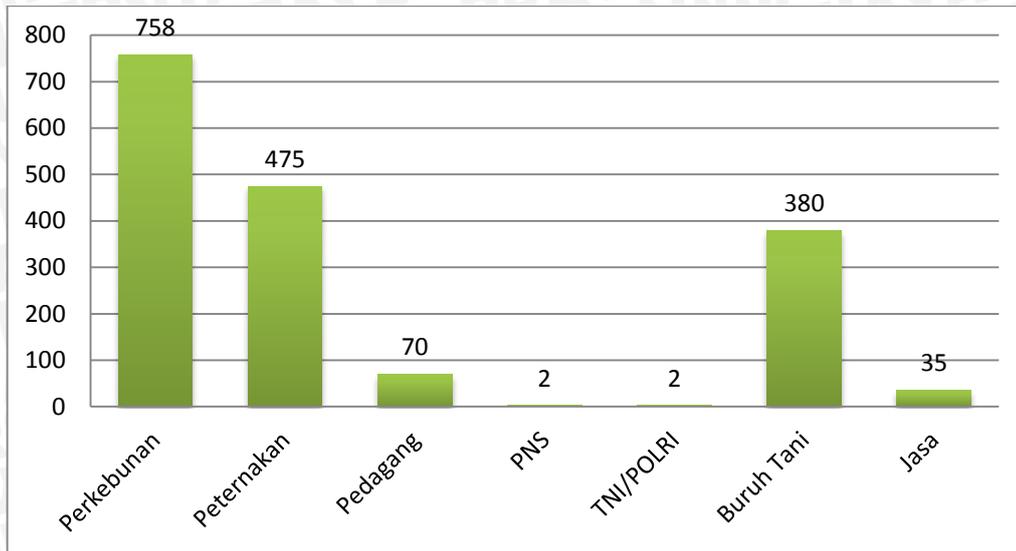
Gambar 4. 2 Histogram Jumlah Penduduk Tahun 2007-2013

Sumber: ESDM Kabupaten Malang, 2013

Jumlah penduduk di Desa Tegalweru mengalami peningkatan setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk rata-rata 20 hingga 22 setiap tahunnya, atau sebesar 5% setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk terbesar adalah pada tahun 2010, 2012 dan 2013 yaitu sebanyak 22 jiwa.

A. Mata Pencaharian

Mata pencaharian masyarakat di Desa Tegalweru didominasi oleh petani dan peternak. Dengan potensi lahan yang sebagian besar merupakan lahan pertanian, dan ketinggian wilayah yang sesuai untuk beternak, sehingga memungkinkan masyarakat untuk bercocok tanam dan beternak. Selain sebagai petani dan peternak, masyarakat di Desa Tegalweru juga memiliki mata pencaharian sebagai pedagang, buruh tani, PNS, TNI/POLRI serta di bidang jasa. Gambar 4.3 adalah histogram masyarakat Desa Tegalweru menurut mata pencaharian.

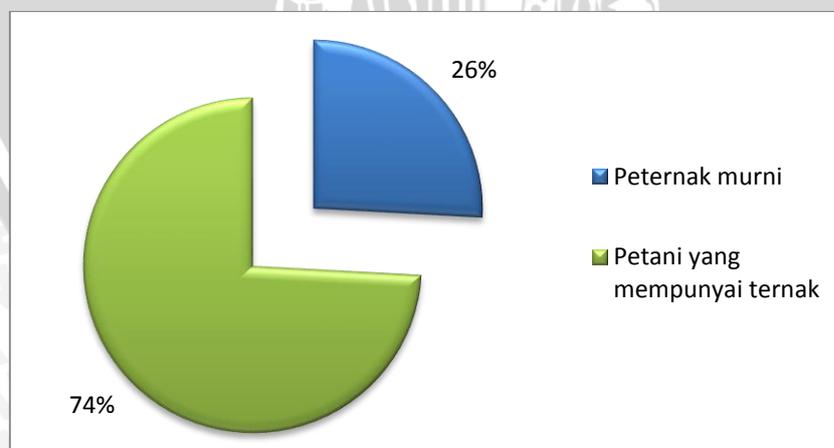


Gambar 4. 3 Histogram Mata Pencaharian Masyarakat Desa Tegalweru

Sumber: Dinas ESDM Kabupaten Malang, 2013

Berdasarkan jumlah peternak terhadap keseluruhan mata pencaharian penduduk sebesar 29,67%, tingginya jumlah peternak yaitu sejumlah 475 jiwa dapat menjadi potensi dalam pengelolaan kotoran ternak sebagai energi terbarukan sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi di Desa Tegalweru.

Di Desa Tegalweru terdapat dua jenis peternak, diantaranya peternak murni dan peternak sampingan. Peternak murni adalah masyarakat yang murni berprofesi sebagai peternak sedangkan peternak sampingan adalah masyarakat dimana pekerjaan sampingannya adalah beternak. Sebagian besar peternak sampingan adalah berprofesi sebagai petani sebagai pekerjaan utamanya.



Gambar 4. 4 Prosentase Peternak Murni dan Peternak Sampingan

Sumber: Pemerintah Desa Tegalweru, 2013

B. Tingkat pendidikan

Masyarakat di Desa Tegalweru umumnya adalah tamatan sekolah, baik itu sekolah dasar, sekolah menengah pertama maupun sekolah menengah atas. Namun mayoritas masyarakat adalah tamatan sekolah dasar dengan jumlah tamatan sebanyak 1.873 jiwa, tamatan SMP sebanyak 176 jiwa dan tamatan SMA sebanyak 61 jiwa. Tidak hanya tamatan sekolah, terdapat 1 orang tamatan D1 serta 4 orang tamatan S1. Tabel 4.2 dalah jumlah penduduk di Desa Tegalweru berdasarkan tingkat pendidikan.

Tabel 4. 2 Jumlah Penduduk Berdasarkan Tingkat Pendidikan

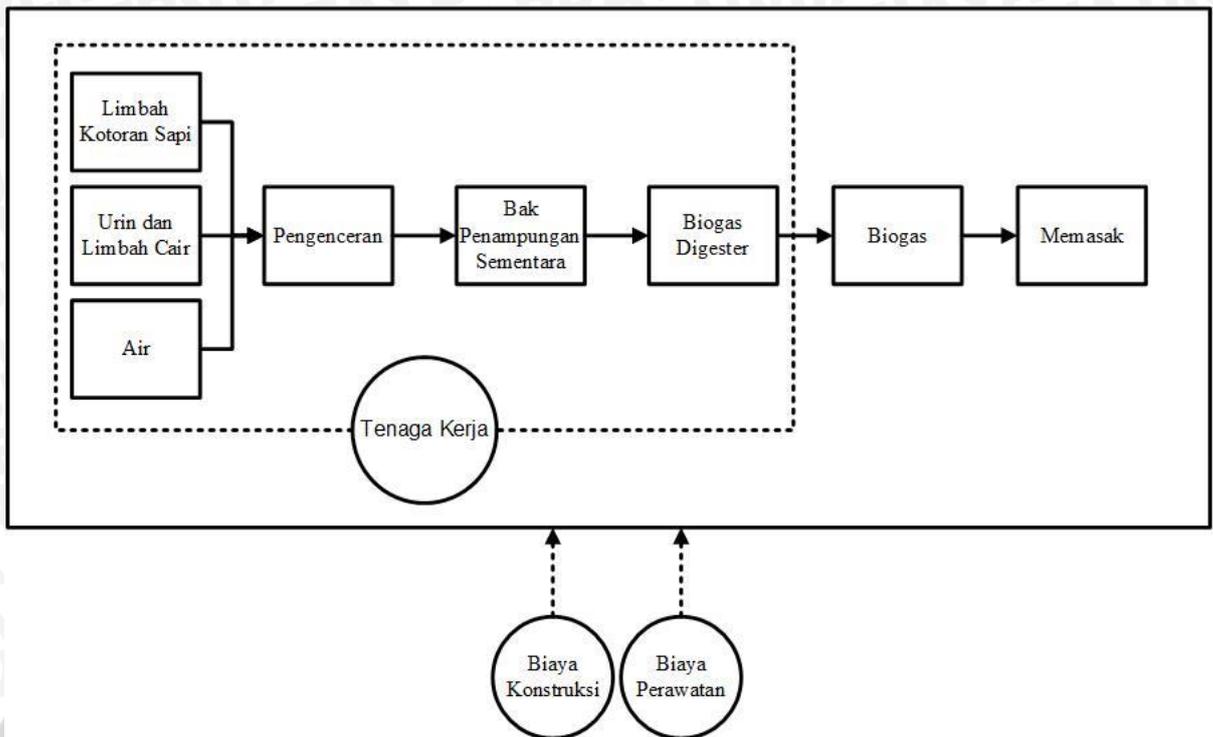
No.	Uraian	Jumlah Penduduk
1.	Usia 3-6 tahun yang sedang sekolah TK/ Playgroup	203 jiwa
2.	Usia 7-18 tahun yang sedang sekolah	224 jiwa
3.	Tamatan SD sederajat	1.873 jiwa
4.	Tamatan SMP sederajat	176 jiwa
5.	Tamatan SMA sederajat	61 jiwa
6.	Tamatan D1	1 jiwa
7.	Tamatan S1	4 jiwa

Sumber: Pemerintah Desa Tegalweru, 2011

Masyarakat di Desa Tegalweru masih tergolong berpendidikan rendah, dapat dilihat dari jumlah masyarakat yang mayoritas adalah tamatan SD sederajat. Sehingga perlu pemberian informasi dan pendampingan dalam pemanfaatan dan pengelolaan kotoran ternak.

4.2 Pengelolaan Limbah Kotoran Ternak

Biogas mulai dibangun di Desa Tegalweru pada tahun 2010. Pembangunan titik-titik biogas seluruhnya didanai oleh Universitas Brawijaya yang merupakan salah satu desa binaan energi mandiri dari Universitas Brawijaya. Enam titik biogas yang telah dibangun di Desa Tegalweru memiliki jumlah sapi yang berbeda-beda sehingga kotoran yang dimanfaatkan juga berbeda dan berdampak pada energi biogas yang dihasilkan. Di RT.5 terdapat 2 peternak yang hanya memiliki 3 sapi, 1 peternak memiliki 2 sapi dan 1 peternak memiliki 12 ekor sapi. Sedangkan di RT.3 terdapat 1 peternak yang memanfaatkan kotoran ternak dari 3 sapi dan 1 peternak yang memanfaatkan 2 sapi untuk dijadikan sumber alternatif. Secara keseluruhan, sistem pengelolaan kotoran ternak menjadi biogas dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Diagram Pengelolaan Biogas di Desa Tegalweru

Gambar 4.5 menjelaskan sistem biogas sebagai batas pengendalian untuk mengatur bahasan masalah dan solusi agar penelitian lebih terfokus. Sistem tersebut juga dikaitkan dengan *emergy analysis* yang digunakan untuk melihat tingkat keberlanjutan tingkat investasi serta beban lingkungan dari pemanfaatan limbah kotoran ternak. Input dasar yang masuk dalam digester berupa kotoran ternak, urin dan limbah cair serta air yang kemudian diencerkan dengan tingkat pengenceran 5-10% (masuk dalam kategori *Slurry*). Dalam penelitian, dilakukan pengkajian terhadap biogas untuk memasak saja, karena sebagian besar masyarakat menggunakan biogas untuk memasak. Selain itu, sistem biogas tersebut juga sangat bergantung pada biaya konstruksi digester dan biaya perawatan digester.

4.2.1 Kondisi Pemanfaatan Kotoran Ternak

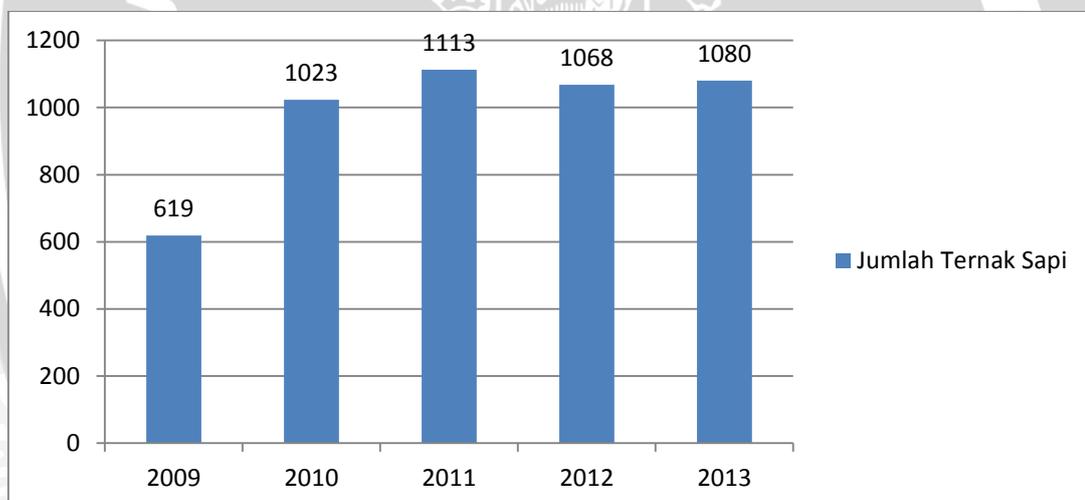
Pemanfaatan kotoran ternak dengan penggunaan biogas sebagai energi terbarukan serta bahan utama adalah kotoran ternak mulai diperkenalkan kepada masyarakat Desa Tegalweru pada tahun 2010. Sejak tahun tersebut, di Desa Tegalweru dibangun titik-titik digester biogas. Hingga tahun 2013 terdapat enam titik biogas yang mayoritas berlokasi di sisi barat Desa Tegalweru. Empat titik berada RT.5 dan dua titik berada di RT.3. Masing-masing titik biogas memiliki manajemen pengelolaan yang berbeda, seperti pada jumlah sapi yang dimanfaatkan kotorannya dan pemanfaatan limbah biogas sebagai

pupuk dan keuntungan yang didapat oleh masyarakat pengguna biogas. Berikut adalah jumlah sapi yang dimanfaatkan oleh masing-masing titik biogas:

- Tiga titik biogas, masing masing memiliki tiga ekor sapi yang terletak di RT 03 dan RT 05.
- Dua titik biogas, masing masing memiliki dua ekor sapi yang terletak di RT 03 dan RT 05.
- Satu titik biogas, dengan kepemilikan 14 ekor terletak di RT 05

A. Jumlah ternak Sapi

Kepemilikan sapi oleh masyarakat di Desa Tegalweru mayoritas bukan milik pribadi namun sapi milik orang di luar masyarakat desa yang kemudian di pelihara oleh masyarakat. Gambar 4.6 adalah jumlah sapi yang terdapat di Desa Tegalweru dari tahun 2009 hingga tahun 2013 menurut data dari Dinas Peternakan Kabupaten Malang.



Gambar 4. 6 Histogram Jumlah Ternak Sapi Tahun 2009-2013

Sumber: Dinas Peternakan Kabupaten Malang, 2013

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa jumlah ternak sapi yang terdapat di Desa Tegalweru mengalami fluktuasi. Dimana pada tahun 2012 mengalami penurunan sebanyak 45 sapi kemudian meningkat kembali pada tahun 2013.



Gambar 4. 7 Kondisi Ternak Sapi Pada Kandang Bapak Sholihin

B. Jumlah Kotoran Ternak yang dihasilkan

Sapi-sapi di Desa Tegalweru memiliki berat per ekor berkisar 350-600 kg/ekor dengan produksi kotoran sapi perhari mencapai 25 kg/ hari dengan jenis sapi adalah sapi potong.



Gambar 4. 8 Kondisi Pemanfaatan Kotoran Ternak untuk Biogas

Tabel 4.3 merupakan tabel karakteristik dari total biogas yang ada di Desa Tegalweru.

Tabel 4. 3 Karakteristik Biogas di Desa Tegalweru

<u>Anaerobik Digester</u>	
Jumlah Digester	6
Diameter	250 cm
Tinggi	150 cm
Volume digester	8 m3
Total Kapasitas Penyimpanan	36 m3
Tahun pembuatan digester	2010

Anaerobik Digester	
Biaya pembuatan 1 unit digester (Rp)	7.500.000,-

Kotoran ternak adalah bahan utama untuk menghasilkan energi berupa biogas yang dapat digunakan untuk memasak dan penerangan. Tabel 4.4 adalah kuantitas dan kandungan kotoran ternak yang terdapat di Desa Tegalweru.

Tabel 4. 4 Kuantitas dan Kandungan Kotoran Ternak

Kuantitas dan deskripsi kandungan kotoran ternak	
Jenis Ternak	Sapi Potong
Jumlah Ternak yang digunakan sebagai biogas	27 ekor
Total Kotoran Ternak	675 kg/ hari
Input kotoran ternak	8m ³ / 2hari
Dry Matter (%)	5-10%
Biogas (m ³ /hari)	1 m ³ /hari
Kandungan Metan (%)	54-70%

4.2.2 Proses

Pengoptimalan hasil biogas dilakukan dengan pembersihan kandang untuk dapat tetap melindungi kandungan dalam kotoran ternak. Untuk pembersihan kandang, peternak membutuhkan air hingga 30 L per hari. Jarak antara biogas dan kandang sapi sebagai bahan baku utama sangat berpengaruh terhadap distribusi gas, apabila jarak instalasi dengan kandang terlalu jauh, maka akan menyebabkan biogas tidak mengalir dengan baik.

Tabel 4. 5 Perawatan Sapi dan Jarak Kandang dengan Rumah

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Membersihkan kandang	Jarak kandang-rumah (meter)
1	03	3	7/minggu	5
2	03	3	7/minggu	5
3	03	2	7/minggu	8
4	03	14	7/minggu	5
5	05	2	7/minggu	10
6	05	3	7/minggu	6

Peternak di Desa Tegalweru rata-rata memiliki instalasi yang berjarak 5-10 meter dari dapur rumah. Saat ini mayoritas pengguna biogas sekarang mengetahui tentang adanya biogas sebagai salah satu sumber energi terbarukan pengganti LPG dan kayu bakar.

Tabel 4. 6 Jenis reaktor biogas Desa Tegalweru

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Jenis reaktor	Ukuran (m ³)
1	03	3	Fixed dome	8
2	03	3	Fixed dome	8

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Jenis reaktor	Ukuran (m ³)
3	03	2	Fixed dome	8
4	03	14	Fixed dome	8
5	05	2	Fixed dome	8
6	05	3	Fixed dome	8

Reaktor yang berada di Desa Tegalweru berukuran sebesar 8m³ dengan jenis *fixed dome*. Warga menggunakan tipe ini dikarenakan lebih terjangkau dari segi biaya konstruksi daripada jenis digester lainnya. Kerugian yang di dapat dari jenis digester ini adalah rentan retak.

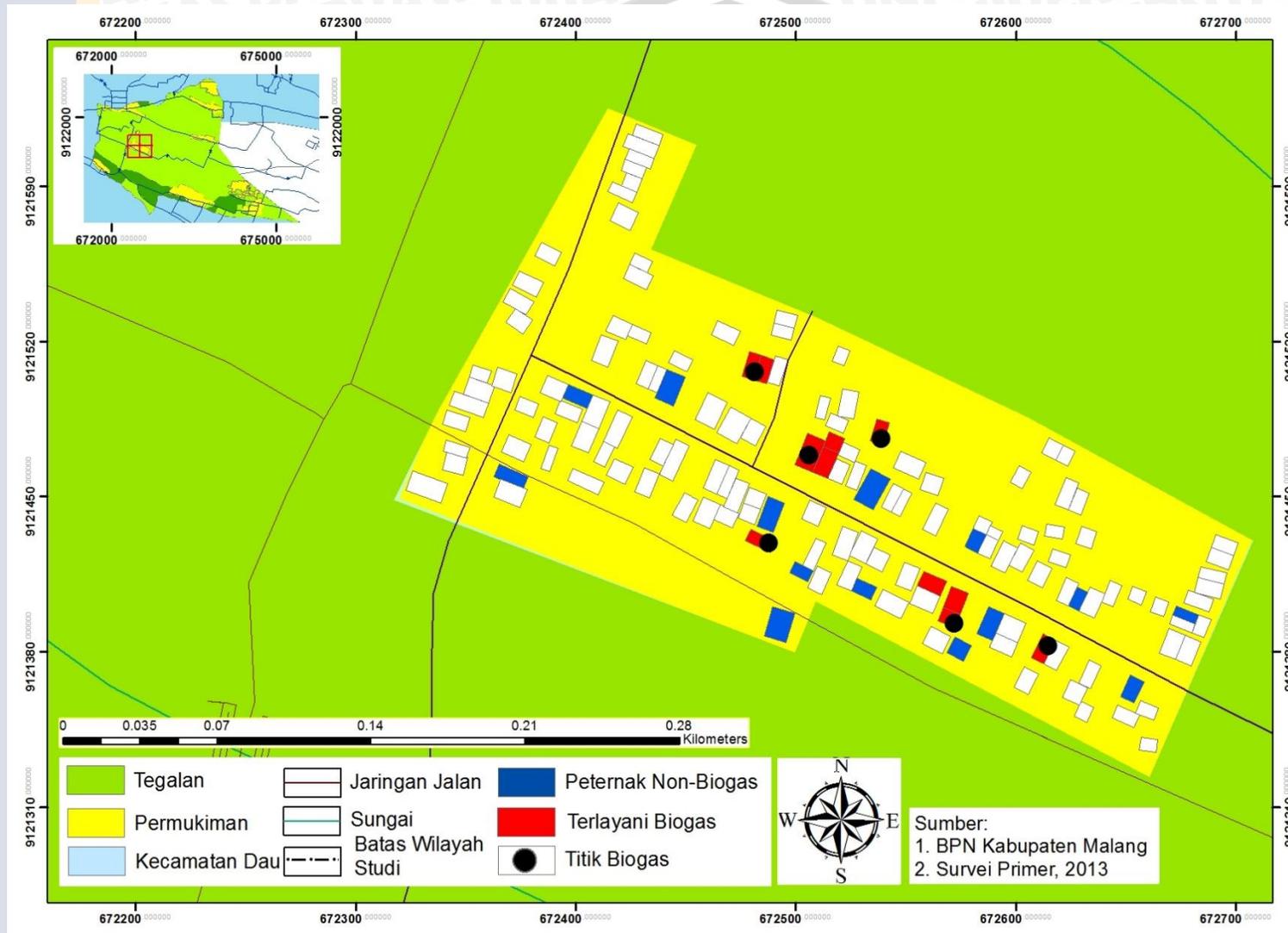
4.2.3 Output

Di desa Tegalweru terdapat lima unit instalasi biogas dengan pemanfaatan dua hingga tiga ekor sapi dan kepemilikan hewan ternak terbesar adalah milik Bapak Solikhin yaitu 14 ekor sapi dengan juga memanfaatkannya sebagai biogas. Produksi kotoran sapi per hari mencapai 25 kg/ hari dan produksi biogas sebesar 1 m³/sapi /hari.

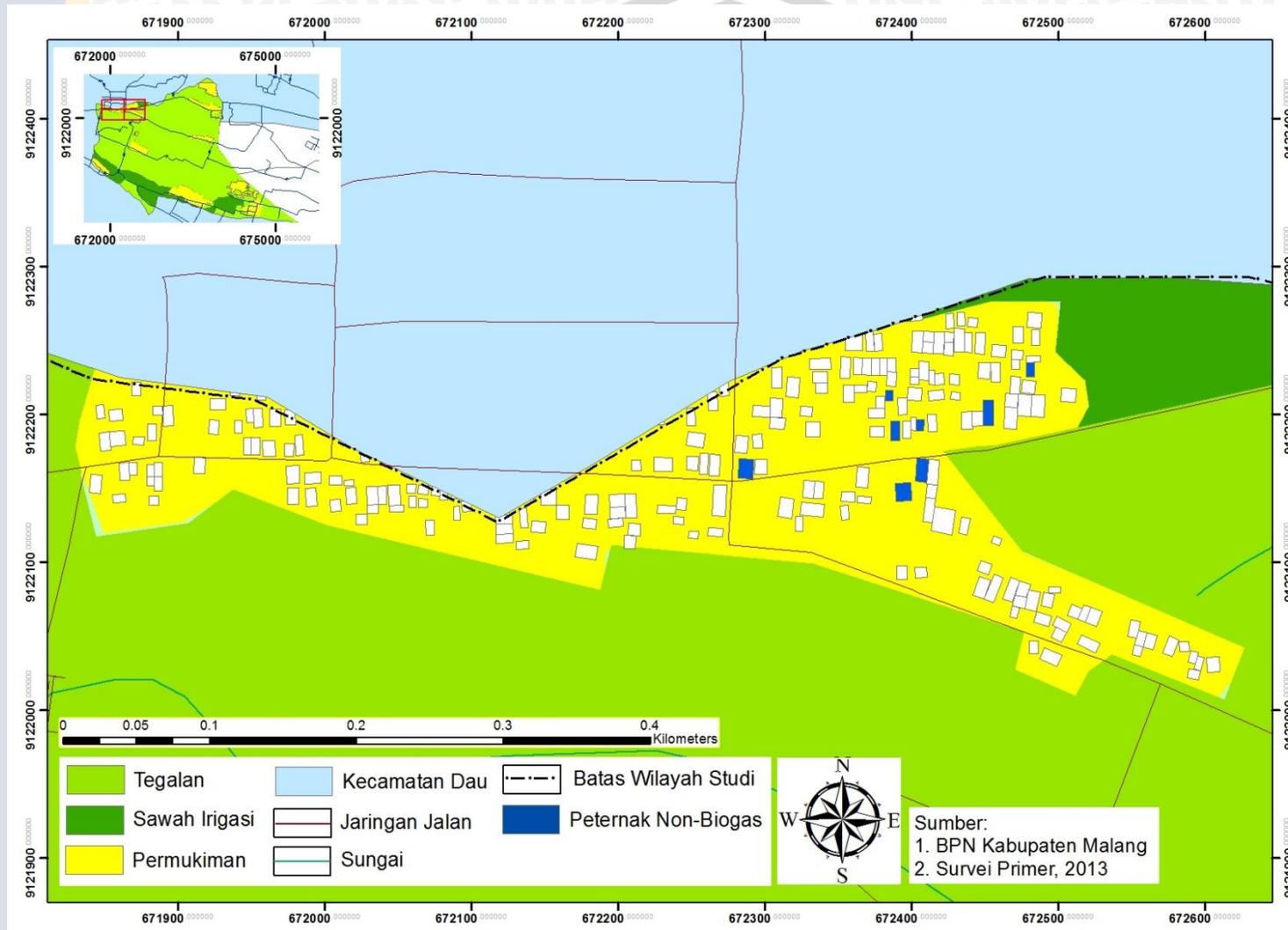
Tabel 4. 7 Tabel Produksi Biogas Desa Tegalweru

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Ukuran (m ³)	Produksi kotoran (kg/hari)	Produksi biogas (m ³ /hari)
1	03	3	8	75	3,00
2	03	3	8	75	3,00
3	03	2	8	50	2,00
4	03	14	8	350	14,00
5	05	2	8	50	2,00
6	05	3	8	75	3,00
Total		27		675	27,00

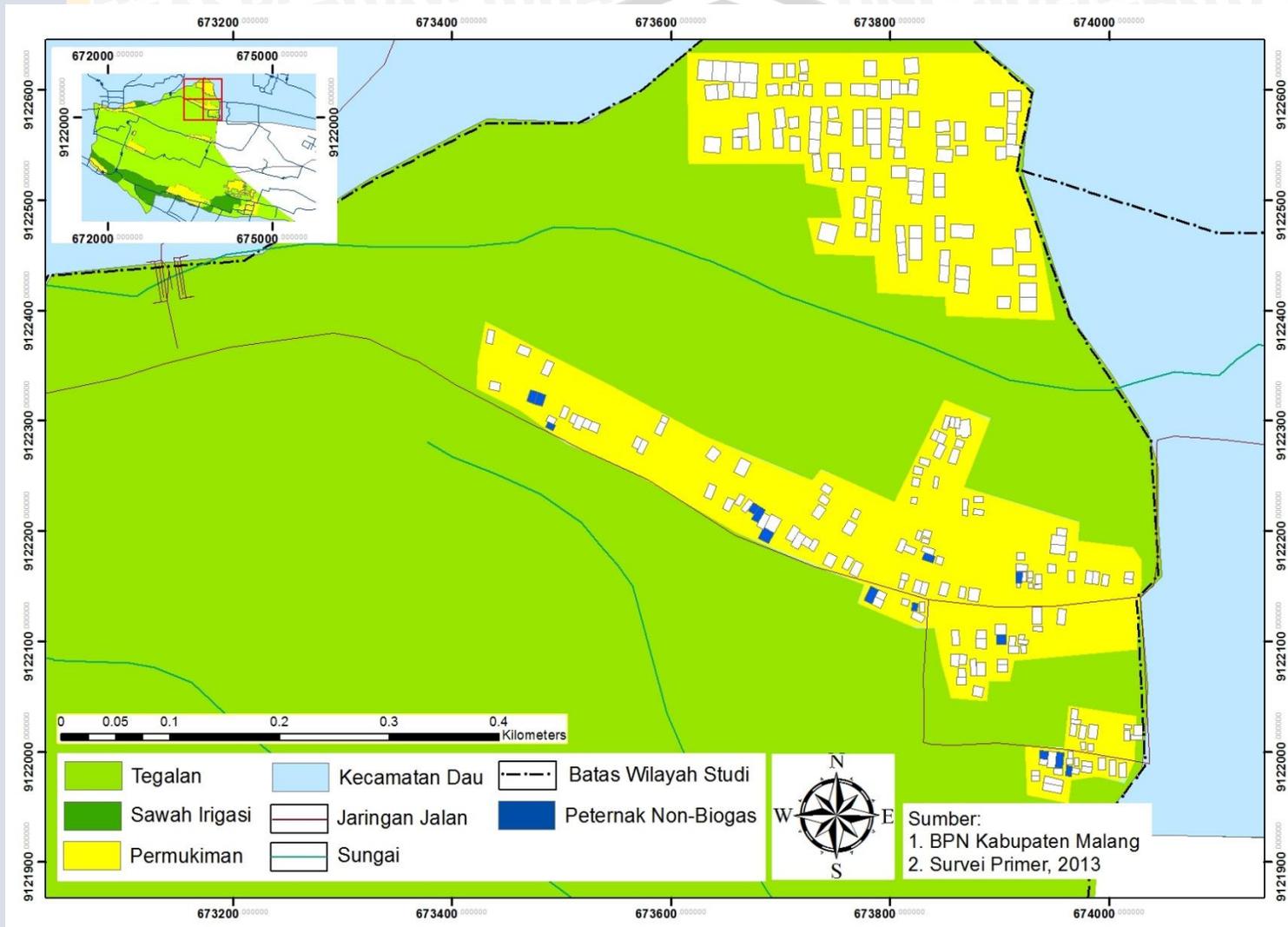
Manfaat dari penggunaan biogas telah banyak dirasakan oleh pemilik biogas, salah satunya adalah penghematan pengeluaran untuk tabung LPG sehingga pengeluaran untuk memasak dapat berkurang dan dapat dialokasikan untuk pengeluaran yang lainnya.



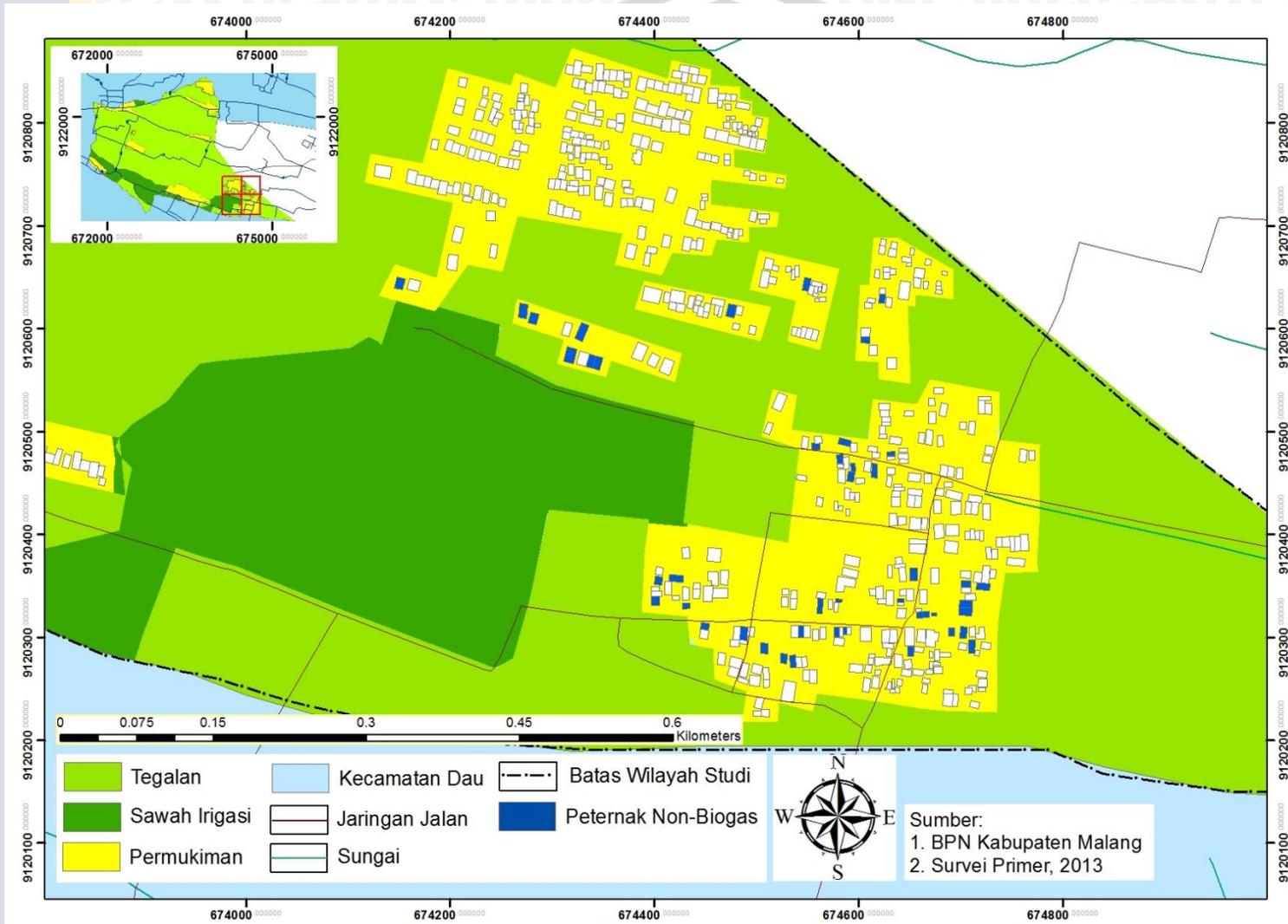
Gambar 4. 9 Peta Titik Lokasi Biogas Eksisting



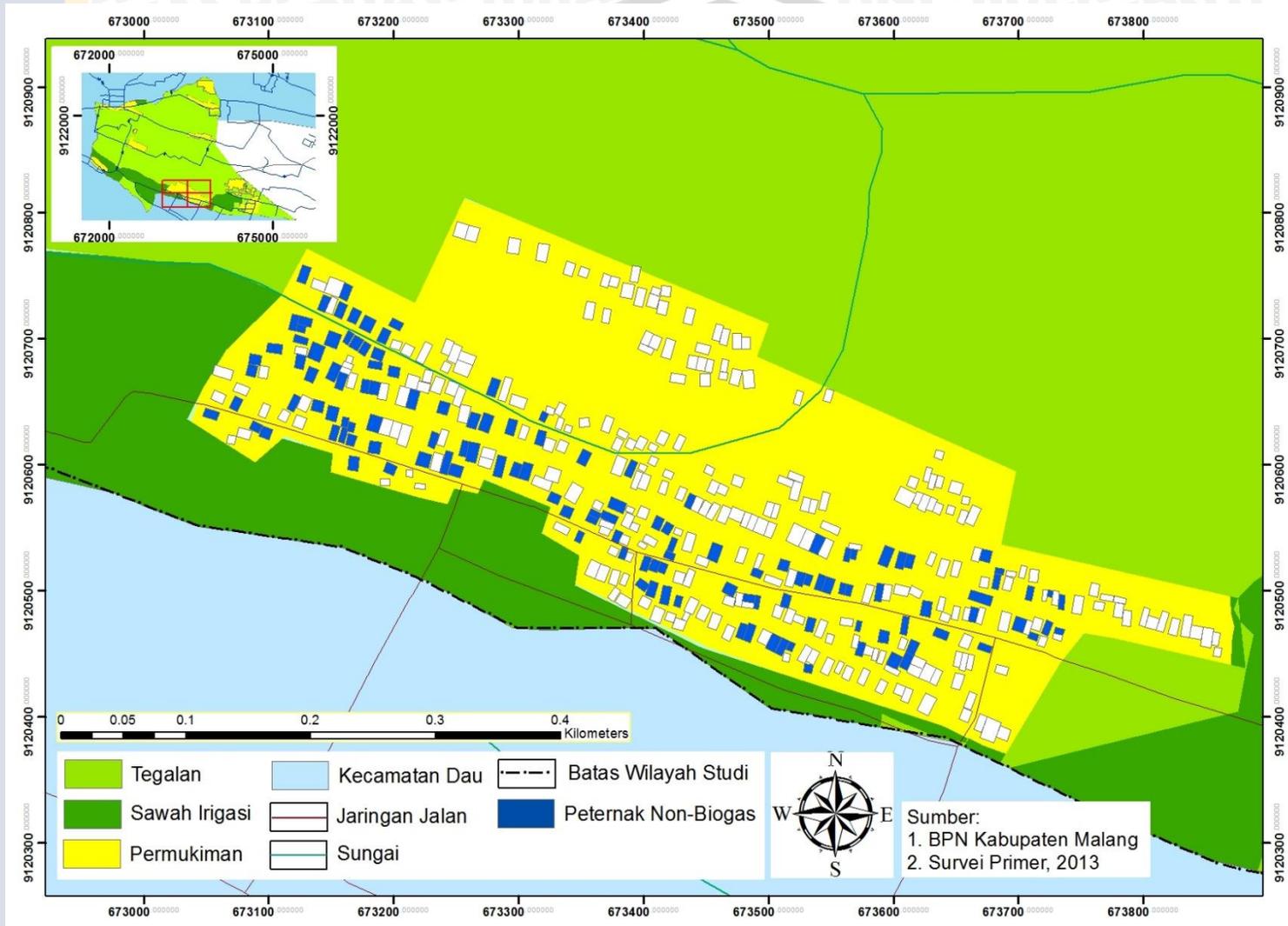
Gambar 4. 10 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (I)



Gambar 4. 11 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (II)



Gambar 4. 12 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (III)



Gambar 4. 13 Peta Lokasi Peternak Non-Biogas sebagai Sampel Penelitian (IV)

4.3 Penentuan Skenario

Penentuan skenario digunakan untuk mengetahui perlakuan yang tepat dalam pemanfaatan kotoran ternak di Desa Tegalweru. Penentuan skenario di Desa Tegalweru menggunakan referensi kebijakan-kebijakan yang ada serta kondisi eksisting.

4.3.1 Kebijakan Terkait

Pengembangan energi terbarukan harus memerhatikan kebijakan-kebijakan terkait yang berlaku saat ini. Beberapa kebijakan pengembangan energi tersebut khususnya di Desa Tegalweru, antara lain:

A. 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.

B. Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional

Beberapa tinjauan terkait pemanfaatan energi 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%.

C. Perda Nomor 6 Tahun 2008

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 dilaksanakan yaitu dengan mengembangkan energi alternatif untuk keberlangsungan kegiatan ekonomi masyarakat

4.3.2 Skenario

Pemanfaatan kotoran ternak saat ini menunjukkan kondisi yang kurang maksimal dalam memanfaatkan potensi yang dimiliki. Dimana dari potensi 1.080 ekor sapi yang dimiliki, hanya 27 yang dimanfaatkan untuk biogas, sehingga dua skenario dibentuk untuk mengetahui skenario maksimal yang dapat diterapkan di Desa Tegalweru dengan masing-masing skenario akan dianalisis menggunakan *emergy analysis*. Tabel 4.8 adalah penjelasan rinci masing-masing skenario.

Tabel 4. 8 Penjelasan Skenario dalam Penelitian

Skenario	Deskripsi
1	Skenario BAU (<i>Bussines as Usual</i>) atau kondisi eksisting dimana analisis digunakan berdasarkan pemanfaatan 27 ekor sapi yang berada pada 6 titik pemanfaatan biogas.
2	Skenario maksimal dimana semua sapi pada tahun 2013 yaitu sejumlah 1.080 ekor sapi akan diterapkan pada analisis

Dari Tabel 4.8 perbedaan terletak pada jumlah sapi yang digunakan sebagai input dalam pemanfaatan biogas. Perbedaan jumlah sapi memengaruhi jumlah input lain yang dibutuhkan dalam proses pembentukan biogas. Tabel 4.9 adalah keterangan mengenai perbedaan antara skenario satu dan dua.

Tabel 4. 9 Perbedaan Antar Skenario

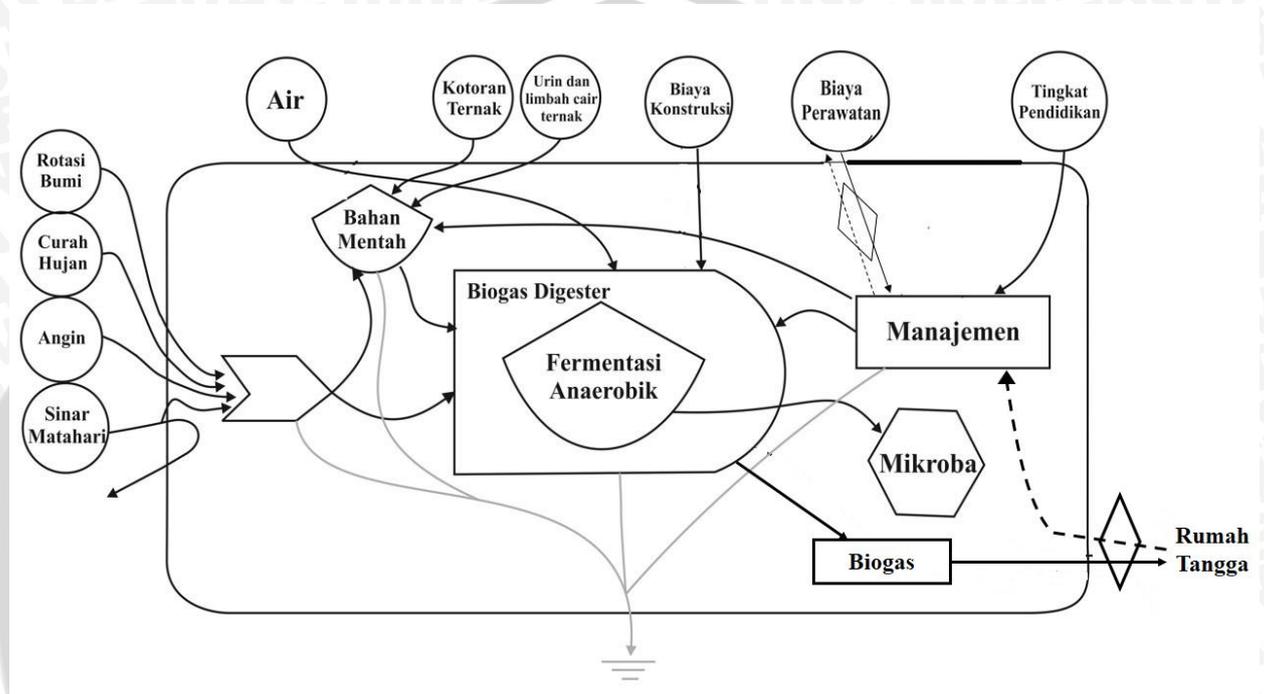
Skenario	Jumlah Ternak (ekor)	Jumlah Kotoran sapi (kg/hari)	Jumlah Peternak (orang)
1	27	675	6
2	1080	27.000	475

4.4 *Emergy Analysis*

Emergy analysis digunakan dalam menilai dua skenario berbeda dimana masing-masing skenario dikaji berdasarkan indikator *emergy*. Skenario 1 adalah skenario dengan pengkajian pada kondisi eksisting dimana hanya 27 sapi yang dimanfaatkan, sedangkan skenario 2 adalah skenario dengan pengkajian pada jumlah semua potensi ternak sapi yang ada dan belum dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yaitu sejumlah 1080 ekor sapi.

4.4.1 Energy Flow

Energy flow adalah tahap awal untuk mengidentifikasi input, proses dan output yang dihasilkan dari siklus biogas untuk kemudian masing-masing input dan output dihitung dengan melalui *energy analysis* yang menghasilkan *energy value*. Dalam teori *energy*, terdapat tiga jenis input yaitu sumber terbarukan, sumber tak terbarukan dan kegiatan ekonomi yang ada di dalamnya.



Gambar 4. 14 *Energy Flow* Skenario 1 dan Skenario 2 dalam Pemanfaatan Kotoran Ternak di Desa Tegalweru

Diagram pada Gambar 4.14 menunjukkan sistem biogas menurut teori *energy*. Penempatan input di dalam diagram memiliki makna bahwa sinar matahari, angin, curah hujan maupun rotasi bumi merupakan input yang memiliki kuantitas yang berlimpah di alam, sedangkan untuk input berupa air, kotoran ternak, urin, biaya konstruksi, biaya perawatan, serta tingkat pendidikan memiliki jumlah yang terbatas di alam. Sehingga semakin ke kiri dan semakin ke bawah sebuah penempatan input dalam *energy flow* maka semakin berlimpah jumlahnya di alam.

Sinar matahari, curah hujan, angin, rotasi bumi, kotoran ternak, urin dan limbah cair sapi merupakan input yang termasuk ke dalam sumber energi terbarukan. Sedangkan untuk tingkat pendidikan yang dipengaruhi dari manajemen biogas serta air tanah termasuk ke dalam sumber energi tak terbarukan. Untuk kegiatan ekonomi (*economic inputs*) berupa biaya perawatan dan biaya konstruksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk

mendapatkan output. Semua input yang dimasukkan ke dalam digester dan diproses secara anaerobic atau tanpa O₂ yang kemudian menghasilkan output berupa biogas dengan pemanfaatan untuk panas atau memasak. Dalam penelitian, digunakan dua skenario untuk menilai skenario yang tepat untuk diterapkan. Perbedaannya terletak pada jumlah kotoran sapi yang dimanfaatkan, sehingga tidak ada perbedaan antara *emergy flow* untuk skenario 1 dan skenario 2.

4.4.2 *Emergy Value*

Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 adalah perhitungan *emergy* dari sistem biogas pada masing-masing skenario dimana sebelum didapatkan nilai dalam masing-masing item, dilakukan perhitungan yang terdapat pada Lampiran 2.

Tabel 4. 10 *Emergy Value* Skenario 1

No.	Item	Satuan	Nilai	<i>Transformity</i> (SeJ/Unit)	Referensi	<i>Solar Emergy</i> (SeJ)
Renewable Resources						
1	Sinar Matahari	J	2.07E+09	1.00E+00	By definition	2.07E+09
2	Curah Hujan, Chemical	J	9.23E+10	1.82E+04	Odum HT, 1997	1.68E+15
	Curah Hujan, geopotential		1.84E+09	1.05E+04	Odum HT, 1997	1.93E+13
3	Angin	J	1.51E+08	1.50E+03	Odum HT, 1998	2.26E+11
4	Rotasi Bumi	J	9.93E+07	3.44E+04	Odum HT, 1999	3.42E+12
5	Kotoran Ternak	J	8.32E+11	2.70E+04	Wei, XM <i>et all</i> , 2009	2.25E+16
6	Urin dan limbah cair sapi	J	5.87E+05	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.23E+12
Jumlah						2.42E+16
Economic Input						
8	Biaya Konstruksi	US\$	2.50E+02	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008	1.38E+15
9	Biaya Perawatan	US\$	3.00E+01	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008	1.65E+14
Jumlah						1.54E+15
Non Renewable						
10	Air Tanah	kg	1.18E+05	3.23E+11	Buenfill, 2001	3.82E+16
11	Tenaga Kerja (Tingkat Pendidikan)					
	Tidak Bersekolah	J	0.00E+00	8.90E+06	Odum, 1988	0.00E+00
	Tamatan Sekolah	J	3.43E+14	2.46E+07	Odum, 1988	8.43E+21
	Tamat Perguruan Tinggi	J	0.00E+00	7.33E+07	Odum, 1988	0.00E+00
Jumlah						8.43E+21
Yield						

No.	Item	Satuan	Nilai	Transformity (SeJ/Unit)	Referensi	Solar Energy(SeJ)
12	Biogas	J	1.81E+11	2.48E+05	Wei, XM <i>et al</i> , 2009	4.50E+16
Jumlah						4.50E+16

Pada skenario 1 input dibedakan menjadi 3 jenis yaitu sumber energi terbarukan, sumber energi tak terbarukan dan input berupa kegiatan ekonomi. Sumber energi terbarukan merupakan penjumlahan dari input berupa sinar matahari, curah hujan, angin, rotasi bumi, kotoran ternak, urin dan limbah cair sapi dengan total nilai *emergy* sebesar 2.42E+16 SeJ/Tahun. Untuk sumber energi tak terbarukan memiliki input berupa air dan tingkat pendidikan yang berpengaruh terhadap manajemen dari biogas dengan total jumlah *emergy* sebesar 8.43E+21 SeJ/Tahun. Sedangkan untuk kegiatan ekonomi, input berupa biaya konstruksi dan biaya perawatan yang memiliki total *emergy* sebesar 1.54E+15 SeJ/Tahun. Setiap input tersebut memiliki pengaruh penting dalam proses pembentukan biogas yang kemudian menghasilkan output berupa biogas dengan total *emergy* sebesar 4.50E+16 SeJ/Tahun. Skenario 1 adalah skenario BAU (*Bussiness As Usual*) dimana merupakan perhitungan *emergy* dengan kondisi eksisting saat ini dimana hanya 27 sapi dengan 6 titik biogas.

Tabel 4. 11 *Emergy Value* Skenario 2

No.	Item	Satuan	Nilai	Transformity (SeJ/Unit)	Referensi	Solar Energy (SeJ)
Renewable Resources						
1	Sinar Matahari	J	8.26E+10	1.00E+00	By definition	8.26E+10
2	Curah Hujan, Chemical	J	3.69E+12	1.82E+04	Odum HT, 1997	6.72E+16
	Curah Hujan, geopotential		7.36E+10	1.05E+04	Odum HT, 1997	7.73E+14
3	Angin	J	6.04E+09	1.50E+03	Odum HT, 1998	9.06E+12
4	Rotasi Bumi	J	3.97E+09	3.44E+04	Odum HT, 1999	1.37E+14
5	Kotoran Ternak	J	3.33E+13	2.70E+04	Wei, XM <i>et al</i> , 2009	8.98E+17
6	Urin dan limbah cair sapi	J	2.35E+07	3.80E+06	Geber U, <i>et al</i> , 2001	8.93E+13
Jumlah						9.66E+17
Economic Input						
8	Biaya Konstruksi	US\$	1.00E+04	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008	5.50E+16
9	Biaya Perawatan	US\$	1.20E+03	5.50E+12	National Environmental Accounting Database, 2008	6.60E+15
Jumlah						6.16E+16
Non Renewable						
10	Air	kg	4.73E+06	3.23E+11	Buenfill, 2001	1.53E+18

No.	Item	Satuan	Nilai	Transformity (SeJ/Unit)	Referensi	Solar Energy (SeJ)
11	Tenaga Kerja (Tingkat Pendidikan)					
	Tidak Bersekolah	J	2.16E+13	8.90E+06	Odum, 1988	1.93E+20
	Tamatan Sekolah	J	5.41E+12	2.46E+07	Odum, 1988	1.33E+20
	Tamat Perguruan Tinggi	J	0.00E+00	7.33E+07	Odum, 1988	0.00E+00
			Jumlah			3.27E+20
				Yield		
12	Biogas	J	7.25E+12	2.48E+05	Wei, XM <i>et al</i> , 2009	1.80E+18
			Jumlah			1.80E+18

Pada skenario 2 input dibedakan menjadi 3 jenis yaitu sumber energi terbarukan, sumber energi tak terbarukan dan input berupa kegiatan ekonomi. Sumber energi terbarukan merupakan penjumlahan dari input berupa sinar matahari, curah hujan, angin, rotasi bumi, kotoran ternak, urin dan limbah cair sapi dengan total nilai *emergy* sebesar $9.66E+17$ SeJ/Tahun. Untuk sumber energi tak terbarukan memiliki input berupa air dan tingkat pendidikan yang berpengaruh terhadap manajemen dari biogas dengan total jumlah *emergy* sebesar $3.27E+20$ SeJ/Tahun. Sedangkan untuk kegiatan ekonomi, input berupa biaya konstruksi dan biaya perawatan yang memiliki total *emergy* sebesar $6.16E+16$ SeJ/Tahun. Setiap input tersebut memiliki pengaruh penting dalam proses pembentukan biogas yang kemudian menghasilkan output berupa biogas dengan total *emergy* sebesar $1.80E+18$ SeJ/Tahun. Skenario 2 adalah skenario maksimal dimana perhitungan *emergy* menggunakan jumlah potensi sapi yang ada di Desa Tegalweru yaitu sebanyak 1.080 sapi.

Tabel 4. 12 Ringkasan *Energy Value* Skenario 1 dan Skenario

Item	Skenario 1	Skenario 2
Total Solar <i>emergy</i> input (Sej/Tahun)	8.43E+21	3.28E+20
RR (Sej/Tahun)	2.42E+16	9.66E+17
NR (Sej/Tahun)	8.43E+21	3.27E+20
F (Sej/Tahun)	1.54E+15	6.16E+16
Total Yield (Sej/Tahun)	4.50E+16	1.80E+18

4.4.3 Perhitungan Indikes *Emergy*

Perhitungan indikes *emergy* dari sistem biogas dapat dilihat pada Tabel 4.13 dimana terdiri dari EYR, EIR, ELR dan ESI. Hasil perhitungan *emergy base-indices* dihitung berdasarkan *Energy Value* pada Tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4. 13 Perhitungan *Emergy Base-Indices*

Item	Skenario 1	Skenario 2	Kriteria
<i>Emergy Yield Ratio</i>	5.34E-06	5.48E-03	Tinggi Semakin baik

Item	Skenario 1	Skenario 2	Kriteria
<i>Emergy Investment Ratio</i>	1.83E-07	1.88E-04	Rendah semakin baik
<i>Environmental Loading Ratio</i>	3.49E+05	3.39E+02	Rendah semakin baik
<i>Environmental Sustainable Index</i>	1.53E-11	1.62E-05	Tinggi semakin baik

Berdasarkan Tabel 4.13, nilai EYR menunjukkan bahwa skenario 2 memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan skenario 1 yang menunjukkan bahwa antara skenario 2 memiliki output biogas yang lebih tinggi dibandingkan dengan skenario 1. Nilai EIR pada perhitungan menunjukkan bahwa skenario 1 memenuhi kriteria dibandingkan dengan skenario 2. Dimana skenario 1 membutuhkan sedikit investasi dibandingkan dengan skenario 2, mengingat input yang digunakan untuk menghasilkan biogas lebih banyak dengan jumlah digester 240 unit sehingga investasi semakin tinggi. ELR menunjukkan beban lingkungan yang dihasilkan oleh masing-masing skenario. Skenario 2 memiliki nilai beban lingkungan yang lebih kecil dibandingkan dengan skenario 1. Hal ini dikarenakan dengan pemanfaatan 1.080 sapi pada skenario 2 mengurangi dampak lingkungan akibat gas metan dalam kandungan kotoran ternak. Kandungan gas terbesar pada kotoran ternak adalah gas metan dan gas metan memiliki potensi besar dalam penyumbang pemanasan global, sehingga dengan pemanfaatan 1.080 ekor sapi membantu mengurangi beban lingkungan. Nilai ESI yang menunjukkan tingkat keberlanjutan dari masing-masing skenario, mengindikasikan bahwa skenario 2 memiliki tingkat keberlanjutan yang tinggi dibandingkan dengan skenario 1 yang berarti bahwa dengan penerapan skenario 2 bila dilihat menggunakan analisis *emergy*, akan berlangsung pada jangka waktu yang lama baik dari segi pemanfaatan kotoran ternak, energi biogas yang dihasilkan maupun pengurangan kerusakan lingkungan dibandingkan dengan skenario 1. Sehingga dapat disimpulkan untuk pengembangan biogas skala rumah tangga di Desa Tegalweru dapat dilakukan dengan memaksimalkan pemanfaatan dari 1.080 sapi, atau jika dikalkulasikan pada banyaknya instalasi biogas adalah sekitar 240 unit biogas.

4.5 Analisis Tingkat Kepentingan dan Kepuasan terhadap Biogas

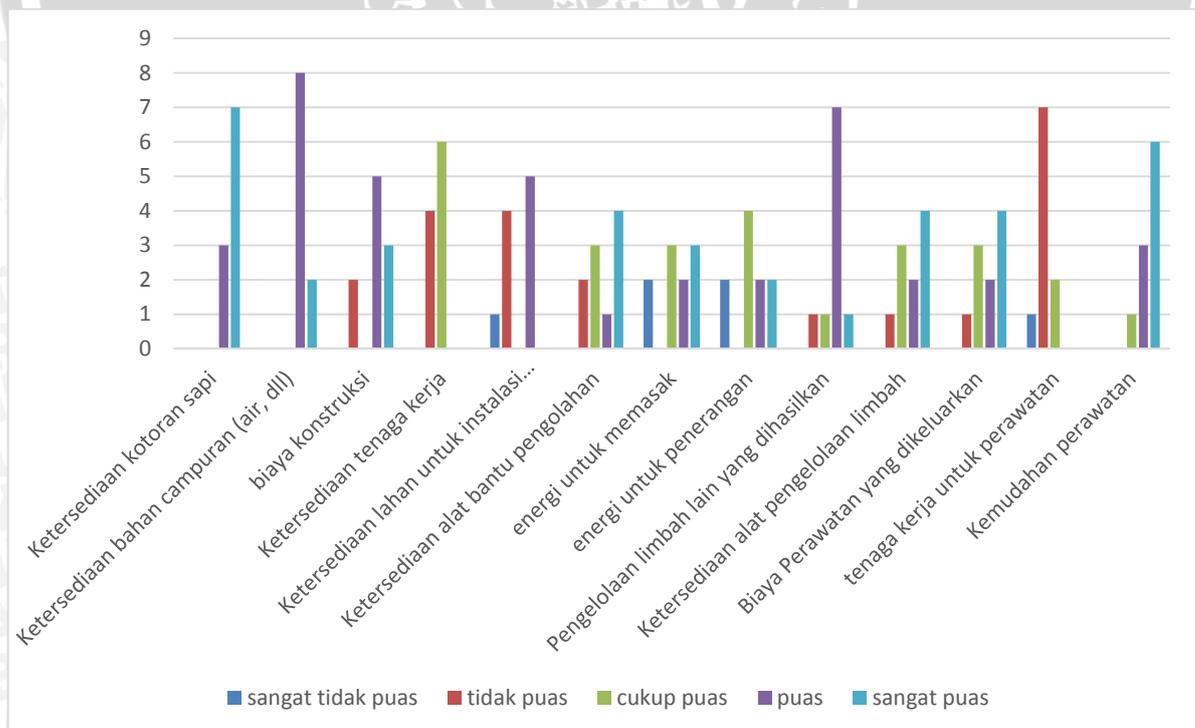
Persepsi masyarakat digunakan untuk mengetahui pendapat masyarakat mengenai pelayanan dari biogas yang telah mereka gunakan sebagai sumber alternatif yang akan dijabarkan secara kuantitatif melalui tingkat kepentingan dan kepuasan terhadap kinerja masing-masing variabel.

A. Tingkat Kesesuaian

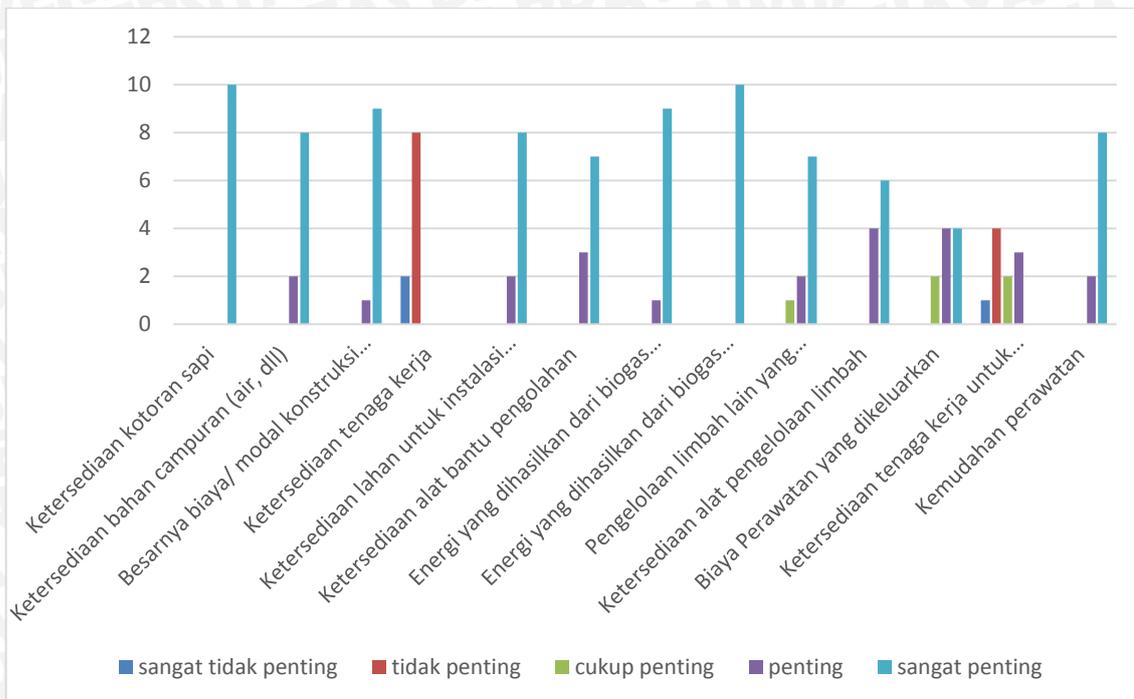
Tingkat kepuasan masyarakat terhadap kinerja biogas diukur dengan membandingkan antara total rata-rata kepuasan (X) dengan kepentingan (Y), bila:

1. $\frac{\sum X}{\sum Y} < 1$, maka tingkat kepuasan masyarakat masih dibawah standar (belum optimal)
2. $\frac{\sum X}{\sum Y} = 1$, maka tingkat kepuasan masyarakat sama dengan tingkat kepentingannya (masyarakat sudah merasa puas)
3. $\frac{\sum X}{\sum Y} > 1$, maka tingkat kepuasan masyarakat lebih tinggi daripada kepentingannya (masyarakat merasa puas)

Berdasarkan penyebaran kuisisioner IPA, berikut merupakan penilaian tingkat kepuasan dan kepentingan masyarakat terhadap variabel-variabel penilaian pelayanan biogas. Hasil perhitungan berupa nilai persepsi dan kepentingan yang dilakukan berdasarkan pembagian kuisisioner kepada 10 responden dengan karakteristik responden adalah masyarakat yang telah menggunakan biogas sebagai sumber alternatif dan diperoleh nilai pada Tabel 4.14. Gambar 4.15 dan 4.16 adalah diagram data hasil penyebaran kuisisioner IPA pada peternak pengguna biogas.



Gambar 4. 15 Tingkat Kepuasan Masyarakat terhadap kinerja biogas



Gambar 4.16 Tingkat Kepentingan menurut Persepsi Masyarakat terhadap Kinerja Biogas

Tabel 4.14 Tabulasi Persepsi Kepuasan dan Tingkat Kepentingan Masyarakat Desa Tegalweru terhadap pelayanan Biogas

Tahap	Variabel	X	Y
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi	47	50
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)	42	48
	Besarnya biaya/ modal konstruksi instalasi biogas	39	49
	Ketersediaan tenaga kerja	26	18
	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas	29	48
PROSES	Ketersediaan alat bantu pengolahan	37	47
OUTPUT	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak	34	49
	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan	32	50
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan	38	46
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah	39	46
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan	39	42
	Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan	21	27
	Cara perawatan	45	48
Jumlah (Σ)		468	568

Nilai X didapatkan dari perhitungan dengan rumus:

$$X(\text{Persepsi}) = (a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)$$

Serta nilai Y didapatkan dari perhitungan dengan rumus:

$$Y(\text{Kepentingan}) = (a \times 5) + (b \times 4) + (c \times 3) + (d \times 2) + (e \times 1)$$

Berdasarkan data pada Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa jumlah Y atau harapan (568) lebih besar daripada nilai kepuasan (468), dengan nilai ($\frac{\sum X}{\sum Y} = 0,82$) sehingga dapat diketahui bahwa tingkat kepuasan masyarakat terhadap pelayanan biogas yang telah mereka miliki masih dibawah standar (belum optimal). Oleh karena itu, dibutuhkan peningkatan pelayanan kinerja biogas sehingga dapat menyediakan energi yang dapat memenuhi masyarakat secara mandiri dari pemanfaatan kotoran ternak.

B. Diagram Kartesius

Perhitungan letak setiap variabel dalam diagram kartesius dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

Keterangan :

n : jumlah responden

\bar{X} : Skor rata-rata tingkat pelaksanaan/kepuasan

\bar{Y} : Skor rata-rata tingkat kepentingan

Tabel 4.15 adalah perhitungan titik dari masing-masing variabel

Tabel 4. 15 Perhitungan titik-titik pada kuadran kartesius

Tahap	Variabel	X	Y
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi	4.7	5
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)	4.2	4.8
	Besarnya biaya/ modal konstruksi instalasi biogas	3.9	4.9
	Ketersediaan tenaga kerja	2.6	1.8
	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas	2.9	4.8
PROSES	Ketersediaan alat bantu pengolahan	3.7	4.7
	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak	3.4	4.9
OUTPUT	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan	3.2	5
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan	3.8	4.6
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah	3.9	4.6
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan	3.9	4.2
	Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan	2.1	2.7
	Cara perawatan	4.5	4.8
Rata-Rata		$\bar{X} = 3.60$	$\bar{Y} = 4.37$

Perhitungan yang dilakukan terhadap analisis IPA menghasilkan 4 kuadran berbeda dimana terdapat variabel-variabel yang memerlukan penanganan yang berbeda. Gambar 4.17 Menunjukkan koordinat variabel komponen pelayanan biogas berdasarkan analisis persepsi masyarakat yang telah dilakukan.

C. Titik Perpotongan Sumbu X dan Y

Penentuan titik perpotongan antara sumbu X dan sumbu Y dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{K} \qquad \bar{\bar{Y}} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{K}$$

Keterangan:

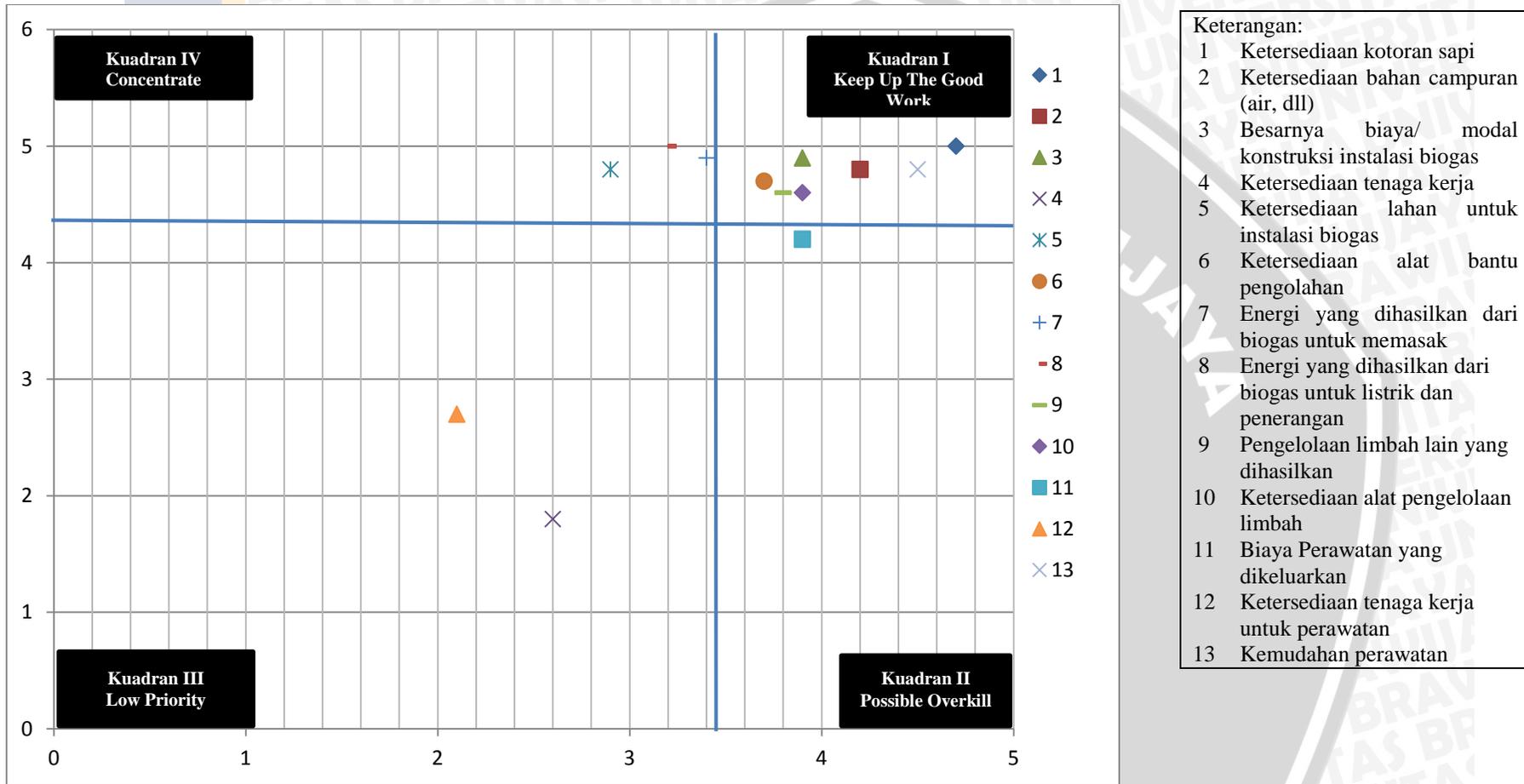
K = Banyaknya variabel yang dapat memengaruhi kepuasan pelanggan

$\bar{\bar{X}}$ = Titik perpotongan sumbu X

$\bar{\bar{Y}}$ = Titik perpotongan sumbu Y

Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.15 pada baris rata-rata.





Gambar 4. 17 Diagram IPA (Importance Performance Analysis) masyarakat Desa Tegalweru terhadap Pelayanan Biogas

Kuadran 1

Menunjukkan variabel-variabel yang telah berhasil dilaksanakan sehingga wajib dipertahankan karena dianggap penting dan telah memuaskan masyarakat.

Tabel 4. 16 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 1

Tahap	Variabel	Karakteristik
INPUT	Ketersediaan Kotoran Sapi	Ketersediaan kotoran sapi sebagai input dan bahan dasar untuk biogas tidak memiliki masalah bagi peternak dikarenakan jarak antara digester biogas dengan kandang sapi yang relative dekat (5-10m) sehingga memudahkan distribusi kotoran ternak ke dalam digester. Selain itu dari segi kuantitas, jumlah kotoran sapi oleh peternak yang memiliki biogas cukup untuk menghasilkan biogas.
	Ketersediaan bahan campuran	Ketersediaan bahan campuran yaitu air untuk pengenceran sebelum kotoran ternak dimasukkan ke dalam digester, cukup mudah didapatkan. Seluruh warga Desa Tegalweru telah terlayani oleh jaringan air, sehingga tidak ada permasalahan dalam pemenuhan air untuk pengenceran sehingga variabel ini memiliki kepuasan menurut persepsi masyarakat yang tinggi dan tingkat kepentingan yang tinggi pula.
	Besarnya biaya/ modal konstruksi biogas	Variabel besarnya biaya konstruksi untuk biogas memiliki tingkat kepuasan yang tinggi menurut persepsi masyarakat dikarenakan seluruh biogas di bangun dengan biaya dan bantuan dari Universitas Brawijaya, sehingga masyarakat tidak memiliki masalah terhadap besarnya biaya konstruksi. Variabel ini juga memiliki tingkat kepentingan yang tinggi dikarenakan biaya konstruksi sangat penting dalam pengadaan biogas untuk pengelolaan kotoran ternak.
PROSES	Ketersediaan alat bantu pengolahan	Alat bantu yang dibutuhkan hanya sekop untuk membersihkan dan mengalirkan kotoran ternak ke dalam digester dan hal ini tidak menyulitkan masyarakat untuk memiliki alat tersebut.
OUTPUT	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan	Pengelolaan limbah lain seperti pengolahan menjadi pupuk, memiliki tingkat kepentingan yang tinggi menurut masyarakat karena apabila limbah tersebut tidak di olah, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan bau yang tidak sedap, dan selama ini masyarakat telah mampu dalam mengolah limbah menjadi pupuk untuk sawah mereka dan tidak ada permasalahan dalam pengelolaannya.
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah	alat pengelolaan limbah antara lain sekop dan ember. Kedua alat ini sangat mudah untuk didapatkan sehingga tidak menjadi permasalahan bagi peternak. Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi dikarenakan apabila tidak terdapat peralatan maka peternak tidak dapat mengolah limbah hasil dari biogas.
PERAWATAN	Cara perawatan	Dari hasil survey kepada masyarakat yang terlayani oleh biogas, mereka menyatakan bahwa tidak sulit untuk melakukan perawatan pada digester biogas. Cukup dengan pembersihan kandang setiap hari dan pengumpulan kotoran ternak dan kemudian diencerkan dan masuk dalam digester.

Kuadran 2

Menunjukkan variabel yang menurut persepsi masyarakat dinilai kurang penting tetapi dalam pelaksanaannya berlebihan atau dapat dikatakan kurang penting tetapi sangat memuaskan.

Tabel 4. 17 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 2

Tahap	Variabel	Karakteristik
PERAWATAN	Biaya perawatan yang dikeluarkan	Variabel ini dianggap tidak penting karena biaya perawatan dari digester tidak membutuhkan biaya yang

Tahap	Variabel	Karakteristik
		sangat tinggi dan dalam tingkat kepuasan, variabel ini memiliki tingkat kepuasan yang tinggi karena biaya yang dikeluarkan hanya Rp5.000,-

Kuadran 3

Menunjukkan beberapa variabel yang kurang penting pengaruhnya bagi masyarakat, dan pelaksanaannya termasuk dalam kurang penting dan kurang memuaskan.

Tabel 4. 18 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 3

Tahap	Variabel	Karakteristik
INPUT	Ketersediaan tenaga kerja	Tenaga kerja untuk konstruksi berasal dari masyarakat setempat. Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang rendah karena dianggap tidak terlalu penting oleh masyarakat dan memiliki tingkat kepuasan yang rendah pula karena tenaga kerja kurang memiliki pengetahuan yang baik mengenai konstruksi biogas.
PERAWATAN	Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan	Tenaga kerja untuk perawatan adalah orang yang memiliki biogas atau yang merasakan manfaat dari biogas. Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang rendah karena dianggap tidak terlalu penting oleh masyarakat dan memiliki tingkat kepuasan yang rendah pula karena tenaga kerja yang melakukan perawatan hanya 1-2 orang (yang memiliki biogas).

Kuadran 4

Menunjukkan faktor atau atribut yang dianggap memengaruhi kepuasan masyarakat, termasuk variabel yang dianggap penting tetapi dalam pelaksanaannya belum sesuai dengan keinginan masyarakat sehingga merasakan ketidakpuasan.

Variabel yang didapatkan pada kuadran 4 merupakan acuan untuk pembahasan selanjutnya. Hal ini dikarenakan variabel yang terdapat pada kuadran 4 merupakan variabel yang dinilai penting oleh masyarakat tetapi dalam pelayanannya atau pelaksanaannya di lapangan kinerjanya masih belum dapat memuaskan masyarakat pengguna biogas. Selanjutnya dijelaskan mengenai variabel-variabel yang termasuk dalam kuadran 4.

Tabel 4. 19 Karakteristik Biogas Berdasarkan Variabel-Variabel pada Kuadran 4

No.	Variabel	Karakteristik
Input		
1	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas	Ketersediaan lahan terbatas, mengingat padatnya jumlah permukiman di Desa Tegalweru dan sebagian besar lahan kosong yang terdapat di Desa Tegalweru jauh dari pusat permukiman sehingga apabila dibangun digester biogas akan menyulitkan dalam proses distribusi maupun pemasukan input ke dalam digester. Dari hasil wawancara, rata-rata masyarakat yang telah menggunakan biogas memiliki lahan yang sempit dan terbatas untuk tempat instalasi biogas. Wahyono (2012) menyatakan bahwa jarak minimal digester dan kandang dengan rumah sepanjang 10 m, hal ini untuk menghindari bau dan pencemaran tanah, namun kondisi eksisting yang ada di Desa Tegalweru sebagian besar memiliki jarak <10m antara kandang dan digester dengan rumah, hal ini

No.	Variabel	Karakteristik
		disebabkan karena keterbatasan lahan yang dimiliki oleh peternak pengguna biogas. Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi, namun dari segi kepuasan masih rendah Karena masyarakat masih memiliki lahan yang terbatas.
Output		
2	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak	Energi yang dihasilkan untuk memasak adalah komponen terpenting dalam sistem biogas karena merupakan output yang dihasilkan untuk memberikan manfaat kepada masyarakat. Variable ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi namun memiliki tingkat kepuasan yang rendah menurut persepsi masyarakat, hal ini dikarenakan energi yang dihasilkan memiliki kualitas yang rendah dibandingkan dengan energi dari LPG. Dalam satu bulan, penggunaan efektif dari biogas untuk memasak adalah selama satu hingga dua minggu selebihnya peternak menggunakan LPG untuk memasak dengan menghabiskan 1 hingga 2 tabung LPG 3kg. Sebagian masyarakat yang memiliki biogas dengan pemanfaatan 2-3 ekor sapi mengeluhkan bahwa penggunaan gas dari biogas tidak dapat memenuhi kebutuhan mereka selama satu bulan penuh. Namun salah satu warga yang memanfaatkan 14 ekor sapi menyatakan bahwa energi yang dihasilkan lebih baik daripada LPG, dan penggunaan biogas untuk memasak dapat memenuhi kebutuhannya dalam satu bulan, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kotoran sapi yang dimanfaatkan, maka semakin baik pula energi yang dihasilkan.
3	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan	Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi karena merupakan output utama yang didapatkan oleh masyarakat. Namun memiliki tingkat kepuasan yang rendah dikarenakan energi yang dihasilkan tergolong rendah, dapat dilihat dari masyarakat yang hanya memanfaatkan energi biogas untuk penerangan hanya pada saat kondisi tak terduga seperti pemadaman listrik. Hal ini dikarenakan jumlah pemanfaatan sapi dimana masyarakat pemiliki biogas yang hanya memanfaatkan 2-3 ekor sapi dan sebagian besar telah dialokasikan untuk memasak.

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Tabel 4.19 digunakan sebagai input dalam rekomendasi pengembangan biogas dengan sasaran peternak yang telah memiliki biogas, dimana rekomendasi didasarkan pada variabel-variabel yang masuk dalam kuadran IV.

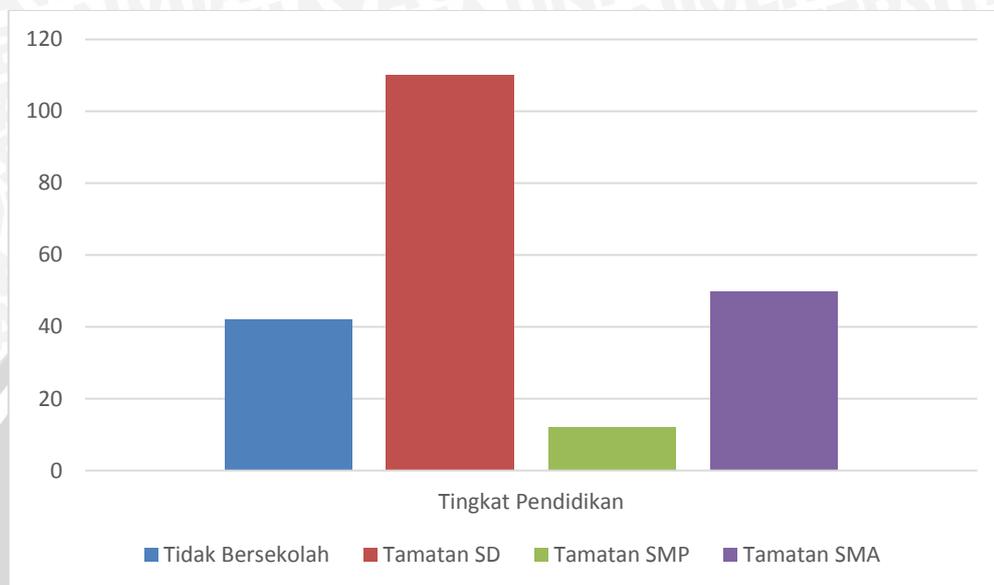
4.6 Analisis Minat Kepemilikan Instalasi Biogas

Dalam penelitian digunakan analisis regresi logistik yang bertujuan untuk memperoleh probabilitas terjadinya variable terikat (Y) yaitu kemauan peternak non-biogas untuk mau membangun instalasi biogas. Sasaran dalam analisis ialah masyarakat yang berprofesi sebagai peternak namun belum memiliki biogas, sehingga dibutuhkan analisis untuk melihat seberapa besar potensi masyarakat untuk memiliki biogas sebagai sumber energi alternatif dilihat dari beberapa variabel bebas (X). Sebelum memasuki analisis regresi logistik, terlebih dahulu dilakukan uji korelasi antara variabel bebas dengan variabel terikat dan didapat hasil bahwa semua variabel bebas memiliki hubungan

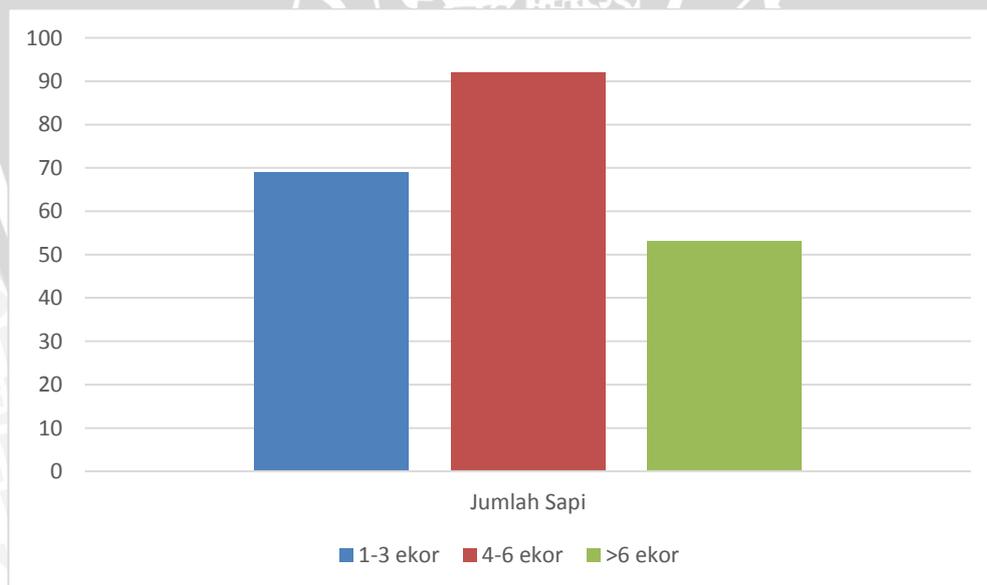
atau korelasi dengan variabel terikat sehingga semua variabel masuk pada analisis regresi logistik.

Variabel-variabel yang di uji dalam analisis regresi logistik adalah ketersediaan lahan (X1), Tingkat Pendidikan (X2), Pendapatan Penduduk (X3), dan jumlah sapi (X4).

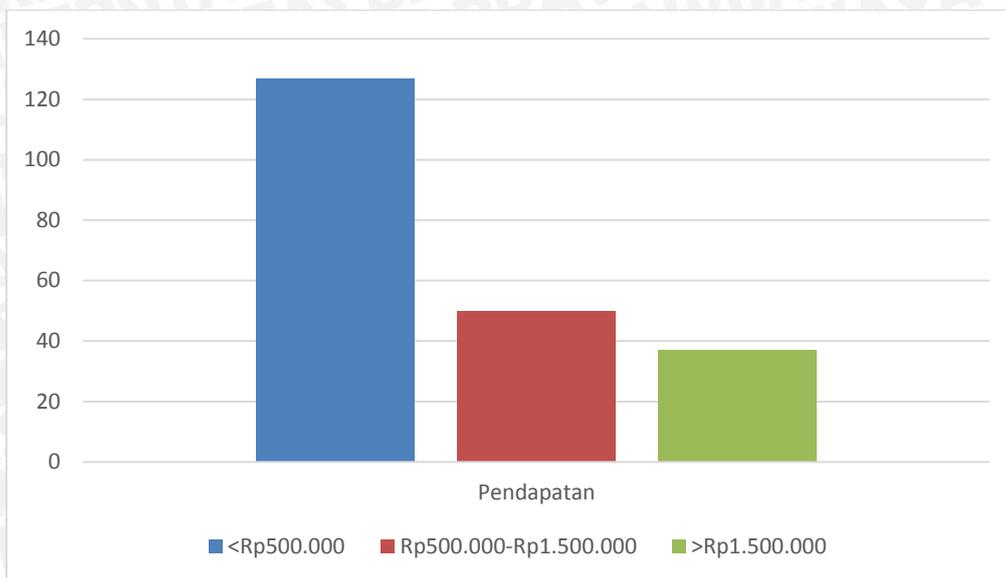
Gambar 4.18 hingga Gambar 4.21 adalah data yang dihimpun dari hasil survei primer.



Gambar 4. 18 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Tingkat Pendidikan)



Gambar 4. 19 Rekapitulasi Kuisisioner Peternak Non-Biogas (Jumlah Sapi)



Gambar 4. 20 Rekapitulasi Kuisioner Peternak Non-Biogas (Pendapatan)



Gambar 4. 21 Rekapitulasi Kuisioner Peternak Non-Biogas (Ketersediaan Lahan)

Analisis dilakukan dengan software SPSS dan dihasilkan nilai pada Tabel 4.20 hingga Tabel 4.25.

Tabel 4. 20 Case Processing Summary

Unweighted Cases(a)		N	Percent
Selected Cases	Included in Analysis	214	100.0
	Missing Cases	0	.0
	Total	214	100.0
Unselected Cases		0	.0
Total		214	100.0

Pada table *processing summary* menunjukkan bahwa dalam data yang di analisis tidak terjadi kesalahan atau *missing*. Dapat dilihat dalam tabel bahwa data yang



dimasukkan dalam analisis adalah 214 dan hasil analisis juga menunjukkan jumlah data sebanyak 214.

Tabel 4. 21 Categorical Variables Codings

		Frequency	Parameter coding		
			(1)	(2)	(3)
TingkatPendidikan	Tidak Bersekolah	42	1.000	.000	.000
	Tamatan SD	110	.000	1.000	.000
	Tamatan SMP	12	.000	.000	1.000
	Tamatan SMA	50	.000	.000	.000
JumlahSapi	1-3ekor	69	1.000	.000	
	4-6ekor	92	.000	1.000	
	>6ekor	53	.000	.000	
Pendapatan	<Rp500.000	127	1.000	.000	
	Rp500.000-Rp1.500.000	50	.000	1.000	
	>Rp1.500.000	37	.000	.000	
KetersediaanLahan	Ada	148	1.000		
	Tidak Ada	66	.000		

Tabel *Categorical Variables Codings* menjelaskan transformasi masing-masing kategori pada setiap variabel bebas dengan kategori 1, 2 atau 3. Pada setiap variabel, penggunaan koding adalah pada nilai 1, sehingga kategori yang memiliki nilai 0 pada setiap parameter kode 1, 2, atau 3, akan menjadi *reference* pada analisis.

4.6.1 Uji Signifikansi

Uji signifikansi secara komunal adalah langkah awal untuk melihat model secara keseluruhan dari analisis regresi logistik. Dalam penelitian ini digunakan derajat kesalahan sebesar 5% dengan hipotesis sebagai berikut:

H0 : Tidak ada variabel X yang berpengaruh signifikan terhadap variabel Y

H1 : Minimal ada satu variabel yang berpengaruh signifikan terhadap variabel Y

Pada Tabel *Omnibus Test of Model Coefficients* adalah output untuk melihat signifikansi secara komunal.

Tabel 4. 22 Omnibus Test of Model Coefficients

		Chi-square Hitung	Chi-Square Tabel	df	Sig.
Step 1	Model	223,826	19,68	8	.000

Diketahui nilai chi square hitung 223,826 dengan df 11 lebih besar dari nilai chi square tabel ($223,826 > 19,68$) dan nilai Sig. sebesar $0,000 < 0,05$ yang berarti terdapat pengaruh antara variabel X secara signifikan terhadap variabel Y sehingga model dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

4.6.2 Uji Model Fit

Hasil uji model fit dapat dilihat pada tabel Hosmer and Lemeshow Test pada output SPSS.

Tabel 4. 23 Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	1.718	7	.974

Tabel 4.23 menjelaskan bahwa pengujian model dapat menjelaskan data atau tidak. Model yang dihasilkan dapat menjelaskan data apabila nilai sig lebih besar dari 0,05. Berdasarkan uji Hosmer and Lemeshow Test diketahui bahwa nilai signifikan lebih dari 0,05 ($0,974 > 0,05$), dapat disimpulkan bahwa model dapat menjelaskan data yang digunakan dalam penelitian ini dan model dapat diterima karena mampu memprediksikan pengaruh variabel-variabel independen terhadap variabel dependen. Sehingga interpretasi model yang dihasilkan dapat dilakukan.

4.6.3 Uji Regresi Logistik

A. Model Summary

Tabel 4. 24 Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	58.014(a)	.649	.886

a Estimation terminated at iteration number 8 because parameter estimates changed by less than .001.

Nilai Nagelkerke R Square pada Tabel 4.24 Menunjukkan nilai sebesar 0,886 atau 89%. Hal ini berarti bahwa variabilitas variabel dependen dapat dijelaskan oleh variabilitas variabel-variabel independen sebesar 89%, artinya seluruh variabel independen memengaruhi variabel dependen sebesar 89%, sedangkan 11% lainnya dipengaruhi atau dijelaskan oleh variabel-variabel yang tidak dimasukkan dalam penelitian.

B. Variabel in the Equation

Tabel 4. 25 Variable in the Equation

Step		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
1(a)	KetersediaanLahan(1)	-6.647	1.251	28.252	1	.000	.001
	TingkatPendidikan			10.388	3	.016	
	TingkatPendidikan(1)	-2.846	1.548	3.381	1	.066	.058
	TingkatPendidikan(2)	-2.306	.871	7.009	1	.008	.100
	TingkatPendidikan(3)	1.336	1.284	1.083	1	.298	3.805

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Pendapatan			1.819	2	.403	
Pendapatan(1)	-.875	1.027	.725	1	.394	.417
Pendapatan(2)	.337	.943	.128	1	.720	1.401
JumlahSapi			17.799	2	.000	
JumlahSapi(1)	6.808	1.747	15.195	1	.000	905.052
JumlahSapi(2)	4.698	1.669	7.924	1	.005	109.732
Constant	.958	1.411	.461	1	.497	2.606

a Variable(s) entered on step 1: KetersediaanLahan, TingkatPendidikan, Pendapatan, JumlahSapi.

Signifikansi (Sig.) pada Tabel 4.25 Menunjukkan pengaruh masing-masing variabel independen (secara parsial) terhadap variabel dependen. Penelitian ini menggunakan signifikansi sebesar 5%, sehingga suatu variabel independen dianggap memiliki pengaruh signifikan apabila nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil daripada 0.05. variabel-variabel yang memiliki pengaruh signifikan adalah Ketersediaan lahan (1), tingkat pendidikan (2), jumlah sapi (1) dan jumlah sapi (2).

Masing-masing variabel memiliki nilai odd ratio yang berbeda-beda. Nilai odd ratio menunjukkan ukuran resiko untuk mengalami kejadian sukses antara satu kategori dengan kategori lainnya. Nilai odd ratio dapat dilihat pada kolom Exp(B) Tabel 4.25 dan didapatkan intepretas sebagai berikut:

1. Ketersediaan Lahan (1)

Ketersediaan lahan (1) memiliki nilai odd ratio 0,001 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki lahan untuk menggunakan biogas adalah 0.001 lebih besar dibandingkan dengan peternak yang tidak memiliki lahan. Hal ini dikarenakan peternak yang tidak memiliki lahan akan kesulitan membangun digester biogas karena lahan yang terbatas.

2. Tingkat pendidikan (2)

Tingkat pendidikan (2) memiliki nilai odd ratio 0,100 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki tingkat pendidikan SD untuk menggunakan biogas adalah 0,100 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki tingkat pendidikan SMA. Peternak yang berpendidikan terakhir SD memiliki minat yang lebih besar dibandingkan dengan peternak yang memiliki tingkat pendidikan SMA, hal ini dipengaruhi karena masyarakat dengan tamatan SMA memiliki keyakinan bahwa mereka masih mampu memenuhi kebutuhan energi dengan pekerjaan dan keterampilan dari pendidikan yang mereka miliki sehingga minat mereka untuk menggunakan biogas lebih kecil dibandingkan

peternak yang tidak mengenyam pendidikan maupun yang memiliki tingkat pendidikan SD.

3. Jumlah sapi (1)

Jumlah sapi (1) memiliki nilai odd ratio 905,052 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 1-3 ekor untuk menggunakan biogas adalah 905,052 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor. Pada masyarakat yang memiliki jumlah sapi lebih dari 6 berpendapat bahwa memiliki biogas mengalami kesulitan diantaranya dalam hal manajemen karena kurangnya tenaga kerja sehingga untuk memelihara sapi saja sudah memakan waktu ditambah untuk manajemen biogas. Mereka berpendapat bahwa lebih praktis untuk membuang limbah kotoran ternak tanpa adanya pengelolaan.

4. Jumlah sapi (2)

Jumlah sapi (2) memiliki nilai odd ratio 109,732 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 4-6 ekor untuk menggunakan biogas adalah 109,732 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor. Pada kasus ini, terdapat fenomena yang sama dengan peternak yang memiliki 1-3 ekor sapi dimana peternak yang memiliki jumlah sapi lebih dari 6 merasa akan mengalami kesulitan diantaranya dalam hal manajemen karena kurangnya tenaga kerja. Mereka lebih memilih untuk melakukan hal yang praktis dibandingkan dengan yang memakan waktu dan tenaga untuk perawatan biogas dan sapi yang mereka miliki.

Beberapa variabel yang tidak memiliki pengaruh yang signifikan antara lain:

1. Tingkat Pendidikan (1) dan Tingkat Pendidikan (3)

Masyarakat dengan tingkat pendidikan tidak bersekolah dan tamatan SMP tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepemilikan biogas. Karena sebagian besar mereka memilih untuk menggunakan biogas, tidak ada variasi karena data yang dihasilkan homogen sehingga menghasilkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap variabel Y

2. Pendapatan (1) dan pendapatan (2).

Masyarakat dengan pendapatan <Rp500.000,- dan masyarakat dengan pendapatan Rp500.000 – Rp1.500.000,- tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepemilikan biogas karena sebagian besar mereka berminat untuk menggunakan

biogas sehingga tidak ada variasi jawaban dari peternak dan menghasilkan data yang homogen. Data yang homogen ini menghasilkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap variabel Y.

4.7 Rekomendasi Pengembangan Bioenergi Skala Rumah Tangga

4.7.1 Pemilihan Skenario

Pemilihan skenario dilakukan berdasarkan hasil *emergy analysis* dengan menggunakan empat indikator *emergy*, yaitu *Emergy Yield Ratio* (EYR), *Emergy Investment Ratio* (EIR), *Environmental Loading Ratio* (ELR) dan *Environmental Sustainable Index* (ESI). Dimana didapatkan hasil tiga kategori yang memenuhi kriteria adalah skenario 2. Sehingga skenario yang dapat diterapkan di Desa Tegalweru adalah skenario 2, dengan rekomendasi pengembangan pada Tabel 4.26.

Tabel 4. 26 Rekomendasi Berdasarkan Skenario

Kondisi Eksisting	Rekomendasi
Saat ini hanya terdapat 6 titik biogas dengan jangkauan pelayanan sebanyak 10 KK.	<ul style="list-style-type: none"> Penerapan skenario 2 di Desa Tegalweru dimana skenario 2 adalah skenario maksimal dengan pemanfaatan potensi 1.080 ekor sapi. Pemanfaatan 1,080 ekor sapi ini setara dengan pembangunan 240 instalasi biogas (asumsi satu instalasi memanfaatkan 4 hingga 5 sapi) Penerapan skenario 2 ini realistis untuk dilaksanakan/ diterapkan di Desa Tegalweru mengingat keterbatasan-keterbatasan yang ada di Desa Tegalweru dapat diminimalisir dengan teknologi-teknologi biogas yang ada, misalnya keterbatasan dalam ketersediaan lahan, akan dapat diminimalisir dengan penggunaan sistem rumah tangga yaitu sistem biogas yang terdiri dari beberapa peternak yang berkontribusi dalam satu digester dengan jumlah ternak menurut pedoman BATTAMAS (2008) mencapai 10-25 ekor sapi dalam satu digester.

4.7.2 Rekomendasi Pengembangan Biogas dengan Sasaran Peternak Pemilik Biogas

Rekomendasi pengembangan biogas untuk peternak yang telah memiliki biogas diambil dari hasil analisis IPA sesuai dengan performa dari biogas menurut tingkat kepentingan dan kepuasan masyarakat yang terlayani oleh biogas serta merujuk pula pada hasil *emergy analysis* dimana skenario terpilih adalah skenario 2 dengan pemanfaatan 1.080 ekor sapi dan penambahan sebanyak kurang lebih 240 unit digester. Tabel 4.27 adalah rekomendasi berdasarkan analisis IPA.

Tabel 4. 27 Rekomendasi bagi Peternak Pemilik Biogas

No.	Variabel	Karakteristik	Rekomendasi
Input			
1	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas	Ketersediaan lahan terbatas, mengingat padatnya jumlah permukiman di Desa Tegalweru dan sebagian besar lahan kosong yang terdapat di Desa Tegalweru jauh dari pusat permukiman sehingga apabila dibangun digester biogas akan menyulitkan dalam proses distribusi maupun pemasukan input ke dalam digester. Dari hasil wawancara, rata-rata masyarakat yang telah menggunakan biogas memiliki lahan yang sempit dan terbatas untuk tempat instalasi biogas. Wahyono (2012) menyatakan bahwa jarak minimal digester dan kandang dengan rumah sepanjang 10 m, hal ini untuk menghindari bau dan pencemaran tanah, namun kondisi eksisting yang ada di Desa Tegalweru tidak ada jarak antara kandang dan digester dengan rumah. Semua pengguna biogas memiliki kandang yang menyatu dengan rumah tanpa adanya jarak, hal ini disebabkan karena keterbatasan lahan yang dimiliki oleh peternak pengguna biogas. Variabel ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi, namun dari segi kepuasan masih rendah Karena masyarakat masih memiliki lahan yang terbatas.	<ul style="list-style-type: none"> Merubah sistem biogas menjadi rumah tangga sesuai Pedoman Umum BATTAMAS (2008). Hal ini akan dapat mengatasi ketersediaan lahan yang terbatas. Peternak dapat melakukan kerjasama antar pemilik ternak yang berdekatan tempat tinggalnya, terutama yang belum memiliki biogas untuk dapat membangun instalasi biogas.
Output			
2	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak	Energi yang dihasilkan untuk memasak adalah komponen terpenting dalam sistem biogas karena merupakan output yang dihasilkan untuk memberikan manfaat kepada masyarakat. Variable ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi namun memiliki tingkat kepuasan yang rendah menurut persepsi masyarakat, hal ini dikarenakan energi yang dihasilkan memiliki kualitas yang rendah dibandingkan dengan energi dari LPG. Sebagian masyarakat yang memiliki biogas dengan pemanfaatan 2-3 ekor sapi mengeluhkan hal ini. Namun salah satu warga yang memanfaatkan 14 ekor sapi menyatakan bahwa energi yang dihasilkan lebih baik daripada LPG, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kotoran sapi yang dimanfaatkan, maka semakin baik pula energi yang dihasilkan.	<ul style="list-style-type: none"> Perlu dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui kandungan metana di dalam biogas karena kandungan metana ini berpengaruh terhadap nilai kalor. Peningkatan nilai kalor dapat dilakukan dengan melakukan purifikasi. Sistem filter untuk purifikasi biogas dapat dilakukan untuk mengeliminasi kandungan air (H₂O) dan sulfur (H₂S) Merubah sistem biogas menjadi sistem rumah tangga sesuai Pedoman Umum BATTAMAS (2008) dimana untuk peternak yang berdekatan dibangun biodigester untuk menampung kotoran ternak, sedangkan biogas didistribusikan untuk peternakan yang

No.	Variabel	Karakteristik	Rekomendasi
3	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan	Variable ini memiliki tingkat kepentingan yang tinggi karena merupakan output utama yang didapatkan oleh masyarakat. Namun memiliki tingkat kepuasan yang rendah dikarenakan energi yang dihasilkan tergolong rendah, dapat dilihat dari masyarakat yang hanya memanfaatkan energi biogas untuk penerangan hanya pada saat kondisi tak terduga seperti pemadaman listrik. Hal ini dikarenakan jumlah pemanfaatan sapi dimana masyarakat memiliki biogas yang hanya memanfaatkan 2-3 ekor sapi dan sebagian besar telah dialokasikan untuk memasak.	bersangkutan dan tetangganya, sehingga akan mengatasi permasalahan kuantitas energy <ul style="list-style-type: none"> • Merubah sistem biogas menjadi sistem rumah tangga sesuai Pedoman Umum BATTAMAS (2008) dimana untuk peternak yang berdekatan dibangun biodigester untuk menampung kotoran ternak, sedangkan biogas didistribusikan untuk peternakan yang bersangkutan dan tetangganya, sehingga akan mengatasi permasalahan kuantitas energi • Sistem hybrid yaitu gabungan antara penggunaan biogas untuk memasak dan listrik. Konversi biogas ke energi listrik menggunakan genset dengan asumsi efisiensi konversi energi sebesar 25% berdasarkan Kalbande (2011).

4.7.3 Rekomendasi Pengembangan Biogas dengan Sasaran Peternak Non-Biogas

Rekomendasi bagi peternak non-Biogas diambil berdasarkan hasil analisis regresi dengan melihat faktor-faktor apa yang berpengaruh signifikan terhadap kemauan masyarakat memiliki biogas serta merujuk pula pada hasil *emergy analysis* dimana skenario terpilih adalah skenario 2 dengan pemanfaatan 1.080 ekor sapi dan penambahan sebanyak kurang lebih 240 unit digester, sehingga dilakukan analisis regresi yang kemudian menghasilkan rekomendasi bagi peternak yang belum memiliki biogas dengan melihat variabel-variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel dependent. Table 4.28 adalah rekomendasi untuk pengembangan bioenergi bagi peternak non-biogas.

Tabel 4. 28 Rekomendasi bagi Peternak Non-biogas

No.	Hasil Regresi	Rekomendasi
1	Ketersediaan Lahan Ketersediaan lahan (1) memiliki nilai odd ratio 0,001 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki lahan untuk menggunakan biogas adalah 0.001 lebih besar dibandingkan dengan peternak yang tidak memiliki lahan. Hal ini dikarenakan peternak yang tidak memiliki	<ul style="list-style-type: none"> • Pembangunan digester dengan sistem rumah tangga sesuai Pedoman Umum BATTAMAS (2008) pada kelompok-kelompok masyarakat agar lahan yang digunakan dapat lebih efisien.

No.	Hasil Regresi	Rekomendasi
	lahan akan kesulitan membangun digester biogas karena lahan yang terbatas.	<ul style="list-style-type: none"> • Sosialisasi tentang biogas dengan sistem rumah tangga untuk meningkatkan minat masyarakat terutama yang tidak memiliki lahan bahwa dengan sistem tersebut akan lebih efisien dalam hal pemanfaatan lahan untuk biogas.
2	<p>Tingkat Pendidikan</p> <p>Tingkat pendidikan (2) memiliki nilai odd ratio 0,100 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki tingkat pendidikan SD untuk menggunakan biogas adalah 0,100 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki tingkat pendidikan SMA. Peternak yang berpendidikan terakhir SD memiliki minat yang lebih besar dibandingkan dengan peternak yang memiliki tingkat pendidikan SMA, hal ini dipengaruhi karena masyarakat dengan tamatan SMA memiliki keyakinan bahwa mereka masih mampu memenuhi kebutuhan energi dengan pekerjaan dan keterampilan dari pendidikan yang mereka miliki sehingga minat mereka untuk menggunakan biogas lebih kecil dibandingkan peternak yang tidak mengenyam pendidikan maupun yang memiliki tingkat pendidikan SD.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengadaan sosialisasi dan pelatihan terkait dengan pengadaan dan kinerja biogas kepada peternak-peternak di Desa Tegalweru sehingga masyarakat dengan potensi minat pemakaian biogas yang tinggi namun tingkat pendidikan yang rendah, dapat di <i>cover</i> dengan pemberian informasi, sosialisasi maupun pelatihan terkait pengembangan biogas.
3.	<p>Jumlah Kepemilikan Sapi</p> <p>Jumlah sapi (1) memiliki nilai odd ratio 905,052 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 1-3 ekor untuk menggunakan biogas adalah 905,052 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor. Pada masyarakat yang memiliki jumlah sapi lebih dari 6 berpendapat bahwa memiliki biogas cenderung akan mengalami kesulitan diantaranya dalam hal manajemen karena kurangnya tenaga kerja sehingga untuk memelihara sapi-sapi sudah memakan waktu ditambah untuk manajemen biogas. Mereka berpendapat bahwa lebih praktis untuk membuang limbah kotoran ternak tanpa adanya pengelolaan.</p> <p>Jumlah sapi (2) memiliki nilai odd ratio 109,732 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 4-6 ekor untuk menggunakan biogas adalah 109,732 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor. Pada kasus ini, terdapat fenomena yang sama dengan peternak yang memiliki 1-3 ekor sapi dimana peternak yang memiliki jumlah</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan minat masyarakat dengan sosialisasi dan pelatihan mengenai biogas sehingga minat semua elemen peternak dapat meningkat dan mereka akan dapat mengembangkan biogas dari potensi sapi yang mereka miliki. • Membentuk kelompok masyarakat peternak, sehingga mereka dapat bertukar informasi mengenai biogas. Selain itu mereka dengan membentuk kelompok peternak, mereka dapat bekerjasama membangun digester biogas baik secara individu maupun komunal (rumah tangga sesuai sesuai Pedoman Umum BATTAMAS (2008)) dalam cluster-cluster biogas. Misalnya 6 peternak yang berdekatan lokasi tepat tinggalnya secara geografis dapat membangun satu digester dimana perawatannya dilakukan secara bergantian dan hasil energi dapat dinikmati oleh 6 peternak tersebut, hal tersebut dapat meminimalisir kurangnya input kotoran sapi terutama bagi yang memiliki jumlah sapi yang sedikit.

No.	Hasil Regresi	Rekomendasi
	sapi lebih dari 6 merasa akan mengalami kesulitan diantaranya dalam hal manajemen karena kurangnya tenaga kerja. Mereka lebih memilih untuk melakukan hal yang praktis dibandingkan dengan yang memakan waktu dan tenaga untuk perawatan biogas dan sapi yang mereka miliki.	



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Melalui hasil dan pembahasan penelitian pemanfaatan limbah kotoran ternak skala rumah tangga yang telah dilakukan pada bab empat, maka kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini, antara lain:

A. Pemilihan Skenario berdasarkan *Emergy Analysis*

Pemilihan skenario dilakukan berdasarkan hasil *emergy analysis* dan kebijakan terkait. Skenario pengembangan dibagi menjadi dua skenario. Skenario 1 adalah skenario BAU (*Bussines as Usual*) dimana perhitungan *emergy* berdasarkan atas kondisi eksisting yaitu pemanfaatan kotoran ternak dari 27 ekor sapi. Sedangkan skenario 2 adalah skenario maksimal dimana semua sapi pada tahun 2013 yaitu 1.080 ekor sapi diterapkan pada analisis. Berdasarkan perhitungan terhadap *emergy value* dan *emergy indices* didapatkan hasil skenario terbaik adalah skenario 2 dimana skenario 2 memenuhi 3 kriteria *emergy-indices* dari 4 kriteria.

B. Persepsi Pengguna Biogas

Sementara itu, hasil persepsi peternak yang menggunakan biogas menggunakan analisis IPA (*Importance Perfomance Analysis*), diketahui variabel-variabel yang harus diperbaiki untuk dapat meningkatkan kinerja biogas di Desa Tegalweru adalah ketersediaan lahan, energi yang dihasilkan untuk memasak, dan energi yang dihasilkan untuk penerangan.

Variabel-variabel yang terdapat dalam kuadran 4 hasil analisis persepsi peternak pengguna biogas dijadikan acuan bahan rekomendasi untuk perbaikan dan pengembangan biogas eksisting yang telah digunakan di Desa Tegalweru dimana difokuskan pada perbaikan sistem biogas yaitu sistem rumah tangga untuk memecahkan masalah ketersediaan lahan dan energi hasil dari digester.

C. Probabilitas peternak untuk memiliki biogas

Dari hasil analisis regresi logistic, didapatkan 3 variabel yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kemauan peternak untuk memakai biogas (Variabel Y) yaitu ketersediaan lahan (X1), Tingkat Pendidikan (X2), dan jumlah sapi (X4). Sehingga nilai

probabilitas untuk mengalami kejadian sukses antara satu kategori dengan kategori lainnya yaitu:

1. Ketersediaan Lahan (1)

Ketersediaan lahan (1) memiliki nilai *odd ratio* 0,001 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki lahan untuk menggunakan biogas adalah 0.001 lebih besar dibandingkan dengan peternak yang tidak memiliki lahan.

2. Tingkat pendidikan (2)

Tingkat pendidikan (2) memiliki nilai *odd ratio* 0,100 yang berarti bahwa kecenderungan peternak yang memiliki tingkat pendidikan SD untuk menggunakan biogas adalah 0,100 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki tingkat pendidikan SMA.

3. Jumlah sapi (1)

Jumlah sapi (1) memiliki nilai *odd ratio* 905,052 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 1-3 ekor untuk menggunakan biogas adalah 905,052 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor.

4. Jumlah sapi (2)

Jumlah sapi (2) memiliki nilai *odd ratio* 109,732 yang berarti bahwa kecenderungan masyarakat dengan kepemilikan sapi sejumlah 4-6 ekor untuk menggunakan biogas adalah 109,732 lebih besar dibandingkan dengan masyarakat yang memiliki sapi sebanyak >6 ekor.

Berdasarkan hasil analisis *emergy* dihasilkan bahwa skenario 2 memiliki nilai tingkat inverstasi tinggi sedangkan dari hasil analisis regresi dihasilkan bahwa variabel pendapatan peternak tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap minat peternak untuk menggunakan biogas. Kedua hasil intepretasi ini dikarenakan pembiayaan biogas yang ada saat ini seluruhnya merupakan dana dari Universitas Brawijaya sehingga masyarakat saat ini tidak memiliki permasalahan dari segi pembiayaan biogas.

5.2 Saran

Penelitian ini hanya mengidentifikasi pemanfaatan kotoran ternak menggunakan pendekatan *emergy* untuk menentukan skenario yang dapat diterapkan di Desa Tegalweru, serta rekomendasi pengembangan biogas bagi peternak yang belum memiliki biogas. Sehingga untuk menyempurnakan penelitian ini terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan. Berikut merupakan saran bagi pemerintah sebagai

pemegang kebijakan, saran bagi masyarakat sebagai objek pembangunan serta akademisi agar dapat dilakukan penelitian lebih lanjut.

1. Bagi Pemerintah

Pemilihan skenario untuk dapat diterapkan di Desa Tegalweru, faktor-faktor yang berpengaruh terhadap peternak untuk menggunakan biogas serta evaluasi terhadap kinerja biogas yang telah ada dapat membantu pemerintah dalam mengembangkan dan meningkatkan kualitas biogas sebagai sumber energi alternatif bagi masyarakat di Desa Tegalweru.

2. Bagi Masyarakat

Masyarakat diharapkan turut serta untuk mendukung dan berpartisipasi dalam mengembangkan biogas dan memaksimalkan pengembangan potensi di Desa Tegalweru sehingga dapat mewujudkan masyarakat mandiri dalam pemenuhan energi melalui penggunaan energi terbarukan.

3. Bagi Akademisi

Beberapa hal yang dapat menjadi bahan untuk penelitian selanjutnya antara lain:

- a) Dapat memanfaatkan output lainnya selain biogas, seperti *biogas slurry* dan *biogas residue*.
- b) Dapat menggunakan variabel-variabel penelitian lain yang belum terdapat dalam penelitian ini.
- c) Asumsi terhadap jumlah kotoran sapi yang dihasilkan dianggap sama dalam penelitian ini, oleh karena itu dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji mengenai jumlah kotoran sapi yang dihasilkan. Karena usia sapi memengaruhi jumlah kotoran sapi yang dihasilkan.
- d) Karena minimnya penelitian mengenai nilai *transformity*, dalam penelitian ini digunakan *transformity* berdasarkan penelitian-penelitian di Negara berkembang seperti India. Oleh karena itu dalam penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan *transformity* dalam lingkup nasional (Indonesia)
- e) Pada penelitian ini, penelitian dilakukan sebatas pemanfaatan biogas untuk memasak saja, sehingga pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan limbah kotoran ternak sebagai energi listrik.

- f) Penelitian selanjutnya dapat mengkaji lebih dalam mengenai rekomendasi sistem rumah tangga sehingga didapatkan pemetaan mengenai titik-titik biogas menurut permintaan dan penawarannya.
- g) Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mempertimbangkan aspek pembiayaan dalam biogas dengan mempertimbangkan kemampuan finansial peternak untuk membangun instalasi dan perawatan biogas.



DAFTAR PUSTAKA

Buku Referensi

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Buenfil, A.A., 2001. Emergency evaluation of water. Ph.D. Dissertation. University of Florida
- Campbell, Reece-Mitchell. 2002. *Biologi Edisi kelima jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Creswell, John. W. 2010. *Research Design: Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar
- Direktorat Jenderal Peternakan. 2008. *Pedoman Umum Pengembangan Biogas Asal Ternak Bersama Masyarakat (BATAMAS)*. Jakarta: Direktorat Budidaya Ternak Ruminansia.
- General Chemistry, 7th Ed, by Whitten, Davis, Peck & Stanley. Thomson Brooks/Cole Publisher
- Gulo, W. 2000. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT Gramedia
- Hambali, Erliza *et al*, 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka
- Handbook of Chemistry and Physics {64th Edition - 1983-1984} Hardcover – January 1, 1984 by Weast (Author)
- Hermawan, Asep. 2005. *Penelitian Bisnis Paradigma Kuantitatif*. Jakarta: PT. Grasindo.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2010. *Indonesia Energy Outlook 2010*. Pusat Data dan Informasi Energi Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- Priyatno, Duwi. 2011. *Belajar Cepat Olah Data Statistik dengan SPSS*. Yogyakarta: CV. Anda Ofset.
- Said, Sjahrudin. 2008. *Membuat Biogas dari Kotoran Hewan*. Jakarta: Bentara Cipta Prima
- Setiawan, Ade Iwan. 2007. *Memfaatkan Kotoran Ternak*. Depok: Penebar Swadaya
- Silalahi. 2009. *Metode Penelitian Sosial*. Bandung: PT.Refika Aditama.
- Simamora, Suhut dkk. 2005. *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. Jakarta: PT. AgroMedia Pustaka
- Supranto, J. 2001. *Pengukuran Tingkat Kepuasan Pelanggan untuk Meningkatkan Pangsa Pasar*. Jakarta: Rineka Cipta.

U.S. Environmental Protection Agency, the U.S. Department of Agriculture, and the U.S. Department of Energy. 2004. *AgSTAR Handbook*.

U.S. Environmental Protection Agency. *The AgSTAR Program - Managing Manure with Biogas Recovery Systems. Handbook*. www.epa.gov/agstar.

United Nation Environmental Program. 2013. *Year Book Emerging Issues in Our Global Environment*. Kenya: UNEP Division of Early Warning and Assessment. <http://www.unep.org/yearbook/2013> diakses tanggal 10 Maret 2013.

Wahyono, E.H dan Sudarno, N. 2012. *Biogas: Energi Ramah Lingkungan*. Bogor: Yapeka

Wahyuni, Sri. 2008. *Biogas*. Depok: Penebar Swadaya

Widiyoko, Eko Putro. 2012. *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Jurnal

Geber U, Björklund J. *The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study*. *Ecol Eng* 2001;19:97–117

Haloho, Oktani dkk. 2013. Penerapan Analisis regresi Logistik. *SAINTIA MATEMATIKA*. I (1): 51-61

Jiang MM, Zhou JB, Chen B, Yang ZF, Ji X, Zhang LX, et al. *Ecological evaluation of Beijing economy based on emergy indices*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul* 2009;14:2482–94

Kalbande, S.R., Kamble, A.K., Gande, C.N. 2009. *Bioenergy assessment and its integration for self sufficient renewable energy village*. Department of Unconventional Energy Sources and Electrical Engg. India.

Ke Zhang, et.al. 2010. A continuous satellite-derived global record of land surface evapotranspiration from 1983 to 2006. *Water Resources Research* Volume 46, Issue 9 W09522, doi:10.1029/2009WR008800.

Krejcie, Robert V. dan Daryle W. Morgan. 1970. “Determining Sample Size for Research Activities”, *Educational and Psychological Measurement*. Vol. 30:607-610

Nasery, Vaibhav. 2011. *Biogas for Rural Communities*. Thesis. Indian Institute of Technology Bombay.

- Novi, Ratih et.al.. 2013. Evaluation of energy self-sufficient village by means of emergy indices. *Procedia Environmental Science*. (Dipublikasikan pada tahun 2014)
- Odum HT. *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. New York: Wiley; 1996
- Odum HT. Self-organization, transformity, and information. *Science* 1988;242:1132–9
- Odum, H.T, 2000. Folio No. 2, *Emergy of Global Processes*. *Handbook of Emergy Evaluation Center for Environmental Policy, Environmental Engineering Sciences*, University of Florida, Gainesville.
- Odum, H.T. dan B. Odum (2003), *Concepts and methods of ecological engineering, Ecological Engineering* 20, pp 339–361
- S.Y Zhao, et.al. 2009. Emergy analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering. *Emergy Journal*.
- Thu, Cu Thi Thien.et.al..2012. Manure management practices on biogas and non biogas pig farms in developing countries – using livestock farms in Vietnam as an example. *Journal of Cleaner Production* 27 (2012) 64e71.
- Wei XM, Chen B, Qu YH, Chen GQ, Lin C. *Emergy analysis for 'Four in One' peach production system in Beijing*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul* 2009;14(3):946–58.
- Zhou JB. 2008. *Embodied ecological elements accounting of national economy*. Ph.D. Thesis. Peking University, Beijing; [in Chinese].

Peraturan-Peraturan

- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Malang. 2013. Rekapitulasi Jumlah Penduduk Tahun 2007-2013.
- Dinas Peternakan Kabupaten Malang. 2013. Rekapitulasi Data Peternak dan Ternak Kecamatan Dau. Kabupaten Malang.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi
Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
Pemerintah Desa Tegalweru. 2011. Monografi Desa Tegalweru. Malang: Pemerintah Desa Tegalweru
- Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional

Perda Kabupaten Malang Nomor 6 Tahun 2008 yaitu tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) Tahun 2005-2025

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi

Lain-Lain

Purnomo, Abdi. 2013. Jawa Timur Punya 5.100 Reaktor Biogas. <http://www.tempo.co/read/news/2013/03/07/058465645/Jawa-Timur-Punya-5100-Reaktor-Biogas>. (diakses tanggal 12 Maret 2013).

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). 2013. Density of Air. http://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air (diakses tanggal 22 September 2013).

Kamus Besar Bahasa Indonesia. kamusbahasaIndonesia.org. (diakses tanggal 13 Maret 2013)

Manchester Metropolitan University. 2007. The Climate System. <http://en.wikipedia.org/wiki/Albedo> (diakses tanggal 22 September 2013)

National Environmental Accounting Database. 2008. <http://www.cep.ees.ufl.edu> (diakses tanggal 10 Oktober 2013)

Online Solar, LLC of Baltimore, Maryland, USA. 2012. Indonesian Solar Insolation map. <http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NflGSZg> (diakses tanggal 22 September 2013)

Pratama, Leo. 2012. Gas Metana Sangat Berbahaya. <http://green.kompasiana.com> (diakses tanggal 13 Maret 2013)

Southeast Asia Research Group. Java Geology and Evolution. http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html (diakses tanggal 30 Oktober 2013)

The Engineering Toolbox. 2010. The drag coefficient expresses the drag of an object in a moving fluid. http://www.engineeringtoolbox.com/drag-coefficient-d_627.html (diakses tanggal 22 September 2013)

Wadrianto, Glori K. 2011. Peternak Sapi Jatim Gunakan Reaktor Biogas. <http://www.biru.or.id/en/index.php/news/2011/07/07/72/peternak-sapi-jatim-gunakan-reaktor-biogas.html> (diakses tanggal 30 Oktober 2013)

Widiyono, Wahyu, dkk. 2006. Sustainability of water supply for rural people in West Timor. http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/presentations/AJSIR_pwt_4-1_Wahyu.pdf (diakses tanggal 30 Oktober 2013)



DAFTAR ISTILAH

1. **Biogas**

Gas yang timbul jika bahan-bahan organik, seperti kotoran hewan direndam di dalam air dan disimpan di dalam tempat tertutup atau anaerob (tanpa oksigen dan udara) (Setiawan, 2007;35)

2. **Biogas Slurry**

Zat sisa hasil dari proses biogas berupa cairan yang dapat digunakan untuk pupuk.

3. **Biogas Residue**

Zat sisa hasil dari proses biogas berupa padatan yang dapat digunakan untuk pupuk

4. **Emergy Analysis:**

Kandungan energi atau segala bentuk energi yang tersedia dan digunakan secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan sebuah produk atau jasa dengan satu satuan unit yang sama (Odum, 1996).

5. **Emergy value**

Hasil keseluruhan atau penjumlahan pada *emergy analysis* berdasarkan kategorisasi jenis input.

6. **Emergy indices**

Perhitungan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi proses eco-technology yang digunakan serta nilai ekonomi yang dihasilkan.

7. **Environmental loading ratio (ELR)**

ELR merupakan indikator besarnya beban yang ditanggung lingkungan akibat kegiatan proses produksi barang/jasa.

8. **Emergy yield ratio (EYR)**

EYR merupakan indikator keuntungan yang dihasilkan oleh sistem.

9. **Emergy sustainable ratio (ESI)**

ESI merupakan rasio EYR terhadap ELR yang mengindikasikan keberlanjutan kegiatan proses produksi barang/jasa.

10. **Emergy Investment Ratio (EIR)**

EIR adalah besarnya biaya atau investasi yang dikeluarkan demi berjalannya sebuah sistem untuk menghasilkan barang dan jasa.

11. **Pathogen**

Bakteri penyebab penyakit.

12. Transformity

Kuantitas pada *emergy analysis* dengan satuan sej/J (*emergy* per unit energi) yang dapat menunjukkan efisiensi dengan perbandingan dua proses yang sama.



LAMPIRAN



LAMPIRAN 1. Perhitungan Emergy Value

Skenario 1

	Sinar Matahari	Nilai	Satuan	Sumber
1	Unit instalasi	6	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	Survei primer, 2013
	insolation	1.62E+07	J/m ² /tahun	Online Solar, LLC of Baltimore, Maryland, USA. 2012. Indonesian Solar Insolation map
	Albedo	0.15		Manchester Metropolitan University. 2007. The Climate System
	Energi	luas lahan x insolation x (1-albedo)		
	2.07E+09	J/tahun		
	Angin	Nilai	Satuan	Sumber
2	Unit instalasi	6	unit	survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	air density	1.164	kg/m ³	IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)
	drag coefficient	0.001		The Engineering Toolbox
	average wind speed	1.56	m/s	Dokumen Amdal RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
	geostrophic wind	average wind x (10/6)		
		2.6		
energy	luas lahan x air density x drag coefficient x geostrophic wind ³ x (365 x 24 x 3600 s/tahun)			
	1.51E+08	J/tahun		
	Curah hujan, Kimia	Nilai	Satuan	Sumber
3	Unit instalasi	6	unit	survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	rainfall	131.66	m/tahun	Kecamatan Dau dalam Angka (Desa Gadingkulon)
	evapotranspiration	1.1	m/tahun	Ke Zhang, et.al. 2010
	density	995.602	kg/m ³	Handbook of Chemistry and Physic, CRC Press, 64th Ed

	gibbs free energy	4269.6	J/kg	Southeast Asia Research Group
	energy	luas lahan x rainfall x evapotranspiration x density x gibbs free energy		
		9.23E+10	J/tahun	
4	Curah Hujan, geopotential	Nilai	Satuan	Sumber
	Unit instalasi	6	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	Rainfall	131.66	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka (Desa Gadingkulon)
	runoff rate	0.016		Widiyono, Wahyu, dkk. 2006
	average elevation	597	m	Profil Desa Tegalweru.2012
	density	995.602	kg/m ³	Handbook of Chemistry and Phycis, CRC Press, 64th Ed
	gravitasi	9.8	m/s ²	
energy	luas lahan x rainfall x runoff rate x average elevation x density x gravity			
	1.84E+09	J/ tahun		
5	Rotasi Bumi	Nilai	Satuan	Sumber
	Unit instalasi	6	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	heat flow	2.10E-02	w/m ²	Southeast Asia Research Group
	energy	luas lahan x heat flow x (365 x 24 x 3600 s/tahun)		
	9.93E+07	J/tahun		
6	kotoran ternak	Nilai	Satuan	Sumber
	total kotoran ternak	246375	kg/tahun	Survei primer, 2013
	organic matter content	25%		S.Y Zhou 2009
	standard energy value	1.35E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
	energy	jumlah digester x organic matter content x standard energy value		
	8.32E+11	J/ tahun		

7	urin dan limbah cair sapi	Nilai	Satuan	Sumber
	jumlah urin dan limbah cair sapi	9	L/ hari	survei primer, 2013
	Jumlah sapi	27	ekor	survei primer, 2013
	jumlah hari dalam satu tahun	365	hari	
	berat jenis	1.03	gr/L	Campbell, Reece-Mitchell. 2002. Biologi Edisi kelima jilid 1. Erlangga. Jakarta.
	konversi	91.35585	kg/tahun	hasil perhitungan, 2013
	gibbs free energy	6430	J/kg	S.Y Zhou 2009
	energy	konversi x gibbs free energy		
	5.87E+05	J/tahun		
8	Air	Nilai	Satuan	Sumber
	Konsumsi air	12	L	Survei primer, 2013
	Berat jenis air	1	kg/L	
	Konversi	volume x berat jenis		
		12	kg	
	jumlah sapi	27		Survei primer, 2013
	jumlah hari	365	hari	
	Total kebutuhan air	jumlah sapi x konversi kebutuhan air per sapi x 365		
	118260	kg/ tahun		
9	Biaya Konstruksi	Nilai	Satuan	Sumber
	Biaya Konstruksi (tipe 8 m3)	625	US\$/ 15 tahun	Wadrianto, Glori K. 2011
	Banyaknya instalasi	6	unit	Survei Primer, 2013
	Total	(biaya konstruksi x banyaknya instalasi)/ 15 tahun		
	2.50E+02	US\$/ tahun		
10	Biaya Perawatan	Nilai	Satuan	Sumber
	biaya perawatan	0.416666667	US\$/bulan	Survei Primer, 2013
	banyaknya instalasi	6	unit	Survei Primer, 2013

	bulan	12	bulan			
	Total	niaya perawatan x banyaknya instalasi x 12				
		30	US\$/ tahun			
11	Biogas	Nilai	Satuan	Sumber		
	Total Sapi	27	sapi	survei primer, 2013		
	Produksi kotoran ternak/ sapi	25	kg/hari	survei primer, 2013		
	Konversi 1kg ke m3 biogas	0.023	m3	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010		
	volume biogas	1.55E+01	J/m3	Jumlah sapi x limbah ternak sapi x konversi		
	Konsentrasi metane	6.00E-01		U.S. Environmental Protection Agency		
	Energy Content Methane	5.33E+07	J/m3	1011 (gross heating value) BTU/ft, 1055 (konversi btu ke joule), 0.22 (konvert ft3 ke m3)		
	Jumlah hari	3.65E+02	hari			
	energi	volume biogas x konsentrasi metan (60%) x energy content methane x hari				
		1.81E+11	J/tahun			
12	Tingkat Pendidikan	Tidak Bersekolah	Tamat Sekolah	Tamat Perguruan Tinggi	Satuan	Sumber
	Jumlah Peternak	0	6	0	Individu	Survei Primer, 2013
	Annual U.S Emergy	7.85E+24	7.85E+24	7.85E+24	sej/tahun	Odum, 1988
	Emergy (Share/Ind)	Annual U.S Emergy/Jumlah Peternak				Odum, 1988
		0	1.308E+24	0	(Share/Ind)	Odum, 1988
	Energy per Individu	2500 kcal/hari x 365 hari/tahun x 4186 J/kcal				Odum, 1988
		3819725000	J/tahun			Odum, 1988
	Energy	Emergy (Share/Ind)/energi per individu				Odum, 1988
		0.00E+00	3.43E+14	0.00E+00	J/ Tahun	

Skenario 2

	Sinar Matahari	Nilai	Satuan	Sumber
1	Unit instalasi	240	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	Survei primer, 2013
	insolation	1.62E+07	J/m ² /tahun	Online Solar, LLC of Baltimore, Maryland, USA. 2012. Indonesian Solar Insolation map
	Albedo	0.15		Manchester Metropolitan University. 2007. The Climate System
	Energi	luas lahan x insolation x (1-albedo)		
	8.26E+10	J/tahun		
	Angin	Nilai	Satuan	Sumber
2	Unit instalasi	240	unit	survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	air density	1.164	kg/m ³	IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)
	drag coefficient	0.001		The Engineering Toolbox
	average wind speed	1.56	m/s	Dokumen Amdal RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
	geostrophic wind	average wind x (10/6)		
		2.6		
	energy	luas lahan x air density x drag coefficient x geostrophic wind ³ x (365 x 24 x 3600 s/tahun)		
	6.04E+09	J/tahun		
	Curah hujan, Kimia	Nilai	Satuan	Sumber
3	Unit instalasi	240	unit	survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	rainfall	131.66	m/tahun	Kecamatan Dau dalam Angka (Desa Gadingkulon)
	evapotranspiration	1.1	m/tahun	Ke Zhang, et.al. 2010
	density	995.602	kg/m ³	Handbook of Chemistry and Physic, CRC Press, 64th Ed

	gibbs free energy	4269.6	j/kg	Southeast Asia Research Group
	energy	luas lahan x rainfall x evapotranspiration x density x gibbs free energy		
		3.69378E+12	J/tahun	
4	Curah Hujan, geopotential	Nilai	Satuan	Sumber
	Unit instalasi	240	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	Rainfall	131.66	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka (Desa Gadingkulon)
	runoff rate	0.016		Widiyono, Wahyu, dkk. 2006
	average elevation	597	m	Profil Desa Tegalweru.2012
	density	995.602	kg/m ³	Handbook of Chemistry and Physic, CRC Press, 64th Ed
	gravitasi	9.8	m/s ²	
energy	luas lahan x rainfall x runoff rate x average elevation x density x gravity			
	73622617017	J/ tahun		
5	Rotasi Bumi	Nilai	Satuan	Sumber
	Unit instalasi	240	unit	Survei primer, 2013
	Luas Lahan per instalasi	25	m ²	survei primer, 2013
	heat flow	2.10E-02	w/m ²	Southeast Asia Research Group
	energy	luas lahan x heat flow x (365 x 24 x 3600 s/tahun)		
	3.97E+09	J/tahun		
6	Kotoran Ternak	Nilai	Satuan	Sumber
	total kotoran ternak	9855000	kg/tahun	Survei primer, 2013
	organic matter content	25%		S.Y Zhou 2009
	standard energy value	1.35E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
energy	jumlah digester x organic matter content x standard energy value			

		3.33E+13	J/ tahun	
7	Urin Dan Limbah Cair Sapi	Nilai	Satuan	Sumber
	jumlah urin dan limbah cair sapi	9	L/ hari	survei primer, 2013
	Jumlah sapi	1080	ekor	survei primer, 2013
	jumlah hari dalam satu tahun	365	hari	
	berat jenis	1.03	gr/L	Campbell, Reece-Mitchell. 2002. Biologi Edisi kelima jilid 1. Erlangga. Jakarta.
	konversi	3654.234	kg/tahun	hasil perhitungan, 2013
	gibbs free energy	6430	J/kg	S.Y Zhou 2009
	energy	konversi x gibbs free energy		
	2.35E+07	J/tahun		
8	Air	Nilai	Satuan	Sumber
	Konsumsi air	12	L	Survei primer, 2013
	Berat jenis air	1	kg/L	
	Konversi	volume x berat jenis		
		12	kg	
	jumlah sapi	1080	ekor	Survei primer, 2013
	jumlah hari	365	hari	
Total kebutuhan air	jumlah sapi x konversi kebutuhan air per sapi x 365			
	4730400	kg/ tahun		
9	Biaya Konstruksi	Nilai	Satuan	Sumber
	Biaya Konstruksi (tipe 8 m3)	625	US\$/ 15 tahun	Wadrianto, Glori K. 2011
	Banyaknya instalasi	240	unit	
	Total	(biaya konstruksi x banyaknya instalasi)/ 15 tahun		

		10000	US\$/ tahun			
10	Biaya Perawatan	Nilai	Satuan	Sumber		
	biaya perawatan	0.416666667	US\$/bulan	Survei Primer, 2013		
	banyaknya instalasi	240	unit			
	bulan	12	bulan			
	total	niaya perawatan x banyaknya instalasi x 12				
		1200	US\$/Tahun			
11	Biogas	Nilai	Satuan	Sumber		
	Total Sapi	1080	sapi	survei primer, 2013		
	Produksi kotoran ternak/ sapi	25	kg/hari	survei primer, 2013		
	Konversi 1kg ke m3 biogas	0.023	m3	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2010		
	volume biogas	6.21E+02	J/m3	Jumlah sapi x limbah ternak sapi x konversi		
	Konsentrasi metane	6.00E-01		U.S. Environmental Protection Agency		
	Energy Content Methane	5.33E+07	J/m3	1011 (gross heating value) BTU/ft, 1055 (konversi btu ke joule), 0.22 (konversi ft3 ke m3)		
	Jumlah hari	3.65E+02	hari			
	energi	volume biogas x konsentrasi metan (60%) x energy content methane x hari				
	7.25E+12	J/tahun				
12	Tingkat Pendidikan	Tidak Bersekolah	Tamat Sekolah	Tamat Perguruan Tinggi	Satuan	Sumber
	Jumlah Peternak	95	380	0	Individu	Proporsi Hasil Sampel
	Annual U.S Energy	7.85E+24	7.85E+24	7.85E+24	sej/tahun	Odum, 1988
	Emergy (Share/Ind)	Annual U.S Emergy/ Jumlah Peternak				Odum, 1988
	8.26E+22	2.07E+22	0.00E+00	(Share/Ind)	Odum, 1988	

Energy per Individu	2500 kkal/hari x 365 hari/tahun x 4186 J/kcal		Odum, 1988	
	3819725000	J/tahun	Odum, 1988	
Energy	Energy (Share/Ind)/energi per individu		Odum, 1988	
	2.16E+13	5.41E+12	0	J/Tahun



LAMPIRAN 2. Tabulasi Tingkat Kepuasan dan Kepentingan

Tingkat Kepuasan

Tahap	Variabel	KEPUASAN				
		1	2	3	4	5
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi				3	7
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)				8	2
	biaya konstruksi		2		5	3
	Ketersediaan tenaga kerja		4	6		
PROSES	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas	1	4		5	
	Ketersediaan alat bantu pengolahan		2	3	1	4
OUTPUT	energi untuk memasak	2		3	2	3
	energi untuk penerangan	2		4	2	2
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan		1	1	7	1
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah		1	3	2	4
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan		1	3	2	4
	tenaga kerja untuk perawatan	1	7	2		
	Kemudahan perawatan			1	3	6

Tingkat Kepentingan

Tahap	Variabel	KEPENTINGAN				
		1	2	3	4	5
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi					10
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)				2	8
	biaya konstruksi				1	9
	Ketersediaan tenaga kerja	2	8			
PROSES	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas				2	8
	Ketersediaan alat bantu pengolahan				3	7
OUTPUT	energi untuk memasak				1	9
	energi untuk penerangan					10
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan			1	2	7
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah				4	6
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan			2	4	4
	tenaga kerja untuk perawatan	1	4	2	3	
	Kemudahan perawatan				2	8

LAMPIRAN 3. Analisis Regresi Logistik

Case Processing Summary

Unweighted Cases ^a		N	Percent
Selected Cases	Included in Analysis	214	100.0
	Missing Cases	0	.0
	Total	214	100.0
Unselected Cases		0	.0
Total		214	100.0

a. If weight is in effect, see classification table for the total number of cases.

Dependent Variable Encoding

Original Value	Internal Value
Ya	0
Tidak	1

Categorical Variables Codings

		Frequency	Parameter coding		
			(1)	(2)	(3)
TingkatPendidikan	Tidak Bersekolah	42	1.000	.000	.000
	Tamatan SD	110	.000	1.000	.000
	Tamatan SMP	12	.000	.000	1.000
	Tamatan SMA	50	.000	.000	.000
JumlahSapi	1-3ekor	69	1.000	.000	
	4-6ekor	92	.000	1.000	
	>6ekor	53	.000	.000	
Pendapatan	<Rp500.000	127	1.000	.000	
	Rp500.000-Rp1.500.000	50	.000	1.000	
	>Rp1.500.000	37	.000	.000	
KetersediaanLahan	Ada	148	1.000		
	Tidak Ada	66	.000		

Block 0: Beginning Block

Classification Table^{a,b}

Observed			Predicted		
			KemauanMasyarakat		Percentage Correct
			Ya	Tidak	
Step 0	KemauanMasyarakat	Ya	135	0	100.0
		Tidak	79	0	.0
Overall Percentage					63.1

a. Constant is included in the model.

b. The cut value is .500

Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 0	Constant	-.536	.142	14.309	1	.000	.585

Variables not in the Equation

Step	Variables		Score	df	Sig.
0	KetersediaanLahan(1)		133.251	1	.000
	TingkatPendidikan		30.823	3	.000
	TingkatPendidikan(1)		2.581	1	.108
	TingkatPendidikan(2)		12.768	1	.000
	TingkatPendidikan(3)		11.762	1	.001
	Pendapatan		22.158	2	.000
	Pendapatan(1)		20.981	1	.000
	Pendapatan(2)		14.929	1	.000
	JumlahSapi		106.848	2	.000
	JumlahSapi(1)		103.248	1	.000
	JumlahSapi(2)		20.861	1	.000
Overall Statistics			164.722	8	.000

Block 1: Method = Enter

Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	223.826	8	.000
	Block	223.826	8	.000
	Model	223.826	8	.000

Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	58.014 ^a	.649	.886

a. Estimation terminated at iteration number 8 because parameter estimates changed by less than .001.

Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	1.718	7	.974



Contingency Table for Hosmer and Lemeshow Test

	Kemauan Masyarakat = Ya		Kemauan Masyarakat = Tidak		Total
	Observed	Expected	Observed	Expected	
Step 1	27	26.997	0	.003	27
1	21	20.975	0	.025	21
3	18	17.840	0	.160	18
4	30	30.529	1	.471	31
5	23	22.428	1	1.572	24
6	13	13.742	8	7.258	21
7	3	2.216	18	18.784	21
8	0	.241	22	21.759	22
9	0	.032	29	28.968	29

Classification Table^a

Observed	Kemauan Masyarakat	Predicted		Percentage Correct
		Ya	Tidak	
		Step 1	Ya	
	Tidak	6	73	92.4
Overall Percentage				95.3

a. The cut value is .500

Variables in the Equation

Step		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
1	KetersediaanLahan(1)	-6.647	1.251	28.252	1	.000	.001
	TingkatPendidikan			10.388	3	.016	
	TingkatPendidikan(1)	-2.846	1.548	3.381	1	.066	.058
	TingkatPendidikan(2)	-2.306	.871	7.009	1	.008	.100
	TingkatPendidikan(3)	1.336	1.284	1.083	1	.298	3.805
	Pendapatan			1.819	2	.403	
	Pendapatan(1)	-.875	1.027	.725	1	.394	.417
	Pendapatan(2)	.337	.943	.128	1	.720	1.401
	JumlahSapi			17.799	2	.000	
	JumlahSapi(1)	6.808	1.747	15.195	1	.000	905.052
	JumlahSapi(2)	4.698	1.669	7.924	1	.005	109.732
	Constant	.958	1.411	.461	1	.497	2.606

a. Variable(s) entered on step 1: KetersediaanLahan, TingkatPendidikan, Pendapatan, JumlahSapi.

KUESIONER

Kuesioner ini merupakan bagian dari Kegiatan Penelitian yang dilaksanakan oleh Mahasiswa Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan Judul **“Pengembangan Bioenergi Skala Rumah Tangga”**

Kami mengharapkan bantuan bapak dan ibu untuk dapat memberikan informasi dan informasi dari bapak dan ibu akan kami jaga kerahasiaannya. Atas bantuannya disampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya



MALANG, JUNI 2013

(.....)
Nama dan TTD Responden

PENELITIAN

PENGEMBANGAN BIOENERGI SKALA RUMAH TANGGA DI DESA TEGALWERU

I. IDENTITAS RESPONDEN

- 1. Nama Responden :
- 2. Alamat :
- 3. Jenis Kelamin / Umur : Laki-laki / Perempuan (..... th.)
- 4. Pendidikan Terakhir :
 - a. Tidak Bersekolah
 - b. Lulus SD
 - c. Lulus SLTP
 - d. Lulus SMU
 - e. Lulus Akademi / Perguruan Tinggi
- 5. Perkawinan : Kawin / Tidak Kawin

II. DAFTAR PERTANYAAN

- 1. Apakah bapak dan ibu semuanya bekerja?
 - a. Hanya bapak saja
 - b. Hanya ibu saja
 - c. Keduanya bekerja
 - e. Lainnya.....
- 2. Apakah pekerjaan Bapak?
 - a. Petani / Peternak
 - b. PNS
 - c. Wirausaha
 - d. Wiraswasta
 - e. Lainnya.....
- 3. Jika ibu bekerja, apakah pekerjaan Ibu?
 - a. Petani / Peternak
 - b. PNS
 - c. Wirausaha
 - d. Wiraswasta
- 4. Berapa penghasilan Bapak dalam satu bulan?
 - a. ≤ Rp 500.000,00
 - b. Rp 500.001,00-Rp 1.500.000,00
 - c. >Rp1.500.000
- 5. Jika Ibu bekerja, Berapa penghasilan Ibu dalam satu bulan?
 - a. ≤ Rp 500.000,00
 - b. Rp 500.001,00-Rp 1.500.000,00
 - c. >Rp1.500.000
- 6. Berapakah jumlah tanggungan keluarga yang dibiayai ?
 - a. 2
 - b. 3
 - c. 4



PENGEMBANGAN BIOENERGI SKALA RUMAH TANGGA DI DESA TEGALWERU

- d. 5
e. >5
7. Siapa sajakah yang menjadi tanggungan keluarga? (jawaban boleh lebih dari satu)
- Orang tua
 - Anak
 - Keponakan
 - Lainnya.....
8. Berapakah pengeluaran keluarga dalam satu bulan?
- \leq Rp 500.000,00
 - Rp 500.001,00-Rp 1.500.000,00
 - >Rp1.500.000
9. Berapakah pengeluaran untuk memasak dalam satu bulan?
- \leq Rp 200.000,00
 - Rp 200.001,00-Rp 300.000,00
 - Rp 300.001,00-Rp 400.000,00
 - Rp 400.001,00-Rp 500.000,00
 - Rp > 500.000,00
10. Berapakah pengeluaran untuk membeli gas?
- \leq Rp 200.000,00
 - Rp 200.001,00-Rp 300.000,00
 - Rp 300.001,00-Rp 400.000,00
 - Rp 400.001,00-Rp 500.000,00
 - Rp > 500.000,00
11. Berapakah pengeluaran untuk membeli kayu bakar ? (jika ada)
- \leq Rp 200.000,00
 - Rp 200.001,00-Rp 300.000,00
 - Rp 300.001,00-Rp 400.000,00
 - Rp 400.001,00-Rp 500.000,00
 - Rp > 500.000,00

III. PELAYANAN ENERGI/KEMAUAN UNTUK MEMAKAI

12. Apakah Bapak/Ibu sudah memakai gas?
- Ya
 - Tidak
13. Jika iya, Berapa kg gas yang digunakan setiap bulan?
- 3-6kg/bulan
 - 6-9kg/bulan
 - 9-12kg/bulan
 - 12-15kg/bulan
 - >15kg/bulan
14. Jika tidak, menggunakan apakah untuk memasak?
- Kayu Bakar
 - Biogas
 - Minyak Tanah
 - Lainnya
15. Apakah bapak ibu ingin menggunakan biogas sebagai ganti energi listrik?
- Ingin
 - Tidak Ingin
16. Sejauh mana ingin memanfaatkan energi biogas untuk aktivitas sehari-hari (jawaban boleh lebih dari satu) ?
- Memasak
 - Penerangan lampu
 - Televisi

PENGEMBANGAN BIOENERGI SKALA RUMAH TANGGA DI DESA TEGALWERU

- d. Lainnya.....
17. Apakah masih terdapat lahan untuk pembangunan instalasi biogas?
- Ada
 - Tidak
18. apakah Bapak/Ibu berkeinginan untuk memiliki biogas?
- Ya
 - tidak

Jika tidak, berikan alasan

.....

.....

.....

.....

.....

.....

IV. ENERGI ALTERNATIF

19. Menurut Anda, Perlukah energi alternatif untuk pengganti listrik dan bahan bakar?
- Perlu
 - Tidak Perlu
20. Apakah di lingkungan tempat tinggal Bapak/Ibu terdapat pemanfaat limbah kotoran ternak untuk biogas dan pupuk?
- Ya
 - Tidak
21. Dalam bentuk apa pemanfaatan sumber energy yang telah ada? (jawaban boleh lebih dari satu)
- Pemakaian langsung
 - Biogas
 - Tidak digunakan
 - Lainnya
22. Apakah Bapak/Ibu terlayani sumber energy alternatif?
- Ya
 - Tidak
23. Menurut Anda, apakah sumber energi alteranatif kotoran ternak berguna bila digunakan oleh warga?
- Ya
 - Tidak
24. Menurut Anda, apabila terdapat alternatif energy, apakah Anda tertarik untuk mengelolanya? (jika belum terdapat energy alternatif)
- Sangat tertarik
 - Tertarik
 - Biasa saja
 - Kurang Tertarik
 - Tidak Tertarik
25. Apakah terdapat hambatan dalam pengelolaan sumber energy alternatif?
- Ya
 - Tidak
26. Jika iya, apakah yang menjadi penghambat pengelolaan sumber energy alternative dan kepemilikan biogas?
- Pegetahuan masyarakat
 - Pendanaan
 - Kurangnya perhatian dari pemerintah
 - Kurangnya sosialisasi
 - Lainnya

-TERIMAKASIH ATAS KERJASAMANYA-



PENGEMBANGAN BIOENERGI SKALA RUMAH TANGGA DI DESA TEGALWERU



KUISIONER IPA

Tahap	Variabel	KEPUASAN					KEPENTINGAN				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
INPUT	Ketersediaan kotoran sapi										
	Ketersediaan bahan campuran (air, dll)										
	Besarnya biaya/ modal konstruksi instalasi biogas										
	Ketersediaan tenaga kerja										
	Ketersediaan lahan untuk instalasi biogas										
PROSES	Ketersediaan alat bantu pengolahan										
OUTPUT	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk memasak										
	Energi yang dihasilkan dari biogas untuk listrik dan penerangan										
	Pengelolaan limbah lain yang dihasilkan										
	Ketersediaan alat pengelolaan limbah										
PERAWATAN	Biaya Perawatan yang dikeluarkan										
	Ketersediaan tenaga kerja untuk perawatan										
	Kemudahan perawatan										

Keterangan:

Kepuasan:

- 1 : Sangat tidak puas
- 2 : Tidak puas
- 3 : Cukup Puas
- 4 : Puas
- 5 : Sangat Puas

Kepentingan:

- 1 : Sangat tidak penting
- 2 : Tidak penting
- 3 : Cukup Penting
- 4 : Penting
- 5 : Sangat Penting

PUBLIKASI





4th International Conference on Sustainable Future for Human Security, Sustain 2013

Evaluation of energy self-sufficient village by means of emergy indices

Ratih Novi Listyawati*, Christia Meidiana, Mustika Anggraeni

Department of Urban and Regional Planning, Brawijaya University, MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia

Abstract

The Energy Self-Sufficient Village is one of the Indonesian government programs where one of the criteria was every village able to fulfil minimum of 60% of energy needs with renewable source of potential owned. Tegalweru is a village that has potential of the livestock sector and there are 6 installations of biogas management to utilize manure waste. The evaluation of the energy self-sufficient village was conducted using emergy analysis. The emergy analysis is applied in two different scenarios. The first is baseline scenario where only 37 cattle owned by ten households are treated to produce biogas. The second scenario is the scenario to fulfil the 60% target of energy self-sufficient. The emergy analysis is done to calculate value of four emergy indices which were EYR to measure comparison of yield and input added to biogas system, EIR to measure the emergy input needed to treat 1 kg of manure, ELR to measure the load of the manure treatment on environment, and ESI to measure the sustainability of biogas management. Analysis of emission reduction is also done in this research to find out the best scenario to be implemented in Village Tegalweru

© 2013 The Authors. Published by Elsevier B.V.
Selection and peer-review under responsibility of the Sustain conference committee and supported by Kyoto University; (RISH), (OPIR), (GCOE-ARS) and (GSS) as co-hosts.

Keywords: Emergy-Base Indices; Emergy Self-Sufficient Village; Biogas; Emission Reduction

* Corresponding author. Tel.: +62-857-4698-9403;
E-mail address: ratihnovilistyawati@yahoo.com

Nomenclature

E	Total amount of electrical need,
α	Standard of electricity need used in this study
n	The total number of household in Tegalweru village.
EG	Energy Generation (The electrical energy produced by biogas (kWh))
Bio	The production of biogas (m^3)
HV	Heating Value (The value of the heat produced from biogas per m^3 (6000Wh/ m^3))
CE	Conversion efficiency of biogas production (25%)
M	Emergy
τ	Transformity value
B	Available energy

Acronyms

GoI	Government of Indonesia
ESSV	Energy Self-Sufficient Village
EYR	Emergy Yield Ratio
EIR	Emergy Investment Ratio
ELR	Environmental Loading Ratio
ESI	Environmental Sustainable Index

1. Introduction

The energy self-sufficient village is one of the programs launched by the GoI in 2007. This program is launched in order to empower the people, particularly those living in the rural areas, so that they are able to utilize effectively the locally available renewable energy source to fulfill their basic energy needs for each household. This program aims to encourage the self-help among the villagers so that, they could generate their economic activities. This program involves eight related ministries and focuses on solving the poverty problem and energy crisis. There are already more than 630 Energy ESSV have been established nationally. It is envisaged that there will be about 3,000 ESSV in 2014, established by the program [1]. One of the criteria of the ESSV is one village can provide at least 60% of total energy demand for the rural population. It is expected that through the program, the economic growth will increase rapidly, creating new job opportunities for rural population. In addition, this program can improve the quality of life. Manure waste utilization into biogas is one of the efforts of GoI to implement the energy self-sufficient village and to improve the number of villages which have ability to cover they energy demand by itself.

Biogas is one important option in fulfilling energy needs of society, especially in rural areas in developing countries. Some of the advantages of biogas application for rural communities are that it can be used for cooking, lighting, water pumps and other energy variations. Furthermore, it has intangible benefit for the community, such as improvement the quality of the environment, health care quality and standards of living [2]. By using cow dung into biogas energy sources, it will be able to reduce GHG emissions, contributing to minimize the impact of global warming. Since the major components of biogas are methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) which contributes to global warming and climate change [3]. According to Forster, et. al, the global warming potential (GWP) of methane is 25 times higher than carbon dioxide [4]. Cow is one of cattle that have great potential in the production of methane gas by its manure waste. Therefore, manure waste utilization is needed to reduce the specific GHG emission causing global warming and climate change.

This study aims to evaluate the efficiency and the sustainability of manure waste management by converting it to biogas using emergy analysis. This method has been used by some researchers to assess the environmental aspect based on the quality of energy [5]. Emergy is defined as the total amount of available energy of one kind that is used up directly or indirectly in a process to deliver an output product, flow, or service [6]. Emergy analysis was

introduced by Howard Odum during 1980s. In emergy theory, any goods or services has a different energy value and it will be evaluated using the base unit by converting each energy value of goods or services into equivalent unit demonstrated by solar equivalent Joules (SEJ) [7]. Therefore, this method will denote status and position of energy in the different goods or services [8].

2. Method

Data were collected by primary and secondary survey. In this study, researcher used some literatures and data to support research, such as the profile of Tegalweru village, research-related journals, and other literature (secondary survey). Meanwhile, the primary survey was conducted by interviews and questionnaires with Tegalweru villagers as respondent who had livestock (cattle) which is equal to 143 farmers. The study did not use sampling, but it used the population of farmers for extracting information.

The case study is located in Tegalweru village which has potential in biogas management since it has 727 cattle [9] producing 1,454 m³/ day manure. But only 10 households that run biogas management equal to 37 cattle. It is due to lack of funding for the construction of biogas and the low level of public knowledge that make them do not understand how to utilize the manure and use it as an alternative energy. It indicates that manure waste utilization as renewable energy resources is not optimal. If renewable resources can be used optimally, it will support the energy self-sufficient village program. In 2013 there are 6 points of biogas reactor.

Electricity needed by rural population has been calculated in this research to determine the minimum number of cattle to fulfill electricity demand (second scenario) and to determine electricity covered by existing condition, where only 37 cattle owned to produce biogas (first scenario). Moreover, emergy accounting was conducted to assess the value of efficiency and sustainability of two different scenarios. The first is baseline scenario which measures the existing conditions. The second is the scenario to fulfill the 60% target of energy self-sufficient village program.

Some of the assumptions used in the study to minimize the limitations of the data for the perfection of this study include the assumption of demand for electricity in one household. Researchers used a standard to calculate the electricity needs for the villagers. In addition, the assumptions for calculating the amount of animal waste production, biogas slurry, biogas residue and urine produced by a cow taken from some related literature [10-18]

2.1. Study Site

Tegalweru village located in Dau District, Malang Regency (see Fig.1 (a)) with the greatest potential is in the agricultural and livestock sector which has administrative boundaries as follows:

North	: Gadingkulon Village, Dau District;
East	: Merjosari Village, Dau District;
South	: Petung Sewu Village and Karangwidoro Village, Dau District;
West	: Selorejo Village, Dau District.

Figure 1(b) and 1(c) is the existing condition of manure livestock utilization in Tegalweru village.

2.2. Electrical need

The electrical need by population in Tegalweru Village calculated by multiplying the standard of electricity need each household with the number of household in Tegalweru.

$$E = \alpha x n \quad (1)$$

The standard to measure electrical need by the rural population is taken from spatial planning of Malang District year 2011-2031. There are standards mentioned on that law [18], which were:

Large residential	: 1,300 watt/ household
Medium residential	: 900 watt/ household

Small residential : 450 watt/ household

Since the Tegalweru village categorized in small residential, therefore, the calculation of the electrical need is using 450 watt/household. Calculation of electricity demand which covered by biogas, can be calculated by the formula [19]:

$$EG(kWh) = Bio \times HV \times CE \quad (2)$$

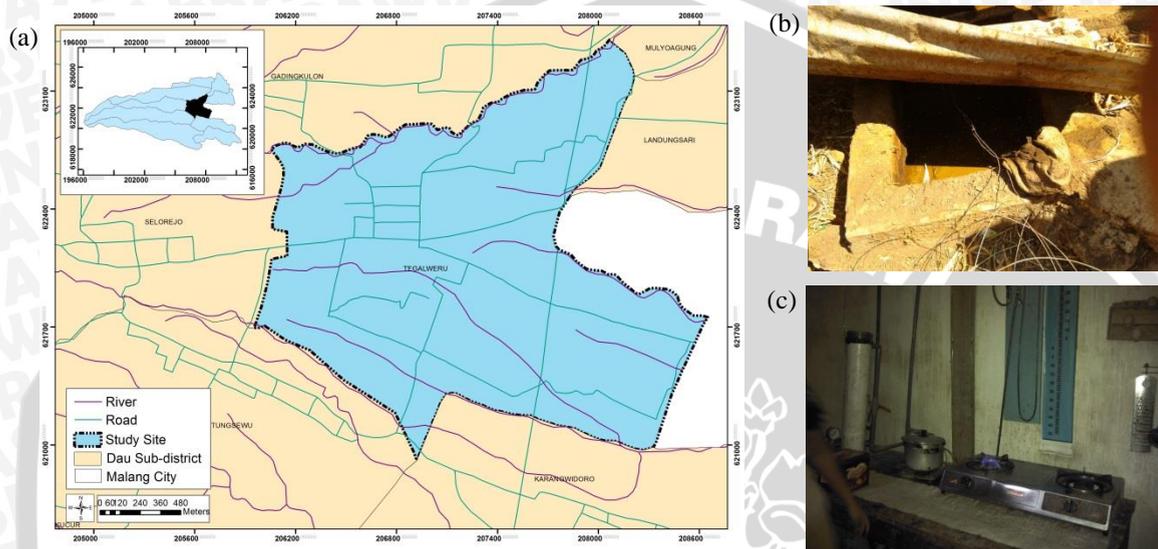


Fig. 1 (a) Map of Tegalweru Village; (b),(c) Existing condition of livestock manure utilization

2.3. Emery accounting

The emery flow in biogas project, consist of input, process and output. The resources input can be categorized into three types which are local renewable energy resources (RR), renewable purchased resources (RP), and non-renewable purchased resources (NP). An important concept in emery analysis is *Solar Transformity*, defined as the Solar Emery required making 1 J of a service or product [6]. Every service or product measured by similar unit which is sej/J. The solar transformity is Solar Emery divided by its available energy.

$$M = \tau \times B \quad (3)$$

Energy flows of the universe are organization an energy transformation hierarchy and the position in the energy hierarchy are measured with transformities [6]. The emery analysis is done to calculate value of four emery indices, which were EYR, EIR, ELR, and ESI.

- EYR
EYR is to measure comparison of yield and input added to biogas system. The contents of input are non-renewable energy (N), renewable energy (R) and purchased energy (F). Low values of EYR denote weak competition ability and low economic benefit when resource is developed.
- EIR
EIR is the ratio of emery fed back from the outside of a system to the indigenous emery input (both renewable and non-renewable). It evaluates whether a process is an economical user of the emery that is invested in comparison with alternatives [20]
- ELR
ELR is to measure the load of the manure treatment on environment which is the sum of non-renewable energy (N) and purchased energy (F) to the renewable energy (R). Low values of ELR denote low

environmental impact.

- ESI

Environmental Sustainable Index is to measure the sustainability of biogas management. This index is the ratio of EYR to the ELR which is present the capability on biogas system to provide the maximum profit of yield that is products or services with the minimum environmental stress. When ESI has a low value, products and processes are not suitable in the long term, but when the ESI show the high value, it has sustainable contribution to the economy and environment in the long term.

Table 1 Emery indices criterion

Emery Indices	Formula [6]	Criterion [6]
Emery Yield Ratio	$EYR = Y/NP+RP+RR$	Higher was better
Emery Investment Ratio	$EIR = NP+RP/RR+NR$	Lower was better
Environmental Loading Ratio	$ELR = (NP+NR)/RR$	Lower was better
Environmental Sustainable Index	$ESI = EYR/ELR$	Higher was better

2. Result and Discussion

2.1. Electricity Covered by Biogas

Electricity need by the population in Tegalweru village calculated with the abbreviation (1). Since the total number of household in Tegalweru village is 967 [9] and the standard of electricity need used in this study is 450 watt/ household, so the total electricity need by population in Tegalweru village is 435.15 kWh. Only 37 cows owned by 10 households which utilized as biogas. Where from 10 households were served, there are 6 point of biogas with 6 m³ type. Table 2 is the results of the calculation of electricity demand can be fulfilled from biogas with two different scenarios.

Table 2 Electrical power covered by biogas

Scenario	Condition	Total Electricity Needed by Tegalweru's inhabitant	Electricity Covered	Manure waste needed by biogas management	Total amount
Scenario 1	Baseline	435.15 kWh per day	90 kWh per day	60 m ³	37 cows
Scenario 2	Toward 60% electricity need covered	435.15 kWh per day	261.09 kWh per day	174.06 m ³	87 cows

The result show that the first scenario had only capability 0.207% to covered total amount of electricity need in Tegalweru village. The second scenario which calculated to reach 60% target of energy self-sufficient presented that to be the self-sufficient village, Tegalweru must optimized 174.06 m³ of manure waste. It is similar to be 17 biogas installations.

2.2. Emery flow

Input from emery analysis in the form of a biogas system diagram are renewable energy sources and non-renewable. Moreover renewable energy sources consist of sunlight, rain, wind, temperature, pH, earth cycle, manure, urine and flushing sewage. While the purchased input such as water, human labor and land. Non-renewable sources in the biogas system consists of the construction and maintenance costs to get the output in the form of biogas, biogas slurry and biogas residue. Two scenarios in the study had the same emery flow, the difference

between that scenario lies in the amount of manure that used as biogas. The first is the utilization of biogas corresponds with the existing condition in Tegalweru village, while the second scenario is a condition in which the utilization of biogas can fulfill the target of 60% electricity needs of the villagers.

Figure 2 illustrates emergy system diagram on biogas in the Village Tegalweru according to Odum's rules. Emission production which can be reduced by the use of biogas is not calculated by emergy analysis. The calculation is done separately. Gases that cause the greenhouse effect can be reduced by utilizing manure waste as biogas is methane gas and carbon dioxide gas. More detail of emergy flow diagram of the system is described in Figure 2.

Calculation of the total emergy are shown and presented in emergy table. Table 3 and 4 shows the results of the calculation of emergy on biogas systems in each scenario. Transformity used in the study were taken from the literature of several previous studies because there is no researcher who conducted the research with the same variable. So in this research, used transformity value of literature and choose the value which has closest characteristics of study site with Tegalweru Village. Each scenario was evaluated in 3 parts, namely, input, process and output.

Table 3 show that scenario 1 has a total solar emergy was $8.57E+29$ and requiring total emergy investment $7.31E-07$. Emergy input on scenario 1 is the lowest, due to the low utilization of manure that affects the quantity of labor, finance and other inputs. As the main ingredient in biogas systems, solid manure and urine and sewage flushing has contributed 0.07%.

Table 4 shows the total emergy value of $3.17E+28$ which is the highest compared with scenario 1 and requiring $1.98E-05$ of emergy investment. Solid manure and urine and sewage flushing has contributed 0.07% in the biogas system. The main output of biogas is expected to fulfill the demand for electricity by the community in the Tegalweru village.

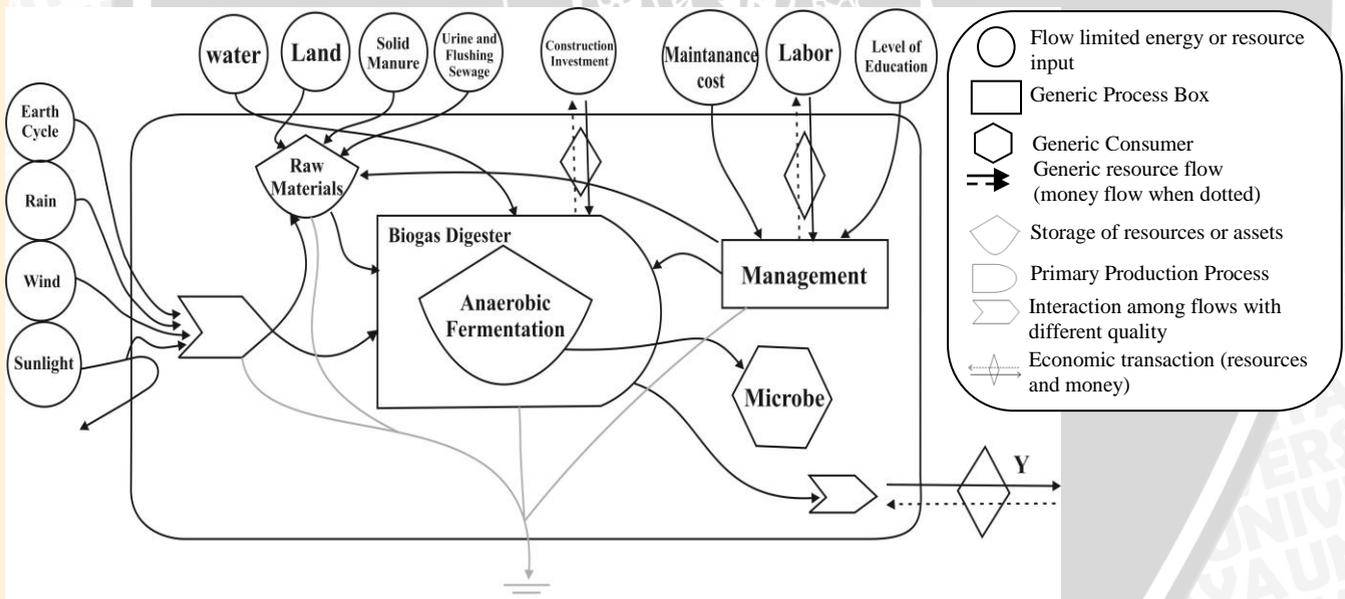


Fig. 2 Emergy system diagram scenario 1 and scenario 2

Table 3 Emergy Flow Supporting Biogas System of Scenario 1

No.	Item	Unit	Amount	Transformity	References	Solar Emergy
Renewable Resources						
1	Sunlight	J	$8.57E+29$	1	[6]	$8.57E+29$
2	Rain, geopotential	J	$1.37E+15$	10500	[6]	$1.44E+19$
3	Wind	J	$7.75E+15$	1500	[6]	$1.16E+19$

No.	Item	Unit	Amount	Transformity	References	Solar Emery
4	Earth cycle	J	1.01E+14	34400	[6]	3.47E+18
5	manure	J	1.02E+14	27000	[21]	2.74E+18
6	Urine and flushing sewage	J	804980.38	3.8E+6	[22]	3.06E+12
Total						8.57E+29
Renewable Purchased						
7	Water	kg	32412	4.65E+8	[23]	1.51E+13
8	Labor	J	1.10E+11	7.24E+6	[6]	7.99E+17
9	Land	J	2.32E+19	27000	[6]	6.27E+23
Total						6.27E+23
Non-Renewable Purchased						
10	Construction investment	\$	633.22	3.68E+12	[24]	2.33E+15
11	Maintenance cost	\$	35.28	3.68E+12	[24]	1.3E+14
12	Level of education					
	Preschool	J	14016.573	8.9E+6	[16]	1.25E+11
	school	J	10698.839	2.46E+7	[16]	2.63E+11
	collage	J	18324607	7.33E+7	[16]	1.34E+15
	public status	J	530854.39	10.29E+8	[16]	5.46E+14
Total						4.35E+15
Yields						
14	Biogas	J	5.65E+11	248000	[21]	1.40E+17
15	Biogas slurry	J	1.57E+11	5.77E+6	[22]	9.07E+17
16	Biogas residue	J	1.4E+13	2.7E+6	[21]	3.77E+19
Total						3.87E+19

Table 4 Emery Flow Supporting Biogas System of Scenario 2

No.	Item	Unit	Amount	Transformity	References	Solar Emery
Renewable Resources						
1	Sunlight	J	3.17E+28	1	[6]	3.17E+28
2	Rain, geopotential	J	9.56E+13	10500	[6]	1.00E+18
3	Wind	J	5.41E+14	1500	[6]	8.12E+17
4	Earth cycle	J	7.03E+12	34400	[6]	2.42E+17
5	manure	J	2.95E+14	27000	[21]	7.96E+18
6	Urine and flushing sewage	J	1892792	3.8E+6	[22]	7.19E+12
Total						3.17E+28
Renewable Purchased						
7	Water	kg	76212	4.65E+8	[23]	3.54386E+13
8	Labor	J	3.13E+11	7.24E+6	[6]	2.26418E+18
9	Land	J	2.32E+19	27000	[6]	6.2694E+23
Total						6.2694E+23
Non-Renewable Purchased						
10	Construction investment	\$	717.6493	3.68E+12	[24]	2.64E+15

No.	Item	Unit	Amount	Transformity	References	Solar Emergy
11	Maintanance cost	\$	99.96	3.68E+12	[24]	3.68E+14
12	Level of education					
	Preschool	J	14016.57	8.9E+6	[16]	1.25E+11
	school	J	10698.84	2.46E+7	[16]	2.63E+11
	collage	J	18324607	7.33E+7	[16]	1.34E+15
	public status	J	530854.4	10.29E+8	[16]	5.46E+14
	Total					4.90E+15
Yield						
14	Biogas	J	1.33E+12	248000	[21]	3.29E+17
15	Biogas slurry	J	4.56E+11	5.77E+6	[22]	2.63E+18
16	Biogas residue	J	4.05E+13	2.7E+6	[21]	1.09E+20
	Total					1.12E+20

2.3. Emergy-base indices result

Emergy-base indices calculation of biogas system are listed on the Table 5 there are include EYR, EIR, ELR and ESI from each scenario.

Table 5 Emergy-Base Indices Result

Item	Scenario 1	Scenario 2
Emergy Yield Ratio	4.52E-11	3.54E-09
Emergy Investment Ratio	7.31E-07	1.979E-05
Environmental Loading Ratio	7.31E-07	1.979E-05
Environmental Sustainable Index	6.18E-05	1.79.E-04

EYR values showed that scenario 2 has the highest EYR value compared to scenario 1. This indicates that the second scenario is an efficient alternative in recovering emergy because of utilization of livestock manure into biogas. In emergy investment ratio, scenario 1 has the lowest value, this is due to scenario 1 has a lower input compared to scenario 2 where the manure which used in scenario 1 fewer than the scenarios 2 that will affect other inputs such as the number of labor and maintenance costs. ELR is an indicator to show the environmental burden of each scenario. Scenario 1 has lower value than the ELR on scenario 2 which reflects the pressure on the environment caused by activities in the scenario 1 was lower than scenario 2. Scenario 2 has the highest value of sustainability, seen of the value of ESI compared with scenario 1. The highlighted value on the Table 5 is the value corresponding criterion of each parameter.

Evaluation of potential Tegalweru village with two scenarios denote that all scenarios have comparable values of emergy indices, where scenario 1 has a value of EIR and ELR that meet the criteria, whereas scenario 2 has EYR and ESI values that meet the criteria compared with scenario 1. Therefore the calculation of emission reductions is the next analysis to see the best scenario to be implemented.

2.4. The GHG emission reduction

GHG emission reduction is calculated by comparing the two scenarios and the ability of each scenario in reducing emissions. GHG Emission which calculated in this study focus on methane contained in manure. This gas also plays a major role in contributing to global warming. Calculations were performed with the method

recommended by IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. According to the annual method, emission factor in Asian countries with the type of non-dairy, estimated that about half of cattle manure is used for fuel with the remainder managed in dry systems. Since the Tegalweru village has a temperature of 23°C, so the emission factor used in the calculation is 1 [25]. Table 6 is the calculation of CH₄ emissions in each scenario.

Table 6 The GHG emission reduction result

Formula	Scenario 1		Scenario 2	
	Value	Unit	Value	Unit
Emission factor	1	kg/head/yr	1	kg/head/yr
Population	37	head	87	head
1.00E+06	1.00E+06	-	1.00E+06	-
CH₄ Emission	3.70E-05	Gg CH₄	8.70E-05	Gg CH₄

From emission estimation calculations, it can be denote that scenario 2 has a high methane value compared with scenario 1, this indicates that by utilize manure waste of condition in scenario 2, will reduce GHG emissions of methane higher compared with the current existing condition (scenario 1). Actually both scenarios have the same emission factors, but there are differences in the manure that is used up between the two scenarios, scenario 1 which is optimize manure from 37 cows and scenarios 2 which is optimize manure from 87 cows. So the total emissions generated and can be reduced by optimization using biogas also differ between scenarios 1 and scenario 2. Scenario 2 has 12% ability to reduce emissions of methane compared to the scenario 1 which only has an efficiency of 5.1%.

The scenario that can be applied in Tegalweru village is scenario 2 with higher EYR, ESI and emission reduction. Some advantages which perceived by the application from minimum utilization of 87 cattle to fulfill the target of 60% electricity needs beside of the environment, among others:

- In terms of political, scenario 2 will be able to assist the government in achieving energy self-sufficient village programs that have been implemented since 2007 and also assist the government to develop policies to improve the utilization of manure in the village Tegalweru like Medium Term Development Plan.
- In terms of economy, society will get benefit from the utilization of biogas that can fulfill the electricity needs. So that the expenditure costs for electricity need will be reduced and can be allocated for another needs.
- From the social point of view, community will be able to become self-reliant community in fulfilling the needs of electrical energy, reviewed from enhancement in participation of local communities to build and manage the installation of biogas. Furthermore, biogas will improve the welfare of the community.

3. Conclusion

Biogas is one way to embody Energy Self-Sufficient Village (ESSV). Demand of electricity is growing as the population increases should be balanced by using renewable energy. By utilizing animal waste in scenario 2, will be able to realize Tegalweru village as the energy self-sufficient village, since the current conditions (scenario 1) can't fulfill the need of electricity. In the other hand, biogas is a tool to reduce the risk of environmental impacts from livestock manure and to fulfill the demand of electricity for rural communities. The results of the evaluation showed the sustainability of the scenario 2 to implement the Village Tegalweru become Energy Self-Sufficient Village. In line with the high potential of manure to be used, then the scenario 2 is the optimal scenario to fulfil the 60% target of electricity for rural communities.

The application of emergy analysis in the study are emergy indicators which significant to evaluate the utilization of manure. This method generating the value of the efficiency and sustainability of each scenario, but it also can estimate the environmental burden and benefits of the utilization of livestock manure. Therefore, the emergy analysis compared in two different conditions. The calculations show that scenario 1 has the lowest value of emergy investment. A large amount of manure used in scenario 2, will also improve the number of labor and maintenance

costs. The high value of ELR in scenario 2 is caused by use of non-renewable inputs which higher than scenario 1 so will affect the environmental burden, but in sustainability terms, scenario 2 has a high sustainability value where the use of manure from 87 cows would give benefit to society in a long time compared with the current utilization which only provide the benefits in a short time. Moreover, the utilization of the 87 cattle in scenario 2 will reduce higher emissions of methane compared with utilization of 37 cattle dung. According to the estimation of methane gas produced by livestock manure, scenario 2 has a major contribution in the reduction of methane gas causes of global warming.

Acknowledgements

This study has been supported by Brawijaya University Grants and Anugerah Riset Sobat Bumi Program from Pertamina Foundation, Indonesia.

References

- [1] Abdullah, Kamaruddin. Village Base Renewable Energy Promotions in Indonesia. 2011
- [2] Purohit, Pallav, et.al. Techno-economics of biogas-based water pumping in India: An attempt to internalize CO₂ emissions mitigation and other economic benefits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11 (2007) 1208-1226.
- [3] The United Nations for Environmental Program. Waste and Climate Change: Global Trends and Strategy Framework, UNEP, Division of Technology Industry and Economics, International Environmental Technology Centre. Osaka/Shiga.
- [4] Forster, P., et.al.. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., et.al.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY USA. Available at http://www.ipcc.ch/publication_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html.
- [5] Meidiana, Christia. Emery Analysis for Assessing the Scenarios of Final Waste Treatment in Yogyakarta, Indonesia. *Dissertation*. 2012.
- [6] Odum HT. *Environmental accounting: emery and environmental decision making*. New York: Wiley; 1996
- [7] Ulgiati, S, Odum HT, Bastianoni S. Emery Analysis, environmental loading and sustainability: an emery analysis of Italy. *Ecol Model* 1994;73(3-4):215-68.
- [8] S.Y Zhou, B Zhang, Z.F Cai. Emery analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat* 2010;15: 1408-1418
- [9] Tegalweru's Profile, 2011
- [10] National Environmental Accounting Database. NEAD Data by Country. University of Florida. 2008. Available at <http://www.cep.ees.ufl.edu/need/data.php?country=69&year=409>
- [11] Rushayati, et.al.. Pengembangan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Distribusi Suhu Permukaan di Kabupaten Bandung. 2011
- [12] S.Y Zhou, B Zhang, Z.F Cai. Emery analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat* 2010;15: 1408-1418
- [13] International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Density of Air. Online. http://en.wikipedia.org/wiki/Density_of_air. July 28th 2013.
- [14] Dokumen Analisis Mengenai Dampak Lingkungan RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
- [15] Campbell, Reece-Mitchell. 2002. *Biologi Edisi kelima jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- [16] Odum HT. Self-organization, transformity, and information. *Science* 1988;242:1132-9
- [17] Svenskt Gasteknusk Center AB. Swedish Gas Center: Basic Data on Biogas. ISBN: 978-91-85207-10-7. 2012. Available at www.sgc.se.
- [18] Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang Tahun 2011-2031
- [19] Dimpl, Elmar. 2010. Small-scale Electricity Generation from Biomass. GTZ-HERA – Poverty-oriented Basic Energy Service.
- [20] Brown MT, Ulgiati S. Emery-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecol Eng* 1997;9:51-69
- [21] Wei XM, Chen B, Qu YH, Chen GQ, Lin C. *Emery analysis for 'Four in One' peach production system in Beijing*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul* 2009;14(3):946-58.
- [22] Geber U, Björklund J. *The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment systems – a case study*. *Ecol Eng* 2001;19:97-117
- [23] Zhou JB. *Embodied ecological elements accounting of national economy*. Ph.D. Thesis. Peking University, Beijing; 2008 [in Chinese].
- [24] Jiang MM, Zhou JB, Chen B, Yang ZF, Ji X, Zhang LX, et al. *Ecological evaluation of Beijing economy based on emery indices*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simul* 2009;14:2482-94
- [25] Intergovernmental Panel On Climate Change (IPCC). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories: CH₄ and N₂O Emissions From Livestock Manure. Available at nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf