

**PENENTUAN HARGA OPTIMAL PEMANFAATAN LIMBAH  
KOTORAN TERNAK MELALUI EVALUASI SKENARIO DENGAN  
EMERGY ANALYSIS**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
mendapatkan gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**AGIL HARNOWO PUTRA**

**NIM. 105060600111062**

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

## PENGANTAR

Puji dan syukur panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat bantuan, petunjuk, dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu proses penyelesaian tugas akhir ini, oleh karena itu tidak lupa penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr.Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Kartika Eka Sari, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan untuk kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak I Nyoman Suluh Wijaya, ST., MT., Ph.D dan Bapak Chairul Maulidi, ST., MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran yang membangun agar tugas akhir ini dapat menjadi penelitian yang baik.
3. Dr. Suharnowo, Tri Venawati, Raissa Majid, Ardissa Majiid, Reka Hardian, Bambang Zulkarnain dan Raffa selaku keluarga saya yang selalu memberikan nasehat dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.
4. Lovita Febri Darmayani, penyemangat saya yang sudah membantu, menemani dan memberikan saran untuk penyempurnaan tugas akhir.
5. Semua pihak dan teman-teman khususnya PWK UB angkatan 2010 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan survei serta masukan penyelesaian tugas akhir.

Semoga tugas akhit ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca sekaligus dapat menjadi bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Malang, 27 Januari 2014

Penulis

## RINGKASAN

**Agil Harnowo Putra**, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, *Penentuan Harga Optimal Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak melalui Evaluasi Skenario dengan Emery Analysis*, Dosen Pembimbing : Dr.Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. dan Kartika Eka Sari, ST., MT.

Semakin sedikitnya bahan bakar fosil demi pemenuhan kebutuhan energi masyarakat membuat pemerintah Indonesia mulai menggalakan pengembangan energi alternatif. Energi alternatif merupakan energi yang dihasilkan dari proses yang bahan bakunya berasal dari sumber daya terbarukan. Limbah kotoran ternak dapat dibentuk menjadi sebuah bentuk energi alternatif berupa biogas. Energi alternatif berupa biogas dapat menekan polusi udara di desa sekaligus dapat memenuhi kebutuhan energi masyarakat desa yang semakin meningkat. Skenario perlu ditentukan untuk mengetahui tingkat kebutuhan energi dan bentuk pemanfaatan yang tepat.

Metode analisa yang digunakan dalam penelitian yaitu analisis *emery* untuk menentukan kondisi yang tepat di terapkan di Desa Tegalweru. Analisis ini membandingkan 3 skenario yang dapat diterapkan dilihat dari efisiensi dan keberlanjutan dari masing-masing kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi *BAU* (*Bussines as Usual*) atau kondisi eksisting dimana 6 titik biogas (27 ekor sapi ) digunakan untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik. Sedangkan untuk kondisi kedua adalah kondisi dimana semua potensi sapi dapat dimanfaatkan (1.080 ekor sapi) untuk biogas. Serta skenario ketiga dimana semua potensi sapi (1080 ekor sapi) digunakan untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik warga desa. Analisis selanjutnya adalah analisis harga optimal untuk mengetahui *range* harga yang mampu dibayarkan warga per golongan pendapatan.

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa skenario tiga merupakan skenario dengan tingkat efisien dan keberlanjutan paling baik karena memeunih indicator *emery*. Pemanfaatan limbah kotoran ternak menjadi bigas untuk pemenuhan energi (memasak dan penerangan lampu) yang mampu dibayarkan warga berkisar antara Rp 9.000,00 – Rp 22.000,00 sedangkan harga optimal untuk pupuk organik berkisar antara Rp 500,00 – Rp 1.800,00.

Kata Kunci: Analisis *Emery*, Harga optimal, Limbah Ternak

## SUMMARY

**Agil Harnowo Putra**, Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, Januari 2014, *Penentuan Harga Optimal Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Melalui Evaluasi Skenario dengan Emergy Analysis*, Academic Supervisor : Dr.Tech. Christia Meidiana, ST., M.Eng. and Kartika Eka Sari, ST., MT.

The lack of fossil fuels for demand of fulfilling the energy needs of society make the Government of Indonesia started to introduce people about the development of alternative energy. Alternative energy is energy generated from the process a raw material comes from renewable resources. Cattle dung wastes can be formed into an alternative form of energy in the form of biogas. Alternative energy in the form of biogas can suppress air pollution in the village at one time can meet the energy needs of the people of the village are ever increasing. Scenarios need to be determined to find out the level of energy requirements and the proper utilization of form.

Methods of analysis used in the study is the analysis of emergy to determine appropriate conditions apply in the village of Tegalweru. This analysis compares the 3 scenarios that can be applied as seen from the efficiency and sustainability of their respective conditions. The first condition is a condition of BAU (Business as Usual) or existing condition where biogas point 6 (27 cows) is used for the fulfillment of the needs of energy and organic fertilizer. As for the second condition is a condition where all potential cow can be utilized (1,080 cows) to biogas. And the third scenario where all potential cow (ox tail 1080) is used for the fulfillment of the needs of energy and organic fertilizer villagers. Further analysis is the analysis of the economic contribution to know the price range that is able to be paid the income per citizen.

The result of the study shows that scenario three is scenario with an efficient and sustainability best indicator because memeunih emergy. Utilization of waste droppings of cattle being bigas to the fulfillment of energy ( cooking and lighting a lamp ) capable of paid residents ranges between rp 9.000,00-Rp 22.000,00 while contribution economy to organic fertilizers ranges between rp 500,00-Rp 1.800,00.

Keywords: emergy analysis, optimal price, manure waste

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR LAMIPRAN</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6.1 Ruang Lingkup Wilayah.....	5
1.6.2 Ruang Lingkup Materi.....	7
1.7 Kerangka Pemikiran.....	8
1.8 Sistematika Pembahasan.....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Definisi Energi Alternatif.....	10
2.2 Tinjauan Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak.....	10
2.2.1. Jenis Pemanfaatan Limbah Ternak.....	11
2.2.2. Kandungan didalam Limbah Ternak.....	13
2.2.3 Tipe Digester Biogas.....	13
2.2.4 Skenario.....	14
2.2.5 Harga optimal.....	16
2.2.6 Emergy Analysis.....	17
2.3 Tinjauan Kebijakan.....	18
2.3.1 Peraturan Presiden No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional.....	19
2.3.2 Undang-Undang No 30 Tahun 2007 tentang Energi.....	19
2.3.3 RTRW Kabupaten Malang Tahun 2010-2030.....	19
2.4 Kerangka Teori.....	21
2.5 Penelitian Terdahulu.....	22

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Jenis Penelitian .....	24
3.2	Variabel Penelitian .....	24
3.3	Diagram Alir.....	25
3.4	Metode Pengumpulan Data .....	26
3.4.1	Survey Primer.....	27
3.4.2	Survey Sekunder.....	28
3.5	Metode Sampling.....	29
3.6	Teknik Sampling .....	29
3.7	Asumsi dan Batasan .....	30
3.8	Metode Analisis Data .....	32
3.8.1	Penentuan Skenario .....	32
3.8.2	Analisis <i>Supply</i> Energi .....	33
3.8.3	Analisa <i>Emergy</i> ( <i>Emergy Analysis</i> ).....	35
3.8.4	Harga Optimal .....	37

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1.	Karakteristik Desa Tegalweru .....	43
4.2	Kondisi Pemanfaatan Biogas dan Pupuk Kompos Desa Tegalweru .....	49
4.2.1	Boundary System.....	49
4.2.2	Produsen .....	49
4.2.3	Proses.....	52
4.2.4	Output .....	55
4.3	Evaluasi Skenario .....	57
4.3.1	Demand-Supply Energi .....	58
4.3.2	<i>Emergy Analysis</i> .....	62
4.4.	Harga optimal .....	71
4.4.1	Penerangan lampu.....	71
4.4.2	Memasak.....	72
4.4.3	Perbandingan .....	73
4.4.4	Harga optimal kebutuhan energi.....	74

4.4.5 Harga optimal pupuk kompos organik ..... 82

4.5 Rekomendasi Harga Optimal untuk Pemenuhan Energi dan Pupuk kompos ..... 90

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan..... 92

5.2 Saran ..... 93



**DAFTAR LAMPIRAN**

1. Lampiran <i>Emergy Anlysis</i> .....	94
2. Lampiran Kuisiner Identifikasi Kondisi .....	113
3. Lampiran Kuisiner Kontribusi Ekonomi .....	116



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan kompos organik .....	12
Tabel 2. 2 Kandungan unsur hara pada pupuk kandang yang berasal dari beberapa ternak ...	13
Tabel 2. 3 Tipe reaktor biogas .....	13
Tabel 2.4 Penelitian terdahulu .....	22
Tabel 3. 1 Variabel penelitian.....	25
Tabel 3.2 Data yang diperlukan dan tujuan kuisioner .....	28
Tabel 3.3 Daftar kebutuhan data sekunder .....	29
Tabel 3. 4 Penentuan Skenario.....	33
Tabel 3. 5 Nilai emergy dan indeks emergy yang dianalisa dalam studi.....	35
Tabel 3. 6 Konstruksi tabel emergy .....	37
Tabel 3. 7 Desain survei.....	40
Tabel 4. 1 Lokasi biogas .....	50
Tabel 4. 2 Deskripsi dan kuantitas limbah ternak Desa Tegalweru.....	52
Tabel 4. 3 Perawatan biogas .....	53
Tabel 4. 4 Jenis reaktor biogas Desa Tegalweru.....	54
Tabel 4. 5 Parameter digester dan tempat penyimpanan .....	54
Tabel 4. 6 Produksi biogas dan pupuk kompos organik Desa Tegalweru .....	55
Tabel 4. 7 Skenario .....	57
Tabel 4. 8 Perbandingan skenario.....	57
Tabel 4. 9 Demand-supply energy skenario 1 Desa Tegalweru .....	62
Tabel 4. 10 Tabel emergy skenario 1 .....	65
Tabel 4. 11 Tabel Emergy skenario dua .....	66
Tabel 4. 12 Tabel Emergy skenario tiga .....	68
Tabel 4. 13 Emergy value .....	69
Tabel 4. 14 Indeks Emergy .....	70
Tabel 4. 15 Biaya penghematan energi alternatif (dalam satu bulan).....	74
Tabel 4. 16 Harga optimal pemenuhan energi .....	78
Tabel 4. 17 Harga optimal pupuk kompos npk.....	86
Tabel 4. 18 Rekomendasi harga optimal terhadap energi dan pupuk kompos .....	91

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta wilayah studi Desa Tegalweru .....	6
Gambar 1.2 Kerangka pemikiran.....	8
Gambar 2. 1 Diagram skenario .....	16
Gambar 2.2 Kerangka teori penelitian.....	21
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 3. 3 Penentuan skenario .....	34
Gambar 3. 4 Diagram sistem emergy secara umum .....	37
Gambar 3. 2 Penentuan range harga harga optimal (Shoemaker,2012) .....	40
Gambar 3. 5 Kerangka pemikiran.....	43
Gambar 4. 1 Jumlah penduduk Desa Tegalweru .....	43
Gambar 4. 2 Jumlah penduduk miskin Desa Tegalweru .....	44
Gambar 4. 3 Mata pencaharian penduduk Desa Tegalweru Tahun 2013 .....	44
Gambar 4.4 Prosentase peternak murni dan petani yang mempunyai .....	45
Gambar 4. 5 Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (1) .....	46
Gambar 4. 6 Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (2) .....	47
Gambar 4. 7 Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (3) .....	48
Gambar 4. 8 Boundary system Desa Tegalweru.....	49
Gambar 4. 9 Warga yang memiliki biogas .....	50
Gambar 4. 10 Titik lokasi biogas Desa Tegalweru.....	51
Gambar 4. 11 Manajemen pengelolaan limbah ternak Desa Tegalweru .....	53
Gambar 4. 12 Residu proses biogas cairan dan padatan untuk pupuk kompos .....	55
Gambar 4. 13 Pemanfaatan biogas untuk memasak .....	55
Gambar 4. 14 Ternak sapi di Desa Tegalweru.....	56
Gambar 4. 15 Peta rekomendasi titik potensi biogas.....	58
Gambar 4. 16 Emergy flow skenario 1 .....	63
Gambar 4. 17 Emergy flow skenario 2 .....	64
Gambar 4. 18 Emergy flow skenario 3 .....	64
Gambar 4. 19 Harga optimal energi warga dengan pendapatan $\leq$ Rp500.000,00 .....	75
Gambar 4. 20 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 .....	76

Gambar 4. 21 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp1.500.000,00 – Rp2.500.000,00 ..... 76

Gambar 4. 22 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 ..... 77

Gambar 4. 23 Harga optimal energi warga dengan pendapatan < Rp3.500.000,00 ..... 77

Gambar 4. 24 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (1) ..... 80

Gambar 4. 25 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (2) ..... 81

Gambar 4. 26 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (3) ..... 82

Gambar 4. 27 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan < Rp500.000,00 ..... 83

Gambar 4. 28 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 ..... 84

Gambar 4. 29 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp1.500.000,00 – Rp2.500.000,00 ..... 84

Gambar 4. 30 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 ..... 85

Gambar 4. 31 Harga optimal energi warga dengan pendapatan < Rp3.500.000,00 ..... 86

Gambar 4. 32 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (1) ..... 88

Gambar 4. 33 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (2) ..... 89

Gambar 4. 34 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (3) ..... 90



## LEMBAR PERSETUJUAN

# PENENTUAN HARGA OPTIMAL UNTUK PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK MELALUI EVALUASI SKENARIO DENGAN EMERGY ANALYSIS

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**AGIL HARNOWO PUTRA**  
**NIM. 105060600111062**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

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

**Kartika Eka Sari, ST., MT**  
**NIP. 840219 06 1 2 0289**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PENENTUAN HARGA OPTIMAL UNTUK PEMANFAATAN  
LIMBAH KOTORAN TERNAK MELALUI EVALUASI  
SKENARIO DENGAN EMERGY ANALYSIS**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**AGIL HARNOVO PUTRA**  
**NIM. 105060600111062**

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

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**

**I Nyoman Suluh Wijaya, ST., MT., Ph.D**  
**NIP. 19760122 200312 1 003**

**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 : Agil Harnowo Putra  
NIM : 105060600111062  
Judul Skripsi / Tugas Akhir : Penentuan Harga Optimal Untuk Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Melalui Evaluasi Skenario Dengan Emergy Analysis

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

Agil Harnowo Putra  
105060600111062

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

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan komponen penting untuk menunjang aktivitas dan usaha produktif dalam rumah tangga. Sumber energi dapat berasal dari energi fosil, matahari, air, angin atau energi (Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009). Indonesia kaya akan sumber-sumber energi alamnya dan tersebar di lautan hingga daratan, namun pemanfaatan sumber-sumber energi di Indonesia belum optimal. Pemanfaatan energi di Indonesia belum bervariasi, saat ini energi yang digunakan dalam kehidupan masyarakat Indonesia hanya terfokus pada energi yang berasal dari fosil yaitu bahan bakar minyak (BBM). Keterbatasan kemampuan pendanaan maupun sumber daya manusia pada pemerintah membuat pengembangan energi terbarukan belum dapat secara optimal diaplikasikan pada semua wilayah. Akibatnya permasalahan keterbatasan energi banyak terjadi di kabupaten/kota maupun lingkup desa/kelurahan sehingga mempengaruhi tingkat kesejahteraan masyarakat. Indonesia hanya mempunyai cadangan bahan bakar fosil yang sedikit untuk pemenuhan kebutuhan energi di semua kabupaten/kota (PerPres No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional), sehingga diperlukan adanya alternatif untuk mendapatkan energi baru pengganti bahan bakar minyak.

Indonesia memiliki potensi beberapa sumber energi terbarukan, seperti energi matahari, air, angin, limbah ternak, dan limbah sampah. Pemanfaatan sumber-sumber energi baru haruslah didukung dengan kebijakan-kebijakan yang berpihak sehingga pengolahannya dapat dengan mudah diaplikasikan dan hasil produksinya dapat dirasakan oleh masyarakat luas (Perpres No 5 Tahun 2006). Limbah ternak merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berkembang dalam skala industri maupun skala rumah tangga, pemanfaatan yang tepat akan membuat limbah ternak menjadi sebuah sumber energi terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi (Setiawan, 2002). Pemanfaatan limbah ternak yang masih minim, khususnya di daerah Kabupaten Malang, Jawa Timur menjadi peluang yang baik untuk pengembangan energi alternatif.

Desa Tegalweru memiliki potensi dalam jenis energi berbahan dasar kotoran sapi. Hal ini didasarkan bahwa mayoritas pencaharian di Desa Tegalweru adalah peternak yaitu mencapai 475 KK dari total 967 KK yang ada di Desa Tegalweru atau 49,1% dari

total KK (Profil Desa Tegalweru, 2012), . Pemanfaatan kotoran sapi dari peternak akan menghasilkan biogas, biogas inilah yang akan dijadikan dasar untuk memenuhi kebutuhan energi yang terdapat di Desa Tegalweru, mengingat permintaan energi di Desa Tegalweru mencapai 469.459 kwh energi/tahun (Profil Desa Tegalweru, 2012). Selain biogas, pupuk kompos *organic* juga merupakan salah satu bentuk pemanfaatan limbah kotoran ternak. Pupuk kompos *organic* sangat bermanfaat bagi peningkatan produksi pertanian baik kualitas maupun kuantitas, mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk *organic* dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan dapat mencegah degradasi lahan (Simanungkalit, *et all.*2006).

Skenario dalam penelitian digunakan untuk mengetahui perencanaan yang tepat dalam mengelola limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru, penentuan skenario yang tepat akan membuat warga desa dapat percaya akan efisiensi dan efektivitas dari biogas dan pupuk kompos yang diolah dari limbah kotoran ternak (Zhao, 2009). *Emergy Analysis* merupakan sebuah analisis evaluatif yang dibuat untuk memperhitungkan jumlah energi dalam satuan yang berbeda untuk dikonversikan satuannya menjadi satuan yang sama dan menghitung total energi yang keluar-masuk (Odum, 1996). Analisis *emergy* dibutuhkan untuk meyakinkan masyarakat tentang manfaat ekonomi dan ekologi dari limbah kotoran ternak (Zhao, 2009). Skenario terbaik akan menjadi dasar perhitungan nilai ekonomi dengan mengukur kemauan warga Desa Tegalweru untuk membayar biaya sebagai pemenuhan kebutuhan energi untuk penerangan lampu dan memasak bagi warga serta harga pupuk organik bagi petani di Desa Tegalweru.

Tingginya biaya yang harus dikeluarkan warga untuk pemenuhan kebutuhan energi fosil tiap bulannya (Rp 60.000,00 untuk memasak dan Rp75.000,00 untuk listrik) membuat warga dapat menggunakan biogas sebaagai energi cadangan dan alternatif mereka dikarenakan harga yang lebih murah,warga yang tidak memiliki sumber daya untuk energi biogas ( 492 KK dari 967 KK) dapat membeli biogas dari warga yang memiliki modal untuk pembuatan energi biogas yaitu peternak (475 KK dari 967 KK). Penerapan harga optimal dapat digunakan bagi warga yang tidak memiliki modal membuat biogas namun ingin menggunakan energi biogas, hal ini dilakukan agar semua warga merasakan dampak energi biogas dan dapat digunakan untuk semua warga masyarakat.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Isu-isu yang telah berkembang di masyarakat Desa Tegalweru mengenai pengelolaan limbah kotoran ternak adalah :

1. Pengembangan energi alternatif berbasis limbah kotoran ternak sapi masih terbatas di Desa Tegalweru, dari 475 peternak yang ada di Desa Tegalweru, hanya 6 KK yang mempunyai instalasi biogas (Profil Desa Tegalweru, 2012).
2. Terdapat potensi energi biogas yang dapat didistribusikan kepada warga non-peternak, hal ini dikarenakan produksi biogas yang berlebih dari kondisi eksisting. Kondisi saat ini belum mengakomodir kebutuhan energi alternatif bagi warga yang tidak mempunyai sumber daya sehingga diperlukan penentuan harga optimal. Penentuan harga optimal dapat berkontribusi untuk meminimalisir pengeluaran bagi keluarga pra sejahtera.
3. UMR Kabupaten Malang tahun 2013 menyebutkan bahwa setiap KK harus memiliki minimal pendapatan sebesar Rp 1.343.700,00 (Peraturan Gubernur Jatim no 72 tahun 2012), sebanyak 380 KK dari 967 KK di Desa Tegalweru masih dalam tahap keluarga pra-sejahtera dan memiliki gaji dibawah UMR (Profil Desa Tegalweru,2012).
4. Potensi pencemaran lingkungan yang ditimbulkan apabila limbah kotoran ternak berupa sapi tidak diolah,

## 1.3 Rumusan Masalah

Guna menjawab rumusan masalah utama, maka dua rumusan masalah akan dipecahkan sebelumnya yaitu:

1. Bagaimanakah kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru ?
2. Bagaimanakah skenario pemanfaatan limbah kotoran ternak yang baik di Desa Tegalweru?

Dari dua rumusan masalah tersebut dapat dirumuskan masalah utama yaitu “Berapa harga optimal untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik yang dapat dibayar oleh warga Desa Tegalweru?”.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan yang ditelaah maka tujuan penulisannya yaitu:

1. Mengidentifikasi kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak Desa Tegalweru dalam hal biogas dan pupuk kompos *organic*.

2. Menentukan skenario terbaik dalam pemanfaatan limbah kotoran ternak melalui *Energy Analysis* dan *demand-supply*.

Sehingga nantinya akan mengetahui “Harga optimal untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik yang dapat dibayar oleh warga Desa Tegalweru”.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan mengetahui harga optimal untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik yang mampu dibayar oleh warga Desa Tegalweru, maka diharapkan hasil penelitian ini mendatangkan manfaat bagi:

#### 1. Pemerintah

- Dapat dijadikan bahan evaluasi pengembangan energi alternatif di Kabupaten Malang.
- Dapat dijadikan sebagai masukan dalam menyusun kebijakan energi alternatif di Kabupaten Malang.

#### 2. Masyarakat

- Dapat mengetahui harga listrik yang dialirkan melalui sistem biogas dan pupuk organik, serta cara menggunakan energi yang baik dan benar.
- Dapat mendorong masyarakat untuk ikut serta dalam mengembangkan pengelolaan energi alternatif dan turut aktif dalam proses awal hingga akhir.

#### 3. Mahasiswa

- Dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengajukan skenario terbaik bagi masyarakat Desa Tegalweru.
- Dapat menjadi media latihan dalam penelitian mahasiswa serta sebagai motivasi dalam penelitian berikutnya.

#### 4. Akademisi

- Dapat menjadi pengembangan dari penelitian sebelumnya yang membahas aspek partisipasi masyarakat serta kondisi eksisting secara deskriptif.
- Dapat mendorong akademisi untuk melakukan penelitian mendalam/lanjutan terhadap topik pemanfaatan limbah kotoran ternak.

#### 5. Swasta

- Dapat dijadikan bahan evaluasi untuk menjadikan desa sebagai desa percontohan pemanfaatan limbah kotoran ternak.
- Dapat bekerja sama dengan desa dalam hal pemanfaatan energi terbarukan berbasis limbah kotoran ternak.

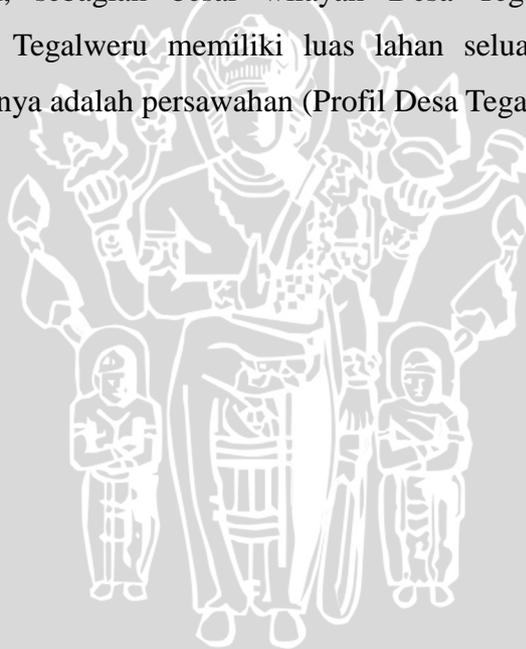
## 1.6 Ruang Lingkup Penelitian

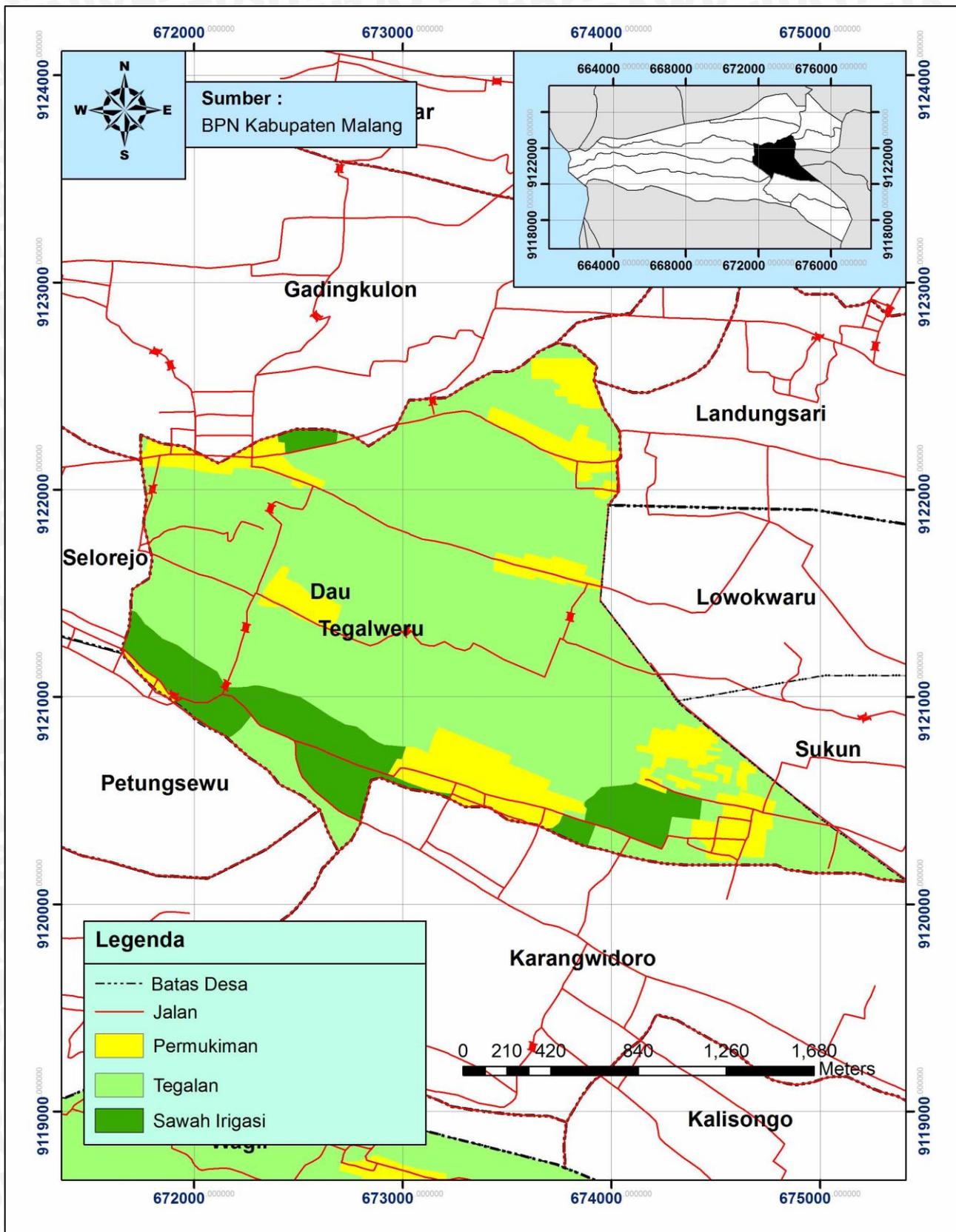
### 1.6.1 Ruang Lingkup Wilayah

Wilayah yang menjadi obyek studi dalam penelitian ini adalah Desa Tegalweru. Desa Tegalweru merupakan desa yang terletak di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Secara administratif Desa Tegalweru berbatasan dengan:

- Sebelah timur : Desa Merjosari ( Kecamatan Dau )
- Sebelah barat : Desa Selorejo ( Kecamatan Dau )
- Sebelah selatan : Desa Karang Widoro ( Kecamatan Dau )
- Sebelah utara : Desa Gadingkulon ( Kecamatan Dau )

Desa Tegalweru terbagi menjadi empat dusun dengan jumlah Kepala Keluarga sebanyak 967 (Profil Desa Tegalweru, 2012) . Ditinjau dari ketinggian tempatnya, wilayah Desa Tegalweru berada pada ketinggian antara 597-845 m dpl. Sedangkan untuk kemiringan lahan, sebagian besar wilayah Desa Tegalweru berada pada kemiringan 0-7%. Desa Tegalweru memiliki luas lahan seluas 370.5 Ha dimana mayoritas tata guna lahannya adalah persawahan (Profil Desa Tegalweru,2012).





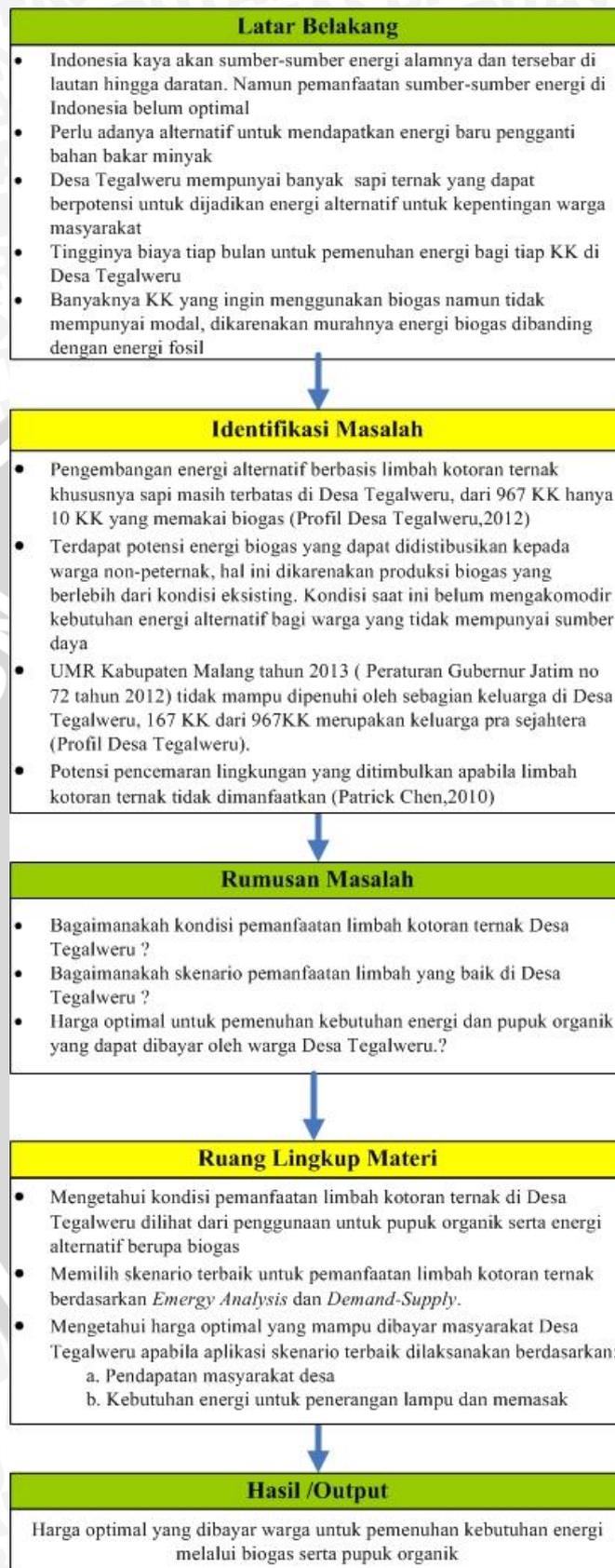
Gambar 1.1 Peta wilayah studi Desa Tegalweru

### 1.6.2 Ruang Lingkup Materi

Materi yang akan dibahas dalam penelitian ini dibatasi berdasarkan harga optimal untuk pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik yang dapat dibayar oleh warga Desa Tegalweru:

1. Mengetahui kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru dilihat dari penggunaan untuk pupuk organik serta energi alternatif berupa biogas.
2. Memilih skenario terbaik untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak berbasis masyarakat berdasarkan *Emergy Analysis* dan *demand-supply* energi masyarakat desa,
  - a. *Emergy Analysis* adalah analisis yang mengkonversikan variabel-variabel yang berpengaruh kedalam sebuah emergi dimana nanti akan dipilih skenario berdasarkan aktivitas yang mempunyai keluaran terbesar dengan pemasukan terkecil.
  - b. *Demand-Supply* merupakan permintaan dan penawaran yang berpengaruh terhadap permintaan kebutuhan warga akan energi serta produksi biogas dan pupuk organik yang mampu dihasilkan.
3. Mengetahui harga optimal yang dapat dibayar warga per golongan pendapatan yang berbeda untuk biogas sebagai pengganti memasak dan penerangan lampu serta pupuk organik melalui variabel:
  - a. Fungsi pendapatan masyarakat, yaitu kecenderungan pengeluaran warga untuk kebutuhan energi dan pupuk kompos.
  - b. Skenario terbaik yang telah dihitung melalui *emergy analysis* dan *demand-supply*.

## 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, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan kerangka pemikiran dan sistematika pembahasan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang literatur yang menjadi acuan dalam 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 sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya terkait dengan “Harga optimal hasil limbah kotoran ternak melalui evaluasi skenario dengan *Emergy Analysis*”.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Definisi Energi Alternatif

Energi alternatif menurut beberapa pendapat dapat didefinisikan sebagai berikut:

1. Energi Alternatif adalah energi yang dapat digunakan untuk bertujuan menggantikan bahan bakar konvensional tanpa akibat yang tidak diharapkan dari hal-hal tersebut (*Alternative Energy Glossary*, 2013)
2. Energi alternatif adalah energi yang digunakan sebagai pengganti energi konvensional dan bertujuan untuk menghentikan penggunaan sumber daya alam atau pengrusakan lingkungan (Oxford University, 2013).
3. Energi alternatif adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik (Peraturan Presiden no 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional).

Dari dua definisi tersebut didapatkan kesimpulan bahwa energi alternatif adalah energi yang digunakan sebagai pengganti energi utama serta dapat digunakan secara berkelanjutan apabila dikelola dengan baik. Energi alternatif juga membantu memenuhi kebutuhan masyarakat dalam kebutuhan energi yang semakin meningkat.

#### 2.2 Tinjauan Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak

Limbah kotoran ternak merupakan limbah atau buangan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti usaha pemeliharaan ternak, rumah potong hewan, pengolahan produk ternak maupun kotoran ternak. Limbah tersebut meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urine, sisa makanan, embrio, kulit telur, lemak, darah, bulu, kuku serta tulang (Macklin, 2012). Limbah ternak mayoritas berasal dari ternak berjenis ruminansia seperti sapi, kerbau, kambing, dan domba. Umumnya setiap satu ekor sapi mampu menghasilkan hingga 25 kg feses.

Limbah ternak mengandung nutrisi atau zat padat yang potensial untuk mendorong kehidupan jasad renik yang dapat menimbulkan pencemaran. Suatu studi mengenai pencemaran air oleh limbah peternakan melaporkan bahwa total sapi dengan berat badannya 5000 kg selama satu hari, produksi manurenya dapat mencemari  $9.084 \times 10^7 \text{ m}^3$  air. Selain melalui air, limbah peternakan sering mencemari lingkungan secara biologis yaitu sebagai media untuk berkembang biaknya lalat. Kandungan air manure antara 27-86 % merupakan

media yang paling baik untuk pertumbuhan dan perkembangan larva lalat, sementara kandungan air manure 65-85 % merupakan media yang optimal untuk bertelur lalat (Macklin, 2012).

### 2.2.1. Jenis Pemanfaatan Limbah Ternak

Limbah ternak sebagai salah satu energi terbarukan memiliki banyak fungsi yang dapat digunakan oleh manusia, biogas dan pupuk kompos adalah beberapa hasil olahan limbah kotoran ternak yang dapat kita gunakan.

#### 1. Biogas

Biogas adalah gas mudah terbakar (*flammable*) yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri yang hidup didalam kondisi kedap udara (Macklin, 2012), pendapat lain dikemukakan oleh Suyitno dkk (2010:1) yang menyatakan bahwa “Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri apabila bahna organik mengalami proses fermentasi dalam reaktor (biodigester) dalam kondisi anaerob (tanpa udara)”. Pendapat lain diutarakan oleh Hambali, Eliza dkk (2007:52) yang menyatakan bahwa “Biogas didefinisikan sebagai gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik (seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, dan daun-daun hasil sortiran sayur) difermentasi atau mengalami proses metanisasi.

Berdasarkan beberapa definsi yang sudah disebutkan diatas, maka kesimpulan yang bisa didapat adalah biogas merupakan energi terbarukan yang diolah dari sisa-sisa zat organik yang memerlukan sebuah proses fermentasi didalam sebuah tempat tanpa adanya kandungan oksigen yang ada didalam sebuah tempat tersebut (anaerobik).

#### 2. Pupuk Kompos

Kompos merupakan pupuk organik yang berasal dari sisa tanaman dan kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi atau pelapukan. Kompos yang baik adalah yang sudah cukup mengalami pelapukan dan dicirikan oleh warna yang sudah berbeda dengan warna bahan pembentuknya, tidak berbau, kadar air rendah dan sesuai suhu ruang (PUSLITBANGNAK, 2007). Proses pembuatan dan pemanfaatan kompos dirasa masih perlu ditingkatkan agar dapat dimanfaatkan secara lebih efektif untuk mengurangi limbah kotoran ternak serta memanfaatkan hasil buangan ternak menjadi sesuatu yang berguna.

Kompos merupakan salah satu komponen untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki kerusakan fisik tanah akibat pemakaian pupuk anorganik (kimia) pada tanah secara berlebihan yang dapat mengakibatkan rusaknya struktur tanah dalam jangka

waktu lama. Manfaat-manfaat pupuk kompos organik berbahan dasar limbah kotoran ternak antara lain (Yovita, 2001):

- a. Memperbaiki struktur tanah berlempung sehingga menjadi ringan.
- b. Memperbesar daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak berderai.
- c. Menambah daya ikat tanah terhadap air dan unsur-unsur hara tanah.
- d. Memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah.
- e. Mengandung unsur hara yang lengkap.
- f. membantu proses pelapukan bahan mineral.
- g. Memberi ketersediaan bahan makanan bagi mikrobia.
- h. Menurunkan aktivitas mikroorganisme yang merugikan.

Limbah kotoran ternak, khususnya dari sapi berpotensi untuk dijadikan bahan pembuatan pupuk kompos. Seekor sapi mampu menghasilkan kotoran padat dan cair sebanyak 20-23,6 kg/hari dan 9,1 kg/hari (Setiawan, 2002). Kotoran yang baru dihasilkan sapi tidak dapat langsung diberikan sebagai pupuk tanaman, tetapi harus mengalami proses pengomposan terlebih dahulu agar optimal. Berikut adalah beberapa alasan mengapa limbah kotoran ternak, terutama sapi yang sudah dikomposkan sangat berpotensi untuk dijadikan pupuk:

- a. Bila tanah mengandung cukup udara dan air, penguraian bahan organik berlangsung cepat sehingga dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.
- b. Penguraian bahan segar hanya sedikit sekali memasok humus dan unsur hara kedalam tanah.
- c. Struktur bahan organik segar sangat kasar dan daya ikatnya terhadap air kecil, sehingga apabila langsung dibanamkan akan mengakibatkan tanah menjadi sangat lemah.

**Tabel 2. 1 Kandungan kompos organik**

No.	Parameter	Nilai
1	pH	7,30
2	Kadar Air (%)	24,21
3	Nitrogen (%)	1,11
4	C. Organik (%)	18,76
5	C/N Ratio (%)	16,90
6	Phospor (%)	1,62
7	Kalium (%)	7,26

Sumber : Vanderholm (1979) dalam Untung (2002)

Tabel 2.1 menunjukkan kandungan didalam kompos organik paling banyak adalah kandungan kadar air dengan total presentase 24,21% menyebabkan kompos organik lebih cair

dibandingkan pupuk lainnya, sedangkan prosentasi paling kecil adalah fosfor dengan nilai 1,62%. Kotoran sapi merupakan bahan baku potensial untuk dijadikan kompos organik, selain kaya akan zat, kotoran sapi yang diubah menjadi pupuk kompos organik juga bisa menjadi penyubur tanaman dan pensteril tanah.

### 2.2.2. Kandungan didalam Limbah Ternak

Pemanfaatan kotoran ternak sebagai biogas maupun sebagai pupuk organik sangat mendukung kehidupan masyarakat di desa, dari banyak orang desa yang memiliki ternak banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga limbah kotoran ternak terbuang begitu saja, sehingga limbah kotoran ternak tersebut dapat merusak lingkungan dan menghasilkan bau yang tidak sedap ( Sugi Rahayu, 2009 )

**Tabel 2. 2 Kandungan unsur hara pada pupuk kandang yang berasal dari beberapa ternak**

Jenis Ternak	Unsur Hara (kg/ton)		
	N	P	K
Sapi Perah	22,0	2,6	13,7
Sapi Potong	26,2	4,5	13,0
Domba	50,6	6,7	39,7
Unggas	65,8	13,7	12,8

Sumber : Vanderholm (1979) dalam Untung (2002)

Tabel 2.2 menunjukkan kandungan didalam limbah kotoran ternak baik untuk dikembangkan menjadi pupuk organik dikarenakan kandungan zat N,P dan K yang tinggi. Sapi perah dewasa dapat menghasilkan 22 kg/ton nitrogen, 2,6 kg/ton *phospor* dan 13,7 kg/ton kalium setiap hari.

### 2.2.3 Tipe Digester Biogas

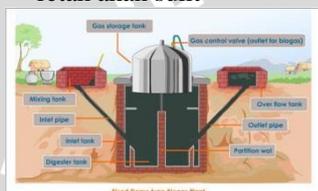
Biogas sebagai salah satu energi alternatif yang dikembangkan di Desa Tegalweru memerlukan tempat atau reaktor untuk menimbun dan menghasilkan gas yang dapat digunakan oleh warga. Reaktor ini berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan limbah kotoran ternak dan membantu reaksi yang dihasilkan oleh limbah kotoran tersebut sehingga gas methane (CH<sub>4</sub>) dapat dijadikan gas untuk pemenuhan kebutuhan energi warga. Jenis reaktor bermacam-macam bergantung terhadap kondisi geografis, kondisi lingkungan serta ekonomi warga. Tabel 2.3 menunjukkan jenis-jenis reaktor yang ada di Indonesia.

**Tabel 2. 3 Tipe reaktor biogas**

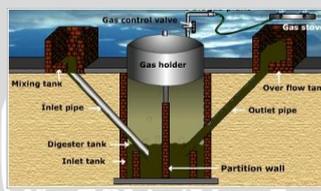
Karakteristik	Kubah tetap ( <i>fixed dome</i> )	Terapung ( <i>floating</i> )	Balon ( <i>balloon</i> )
Pengembangan	1930-an	1937	
Bentuk	Kubah	Kubah	Balon
Bahan	Semen	Semen	Plastik
Tempat	Dibawah permukaan	Terapung (diatas permukaan)	Diatas permukaan
Bagian	Dua bagian: a. Tempat pencerna material biogas	Dua bagian: a. Tempat pencerna material biogas	Satu bagian: a. Digester dan penyimpanan gas yang

Karakteristik	Kubah tetap ( <i>fixed dome</i> )	Terapung ( <i>floating</i> )	Balon ( <i>balloon</i> )
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>b. Pengumpul gas yang berbentuk kubah dan tertanam</li> <li>a. Biaya konstruksi lebih murah</li> <li>b. Mudah diaplikasikan dan dipasang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>b. Pengumpul gas yang terapung diatas permukaan</li> <li>a. Dapat melihat volume gas yang tersimpan di reaktor secara langsung</li> <li>b. Tekanan gas konstan karena tempat penyimpanan yang terapung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bercampur</li> <li>a. Ukuran kecil sehingga mudah diaplikasikan skala rumah tangga</li> <li>b. Biaya konstruksi murah</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sering terjadi kebocoran apabila tidak dibangun dengan baik</li> <li>b. Rawan kebocoran gas apabila terjadi bencana alam</li> <li>c. Perbaikan apabila sudah retak akan sulit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Biaya material konstruksi mahal</li> <li>b. Faktor korosi pada drum, umur drum lebih pendek dari <i>fixed dome</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Penggunaan bahan plastic sehingga rawan terjadi kebocoran</li> </ul>

Gambar



Sumber: www.tutorvista.com



Sumber: www.tutorvista.com

Sumber: RURA (2012)

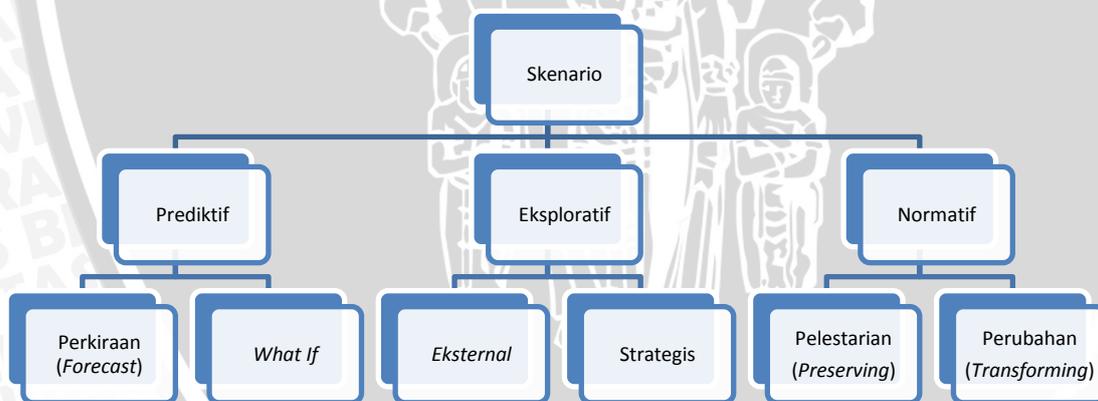
Jenis-jenis reaktor didalam tabel 2.3 menunjukan bahwa semua jenis reaktor memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Desa Tegalweru memiliki enam unit biogas yang semuanya berjenis kubah tetap atau *fixed dome*, hal ini dikarenakan biaya konstruksi dan materialnya yang lebih murah serta mudahnya pemasangan pembangunannya.

### 2.2.4 Skenario

Penentuan skenario digunakan untuk mengidentifikasi jenis skenario yang akan dipakai berdasarkan beberapa variabel yang sudah ditentukan, lalu memilih skenario yang terbaik untuk pengembangan limbah kotoran ternak. Dalam sebuah penentuan skenario diperlukan sebuah fundamental yang konsisten secara internal, masuk akal dan memprediksi kejadian di masa depan dengan pertimbangan yang logis. Lebih jauh pembangunan skenario memerlukan proses interdisipliner yang inheren, karena penentuan skenario memerlukan banyak dimensi sudut pandang yang memiliki masalah yang sama. Skenario memerlukan integrasi fenomena dalam rentang waktu yang panjang (meliputi demografi, teknologi maupun tren ekosistem yang berkembang) dengan fenomena jangka pendek (inflasi, kenaikan harga oli secara mendadak, kenaikan harga minyak bumi. Penentuan skenario memerlukan tren untuk mengetahui perkembangan dari dahulu (De Jouvenel, 2000) Proses penentuan skenario terdiri dari lima langkah utama yaitu:



1. Mengidentifikasi masalah dan memberi batasan masalah sehingga tidak terlalu meluas.
2. Mengumpulkan informasi, opini dari para ahli dan data-data lampau untuk sistem investigasi dan membangun sistem yang koheren dengan melibatkan semua aktor dan agen yang relevan, termasuk faktor-faktor utama penentu skenario serta jaringannya (baik kualitatif maupun kuantitatif).
3. Mengidentifikasi faktor-faktor kunci yang dapat mempengaruhi keputusan dan memisahkan faktor-faktor yang tidak dapat dihindari yang kemungkinan dapat merubah skenario secara drastis.
4. Menyempurnakan skenario dengan bentuk narasi yang konsisten atau sebuah “cerita”.
5. Langkah berikutnya yaitu dengan memeriksa implikasi-implikasi dari berbagai variasi skenario dan menerjemahkan hal-hal tersebut kedalam sebuah pilihan strategis yang jelas. Perbedaan pilihan dapat membuat sebuah poin diuji kekuatannya dan dibandingkan dengan variabel kuat lainnya dalam menentukan skenario.



**Gambar 2. 1 Diagram skenario**

Sumber: Borjeson, 2005

Kunci dalam penentuan skenario didalam penelitian ini terletak pada jumlah sapi yang berada di Desa Tegalweru serta kebijakan terkait yang mendukung pengembangan energi alternative di desa. Gambar 2.1 menunjukkan diagram dan jenis jenis skenario yang bisa dipakai untuk pengembangan penelitian, yaitu skenario prediktif, skenario eksploratif dan skenario normatif.

### 2.2.5 Harga optimal

Untuk memahami konsep harga optimal konsumen terhadap suatu barang atau jasa harus dimulai dari konsep utilitas, yaitu manfaat atau kepuasan karena mengkonsumsi barang atau jasa pada waktu tertentu. Setiap individu ataupun rumah tangga selalu berusaha untuk memaksimalkan utilitasnya dengan pendapatan tertentu, dan ini akan menentukan jumlah permintaan barang atau jasa yang akan dikonsumsi. Permintaan diartikan sebagai jumlah barang atau jasa yang mau atau ingin dibeli atau dibayar oleh konsumen pada harga tertentu dan waktu tertentu (Perloff, 2004). Utilitas yang akan didapat oleh seorang konsumen memiliki kaitan dengan harga yang dibayarkan yang dapat diukur dengan harga optimal. Sejumlah uang yang ingin dibayarkan oleh konsumen akan menunjukkan indikator utilitas yang diperoleh dari barang tersebut (PSE-KBUGM, 2002).

Untuk menilai harga optimal dari konsumen, ada beberapa format yang dapat dilakukan dan dituangkan dalam kuesioner, yaitu : 1) *open-ended elicitation format*, 2) *closed ended referendum elicitation format* atau *bidding game format*, dan 3) *payment card elicitation*, atau *sequential referendum method*, atau *discrete choice method* (Kumar & Rao, 2006; Delaeny & O'Toole, 2004a). Ketiga format tersebut diuraikan sebagai berikut :

1. *Open-ended elicitation format*, atau pertanyaan terbuka yaitu metode yang dilakukan dengan bertanya langsung kepada konsumen berapa jumlah atau nilai maksimum yang ingin dibayar terhadap suatu barang atau jasa. Kelebihan metode ini adalah konsumen tidak perlu diberi petunjuk yang bisa mempengaruhi nilai yang akan diberikan. Metode ini tidak menggunakan nilai awal yang ditawarkan sehingga tidak akan timbul bias data awal (*starting point bias*). Kekurangan metode ini adalah kurang tepatnya nilai yang diberikan oleh konsumen, kadang terlalu besar atau terlalu kecil, sehingga tidak dapat menggambarkan nilai harga optimal yang sebenarnya.
2. *Closed ended referendum elicitation format (Bidding game format)*, atau pertanyaan tertutup, dimana konsumen ditanya apakah mau/ingin membayar sejumlah uang tertentu yang diajukan sebagai titik awal (*starting point*) dengan memberikan pilihan *dichotomous choice* atau *dichotomous valuation*, ya atau tidak, ataupun setuju dan tidak setuju. Jika jawabannya ya maka besarnya nilai tawaran akan dinaikkan sampai tingkat yang disepakati. Jika jawabannya tidak nilai tawaran diturunkan sampai jumlah yang disepakati. Kelebihan metode ini, memberikan waktu berpikir lebih lama bagi konsumen untuk menentukan harga optimal, sedangkan kelemahannya

kemungkinan mengandung bias data awal (*starting point bias*).

3. *Payment card elicitation (Sequential referendum method, atau Discrete choice method)*. Pada metode ini konsumen diminta memilih harga optimal yang realistis menurut preferensinya untuk beberapa hal yang ditawarkan dalam bentuk kartu. Untuk mengembangkan kualitas metode ini dapat diberikan semacam nilai patokan (*benchmark*) yang menggambarkan nilai yang dikeluarkan seseorang dengan pendapatan tertentu bagi suatu barang atau jasa. Kelebihan metode ini dapat memberikan semacam rangsangan yang akan diberikan tanpa harus terintimidasi dengan nilai tertentu. Kelemahannya adalah konsumen masih bisa terpengaruh oleh besaran nilai yang tertera pada kartu yang disodorkan.

### 2.2.6 *Emergy Analysis*

Perhitungan *emergy* akan digunakan untuk menentukan jenis skenario terbaik yang akan diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan energi bagi masyarakat Desa Tegalweru. Pengertian *emergy* secara termodinamika dan sistem ekologi, *emergy* atau *emergy* adalah singkatan dari kata “*energi memory*” yang dapat diartikan sebagai energi yang tersedia dan sebelumnya telah dibuat untuk sebuah proses baik itu langsung maupun tidak langsung dimana nantinya sebuah proses tersebut akan membentuk sebuah produk ataupun jasa yang dapat dinyatakan dalam satuan jenis energi (Odum, 1996). Perhitungan *emergy* dilakukan dengan menggabungkan sumber daya alam dan ekonomi yang akan dikonversikan oleh satuan *sej* (*Solar emergy Joule*). Secara jenis material *emergy* dapat dibagi menjadi tiga (Zhou, 2011) yaitu:

1. *Local renewable resources*

*Local renewable resources* merupakan sumber daya local yang dapat diperbaharui, sumber daya ini bersifat tidak terbatas namun memiliki satuan energi yang berbeda-beda.

2. *Non renewable inputs*

*Non renewable inputs* adalah sumber daya yang tidak terbarukan namun dapat didapatkan secara gratis, sumber daya tidak terbarukan ini bersifat terbatas namun masih bisa didapatkan secara gratis atau tidak mengeluarkan biaya.

3. *Purchased Inputs* atau *Economic inputs*

*Economic inputs* atau *purchased inputs* adalah sumber daya tidak terbarukan yang baru bisa didapatkan apabila sudah mengganti biaya tertentu (membayar), input-input

seperti ini didapatkan apabila sumber daya bersifat sangat terbatas sehingga diperlukan pembayaran untuk mendapatkannya.

Perhitungan *emergy* dapat digunakan untuk menganalisa masalah-masalah lingkungan yang memiliki konsekuensi sosial, ekonomi, dan ekologi. Umumnya analisis ini berguna untuk mengintegrasikan keterbatasan sumber daya, buruh, dan energi ke dalam formulasi ekonomi. Analisis ini juga mengubah semua produk dan jasa kedalam bentuk ekuivalensi tenaga matahari. Artinya, jumlah energi yang dibutuhkan untuk mencapai kerja tertentu jika inputnya hanya berupa tenaga matahari. Umumnya bentuk energi yang digunakan adalah energi matahari (*solar*) dengan pertimbangan bahwa semua energi yang ada di muka bumi berasal dari energi matahari (Odum, 1996). Oleh karena itu, *emergy* ini disebut *solar emergy* yang memiliki satuan solar emJoule yang disingkat menjadi seJ. Definisi lain yang terdapat dalam metode *emergy* adalah *empower*, *transformity*, *emergy* spesifik, dan *emergy* per unit uang.

*Empower* adalah *emergy* per unit waktu yang menggambarkan aliran input *emergy* dalam satuan waktu tertentu dan memiliki unit seJ/s, seJ/yr, dst. *Transformity* merupakan rasio antara energi yang tersedia (*exergy*) yang diperlukan untuk membuat suatu produk dan energi dari produk. Rasio ini menggambarkan jumlah *solar emergy* yang dibutuhkan untuk membuat satu Joule jasa atau barang dengan satuan seJ/J (Odum, 1996). *Transformity* merupakan faktor pengali yang digunakan untuk mengubah bentuk energi yang beragam menjadi bentuk yang sama (Odum, 2003). Nilai *transformity* tergantung pada efisiensi proses produksi. *Transformity* untuk barang dan jasa dari proses ekologi memiliki kisaran yang lebih sempit dibanding barang dan jasa dari proses industri mengingat proses ekologi yang terjadi merupakan proses yang paling efisien yang terjadi secara alami (Bakshi, 2000). Dalam bukunya, Odum (1996, 2000) menyajikan *transformity* untuk berbagai produk ekologi yang umum digunakan sebagai referensi pada penelitian-penelitian terkait.

### 2.3 Tinjauan Kebijakan

Tinjauan kebijakan akan digunakan untuk mengidentifikasi dan membuat skenario berdasarkan peraturan yang sudah ditetapkan. Tinjauan kebijakan yang digunakan antara lain Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Malang Tahun 2010, dan RPJM Desa Tegalweru Tahun 2012.

### **2.3.1 Peraturan Presiden No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional**

Dalam Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, disebutkan bahwa pengembangan biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang boleh dikembangkan, sumber energi alternatif yang boleh dikembangkan adalah sumber energi yang tidak akan habis dipakai atau berkelanjutan, bahan bakar fosil dilarang untuk dikembangkan dalam bentuk energi baru. Sedangkan tujuan dari kebijakan energi nasional adalah untuk mewujudkan keamanan pasokan energi dalam negeri baik dalam jenis energi terbarukan maupun tidak terbarukan

Energi alternatif yang boleh dikembangkan menurut kebijakan ini berupa panas bumi, biofuel, aliran air, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut dan suhu kedalaman laut. Kebijakan yang diprioritaskan untuk pengembangan energi alternatif adalah pengembangan infrastruktur energi alternatif serta pemberdayaan masyarakat untuk mengelola energi alternatif tersebut agar menjadi masyarakat yang mandiri dan tidak bergantung terhadap bahan bakar fosil

### **2.3.2 Undang-Undang No 30 Tahun 2007 tentang Energi**

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

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

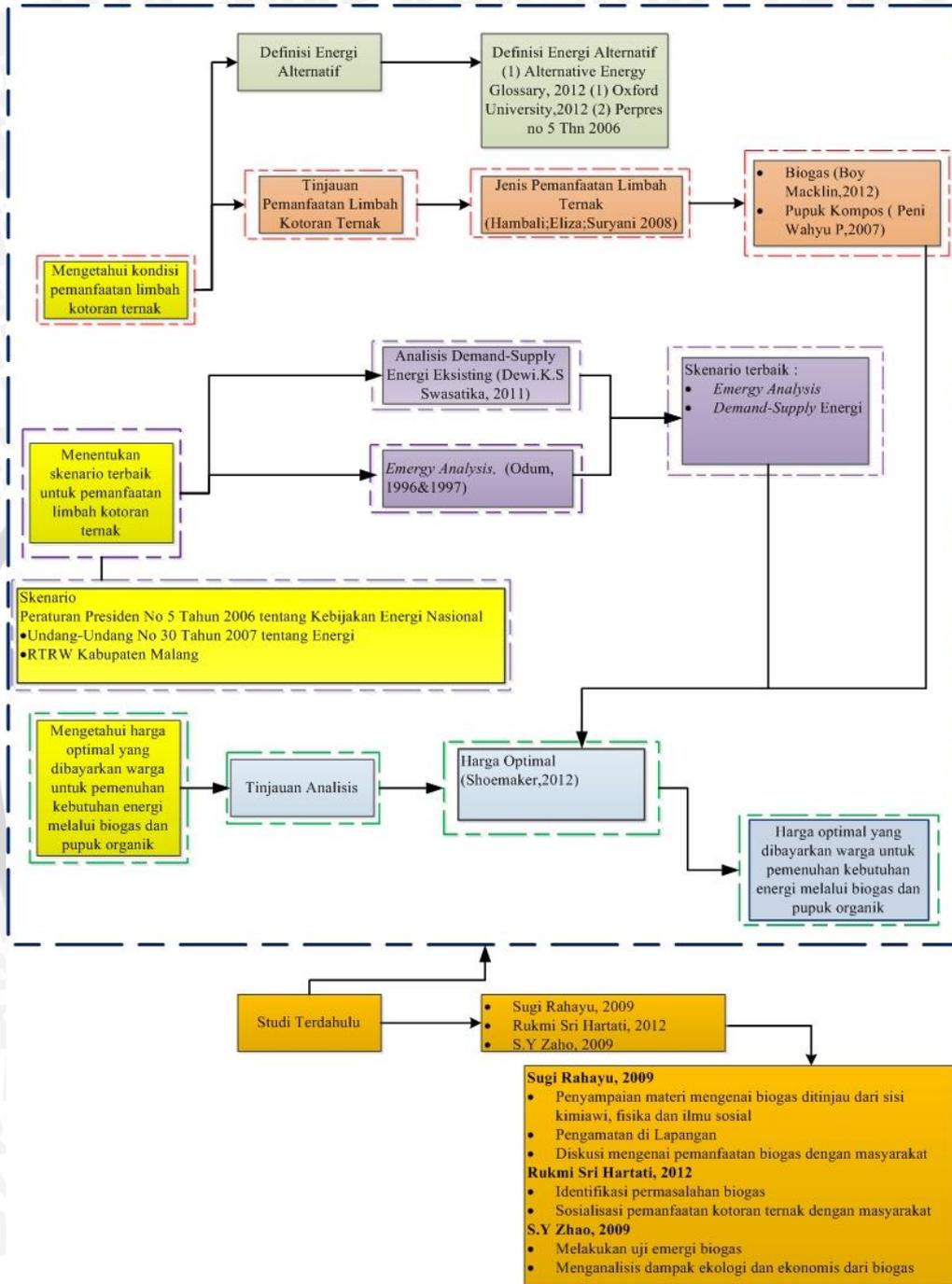
### **2.3.3 RTRW Kabupaten Malang Tahun 2010-2030**

Dalam peraturan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang Tahun 2010, disebutkan bahwa adanya perencanaan prasarana energi untuk semua kecamatan di Kabupaten Malang. Rencana sistem prasarana energi meliputi energi listrik dan energi lainnya baik terbarukan maupun tidak terbarukan. Peningkatan daya energi listrik pada daerah pusat-pusat pertumbuhan dan daerah pengembangan berupa pembangunan dan penambahan *supply* listrik. Selain itu dalam RTRW Kabupaten Malang juga diatur mengenai pemerataan pelayanan energi listrik di seluruh wilayah Kabupaten Malang, sehingga dapat diasumsikan bahwa setiap KK akan memperoleh layanan jaringan listrik.

Pemerataan energi listrik dilakukan dengan cara menambah gardu listrik atau dengan cara pengoptimalan energi-energi alternatif, pengelolaan sampah/limbah bisa dijadikan energi alternatif bagi masyarakat yang membutuhkan pasokan listrik, dijelaskan dalam RTRW Kabupaten Malang bahwa pengelolaan sampah/limbah berkelanjutan yang bisa dilakukan antara lain: dengan pembuatan kompos atau *Composting*, pembuatan kompos merupakan salah satu cara mengolah sampah/limbah organik agar dapat dimanfaatkan kembali yakni dengan mengelola limbah/sampah menjadi pupuk cair organik.



## 2.4 Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka teori penelitian

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan untuk referensi dalam menentukan metode dan analisis analisis yang akan dipakai untuk menyelesaikan rumusan masalah, penelitian terdahulu bisa memiliki rumusan masalah yang sama ataupun analisis yang sama. Penggunaan penelitian terdahulu didalam penelitian diaplikasikan pada definisi alat analisis yang digunakan untuk mengetahui jawaban dari rumusan masalah. Tabel 2.4 menunjukkan penelitian-penelitian terdahulu yang dipakai dalam hal metode analisa maupun variable.

**Tabel 2.4 Penelitian terdahulu**

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Perbedaan	Kontribusi
Sugi Rahayu	Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya, 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketersediaan Sumber Biogas</li> <li>• Pengetahuan mengenai pengelolaan biogas dari masyarakat</li> <li>• Aspek Sosio-Kultural</li> <li>• Teknologi Biogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An deskriptif berupa Analisis Situasi (Kondisi Demografi, Kondisi <i>Demand</i> Energi, Kondisi Masyarakat</li> <li>• An.Partisipatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyampaian materi mengenai biogas ditinjau dari sisi kimiawi, fisika dan ilmu sosial.</li> <li>• Pengamatan di lapangan oleh peserta</li> <li>• Presentasi dan diskusi antar peserta mengenai pemanfaatan biogas sebagai sumber bahan bakar alternatif dan aspek sosio-kultural</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian Sugi Rahayu tidak membahas mengenai skenario pemanfaatan limbah kotoran ternak secara berkelanjutan</li> <li>• Penelitian Sugi Rahayu hanya memfokuskan pada pengelolaan limbah kotoran ternak untuk biogas saja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian Sugi Rahayu berkontribusi terhadap penjelasan deskriptif mengenai kondisi biogas yang ada didalam desa serta tingkat partisipasi masyarakat yang telah menggunakannya.</li> </ul>
Rukmi Sari hartati, W. Sukerayasa, N Suprpta Winaya, Kamerta Yasa	Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Biogas Untuk Keperluan Rumah Tangga di Kecamatan Sidemen Kabuapaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknologi Biogas</li> <li>• Ketersediaan Biogas</li> <li>• Sosialisasi Biogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• An. Deskriptif</li> <li>• An.Partisipatif (ceramah, sosialisasi)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karakteristik lokasi studi</li> <li>• Karakteristik penggunaan energi di lapangan</li> <li>• Kebutuhan energi dari masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian Rukmi Sari Hartati hanya sekedar mensosialisasikan pengelolaan biogas yang baik bagi masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian Rukmi Sari Hartati berkontribusi terhadap jenis reaktor biogas yang digunakan masyarakat Indonesia.</li> </ul>

Nama	Judul, Tahun	Variabel	Metode Analisa	Hasil	Perbedaan	Kontribusi
	Karangasem Bali			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karakteristik teknologi biogas eksisting</li> </ul>	sekitar <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian Rukmi Sri Hartati tidak menyinggung masalah dampak yang ditimbulkan akibat pengelolaan biogas</li> </ul>	
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,</i> 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biophysical Perspective</li> <li>• <i>Emergy</i></li> <li>• Agricultural ecological engineering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Emergi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil Emergi</li> <li>• <i>Economic and Ecological Economic benefits</i></li> <li>• <i>Emergy based indices</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian S.Y Zhao hanya menghitung proses emerge tanpa memasukan unsur tingkat kemampuan warga untuk membayar energi biogas</li> <li>• Penelitian S.Y Zhao hanya meneliti emerge biogas dan tidak menghitung emerge pupuk kompos organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penelitian S.Y Zhao berkontribusi terhadap nilai-nilai <i>transformity</i> dalam perhitungan <i>emergy</i> serta tahapan-tahapan dalam melakukan perhitungan <i>emergy</i>.</li> </ul>

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yaitu untuk menentukan harga optimal pemenuhan kebutuhan energi dan pupuk organik bagi warga di Desa Tegalweru Kabupaten Malang, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian evaluatif. Penelitian evaluatif dalam studi ini bertujuan untuk menentukan harga optimal untuk energi alternatif berupa biogas dan pupuk organik dilihat dari kebutuhan masyarakat akan energi, kebijakan pemerintah tentang pengembangan energi serta skenario terbaik yang akan disusun melalui perhitungan.

Penelitian evaluatif menurut Krathwohl (1993) merupakan suatu desain dan prosedur evaluasi dalam mengumpulkan dan menganalisis data secara sistematis untuk menentukan nilai atau manfaat (*worth*) dari suatu praktik. Nilai atau manfaat dari suatu praktik didasarkan dari hasil pengumpulan data dengan menggunakan standar atau kriteria tertentu yang digunakan secara absolut maupun relatif. Penelitian evaluatif bisa mengkaji fokus atau permasalahan yang sama, menggunakan desain dengan metode dan teknik pengukuran atau pengumpulan data yang sama. Keduanya juga dapat menggunakan sampel dengan lokasi atau lingkup wilayah yang sama, menggunakan teknik analisis data dan interpretasi hasil yang sama.

Dalam penelitian ini penggambaran secara deskriptif hanya terdapat pada penjabaran kondisi eksisting pengelolaan limbah kotoran ternak yang ada didalam masyarakat Desa Tegalweru, kebijakan dan kebutuhan eksisting warga akan energi terbarukan.

#### 3.2 Variabel Penelitian

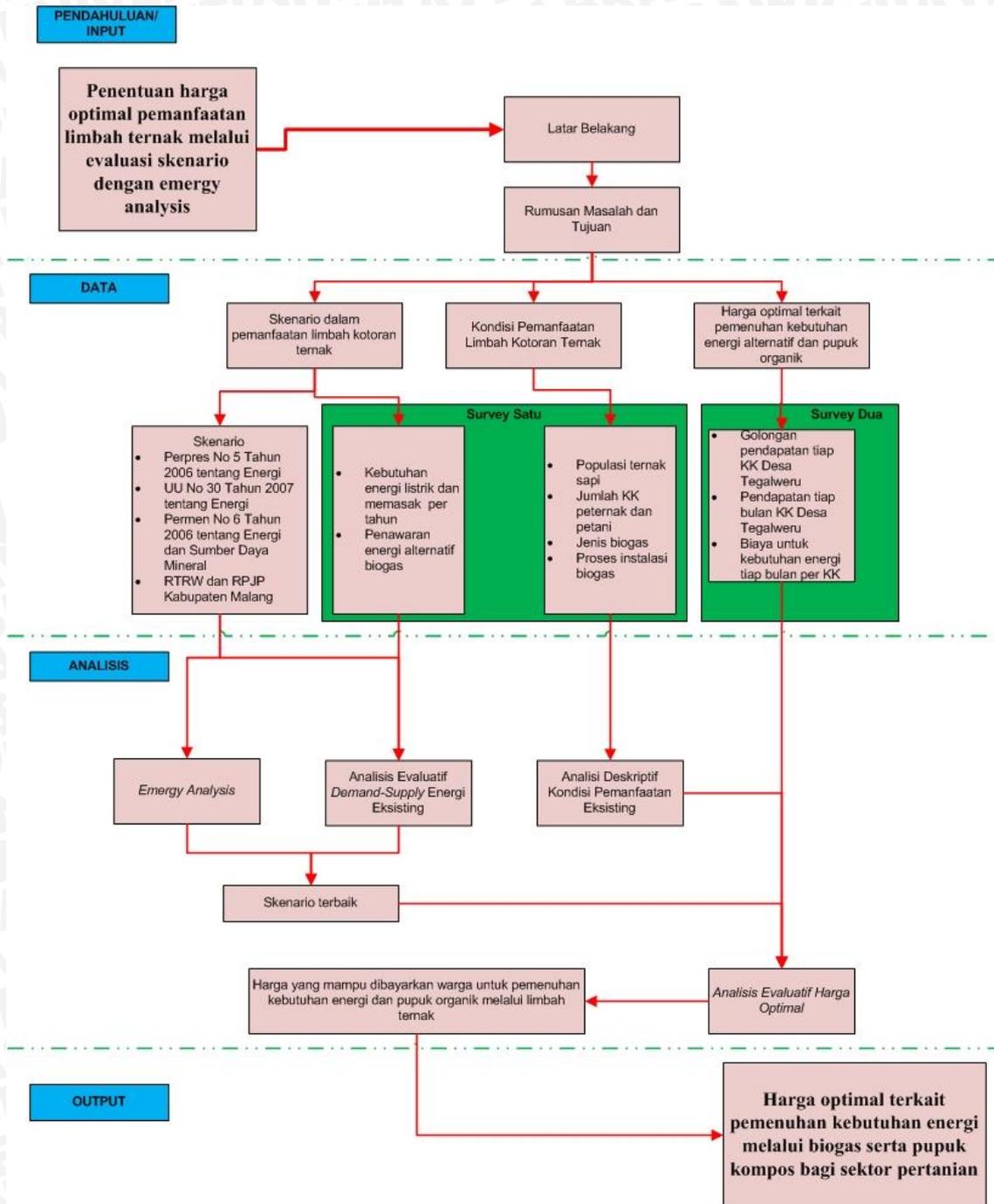
Berdasarkan tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan tingkat kemampuan membayar warga dalam hal pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas, maka teori dan studi terdahulu yang terkait mengenai penelitian ini ditetapkan beberapa variabel yang akan dipaparkan dalam Tabel 3.1

**Tabel 3. 1 Variabel penelitian**

Tujuan penelitian	Variabel	Sub Variabel	Referensi	Output Penelitian
Mengidentifikasi kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru	Pemanfaatan limbah kotoran ternak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biogas</li> <li>• Pupuk organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hambali, Eliza dkk, 2007</li> <li>• Macklin, Boy, 2012</li> <li>• Prihandini, Peni Wahyu, Mulyadi, 2007</li> </ul>	Mengetahui pemanfaatan limbah kotoran ternak berupa biogas dan pupuk organik
Pemilihan skenario terbaik untuk pemanfaatan limbah ternak berbasis masyarakat yang tepat di Desa Tegalweru	Pemilihan skenario	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Predictive- What-If Skenario</i></li> <li>• <i>Emergy Analysis</i></li> <li>• Permintaan dan penawaran energi listrik dan memasak masyarakat desa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lena Börjeson, et all , 2005</li> <li>• International Energi Agency, 2003</li> <li>• S.Y Zhou, 2009</li> <li>• Odum.HT, 1996</li> <li>• Dewa K.S Swasatika, 2011</li> </ul>	Mengetahui skenario terbaik berdasarkan uji permintaan dan penawaran tiap skenario dan <i>emergy analysis</i> .
Mengetahui harga optimal mampu dibayar warga Desa Tegalweru terkait pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas	Harga optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skenario terbaik</li> <li>• Fungsi pendapatan masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hokby &amp; Soderqvist, 2001</li> </ul>	Mengetahui harga optimal dari warga untuk pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas dan pupuk organik.

### 3.3 Diagram Alir

Diagram alir penelitian menunjukkan jenis data apa saja yang nanti akan dipakai, dan analisis apa yang akan dipakai untuk tiap data serta output yang berisi tentang tujuan utama didalam penelitian ini. Gambar 3.1 merupakan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Data sebagai keterangan mengenai sesuatu hal, berupa suatu yang diketahui atau yang dianggap maupun suatu fakta yang di intrepetasikan melalui angka, simbol dan kode. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

menggunakan teknik survei primer berupa wawancara serta teknik survei sekunder berupa studi literatur dan survei instansi terkait.

### 3.4.1 Survei Primer

Survei primer yang dilakukan dalam penelitian menentukan tingkat kemampuan membayar warga dalam hal pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas dan pupuk organik di Desa Tegalweru Kabupaten Malang memerlukan data yang akurat, sehingga dalam survei primer ini akan dilakukan metode wawancara.

Survei primer terbagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Bagian pertama yaitu mengidentifikasi pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru, jenis data yang akan dicari didalam survei primer antara lain produksi biogas per tahun, kebutuhan energi untuk memasak per tahun, kebutuhan energi untuk penerangan lampu per tahun hingga jumlah KK yang mempunyai instalasi biogas. Setelah mengetahui *demand-supply* energi, dapat kita lanjutkan dengan survei primer kedua
2. Survei primer kedua dilakukan setelah mengetahui skenario terbaik yang nantinya telah dihitung melalui *emergy analysis* dan *demand-supply*, setelah mengetahui skenario terbaik dilakukan perhitungan untuk mengetahui harga dasar untuk energi biogas tiap bulan dan pupuk organik tiap kilogram. Survei primer kedua dilakukan untuk mengetahui harga optimal yang mampu dibayarkan oleh tiap warga untuk mengganti biaya bahan bakar fosil menjadi bahan bakar alternatif yang akan disediakan. Survei primer kedua akan menggunakan kuisisioner untuk mendapatkan data pendapatan masing-masing kepala keluarga serta pengeluaran untuk energi.

Survei primer dilakukan untuk menggali informasi selengkap-lengkapnyanya serta mengetahui informasi mengenai proses pengolahan limbah kotoran ternak yang dapat diubah menjadi biogas maupun pupuk kompos serta menentukan harga optimal untuk masing-masing kebutuhan. Tabel 3.2 merupakan data yang diperlukan dan tujuan kuisisioner.

Tabel 3.2 Data yang diperlukan dan tujuan kuisioner

Variabel	Sub Variabel	Jenis data	Tujuan
<b>Survei Pertama</b>			
Pemanfaatan limbah kotoran ternak	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permintaan dan penawaran energi listrik dan memasak masyarakat desa</li> <li>Biogas</li> <li>Pupuk organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produksi biogas per tahun</li> <li>Kebutuhan energi listrik per tahun</li> <li>Kebutuhan energi memasak per tahun</li> <li>Penawaran (<i>Supply</i>) energi alternatif biogas eksisting</li> <li>Jumlah KK peternak pengguna biogas</li> <li>Jumlah KK petani murni ( tidak mempunyai ternak)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mengetahui produksi biogas per tahun di Desa Tegalweru</li> <li>Mengetahui kebutuhan energi listrik per tahun bagi seluruh KK di Desa Tegalweru</li> <li>Mengetahui kebutuhan energi memasak per tahun bagi seluruh KK di Desa Tegalweru</li> <li>Pengetahui tingkat penawaran energi alternatif kondisi saat ini (biogas)</li> <li>Mengetahui jumlah KK peternak yang mempunyai sapi dan digunakan untuk instalasi biogas</li> <li>Mengetahui jumlah KK yang merupakan petani murni dan tidak mempunyai ternak</li> </ul>
<b>Survei Kedua</b>			
Penentuan Harga Optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Harga energi biogas untuk memasak dan penerangan lampu</li> <li>Harga pupuk organik dari olahan biogas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permintaan energi tiap Kepala Keluarga di Desa Tegalweru setiap bulan</li> <li>Pendapatan tiap Kepala Keluarga setiap bulan</li> <li>Pengeluaran warga untuk pupuk organik dan energi tiap bulan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Untuk mengetahui besar permintaan energi masyarakat Desa Tegalweru setiap bulan</li> <li>Mengetahui besar pendapatan tiap Kepala Keluarga di Desa Tegalweru</li> <li>Mengetahui besaran pengeluaran warga untuk energi (memasak dan penerangan lampu setiap bulan)</li> </ul>

### 3.4.2 Survei Sekunder

Data sekunder sebagai kegiatan survei yang dilakukan melalui studi literatur maupun survei instansi. Data sekunder yang digunakan dalam yang dikumpulkan dengan teknik survei sekunder sebagai berikut:

#### a. Studi literatur

Studi literatur merupakan kegiatan mencari bahasan yang sesuai dengan materi penelitian yang dijadikan dasar dalam menganalisis. Studi ini dilakukan melalui kajian kepustakaan dari buku-buku dan tulisan-tulisan yang berkaitan dengan penentuan skenario dan variabel yang berpengaruh terhadap efektivitas pemanfaatan limbah kotoran ternak. Hasil kajian akan digunakan untuk menunjang proses identifikasi jenis variabel yang ada dan penentuan skenario untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak.

#### b. Survei Instansi

Survei instansi dilakukan untuk memperoleh data dari instansi yang terkait dengan tema penelitian. Adapun instansi-instansi beserta data yang diperlukan terdapat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Daftar kebutuhan data sekunder**

No	Instansi	Data yang dibutuhkan
1.	Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Malang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang 2010-2030</li> <li>• Peraturan terkait energi dan listrik di Kabupaten Malang</li> </ul>
2.	Pemerintah Kecamatan Dau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profil Kecamatan Dau 2010-2012</li> <li>• Kecamatan Dau dalam Angka 2010-2012</li> </ul>
3.	Pemerintah Desa Tegalweru	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profil Desa Tegalweru, 2012</li> <li>• Desa Dalam Angka, 2012</li> </ul>

### 3.5 Metode Sampling

Sampling dibutuhkan ketika peneliti akan melakukan survei primer di lokasi studi, sampling diperlukan untuk menggambarkan atau mewakili karakteristik populasi yang sebenarnya, hal ini dimungkinkan ketika peneliti tidak mampu untuk melakukan survei ke semua populasi. Jenis sampling yang akan digunakan yaitu:

1. Peneliti akan melakukan *random sampling* untuk mengetahui kebutuhan energi warga ( penerangan lampu dan memasak ), populasi yang digunakan untuk *random sampling* ini adalah Kepala Keluarga (KK) yang berada di Desa Tegalweru. *Random sampling* juga digunakan untuk menentukan harga optimal untuk pemenuhan energi per golongan pendapatan di Desa Tegalweru.
2. Peneliti akan menggunakan *random sampling* untuk mengetahui harga optimal pupuk organik bagi petani di Desa Tegalweru, jenis populasi yang digunakan untuk jenis sampling ini adalah KK yang berada di Desa Tegalweru.

### 3.6 Teknik Sampling

Teknik sampling yang akan digunakan untuk menentukan jumlah sampel yang diambil adalah metode slovin. Metode Slovin berguna untuk menentukan jumlah sampel yang akan diambil oleh peneliti dalam melakukan studi, metode Slovin (Sevilla et.al.,1960:182) rumusnya sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

n = Jumlah Sampel

N = Jumlah Populasi

e = Batas Toleransi kesalahan (*error tolerance*)

Untuk menggunakan rumus ini, pertama ditentukan dahulu batas toleransi kesalahannya. Batas toleransi kesalahan ini dinyatakan dengan presentase. Semakin kecil tingkat toleransi kesalahannya, semakin akurat sampel yang menggambarkan populasi. Rata-rata batas toleransi kesalahan yang diambil berkisar 5-10%, dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan batas toleransi kesalahan 5%.

Penentuan sampel yang pertama bertujuan untuk menentukan jumlah sampel yang akan digunakan untuk mengetahui kebutuhan energi rumah tangga serta menentukan harga optimal untuk pemenuhan energi tiap kepala keluarga di Desa Tegalweru, sampel yang diambil didapat dari metode perhitungan slovin dengan total populasi yang digunakan mencapai 967 KK, maka:

$$n = \frac{967}{1 + 967(0.05)^2} = 282$$

Jumlah sampel yang dibutuhkan peneliti adalah 282 KK atau 30% dari jumlah populasi penduduk di Desa Tegalweru. Sampel tersebut adalah sampel untuk mengetahui tingkat kemampuan membayar warga dalam hal pemenuhan kebutuhan energi. Sedangkan sampel kedua adalah sampel yang akan digunakan untuk mengetahui harga pupuk kompos akan diambil dari warga yang bekerja sebagai petani saja dengan jumlah 283 KK. Jumlah sampel untuk harga pupuk kompos organik adalah :

$$n = \frac{283}{1 + 283(0.05)^2} = 165$$

Jumlah sampel yang dibutuhkan untuk mengetahui harga optimal pupuk kompos yang dibayarkan warga adalah 165 dari 283 KK yang murni sebagai petani atau 58% dari total populasi petani murni.

### 3.7 Asumsi dan Batasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan tingkat kemampuan membayar warga dalam hal pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas serta pupuk organik di Desa Tegalweru, atas dasar skenario terbaik yang dibentuk. Penentuan

skenario terbaik dibentuk berdasarkan analisis kondisi eksisting pemanfaatan limbah serta permintaan/penawaran energi dari masyarakat Desa Tegalweru. Asumsi dan batasan digunakan untuk memberikan penjelasan dalam hal lingkup penelitian, asumsi dan batasan dilakukan atas dasar penelitian terdahulu, kondisi eksisting lokasi studi dan ketersediaan data yang tersedia didalam lapangan. Asumsi-asumsi utama didalam penelitian ini adalah :

1. Satu rumah tangga memiliki 1 unit rumah yang dialiri listrik, hal ini didasarkan pada observasi dimana mayoritas tiap rumah tangga memiliki 1 unit rumah yang telah teraliri listrik.
2. Kebutuhan satu rumah tangga untuk penerangan lampu menurut standar SNI-03-6197-200 yaitu  $10 \text{ watt/m}^2$ . Kavling rumah rata-rata di Desa Tegalweru adalah  $100\text{m}^2$  sehingga kebutuhan penerangan lampu untuk satu rumah tangga adalah 1000 watt/hari.
3. Kebutuhan memasak adalah 12 Kg LPG untuk satu bulan dan rumah tangga (survei primer,2013). Sehingga kebutuhan memasak per hari adalah 0,42 kg LPG/hari.
4. Sistem skenario dan *emergy analysis* menggunakan data tahun 2013 dan hanya dihitung untuk kurun waktu satu tahun. Hal ini didasarkan pada sistem perhitungan *emergy analysis* yang membatasi perhitungan untuk satu tahun.
5. Peternak murni dan petani yang mempunyai ternak memiliki instalasi biogas apabila terjadi perhitungan skenario optimal. Hal ini didasarkan pada observasi dan survei terhadap peternak.
6. Harga listrik per satu kwh adalah Rp 450,00 rupiah ([www.pln.co.id](http://www.pln.co.id)/Oktober 2013).
7. Satu rumah memiliki daya listrik minimal 450VA (Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 07 Tahun 2010)..
8. Harga pupuk kompos NPK adalah Rp 1.000,00/kg (<http://koleksi.pelapak.com/kotoran-sapi-kompos-pupuk-organik.html#.UpKUJMRGSZg>).
9. Asumsi kandungan methane untuk kotoran limbah ternak berupa sapi adalah 60% tiap  $1\text{m}^3$  (Agstar Handbook, 2004).

### 3.8 Metode Analisis Data

#### 3.8.1 Penentuan Skenario

Dalam jenis penelitian ini, jenis skenario yang digunakan adalah prediktif dengan pendekatan *What-If*. Jenis skenario dengan pendekatan prediktif adalah jenis skenario dengan melakukan sebuah prediksi tentang apa yang akan dilakukan nantinya. Analisis penentuan skenario dalam penelitian ini akan menggunakan berbagai macam sudut pandang untuk menghasilkan skenario pemanfaatan limbah kotoran ternak yang baik dan berbasis masyarakat. Penelitian ini akan menggunakan skenario prediktif berupa *What-If* dikarenakan kondisi skenario dapat diatur berdasarkan dengan kondisi variabel yang ada didalam lokasi, apabila kondisi kecenderungan untuk menggunakan biogas sebagai pengganti bahan bakar fosil meningkat maka jumlah limbah ternak yang digunakan untuk pemenuhan kebutuhan energi alternatif melalui biogas juga meningkat.

Faktor kunci dalam penentuan skenario dalam penelitian ini adalah kebijakan-kebijakan terkait dan jumlah sapi yang ada di Desa Tegalweru, jumlah total sapi yang ada di Desa Tegalweru adalah 1080 ekor sapi, sedangkan untuk kondisi eksisting jumlah sapi yang dilibatkan untuk produksi biogas adalah 27 ekor sapi. Penentuan skenario ditentukan oleh beberapa faktor yaitu kondisi eksisting pemanfaatan limbah kotorannya (Zhang, 2009) serta permintaan dan penawaran energi alternatifnya (Hagstorm, 2006)

1. Kondisi eksisting pemanfaatan limbah kotoran ternak

Skenario berdasarkan kondisi eksisting limbah kotoran ternak berfungsi untuk mengetahui kondisi eksisting apabila diaplikasikan kedalam energi alternatif apakah masih memenuhi syarat untuk dipertahankan atau tidak (Zhang, 2009). Skenario yang terbentuk atas dasar kondisi eksisting yaitu skenario BaU (*Bussines as Usual*) atau kondisi dasar dimana skenario dibentuk dengan jumlah sapi yang dimanfaatkan tetap (27 ekor sapi) dan output yang dihasilkan berupa biogas untuk kebutuhan energi serta pupuk organik.

2. Permintaan dan penawarn energi alternatif

Skenario berdasarkan permintaan dan penawaran energi alternatif digunakan untuk mengetahui apabila sumber daya maksimum dimanfaatkan apakah mampu memenuhi permintaan energi (Hagstorm, 2006). Skenario yang terbentuk atas dasar permintaan dan penawaran energi alternatif ada dua yaitu (a) kondisi

pemanfaatan limbah kotoran ternak dari semua sapi (1080 ekor sapi) untuk diproses menjadi biogas, dan (b) kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak dari semua sapi (1080 ekor sapi) untuk diproses menjadi biogas dan limbah dari proses biogas dapat digunakan untuk pupuk organik, tabel 3.4 menunjukkan penentuan skenario.

**Tabel 3. 4 Penentuan Skenario**

Skenario	Deskripsi
Kondisi eksisting pemanfaatan limbah kotoran ternak (Zhang,2009)	
1	Skenario BAU (Bussines as Usual) atau kondisi eksisting dimana tetap menggunakan enam unit biogas untuk kebutuhan penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru.
Permintaan dan penawaran energi alternatif (Hagstorm, 2006)	
2	Skenario semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan untuk pemenuhan kebutuhan energi memasak dan penerangan lampu warga desa Tegalweru, namun limbah hasil proses biogas tidak dimanfaatkan
3	Skenario maksimal dimana semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan lampu warga, selain itu limbah hasil proses biogas digunakan untuk pupuk kompos bagi petani.

Tiga skenario tersebut akan diuji melalui analisis permintaan dan penawaran serta *emergy analysis* untuk menentukan skenario terbaik yang mampu memenuhi kebutuhan energi warga Desa Tegalweru dilihat dari tingkat keberlanjutan dan efisiensinya. Gambar 3.3 menunjukkan proses terbentuknya skenario:



**Gambar 3. 2 Penentuan skenario**

### 3.8.2 Analisa Supply Energi

Analisis *supply* adalah salah satu alat analisis yang akan digunakan untuk mengetahui besar kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru. Analisis penawaran yang akan dilakukan peneliti tidak akan sampai membahas pada tiap-tiap faktor yang dapat mempengaruhi tingkat permintaan dikarenakan peneliti hanya akan membahas

sampai pada tingkat penawaran energi eksisting di Desa Tegalweru. Rumus yang akan dipakai untuk mengetahui tingkat penawaran adalah:

$$St = Yt + Mt - Xt - "Zt.....(3.2)$$

Keterangan:

- St = Penawaran energi pada tahun t  
 Yt = Produksi energi (biogas) dalam Desa Tegalweru pada tahun t  
 Mt = Volume impor energi (biogas) pada tahun t  
 Xt = Volume ekspor energi (biogas) pada tahun t  
 'Zt = Perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energi (biogas) pada tahun t

Penelitian ini tidak mengukur perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energi dikarenakan perhitungan dengan menggunakan jumlah limbah kotoran ternak pada satu tahun saja, sehingga dasar penawaran energi didasari atas produksi energi biogas saja. Untuk mengetahui formula agar dapat mengkonversikan jumlah limbah kotoran ternak, khususnya sapi kedalam energi dapat menggunakan rumus *Energi Generation* menurut Kalbande (2011) dengan rumus seperti :

$$Energy\ generation\ (kWh) = A \times B \times C.....(3.3)$$

Keterangan:

A = *Biogas*, jumlah produksi biogas yang dihasilkan per hari (m<sup>3</sup>)

B = *Heating Value*, Tetapan untuk nilai kalori 1 m<sup>3</sup> biogas ≈ 6000 Wh/m<sup>3</sup>  
 (Rahayu, 2009)

C = *Conversion efficiency*, dalam penelitian yang dilakukan oleh Kalbande, 2011 untuk biogas yaitu 25%.

Analisis *demand* dalam penelitian ini yaitu digunakan untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan masyarakat terkait energi biogas dalam memenuhi kebutuhan energi dari semua kepala keluarga yang ada di Desa Tegalweru. Asumsi rumah tangga di Desa Tegalweru secara keseluruhan menggunakan daya listrik minimum 450 VA.. penggunaan energi biogas diasumsikan untuk memenuhi memasak dan penerangan lampu.

### 3.8.3 Analisa *Emergy* (*Emergy Analysis*)

Dalam proses menghitung *emerge* untuk sebuah proses, diperlukan langkah-langkah yang tepat agar hasil yang didapat maksimal, menurut Yong Geng (2010) ada empat tahapan penting dalam sebuah analisis *emerge* yaitu :

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

Langkah pertama untuk pengumpulan data adalah mengumpulkan data-data yang relevan dan informasi terkait dengan sistem yang akan kita buat, ketersediaan data dan konsistensi sebuah data merupakan salah satu syarat penting agar data yang digunakan valid dan dapat dipertanggungjawabkan, selanjutnya mengidentifikasi data yang telah dikumpul dan melakukan *review* terhadap dokumen sekunder yang baik dapat membantu dalam menyediakan sebuah data yang berkualitas dan kuat.

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 terbarukan (*renewable resources*), sumber daya tidak terbarukan (*non-renewable resources*) dan hasil ekonomi (*economic yields*). Pembagian grup dilihat berdasarkan kebutuhan penelitian. Ketika sebuah grup atau kelompok data sudah terbentuk maka hal berikutnya adalah membuat form tabulasi.

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

Skema *emerge* dibuat untuk memasukan input dari berbagai kategori data yang telah dipecah sehingga nantinya akan mengeluarkan hasil berupa *emerge based indices*, *emerge based indices* menjadi dasar apakah sebuah sistem *emerge* layak untuk dijalankan atau tidak, hal ini didasarkan pada banyaknya energi dan efisiensi yang dilakukan. Pada tabel 3.5 akan dijelaskan mengenai penentuan *emerge* yang baik dalam penelitian ini:

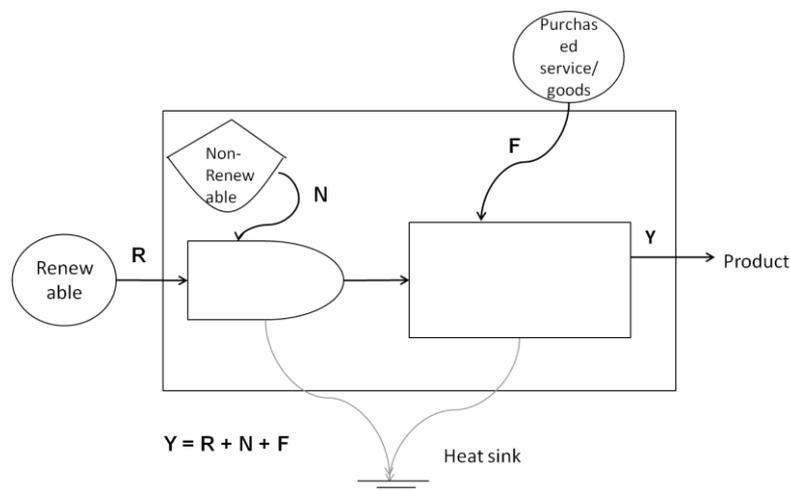
**Tabel 3.5 Nilai *emerge* dan indeks *emerge* yang dianalisa dalam studi**

Indeks ( <i>Index</i> )	Singkatan ( <i>Abbreviation</i> )	Formula ( <i>Formula</i> )	Kriteria ( <i>Criteria</i> )
<i>Emergy Investment</i>	EI	<i>Input emerge</i>	Semakin rendah nilainya, semakin rendah biayanya
<i>Emergy Recovery</i>	ER	<i>Output emerge</i>	Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi keuntungan yang diperoleh

Indeks ( <i>Index</i> )	Singkatan ( <i>Abbreviation</i> )	Formula ( <i>Formula</i> )	Kriteria ( <i>Criteria</i> )
<i>Energy Yield Ratio</i>	EYR	$EYR = Y/F$	Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi pula nilai kembali yang dihasilkan per unit dari investasi energy
<i>Net Energy</i>		$Net\ Energy = ER - EI$	Semakin tinggi nilainya, semakin baik keuntungan ekstraksi yang diperoleh
<i>Environmental Loading Ratio</i>	ELR	$ELR = N + F/R$	Semakin rendah rasionya, semakin rendah pula tingkat stress terhadap lingkungan
<i>Energy Sustainability Index</i>	ESI	$ESI = EYR/ELR$	Semakin tinggi tingkat rasionya maka semakin berkelanjutan pula sistemnya

Sumber: Odum, 1996

Penelitian nanti akan menggunakan *Energy Investment*, *Energy Recovery*, *Net Energy*, *Environmental Loading Ratio*, *Energy Yield Ratio*, dalam penelitian ini perhitungan *energy* dilakukan untuk mengetahui skenario yang efektif dan efisien dalam rentang waktu tertentu. Diagram *energy* seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.4 menunjukkan sebuah proses hasil dari skenario yang akan dihitung melalui analisis *energy*, pembuatan diagram ini telah melewati fase pengumpulan data, validasi data dan kategorisasi data:



**Gambar 3. 3 Diagram sistem energy secara umum**

Gambar 3.3 mempunyai beberapa bentuk didalam diagram *energy* dengan pengertian seperti berikut :

-  : Lambang lingkaran adalah *source, force* ataupun masukan
-  : Lambang ini berarti *storage* atau simpanan barang



: Lambang segi enam berarti merupakan konsumen



: Lambang ini berarti energi atau finansial yang dihasilkan

**Tabel 3. 6 Konstruksi tabel *emergy***

1	2	3	4	5	6
No	Susbtansi	Input	Unit	Transormity	Solar emergy
<b>Baris 1</b>					
<b>Baris 2</b>					
<b>Baris 3</b>					
<b>Baris 4</b>					
<b>Baris 5</b>					

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 bisaanya berupa Joule, gram atau mata uang (Rp, \$, €, Rp).
- Kolom 5 : Nilai transformity dan emergy spesifik, bisaanya diturunkan dari penelitian-penelitian terdahulu.
- Kolom 6 : Solar emergy yang merupakan produk dari arus input/output (kolom3) dengan transformity/emergy (kolom 5).

### 3.8.4 Harga Optimal

Secara umum, harga optimal atau kemauan/keinginan untuk membayar didefinisikan sebagai jumlah yang dapat dibayarkan seorang konsumen untuk memperoleh suatu barang atau jasa. Zhao dan Kling (2005) menyatakan bahwa harga optimal adalah harga dari suatu barang yang ingin dibeli oleh konsumen pada waktu tertentu. Sedangkan Horowith & McConnell (2001) menekankan pengertian harga optimal pada berapa kesanggupan konsumen untuk membeli suatu barang.

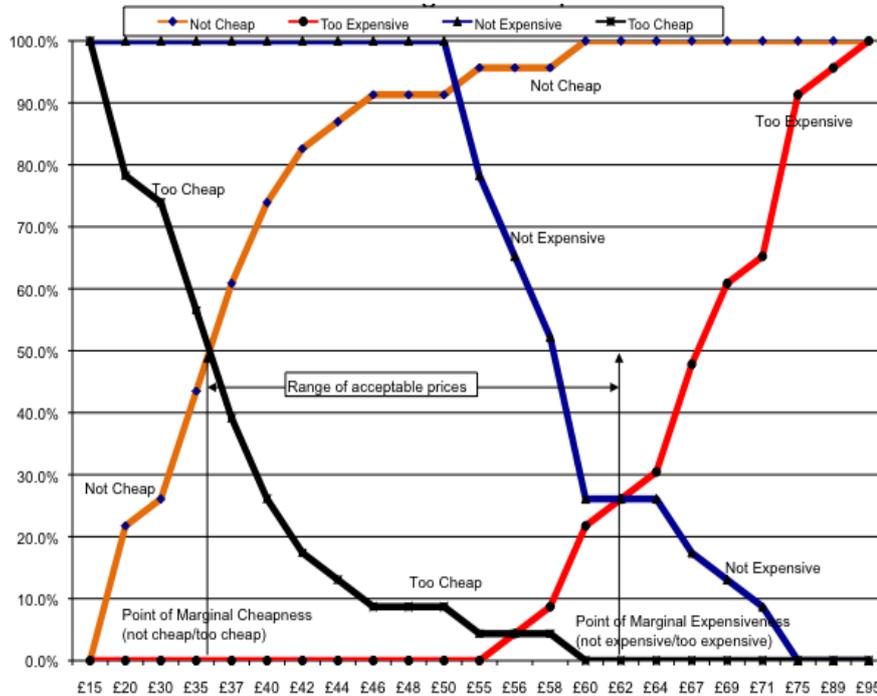


Berdasarkan kedua pengertian diatas harga optimal merupakan sebuah alat untuk mengetahui kemampuan untuk membayar dari penduduk/masyarakat mengenai sebuah barang/jasa yang dapat diukur.

Penentuan harga optimal untuk pemenuhan energi serta harga pupuk organik dalam penelitian ini akan menggunakan kuisisioner berjenis *bidding game format*. Kuisisioner akan membagi dalam beberapa kategori harga sehingga sampel berupa masyarakat dapat menentukan *range* harga optimal yang layak untuk dibayarkan, variabel yang akan digunakan adalah pendapatan masing-masing kepala keluarga. Penentuan *range* harga untuk harga optimal yang digunakan adalah dengan menanyakan kepada warga dengan format *bid*, empat kategori biaya yang akan ditanyakan adalah:

1. *Too Cheap*, menanyakan berapa harga yang dianggap warga terlalu murah sehingga warga merasa ragu terhadap kualitas dari barangnya. Harga maksimum *too cheap* akan berhenti apabila total 0% mengatakan setuju apabila harga tersebut terlalu murah.
2. *Not Cheap*, menanyakan berapa harga yang dianggap warga terlalu murah namun warga tidak meragukan tentang kualitas barang tersebut, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 100% responden mengatakan setuju apabila harga yang ditawarkan terlalu murah dan warga tidak merasa ragu akan kualitas yang diberikan.
3. *Not expensive*, menanyakan berapa harga barang yang dianggap warga mahal namun secara kualitas masih layak dibeli dengan harga tersebut, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 0% mengatakan setuju apabila harga tersebut mahal namun secara kualitas setara.
4. *Too Expensive*, menanyakan berapa harga barang yang dianggap warga mahal dan secara kualitas tidak sesuai dengan harga yang ditawarkan, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 100% mengatakan setuju apabila harga yang ditawarkan terlalu mahal dan secara kualitas tidak memadai.

Penentuan harga *range* yang optimal untuk harga optimal akan terjadi apabila garis *too cheap* berpotongan dengan *not cheap* serta *not expensive* berpotongan dengan *too expensive* (Shoemaker, 2012), Perpotongan garis pada grafik menandakan bahwa harga yang ditawarkan merupakan harga yang dapat diterima oleh warga dalam hal kualitas yang diberikan.



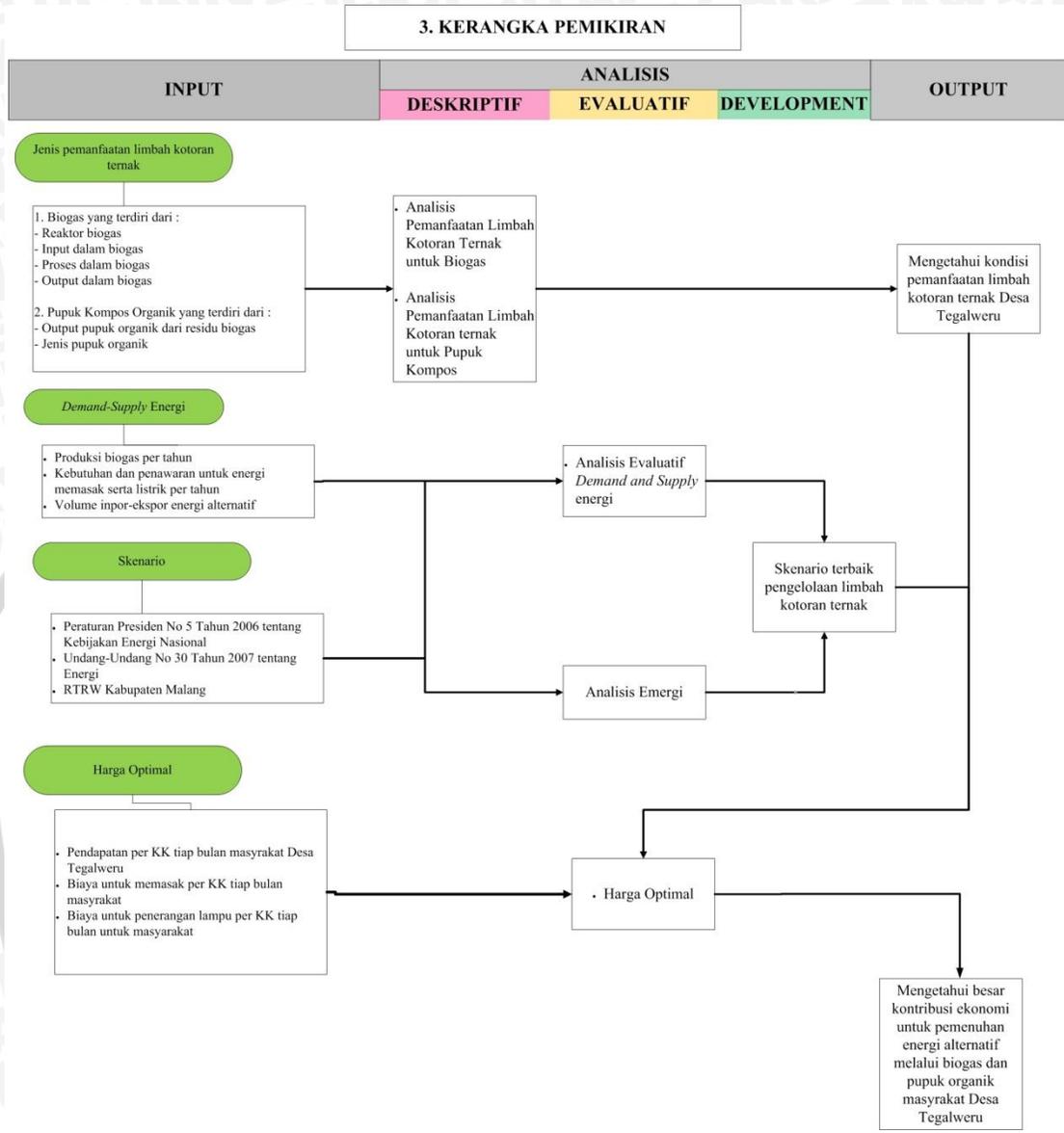
Gambar 3. 4 Penentuan range harga harga optimal (Shoemaker,2012)



Tabel 3. 7 Desain survei

Tujuan penelitian	Variabel	Sub Variabel	Jenis data	Metode Pengumpulan Data	Sumber Data	Metode Analisis Data	Output Penelitian
Mengidentifikasi kondisi pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru	Pemanfaatan limbah kotoran ternak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biogas</li> <li>• Pupuk organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Populasi ternak sapi</li> <li>• Jumlah KK peternak dan petani</li> <li>• Jenis biogas</li> <li>• Proses dan instalasi biogas</li> <li>• Jenis pupuk organik</li> <li>• Output pupuk organik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Survei sekunder</li> <li>• Survei primer (populasi peternak pemilik biogas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profil Desa Tegalweru, 2012</li> <li>• Profil Kecamatan Dau, 2012</li> <li>• Wawancara dengan penduduk desa setempat</li> <li>• Biogas Rumah (BIRU)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis pemanfaatan limbah ternak untuk biogas dan pupuk organik</li> </ul>	Mengidentifikasi jenis pemanfaatan limbah kotoran ternak jenis apa yang ada di Desa Tegalweru
Pemilihan skenario terbaik untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak di Desa Tegalweru	Skenario terbaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Emergy Analysis</i></li> <li>• Permintaan dan penawaran energi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebijakan eksisting</li> <li>• Jenis Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pupuk Kompos Organik</li> <li>✓ Biogas</li> </ul> </li> <li>• <i>Demand-Supply</i> energi eksisting <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kebutuhan Energi listrik masyarakat Desa Tegalweru</li> <li>✓ Kebutuhan memasak masyarakat Desa Tegalweru</li> <li>✓ <i>Supply</i> energi listrik dan memasak</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Survei Sekunder</li> <li>• Survei Primer (wawancara dengan penduduk-282 KK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peraturan Presiden No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional</li> <li>• Undang-Undang No 30 Tahun 2007 tentang Energi</li> <li>• RTRW Kabupaten Malang 2010-2030</li> <li>• Profil Desa Tegalweru,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis Evaluatif <i>Emergy Analysis</i></li> <li>• Analisis <i>demand-supply</i> energi</li> </ul>	Mengetahu skenario terbaik, yang bisa diprediksikan untuk pemenuhan kebutuhan energi yang <i>sustainable</i> dan efisien berdasarkan <i>emergy analysis</i> dan <i>demand-supply</i> .

Tujuan penelitian	Variabel	Sub Variabel	Jenis data	Metode Pengumpulan Data	Sumber Data	Metode Analisis Data	Output Penelitian
			masyarakat Desa Tegalweru <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Emergy Investment</i></li> <li>• <i>Emergy Recovery</i></li> <li>• <i>Net Emergy</i></li> <li>• <i>Emergy Yield Ratio</i></li> <li>• <i>Emergy Sustainability Index</i></li> <li>• <i>Environmental Loading Ratio</i></li> </ul>		2012 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil Analisis <i>Demand-Supply</i> Energi eksisting</li> <li>• Hasil Penentuan Skenario</li> </ul>		
Mengetahui harga optimal yang mampu dibayar warga Desa Tegalweru terkait pemenuhan kebutuhan energi	Harga optimal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skenario terbaik</li> <li>• Fungsi pendapatan masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil skenario terbaik (<i>Emergy Analysis</i> dan <i>demand-supply</i>)</li> <li>• Golongan pendapatan KK di Desa Tegalweru</li> <li>• Pendapatan tiap bulan KK</li> <li>• Biaya untuk memasak dan biogas dalam satu bulan per KK</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Survei sekunder</li> <li>• Survei primer               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Harga optimal pemenuhan energi (282 KK)</li> <li>✓ Harga optimal pupuk organik (165KK-petani murni)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profil Desa Tegalweru, 2012</li> <li>• Desa Dalam Angka, 2012</li> <li>• Hasil kuisioner harga kebutuhan energi (282 KK)</li> <li>• Hasil kuisioner harga pupuk organik bagi petani murni (165 KK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analisis harga optimal</li> </ul>	Mengetahui harga optimal yang mampu dibayar warga Desa Tegalweru terkait pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas dan pupuk organik.



Gambar 3. 5 Kerangka pemikiran

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

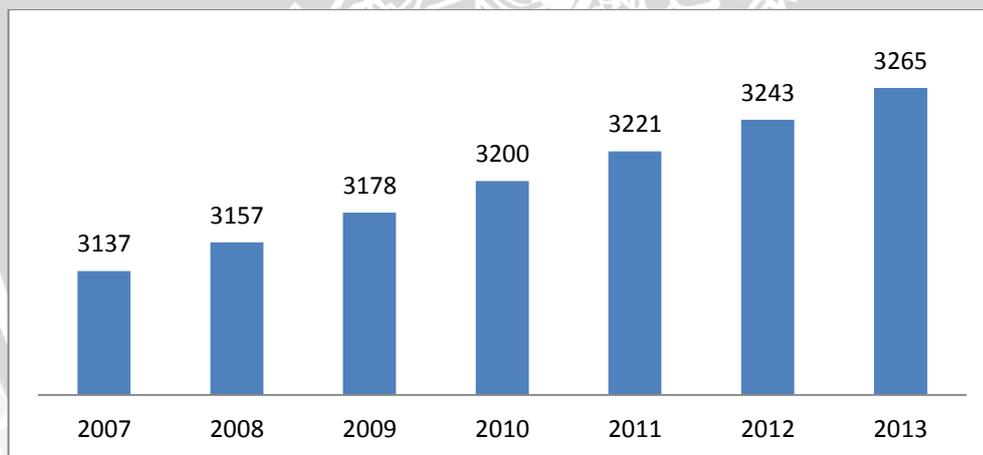
#### 4.1. Karakteristik Desa Tegalweru

Desa Tegalweru merupakan desa yang terletak di Kecamatan Dau Kabupaten Malang. Secara administratif Desa Tegalweru berbatasan dengan:

- Sebelah timur : Desa Merjosari ( Kecamatan Dau )
- Sebelah barat : Desa Selorejo ( Kecamatan Dau )
- Sebelah selatan : Desa Karang Widoro ( Kecamatan Dau )
- Sebelah utara : Desa Gadingkulon ( Kecamatan Dau )

Ditinjau dari ketinggian tempatnya, wilayah Desa Tegalweru berada pada ketinggian antara 597-845m dpl. Sedangkan untuk kemiringan lahan, sebagian besar wilayah Desa Tegalweru berada pada kemiringan 0-7%. Mayoritas warga bekerja sebagai peternak dan petani untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Berdasarkan data pada gambar 4.1 jumlah penduduk di Desa Tegalweru meningkat setiap tahunnya.

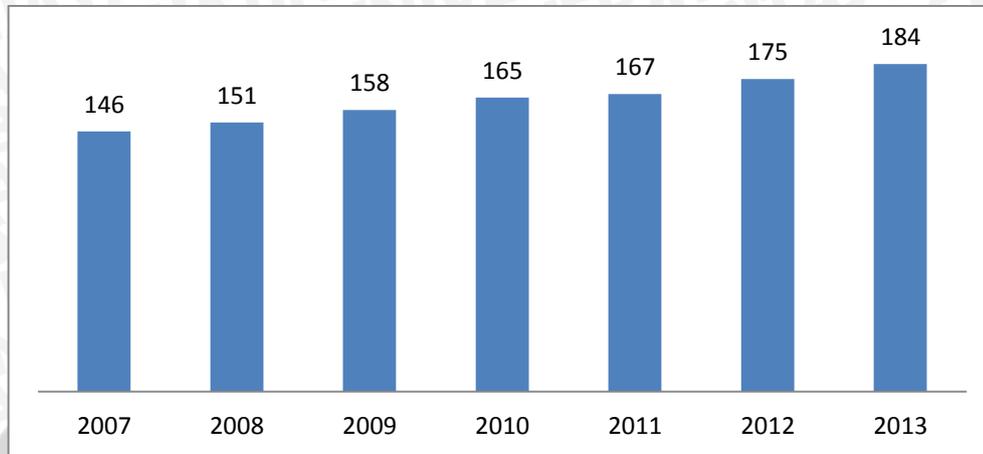


**Gambar 4. 1 Jumlah penduduk Desa Tegalweru**

Sumber: ESDM Kabupaten Malang,2013

Jumlah penduduk di Desa Tegalweru setiap tahun mengalami kenaikan hingga 5% atau 20 orang penambahan penduduk, penambahan penduduk tertinggi berada pada tahun 2011 ke 2012 dan 2012 ke 2013 dengan total jumlah penambahan penduduk hingga 22 orang. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru juga semakin meningkat.

Penduduk miskin meningkat dengan pertumbuhan penduduk yang ada di Desa Tegalweru. Penduduk miskin adalah penduduk yang mempunyai penghasilan dibawah Rp500.000,00. Peningkatan penduduk miskin dilihat pada gambar 4.2.

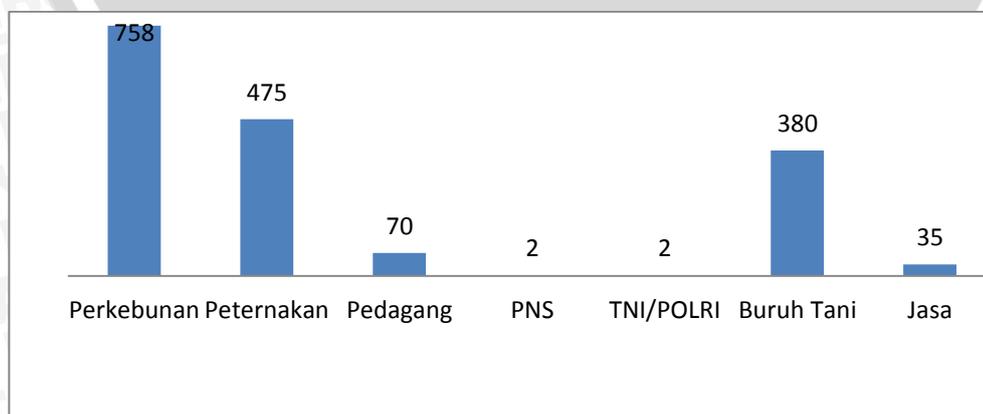


**Gambar 4. 2 Jumlah penduduk miskin Desa Tegalweru**

Sumber: ESDM Kabupaten Malang,2013

Penduduk miskin di Desa Tegalweru memiliki rasio kenaikan sebesar 6% atau 7 orang setiap tahunnya. Penduduk miskin Desa Tegalweru memiliki kecenderungan menggunakan kayu bakar untuk memenuhi kebutuhan memasak mereka. Kayu bakar yang digunakan berasal dari hutan di desa sehingga pengambilan kayu bakar berlebih untuk memenuhi kebutuhan energi dapat menyebabkan ekosistem didalam hutan dan lingkungan desa dapat terganggu.

Mata pencaharian di Desa Tegalweru didominasi oleh petani dikarenakan kontur dan mayoritas guna lahannya yang mendukung untuk dilakukannya kegiatan bercocok tanam. Selain itu Desa Tegalweru yang berada di dataran tinggi juga memungkinkan masyarakatnya untuk beternak sebagai mata pencaharian selain bertani. Mata pencaharian warga Desa Tegalweru dilihat pada gambar 4.3.

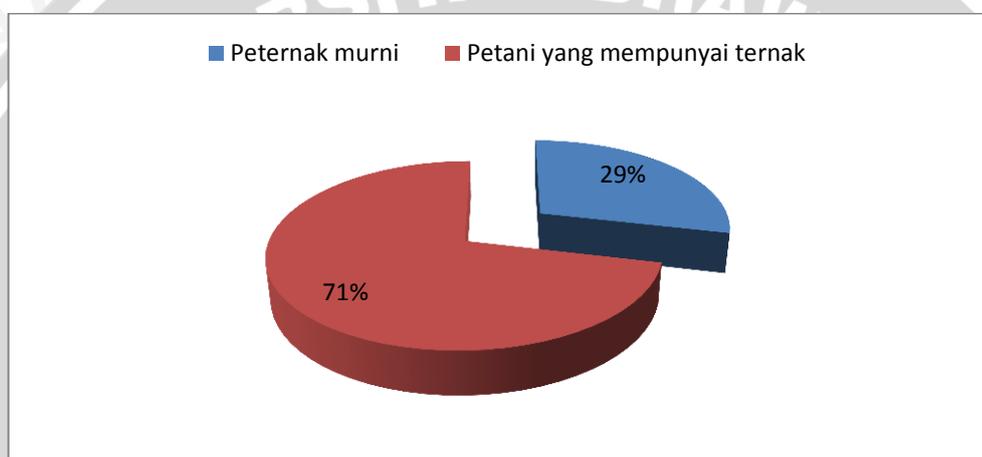


**Gambar 4. 3 Mata pencaharian penduduk Desa Tegalweru Tahun 2013**

Sumber: ESDM Kabupaten Malang,2013

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa jumlah penduduk yang bekerja sebagai petani atau perkebunan sebanyak 758 orang atau 23,21% dari total penduduk yang ada di Desa Tegalweru, sedangkan warga yang bekerja dalam bidang peternakan mencapai 475 atau 16,1%. Energi terbaharukan di Desa Tegalweru memiliki potensi karena mayoritas penduduknya adalah petani dan peternak memiliki hewan ternak yang penggunaannya saat ini hanya untuk dipelihara dan tidak dimanfaatkan dengan optimal.

Peternak di Desa Tegalweru tidak semua adalah peternak murni, karena banyak warga yang memiliki pekerjaan sampingan untuk beternak sapi, selain tidak membutuhkan waktu yang banyak untuk merawat, peternak sapi juga menghasilkan pendapatan yang cukup hasil dari beternak untuk sampingan.

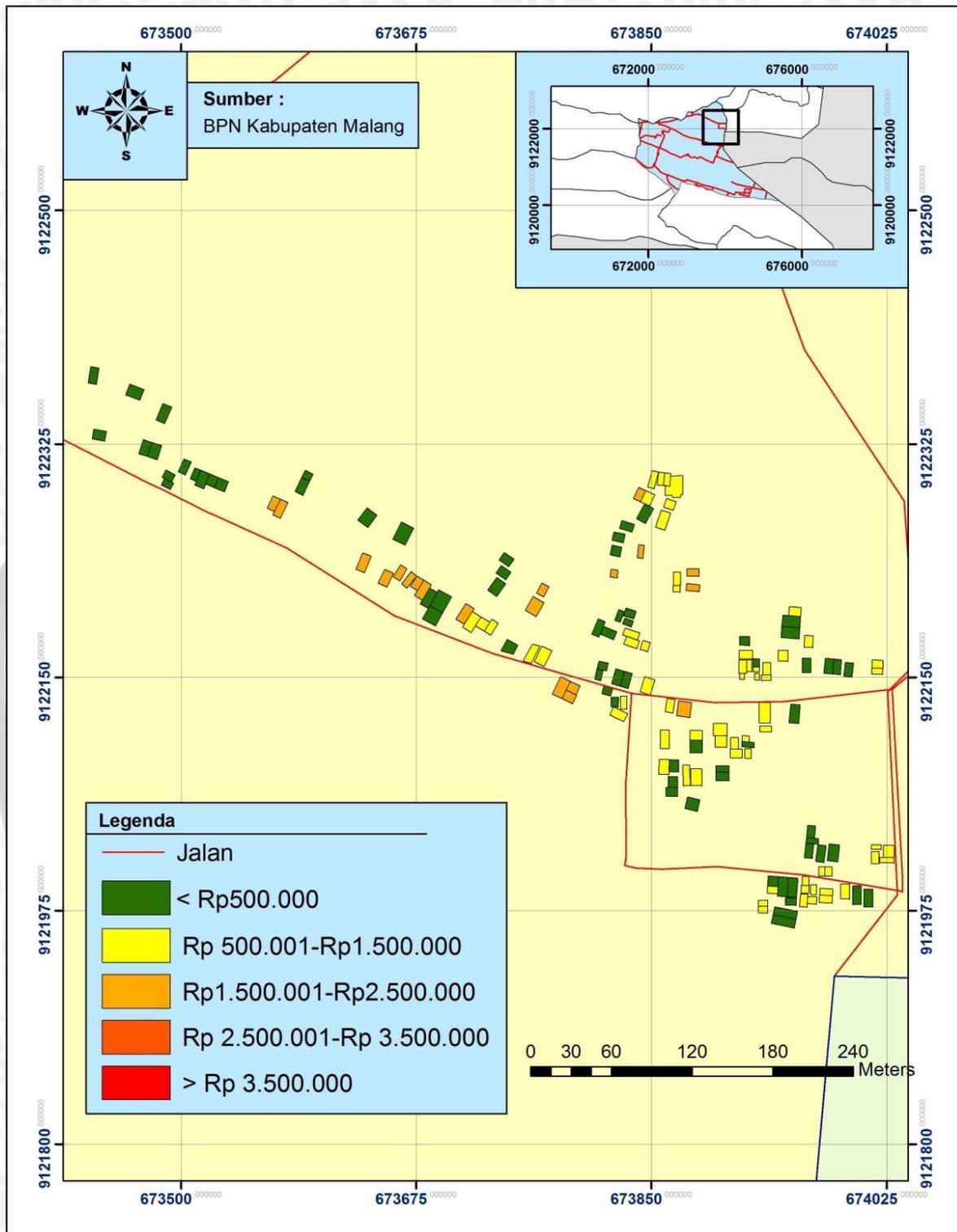


**Gambar 4.4 Prosentase peternak murni dan petani yang mempunyai**

Sumber: Dinas Peternakan Kabupaten Malang, 2013

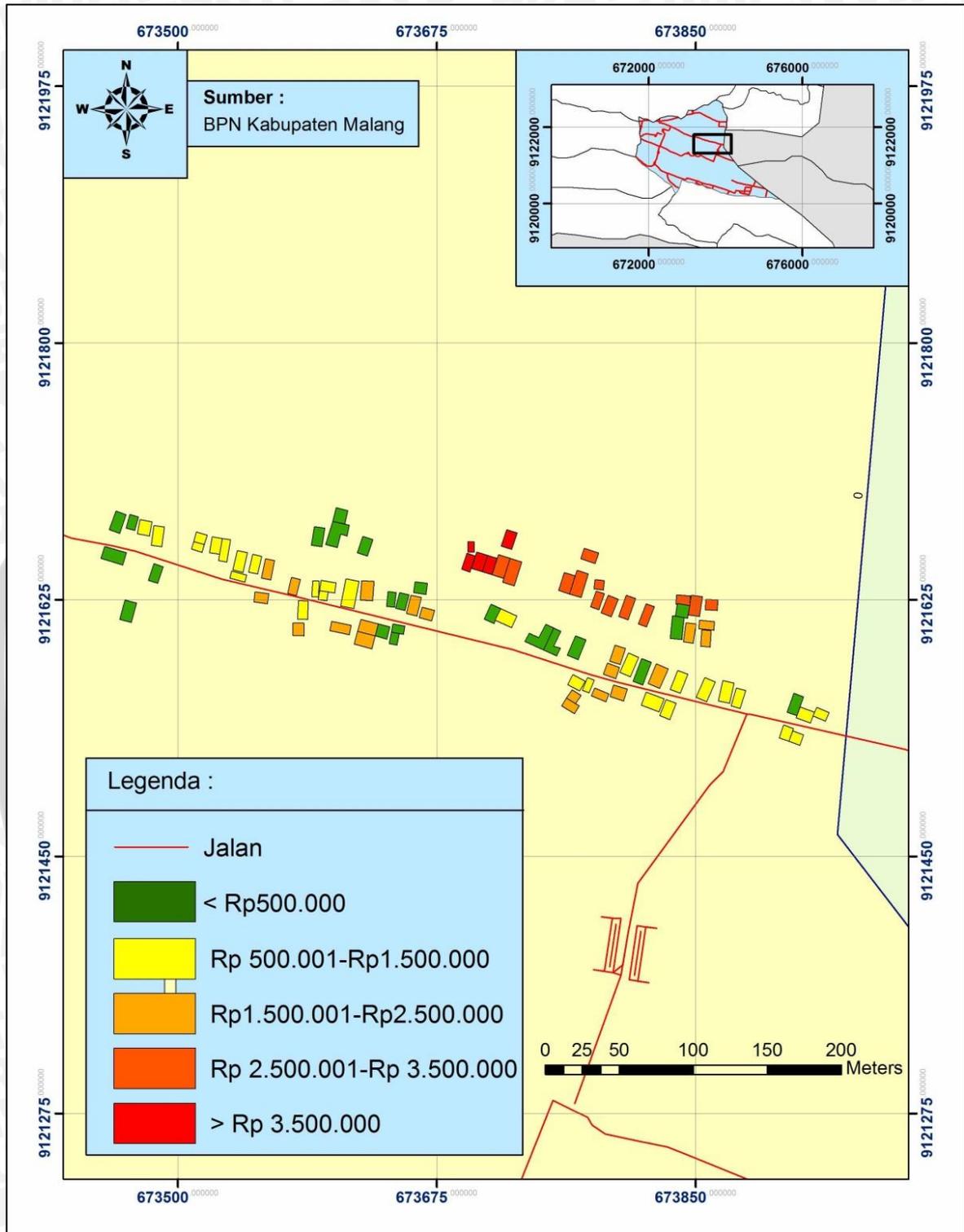
Gambar 4.4 menunjukkan bahwa 29% atau 136 KK dari 475 KK warga yang memiliki ternak adalah peternak murni, 71% atau 339 KK dari 475 KK adalah warga yang memiliki ternak untuk usaha sampingan. Survei primer menunjukkan bahwa warga yang memiliki ternak tidak ingin menjadikan peternak sebagai pekerjaan utama dikarenakan harga sapi berubah-ubah. 475 peternak yang memiliki sapi merupakan modal utama dalam pengembangan biogas di Desa Tegalweru.

Warga Desa Tegalweru memiliki beberapa jenis golongan pendapatan, pendapatan warga Desa Tegalweru berkisar antara < Rp. 500.0000,00 hingga > Rp 3.500.000,00. Gambar 4.5, 4.6 dan 4.7 menunjukkan persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru berdasarkan sampel yang telah dihitung.



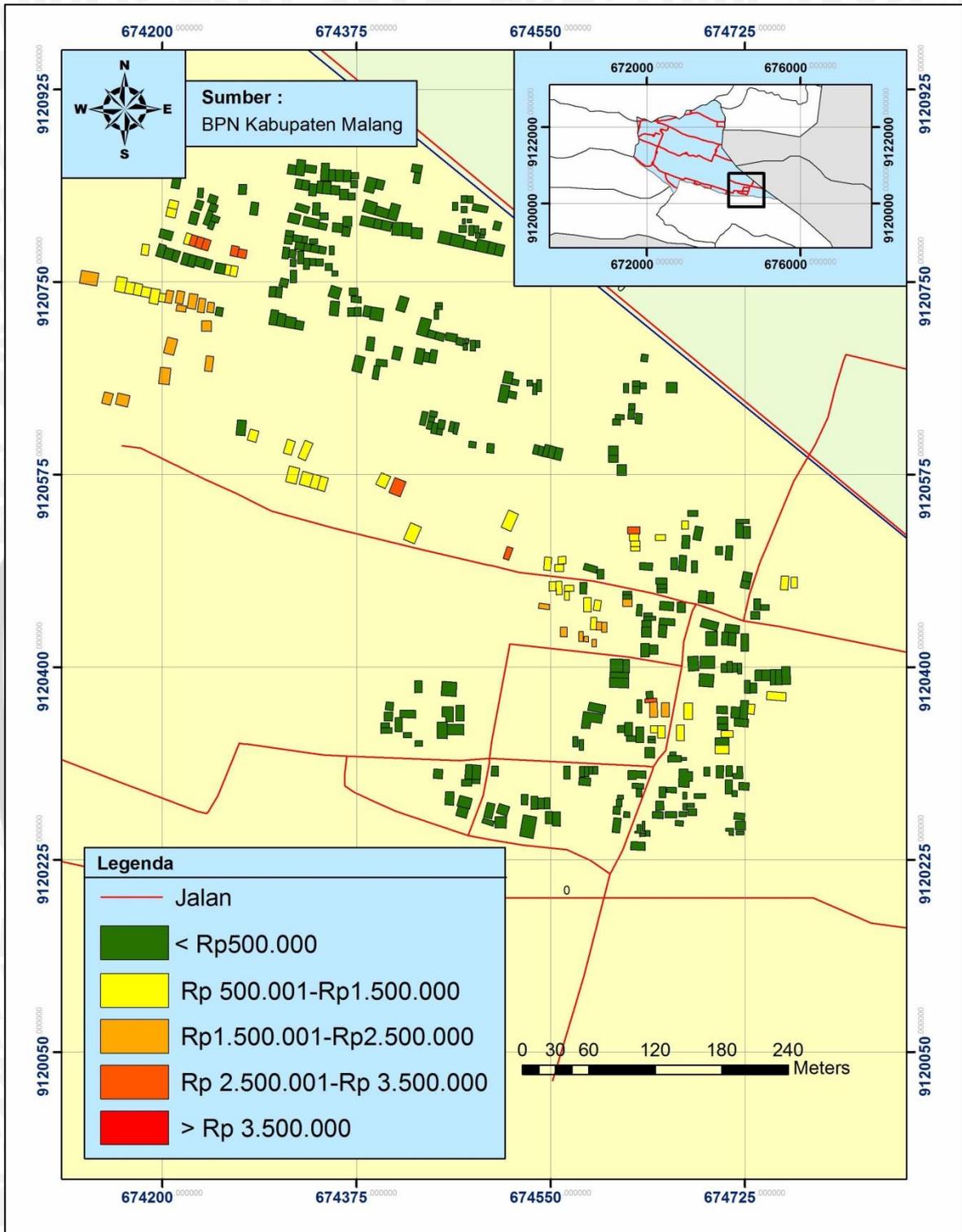
**Gambar 4.5** Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (1)

Gambar 4.5 menunjukkan bagian utara warga Desa Tegalweru yang didominasi oleh warga dengan pendapatan antara Rp 500.000,00 hingga Rp 3.500.000,00. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesejahteraan warga Desa Tegalweru bagian utara dalam kondisi yang baik.



**Gambar 4. 6** Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (2)

Gambar 4.6 menunjukkan bagian timur warga Desa Tegalweru yang didominasi oleh warga dengan pendapatan antara Rp 500.000,00 hingga < Rp 3.500.000,00. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesejahteraan warga Desa Tegalweru bagian timur dalam kondisi yang baik.



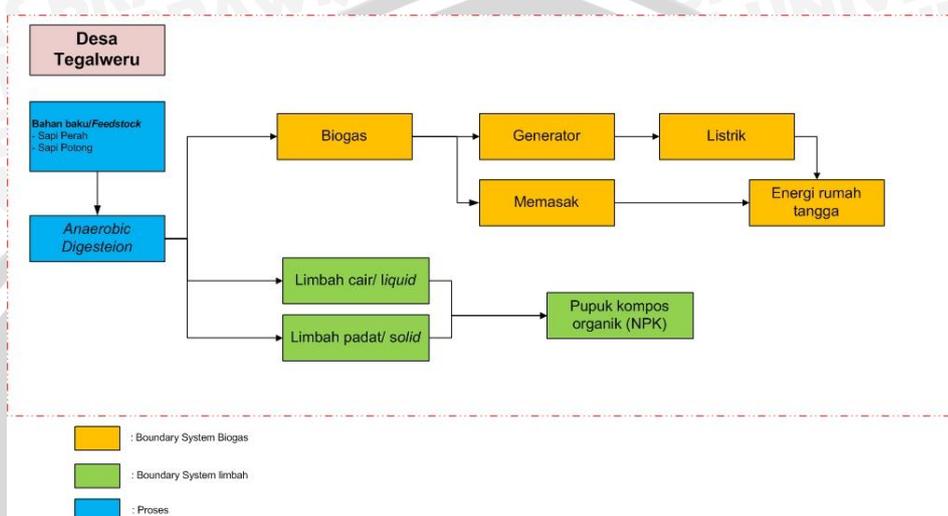
Gambar 4. 7 Persebaran pendapatan warga Desa Tegalweru (3)

Gambar 4.7 menunjukkan bagian timur warga Desa Tegalweru yang didominasi oleh warga dengan pendapatan antara Rp 500.000,00 hingga < Rp 3.500.000,00. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesejahteraan warga Desa Tegalweru bagian timur dalam kondisi yang baik

## 4.2 Kondisi Pemanfaatan Biogas dan Pupuk Kompos Desa Tegalweru

### 4.2.1 Boundary System

*Boundary System* adalah pembatasan sebuah sistem untuk mengatur bahasan masalah dan solusi agar lebih terfokus, untuk menentukan harga optimal demi pemenuhan kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru. *Boundary system* diperlukan agar skema pemenuhan kebutuhan energi dan kegunaan energi tepat sasaran.



**Gambar 4. 8 Boundary system Desa Tegalweru**

Pada gambar 4.8 *feedstock* adalah bahan baku untuk menjalankan sebuah sistem, pemenuhan kebutuhan energi alternatif di Desa Tegalweru memakai jenis hewan berupa sapi potong dan sapi perah. Bahan baku berupa sapi mampu menghasilkan *output* berupa biogas dan digester, biogas adalah jenis energi alternatif yang akan diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan energi di Desa Tegalweru. Biogas dimanfaatkan untuk energi listrik melalui generator dan kebutuhan memasak, dua jenis pemanfaatan ini akan digunakan untuk energi rumah tangga. Digester atau limbah dari hasil pemrosesan biogas dan *feedstock* terbagi dalam dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat, kedua limbah ini bisa dimanfaatkan untuk pupuk kompos organik atau pupuk NPK yang akan berguna bagi sektor pertanian yang ada di Desa Tegalweru.

### 4.2.2 Produsen

Biogas merupakan energi terbarukan yang baru disosialisasikan kepada warga Desa Tegalweru. Pada tahun 2010 Desa Tegalweru ditunjuk menjadi salah satu desa percontohan untuk pengembangan biogas sehingga beberapa warga sudah diperkenalkan dan mulai membangun biogas. Total titik biogas di Desa Tegalweru sebanyak enam unit dan mayoritas berada di sisi barat Desa Tegalweru.

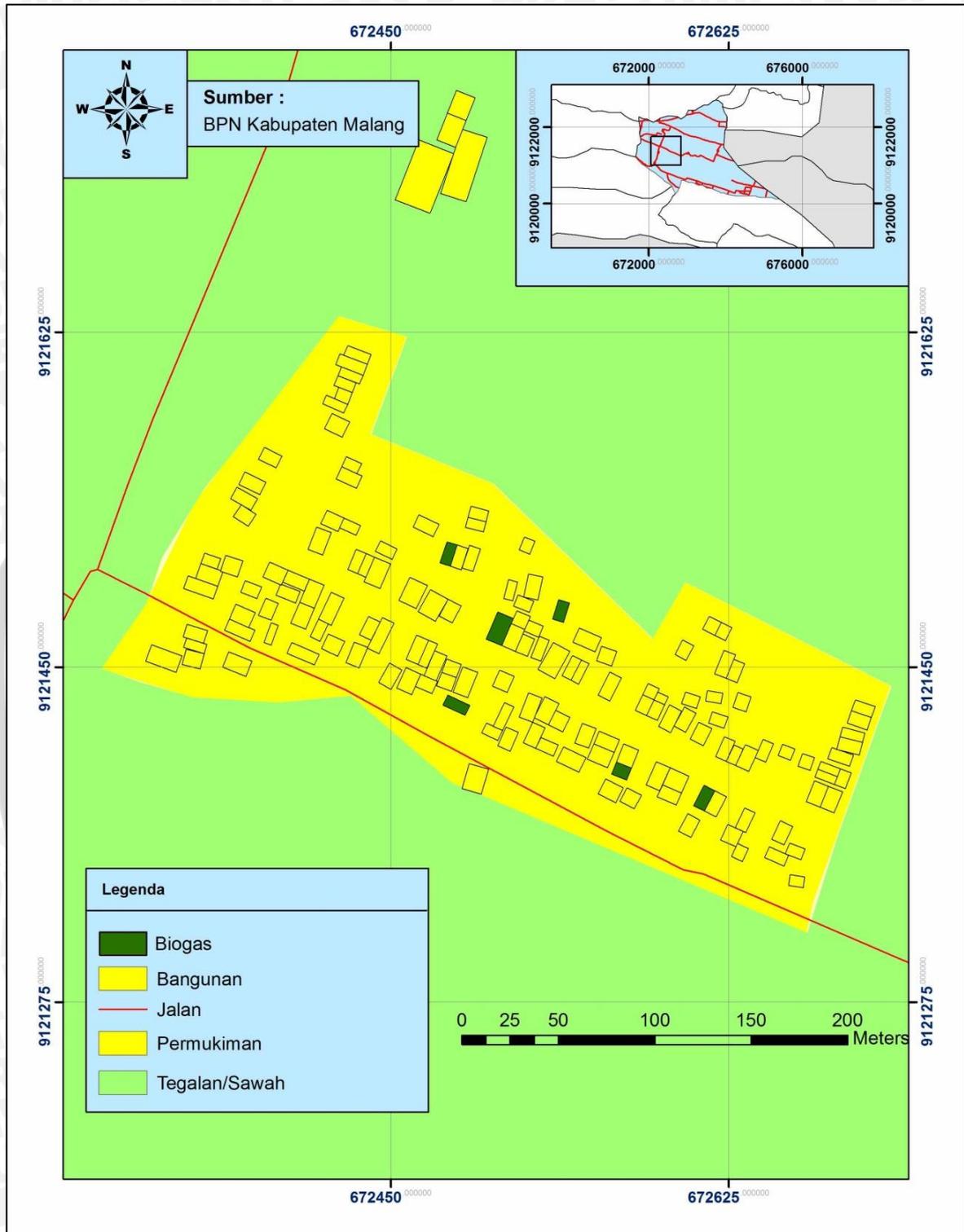
Tabel 4. 1 Lokasi biogas

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah sapi (ekor)	Produksi limbah (kg)	Pekerjaan (pemilik)	Keluarga yang ditanggung (orang)
1	03	3	75	Petani dan peternak	3
2	03	3	75	Peternak	3
3	03	2	52	Petani dan peternak	4
4	03	14	352	Petani dan peternak	4
5	05	2	50	Petani dan peternak	4
6	05	3	75	Petani dan peternak	4

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa enam unit biogas ini memiliki lokasi yang berbeda, diantaranya 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 Enam titik biogas ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda seperti kapasitas penyimpanan biogas, manajemen pengelolaan limbah kotoran ternak, pemanfaatan ternak mereka untuk biogas dan pupuk kompos organik serta keuntungan ekonomi yang dikan setelah menggunakan biogas. Produksi limbah kotoran ternak per ekor sapi mencapai 25 kg. Mayoritas pemilik biogas sekarang bekerja sebagai peternak dan petani.



Gambar 4. 9 Warga yang memiliki biogas



Gambar 4. 10 Titik lokasi biogas Desa Tegalweru

Sehari sapi yang memproduksi biogas diberi makan tiga kali sehari. Sebagian ada yang memberi makan pada pagi, siang dan sore hari. Pakan ternak yang diberi oleh peternak adalah rumput yang ditumbuhkan oleh peternak sendiri dan tambahan nutrisi bagi sapi agar sapi tetap sehat. Untuk proses perkawinan sapi yang ada di Desa Tegalweru dilakukan dengan cara inseminasi buatan atau kawin suntik, masa hingga

hamil sampai melahirkan anak sapi berkisar antara 9-11 bulan. Sapi-sapi yang digunakan untuk biogas mayoritas sapi potong. Pengukuran untuk ukuran jumlah total limbah kotoran per satu ekor sapi dilakukan menggunakan studi terdahulu dan studi literature yang sudah ada dikarenakan tidak ada pengukuran langsung di lokasi Desa Tegalweru. Tabel 4.2 menunjukkan tentang kuantitas dan deskripsi dari limbah ternak di Desa Tegalweru.

**Tabel 4. 2 Deskripsi dan kuantitas limbah ternak Desa Tegalweru**

Limbah kotoran	Kuantitas
Jumlah sapi total (ekor)	1080,00
Total limbah kotoran (ton/tahun)	9855,00
Limbah kotoran untuk biogas (ton/tahun)	246,37
Prosentasi kotoran cair (%)	10,00
Limbah kotoran cair (ton/tahun)	24,63
Prosentase kotoran kering organik (%)	90,00
Limbah kotoran kering organik (ton/tahun)	221,73
Konsentrasi <i>methane</i> (%)	60,00

Sapi di Desa Tegalweru berjumlah 1080 ekor sapi pada tahun 2013 mampu menghasilkan limbah kotoran ternak 9855 ton/tahun, sebanyak 246.375 ton/tahun sudah mampu dimanfaatkan untuk dijadikan biogas. Kandungan limbah kotoran ternak sapi di Desa Tegalweru memiliki komposisi prosentase kotoran cair sebanyak 10% dari total produksi limbah kotoran sapi atau mencapai 24.63 ton/ tahun, mengacu pada Agstar Handbook limbah kotoran sapi dengan tingkat kotoran cair mencapai 10% maka masuk dalam kategori *slurry*. Kandungan limbah kotoran sapi dalam bentuk padatan organik lebih banyak dibandingkan cair yaitu 90% dari limbah kotoran sapi, limbah kotoran kering organik sapi di Desa Tegalweru yang telah dimanfaatkan untuk biogas mencapai 221.73 ton/tahun. Tingginya prosentase padatan limbah kotoran sapi dapat memberikan keuntungan bagi para petani ataupun peternak yang memiliki ladang untuk menggunakan limbah hasil proses dari biogas untuk pupuk kompos organik.

#### 4.2.3 Proses

Untuk membuat hasil produksi biogas optimal para peternak menggunakan cara-cara yang mayoritas aman dan baik. Untuk kebersihan kandang, para peternak yang memiliki unit biogas membersihkan kandang tujuh kali dalam seminggu atau rata-rata satu hari sekali, hal ini untuk mencegah adanya penumpukan kotoran ternak dan sakit pada sapi. Untuk sekali membersihkan kandang peternak menggunakan air hingga 30 liter. Untuk instalasi biogas diperlukan jarak yang optimal antara dapur rumah sebagai

tempat *output* dari biogas dan kandang sapi sebagai bahan baku utama dari proses biogas.

**Tabel 4. 3 Perawatan biogas**

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

Para peternak ini mayoritas merupakan pemilik kandang sapi yang berjarak antara 5-10 meter dari dapur rumah. Kotoran sapi dimasukkan dalam pipa biogas setelah terkumpul, mayoritas peternak membersihkan kotoran sapi untuk diarahkan ke pipa penghasil biogas sekali dalam sehari, namun untuk produk biogas yang mengalir kedalam dapur rumah konstan dan tidak pernah terputus, hingga sekarang mayoritas peternak tidak mengalami masalah dengan proses pengelolaan limbah ternak mereka untuk diubah menjadi biogas.



**Gambar 4. 11 Manajemen pengelolaan limbah ternak Desa Tegalweru**

Pengelolaan limbah kotoran ternak menjadi pupuk kompos organik dan biogas yang dilakukan oleh peternak di Desa Tegalweru dimulai pada awal tahun 2010, pada saat itu mayoritas pengguna biogas sekarang mengetahui tentang adanya biogas sebagai salah satu pengganti kayu bakar atau LPG untuk memasak dari lembaga perguruan tinggi. Meski didalam RTRW Kabupaten Malang disebutkan mengenai penggunaan energi alternatif pada setiap desa di Kabupaten Malang, Desa Tegalweru belum pernah menerima sosialisasi atau informasi dari pemerintah desa terkait biogas dan residunya yang bisa digunakan untuk pupuk kompos organik.

Tabel 4. 4 Jenis reaktor biogas Desa Tegalweru

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Jenis reaktor	Ukuran (m <sup>3</sup> )	Lahan yang dibutuhkan (m <sup>2</sup> )
1	03	3	Fixed dome	8	10
2	03	3	Fixed dome	8	8
3	03	2	Fixed dome	8	10
4	03	14	Fixed dome	8	25
5	05	2	Fixed dome	8	6
6	05	3	Fixed dome	8	12

Reaktor biogas yang berada di Desa Tegalweru berukuran rata-rata sebesar 8m<sup>3</sup> dengan masing masing digester diisi oleh kotoran sapi. Jenis *fixed dome* memiliki dua bagian untuk tempat pemrosesan biogas, yang pertama adalah tempat dimana pencernaan material biogas berada dan rumah bagi bakteri, sedangkan bagian kedua adalah kubah tetap yang berfungsi sebagai pengumpul gas yang tidak bergerak. Warga menggunakan tipe reaktor biogas jenis ini dikarenakan biaya konstruksi yang lebih murah daripada menggunakan reaktor jenis lainnya, kerugian dari memakai jenis digester ini apabila terkena bencana alam seperti gempa bumi akan rawan retak dan bocor sehingga sulit untuk diperbaiki. Tabel 4.5 menunjukkan parameter reaktor biogas di Desa Tegalweru.

Tabel 4. 5 Parameter digester dan tempat penyimpanan

AD dan penyimpanan digestate	Parameter
Jumlah digester	6
Diameter (m)	2,5-3
Ketinggian yang digunakan (m)	1,5
Volume digester yang digunakan	36m <sup>3</sup>
Tahun pembuatan digester	2010
Biaya pembuatan digester(Rp)	7.500.000,00

Jumlah digester yang ada di Desa Tegalweru saat ini adalah enam unit dengan diameter 1,5 meter, ketinggian dari kubah reaktor biogas yang digunakan juga bermacam macam untuk masing masing warga yang mempunyai instalasi berkisar antara 3-6meter. Volume digester yang digunakan dan dihasilkan dalam satu hari untuk semua instalasi biogas adalah 36m<sup>3</sup> dengan biaya pembuatan digester biogas untuk tipe *fixed dome* adalah Rp 7.500.000,00.

Produksi biogas konstan dalam sehari dan jarang sekali ada permasalahan dengan biogas, sedangkan untuk pupuk kompos organik dalam bentuk padatan dalam seminggu bisa berkisar antara 75-100 kg. Hal ini tentu membuat warga yang memiliki biogas mengurangi biaya untuk pembelian pupuk karena stok pupuk sudah tersedia. Untuk pemenuhan sumber dana dalam pemasangan biogasm enam unit biogas merupakan bantuan dari perguruan tinggi yang melakukan sosialisasi terhadap warga di Desa Tegalweru.



Gambar 4. 12 Residu proses biogas cairan dan padatan untuk pupuk kompos



Gambar 4. 13 Pemanfaatan biogas untuk memasak

#### 4.2.4 Output

Lima unit biogas memiliki jumlah sapi antara dua hingga tiga sapi sehingga produksi biogas yang dihasilkan juga sama. Bapak Solikhin memiliki unit biogas terbesar memiliki 14 ekor sapi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi biogasnya. Sapi-sapi warga yang memiliki biogas memiliki berat per ekor antara 350-600 kg/ekor dengan produksi kotoran sapi perhari mencapai 25-30 kg/hari.

Tabel 4. 6 Produksi biogas dan pupuk kompos organik Desa Tegalweru

Unit Biogas (No)	Lokasi (RT)	Jumlah Sapi (ekor)	Ukuran (m <sup>3</sup> )	Produksi kotoran	Produksi biogas (m <sup>3</sup> )/hari	Produksi biogas (kwh)/hari	Produksi pupuk kompos (kg/hari)
1	03	3	8	75	3,00	4,80	12,00

2	03	3	8	75	3,00	4,80	12,00
3	03	2	8	52	2,08	3,30	8,00
4	03	14	8	352	14,08	22,40	56,00
5	05	2	8	50	2,00	3,20	8,00
6	05	3	8	75	3,00	4,80	12,00
<b>Total</b>		<b>27</b>		<b>679</b>	<b>27,16</b>	<b>43,20</b>	<b>108,00</b>

Produksi biogas dan pupuk kompos organik Desa Tegalweru kondisi eksisting mencapai 43.2 kw/hari untuk aliran listrik dan pupuk kompos organik sebanyak 108 kg/hari. Produksi listrik dihasilkan dari proses yang terdapat didalam digester yang mengelola limbah kotoran ternak sebanyak 679 kg/hari.



**Gambar 4. 14 Ternak sapi di Desa Tegalweru**

Penggunaan biogas secara modal awal besar namun para peternak sudah mampu merasakan dampak akibat pemasangan biogas, terutama dalam hal pemenuhan energi terkait memasak dan penerangan lampu. Mayoritas pengguna biogas merasa diuntungkan dengan adanya instalasi tersebut karena mereka mampu menghemat pengeluaran untuk tabung LPG hingga empat tabung per bulan atau Rp. 60.000,00- Rp 70.000,00. Selain penghematan dalam hal bahan bakar untuk memasak pengeluaran listrik juga menjadi berkurang. Hal ini dikarenakan karena energi dari biogas cukup untuk menerangi lampu yang ada. Keuntungan ekonomis lainnya diperoleh dalam sektor pertanian, untuk peternak yang memiliki biogas, hasil dari residu biogas digunakan sebagai pupuk kompos organik sehingga menghemat dalam pembelian pupuk. Peternak tidak perlu mengeluarkan uang untuk membeli pupuk kompos organik karena tersedia dari residu biogas.

### 4.3 Evaluasi Skenario

Evaluasi skenario digunakan untuk mengetahui skenario terbaik untuk pemenuhan kebutuhan energi untuk warga Desa Tegalweru. Penentuan skenario terbaik dalam penelitian ini menggunakan *demand-supply* serta *emergy analysis*. Tabel 4.7 menunjukkan skenario skenario yang akan diuji.

**Tabel 4. 7 Skenario**

Scenario	Deskripsi
1	Skenario BAU ( <i>Bussines as Usual</i> ) atau kondisi eksisting dimana tetap menggunakan enam unit biogas untuk kebutuhan penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru.
2	Skenario semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan untuk pemenuhan kebutuhan energi memasak dan penerangan lampu warga desa Tegalweru, namun limbah hasil proses biogas tidak dimanfaatkan
3	Skenario maksimal dimana semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan lampu warga, selain itu limbah hasil proses biogas digunakan untuk pupuk kompos bagi petani.

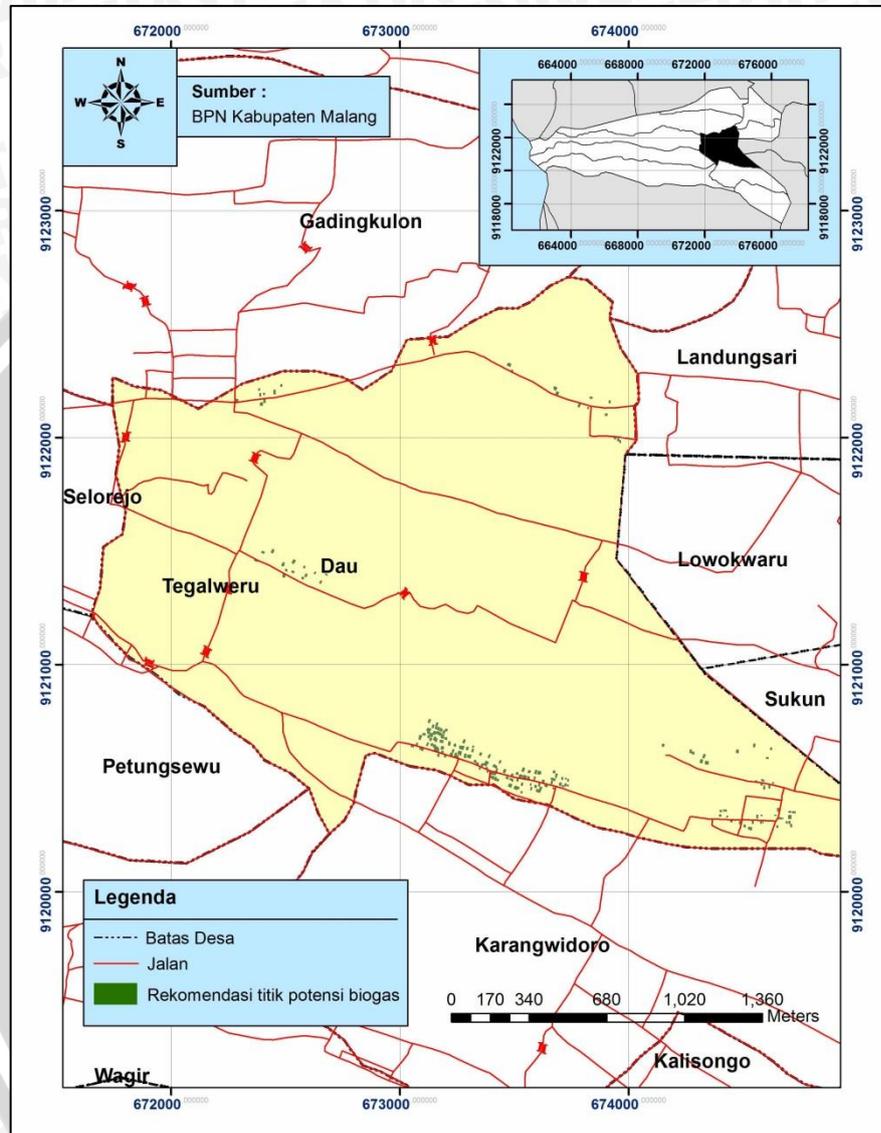
Skenario satu merupakan kondisi eksisting yang ada di Desa Tegalweru saat ini, sedangkan skenario dua dan tiga merupakan skenario pengoptimalan semua sapi yang ada di Desa Tegalweru untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan lampu. Perbedaan skenario dua dan tiga terletak pada pemrosesan limbah hasil biogas. Skenario tiga menggunakan limbah biogas untuk pemupukan kompos sedangkan skenario dua hanya dibuang. Pada tabel 4.8 dilihat perbandingan kondisi pada skenario satu, dua dan tiga.

**Tabel 4. 8 Perbandingan skenario**

Skenario	Jumlah Ternak (ekor)	Jumlah Kotoran sapi (kg/hari)	Volume biogas (m <sup>3</sup> /hari)	Jumlah Peternak (orang)
1	27	675	18,25	6
2	1080	27.000	729,00	475
3	1080	27.000	729,00	475

Skenario 1 adalah kondisi eksisting dimana jumlah ternak yang digunakan untuk memproduksi biogas sebanyak 27 ekor sapi dengan produksi kotoran sapi mencapai 675 kg/hari. Hasil volume biogas yang dihasilkan dari skenario satu per hari mencapai 18,25 m<sup>3</sup>/hari dan melibatkan enam orang peternak. Sedangkan skenario dua dan tiga memiliki sumberdaya yang sama dengan total penggunaan sapi sebanyak 1080 ekor atau seluruh sapi yang ada di Desa Tegalweru, 1080 sapi memproduksi kotoran dalam

satu hari sebanyak 27.000 kg/hari dan mampu menghasilkan biogas hingga 729 m<sup>3</sup>/hari. Skenario dua dan tiga melibatkan semua peternak yang ada di Desa Tegalweru sebanyak 475 KK. Perbedaan skenario dua dan tiga adalah dalam hasil output berupa pemanfaatan pupuk kompos di skenario tiga.



Gambar 4. 15 Peta rekomendasi titik potensi biogas

#### 4.3.1 Demand-Supply Energi

Permintaan dan penawaran energi untuk masyarakat Desa Tegalweru berkembang seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Tahun 2013 tercatat 967 KK yang tinggal di Desa Tegalweru. Pemenuhan kebutuhan energi biogas dalam aktivitas sehari-hari masyarakat Desa Tegalweru berupa penerangan lampu dan memasak.

### A. Skenario 1

Skenario 1 merupakan skenario BaU (*Bussines as Usual*) dimana menggunakan enam unit biogas untuk kebutuhan penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru serta 27 ekor sapi untuk memproduksi biogas. Berikut adalah perhitungan kebutuhan energi tiap hari untuk penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru berdasarkan skenario 1.

#### 1) Penerangan Lampu

Untuk permintaan energi penerangan lampu di Desa Tegalweru, mengacu pada SNI-03-6197-2000 bahwa setiap rumah dengan luas rumah  $100\text{m}^2$  membutuhkan 1000 watt atau 1 kwh. Maka:

$$St = Yt + Mt - Xt - Zt \dots \dots (4.1)$$

Keterangan :

$St$  : Penawaran energi pada tahun t

$Yt$  : Produksi energ (biogas) pada tahun t

$Mt$  : Volume impor energi (biogas) pada tahun t

$Xt$  : Volume ekspor energi (biogas) pada tahun t

" $Zt$  : Perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energi (biogas) di tahun t

$Mt$  dan  $Xt$  adalah nilai produksi ekspor dan impor dari biogas. Karena Desa Tegalweru memenuhi permintaan biogas secara individu maka nilai  $Mt$  dan  $Xt$  dianggap 0, sedangkan untuk  $Zt$  juga dianggap 0 dikarenakan perhitungan permintaan yang dilakukan hanya pada satu tahun saja. Maka :

$$St = Yt$$

$$St = 43,2\text{kwh/hari}$$

Dimana  $St$  adalah penawaran energi biogas pada tahun 2013, enam unit biogas mampu menghasilkan gas sebesar 43,2 kwh/hari sedangkan untuk permintaan energi biogas dari sisi penerangan lampu pada tahun 2013, sebanyak 967 KK minimal memerlukan energi sebesar 967 kwh/hari. Terdapat margin yang besar antara penawaran eksisting dari suplai biogas terhadap permintaan pemenuhan kebutuhan energi dari penerangan lampu, untuk penerangan lampu penawaran energi yang disuplai dari biogas bernilai -923.8 kwh/hari.

#### 2) Memasak

Survei primer untuk permintaan energi memasak di Desa Tegalweru, warga menggunakan LPG dengan ukuran 1 kg untuk seminggu, dalam waktu satu hari

warga memasak hingga dua kali pada pagi hari dan sore hari. Mengacu pada konversi unit satuan Volker-quaschning dan ESDM Kabupaten Malang tahun 2013 bahwa  $1\text{m}^3$  biogas = 0.46 kg LPG. Maka :

$$St = Yt$$

$$St = 43,2 \text{ kwh/hari}$$

St adalah penawaran energi biogas pada tahun 2013, enam unit biogas mampu menghasilkan gas sebesar 43,2 kwh/hari sedangkan untuk permintaan energi biogas dari sisi memasak pada tahun 2013, sebanyak 967 KK minimal memerlukan energi setara 406.14 kg LPG/hari atau 319.19kwh/hari untuk penduduk desa Tegalweru. Saat ini apabila enam unit biogas mempunyai sistem penyaluran biogas untuk kebutuhan memasak 967 KK maka kebutuhan energi untuk memasak warga Desa Tegalweru belum memenuhi, dari 43,2 kwh/ hari total unit biogas yang diproduksi dibutuhkan 319.19 kwh/hari untuk kebutuhan memasak warga Desa Tegalweru, atau -276.91 kwh/hari dari produksi biogas saat ini.

#### B. Skenario 2 dan 3

Skenario 2 dan 3 merupakan dimana semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan lampu warga. Total sapi yang akan memproduksi energi pada skenario ini adalah 1080 ekor sapi. Berikut adalah perhitungan kebutuhan energi tiap hari untuk penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru berdasarkan skenario 2 dan 3.

##### 1) Penerangan Lampu

Untuk permintaan energi penerangan lampu di Desa Tegalweru, mengacu pada SNI-03-6197-2000 bahwa setiap rumah dengan luas rumah  $100\text{m}^2$  membutuhkan 1000 watt atau 1 kwh. Maka:

$$St = Yt + Mt - Xt - "Zt.....(4.1)$$

Keterangan :

St : Penawaran energi pada tahun t

Yt : Produksi energ (biogas) pada tahun t

Mt : Volume impor energi (biogas) pada tahun t

Xt : Volume ekspor energi (biogas) pada tahun t

“Zt : Perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energi (biogas) di tahun t

Mt dan Xt adalah nilai produksi ekspor dan impor dari biogas. Karena Desa Tegalweru memenuhi permintaan biogas secara individu maka nilai Mt dan Xt dianggap 0, sedangkan untuk Zt juga dianggap 0 dikarenakan perhitungan permintaan yang dilakukan hanya pada satu tahun saja. Maka :

$$St = Yt$$

$$St = 1620 \text{ kwh/hari}$$

Dimana St adalah proyeksi penawaran energi biogas pada tahun 2013 apabila menggunakan semua sapi untuk dimanfaatkan, 475 unit biogas mampu menghasilkan gas sebesar 1620 kwh/hari, sedangkan untuk permintaan energi biogas dari sisi penerangan lampu pada tahun 2013, sebanyak 967 KK minimal memerlukan energi sebesar 967 kwh/hari. Terdapat surplus yang besar antara penawaran eksisting dari suplai biogas terhadap permintaan pemenuhan kebutuhan energi dari penerangan lampu, untuk penerangan lampu penawaran energi yang disuplai dari biogas bernilai +653 kwh/hari.

## 2) Memasak

Survei primer untuk permintaan energi memasak di Desa Tegalweru, warga menggunakan LPG dengan ukuran 1 kg untuk seminggu, dalam waktu satu hari warga memasak hingga dua kali pada pagi hari dan sore hari. Mengacu pada konversi unit satuan Volker-quaschning dan ESDM Kabupaten Malang tahun 2013 bahwa  $1\text{m}^3$  biogas = 0.46 kg LPG. Maka :

$$St = Yt$$

$$St = 1620 \text{ kwh/hari}$$

Dimana St adalah proyeksi penawaran energi biogas pada tahun 2013 apabila menggunakan semua sapi untuk dimanfaatkan, 475 unit biogas mampu menghasilkan gas sebesar 1620 kwh/hari, sedangkan untuk permintaan energi biogas dari sisi memasak pada tahun 2013, sebanyak 967 KK minimal memerlukan energi setara 406.14 kg LPG/hari atau 319.19kwh/hari untuk penduduk desa Tegalweru. Saat ini apabila proyeksi pemanfaatan limbah kotoran ternak dimaksimalkan maka 475 unit biogas mempunyai sistem penyaluran biogas untuk kebutuhan memasak 967 KK. Kebutuhan energi untuk memasak warga Desa Tegalweru mengalami surplus, dari 1620 kwh/ hari total unit biogas yang diproduksi dibutuhkan 319.19 kwh/hari untuk kebutuhan

memasak warga Desa Tegalweru, atau +1300,81 kwh/hari dari produksi biogas saat ini.

**Tabel 4.9 Demand-supply energy skenario 1 Desa Tegalweru**

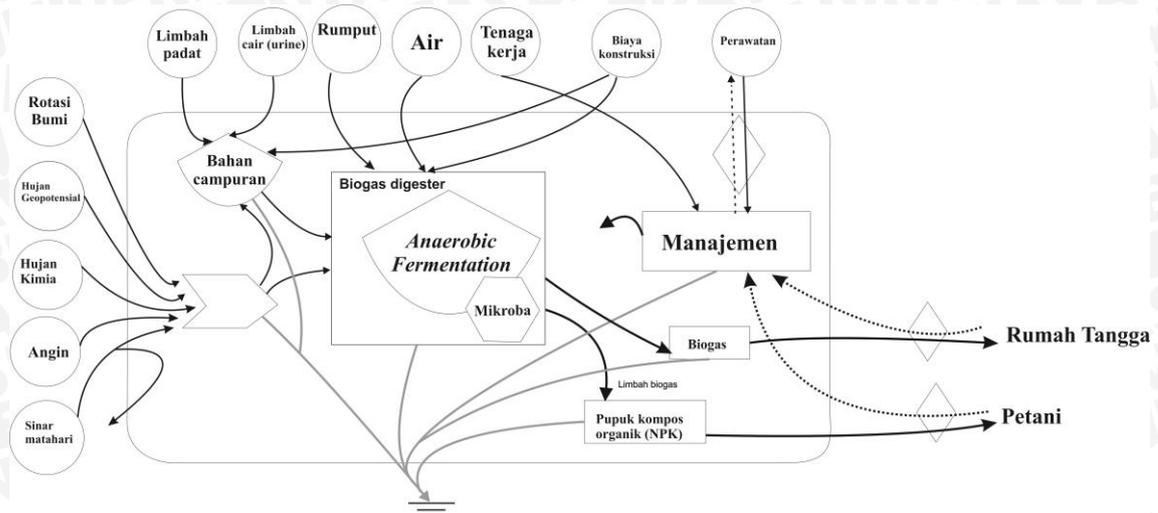
Kebutuhan	Permintaan (kwh/hari)	Penawaran eksisting (kwh/hari)	Selisih	Capaian
Skenario 1				
Penerangan lampu (total KK/hari)	967	43,2	- 923,8	4,46%
Memasak (total KK/hari)	319,19	43,2	- 276,91	13,53%
Skenario 2 dan 3				
Penerangan lampu (total KK/hari)	967	1620	+ 653	167,52%
Memasak (total KK/hari)	319,19	1620	+ 1300,81	507,53%

Tabel 4.9 adalah hasil evaluasi skenario berdasarkan permintaan dan penawaran, skenario 1 tidak memenuhi kebutuhan energi bagi warga Desa Tegalweru dikarenakan capaian penawaran energi per hari hanya mencapai 4,46% untuk kebutuhan penerangan lampu bagi total rumah tangga, serta 13,53% untuk kebutuhan memasak bagi rumah tangga di Desa Tegalweru. Skenario dua dan tiga memenuhi kebutuhan energi bagi warga Desa Tegalweru karena memaksimalkan potensi limbah kotoran ternak yang bisa dimanfaatkan untuk dijadikan energi alternative. Capaian untuk kebutuhan penerangan lampu bagi rumah tangga di Desa Tegalweru mencapai 167,52%. Untuk kebutuhan memasak apabila diproyeksikan melalui skenario dua dan tiga capaian penawarannya adalah 507,53% bagi rumah tangga. Hasil evaluasi skenario melalui permintaan dan penawaran mengindikasikan skenario 1 tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat, sedangkan skenario dua dan tiga mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

### 4.3.2 Energy Analysis

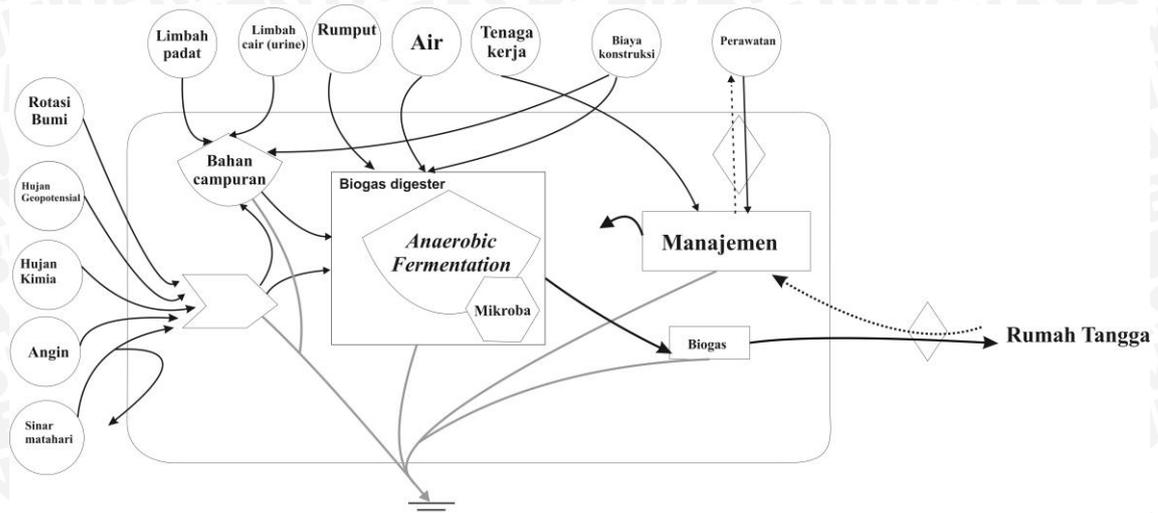
#### A. Energy Flow

*Emergy flow* adalah sebuah proses dari hasil skenario yang akan dihitung melalui analisis emerge, dari hasil penentuan skenario dapat dibuat tiga buah aliran proses yang masing-masing akan mempunyai sistematika yang berbeda dan output yang berbeda beda. *Emergy flow* akan mengumpulkan material-material yang ada untuk membuat sebuah proses dimana output yang dihasilkan akan sesuai dengan skenario-skenario yang telah ditentukan. Gambar 4.16 menunjukkan *flow* untuk skenario 1



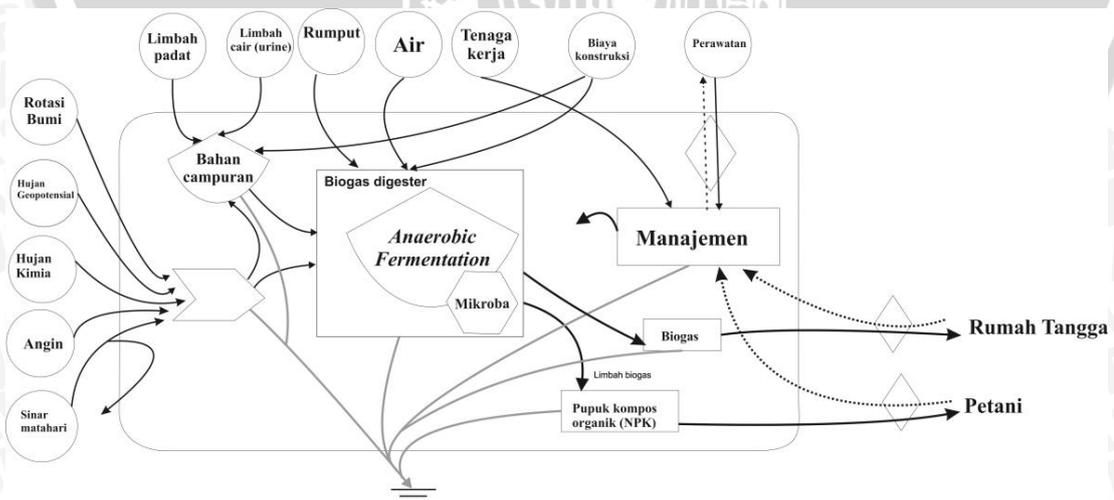
Gambar 4. 16 Energy flow skenario 1

Gambar 4.16 menunjukan aliran energi di skenario satu yang melibatkan berbagai macam jenis material, material-material tersebut terbagi menjadi 3 jenis yaitu *local reseources*, *non-renewable resources* dan *economy inputs*. Sumber daya lokal atau *local resources* adalah material material yang didapatkan langsung dari alam seperti sinar matahari, angin, hujan geopotensial, hujan kimia, rotasi bumi, limbah kotoran ternak berupa padatan dan cairan. Sumber daya tidak terbaharukan atau *renewable resources* adalah material yang terbaharukan lagi namun membutuhkan waktu yang lama untuk kembali seperti rumput dan air untuk pakan ternak. Masukan dari ekonomi atau *economy inputs* adalah material material berupa sumber daya yang harus dibayarkan untuk mendapatkan dampaknya, didalam proses skenario satu untuk *economy input* adalah biaya konstruksi biogas serta biaya perawatan. Skenario satu menggabungkan bahan bahan *local resources* dan *renewable resources* kedalam reaktor biogas, didalam reaktor biogas akan menghasilkan *yields* atau output berupa biogas, limbah biogas padat (*biogas residue*) dan limbah biogas cair (*biogas slurry*). Skenario dua mempunyai jenis aliran yang sama dengan skenario satu, perbedaan terletak pada jumlah ternak yang akan digunakan untuk membuat biogas.



Gambar 4. 17 *Emergy flow* skenario 2

Gambar 4.17 menunjukkan aliran emergi di skenario dua yang melibatkan berbagai macam jenis material, material-material tersebut terbagi menjadi 3 jenis yaitu *local reseources*, *non-renewable resources* dan *economy inputs*. Material dan pembagiannya sama dengan skenario satu. Perbedaan terletak pada jumlah sapi yang digunakan untuk proses pembuatan biogas, skenario satu menggunakan 27 ekor sapi eksisting untuk membuat biogas sedangkan skenario dua mengoptimalkan semua sapi yang ada di Desa Tegalweru pada tahun 2013 untuk membuat biogas. *Yield* atau output yang dikeluarkan dari skenario dua adalah biogas, limbah biogas padat (*biogas residue*) dan limbah biogas cair (*biogas slurry*). Skenario tiga adalah skenario yang mengoptimalkan semua sapi yang ada di Desa Tegalweru, sedangkan limbah dari hasil proses biogas dapat digunakan peternak maupun petani sebagai pupuk kompos organik.



Gambar 4. 18 *Emergy flow* skenario 3

Gambar 4.18 menunjukkan aliran emergi di skenario tiga yang melibatkan berbagai macam jenis material, material-material tersebut terbagi menjadi tiga jenis

yaitu *local reseources*, *non-renewable resources* dan *economy inputs*. Sumber daya lokal atau *local resources* adalah material material yang didapatkan langsung dari alam seperti sinar matahari, angin, hujan geopotensial, hujan kimia, rotasi bumi, limbah kotoran ternak berupa padatan dan cairan. Sumber daya tidak terbaharukan atau *renewable resources* adalah material yang terbaharukan lagi namun membutuhkan waktu yang lama untuk kembali seperti tenaga kerja dan air. Masukan dari ekonomi atau *economy inputs* adalah material-material berupa sumber daya yang harus dibayarkan untuk mendapatkan dampaknya, didalam proses skenario satu untuk *economy input* adalah biaya konstruksi biogas serta biaya perawatan. Skenario tiga menggabungkan bahan bahan *local resources* dan *renewable resources* kedalam reaktor biogas, didalam reaktor biogas akan menghasilkan *yields* atau output berupa biogas, limbah biogas padat (*biogas residue*) dan limbah biogas cair (*biogas slurry*) serta pupuk kompos organik yang diolah melalui hasil pembuangan limbah dari proses biogas. Skenario tiga mempunyai outputan yang lebih banyak daripada skenario satu dan dua dikarenakan sisa dari pemrosesan di reaktor dapat dibagi menjadi empat jenis *output*.

## B. Emergy Value

**Tabel 4. 10 Tabel emergy skenario 1**

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emergy (sej/yr)
<b>Sumber Daya Alami (Local Resources)</b>						
1	Sinar Matahari	2.07E+09	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	2.07E+09
2	Angin, Tenaga Kinetik	2.54E+08	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	3.80E+11
3	Hujan,geopotensial	3.09E+09	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	3.25E+13
4	Hujan,kimia	1.55E+11	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	2.82E+15
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	1.67E+08	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	5.74E+12
6	Kotoran ternak	8.32E+11	J	2.70E+04	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	2.25E+16
7	Urine dan total limbah cair	5.87E+05	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.23E+12
8	Pekerja (manusia)	3.66E+07	J	4.63E+06	Meidiana,2012	1.70E+14
Total (R)						2.53E+16
<b>Sumber daya tidak terbaharukan (Non-Renewable Resources)</b>						
9	Rumput	1.48E+05	kg	3.68E+12	Jiang,MM,2009	5.44E+17
10	Air Tanah	1.18E+02	m3	3.23E+11	Buenfil, 2001	3.82E+13
Total (N)						5.44E+17
<b>Faktor Ekonomi (Economy Input)</b>						

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emery (sej/yr)
11	Investasi dari konstruksi	2.50E+02	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	1.38E+15
12	Biaya pengelolaan	3.00E+01	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	1.65E+14
Total (F)						1.54E+15
<b>Hasil (Yield)</b>						
13	Biogas	5.33E+07	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	1.32E+13
14	Digestate (liquid)	1.29E+08	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	7.42E+14
15	Digestate (solid)	2.05E+09	J	2.70E+04	Wei XM, 2009	5.54E+13
16	N Fertilizer	1.29E+09	kg	4.62E+09	Odum HT, 1996	5.95E+18
17	P Fertilizer	2.21E+08	kg	1.78E+10	Odum HT, 1996	3.94E+18
18	K Fertilizer	6.39E+08	kg	1.74E+09	Odum HT, 1996	1.11E+18
Total (Y)						1.10E+19

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Skenario satu memiliki *emergy calculation* dengan tiga pembagian yaitu sumber daya terbarukan (*Renewable Resources/R*), sumber daya tidak terbarukan yang tidak harus dibayar (*Non Renewable Resources Free/N*), dan sumber daya tidak terbarukan yang harus dibayar (*Economy Input/F*). Nilai dari R didalam perhitungan *emergy* skenario satu adalah gabungan dari elemen elemen seperti sinar matahari, tenaga kinetik berupa angin, hujan, siklus bumi, jumlah kotoran ternak, total limbah cair serta urine, dan pekerja. Total nilai R di skenario satu adalah 2,53E+16. Nilai N adalah gabungan dari elemen elemen seperti air untuk sapi serta rumput sebagai pakan ternak sapi, total nilai N dalam skenario satu adalah 5,44E+17. Nilai F adalah gabungan dari sumber daya yang tidak terbarukan namun harus dibayar, elemen-elemen F dalam perhitungan *emergy* adalah biaya investasi dari pembangunan konstruksi biogas serta biaya pengelolaan untuk instalasi biogas, total nilai F dalam skenario satu adalah 1,54E+15. Buangan atau (Y) adalah produk hasil dari pemrosesan biogas. Hasil dari pemrosesan biogas di skenario satu adalah biogas, biogas *slurry*, residu dari biogas serta pupuk kompos organik. Total nilai Y dalam skenario satu adalah 1,10E+19. Skenario satu adalah skenario *BAU (bussines as usual)* yaitu dengan memanfaatkan enam unit biogas yang ada untuk memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan untuk warga Desa Tegalweru serta limbah biogas dapat digunakan untuk pupuk organik.

**Tabel 4. 11 Tabel *Emergy* skenario dua**

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emery (sej/yr)
Sumber Daya Alami ( <i>Local Resources</i> )						

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emergy (sej/yr)
1	Sinar Matahari	9.91E+10	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	1.67E+11
2	Angin, Tenaga Kinetik	7.25E+09	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	1.83E+13
3	Hujan,geopotential	8.83E+10	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	1.56E+15
4	Hujan,kimia	4.43E+12	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	1.36E+17
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	4.77E+09	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	2.76E+14
6	Kotoran ternak	3.33E+13	J	2.70E+04	Wei, XM <i>et al</i> , 2009	8.98E+17
7	Urine dan total limbah cair	2.35E+04	J	3.80E+06	Geber U, <i>et al</i> , 2001	8.93E+10
8	Pekerja (manusia)	8.72E+08	J	4.63E+06	Meidiana,2012	6.78E+15
Total (R)						1.05E+18
<b>Sumber daya tidak terbarukan (Non-Renewable Resources)</b>						
9	Rumput	5.91E+06	kg	3.68E+12	Jiang,MM,2009	2.18E+19
10	Air	4.73E+06	m3	3.23E+11	Buenfil, 2001	1.53E+18
Total (N)						2.33E+19
<b>Faktor Ekonomi (Economy Input)</b>						
11	Investasi dari konstruksi	1.00E+04	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	5.50E+16
12	Biaya pengelolaan	1.20E+03	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	6.60E+15
Total (F)						6.16E+16
<b>Hasil (Yield)</b>						
13	Biogas	1.21E+13	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et al</i> 2009	3.00E+18
14	Digestate (liquid)	5.14E+09	J	5.77E+06	Geber U, <i>et al</i> , 2001	2.97E+16
15	Digestate (solid)	7.59E+07	J	2.70E+04	Wei XM, 2009	2.05E+12
Total (Y)						3.03E+18

Sumber: Hasil Analisis,2013

Skenario dua memiliki *emergy calculation* dengan tiga pembagian yaitu sumber daya terbarukan (*Renewable Resources/R*), sumber daya tidak terbarukan yang tidak harus dibayar (*Non Renewable Resources Free/N*), dan sumber daya tidak terbarukan yang harus dibayar (*Economy Input/F*). Nilai dari R didalam perhitungan *emergy* skenario dua adalah gabungan dari elemen elemen seperti sinar matahari, tenaga kinetik berupa angin, hujan, siklus bumi, jumlah kotoran ternak, total limbah cair serta urine, dan pekerja. Total nilai R di skenario dua adalah 1,05E+18. Nilai N adalah gabungan dari elemen elemen seperti air untuk sapi serta rumput sebagai pakan ternak sapi, total nilai N dalam skenario dua adalah 2,33E+19. Nilai F adalah gabungan dari sumber daya yang tidak terbarukan namun harus dibayar, elemen-elemen F dalam perhitungan *emergy* adalah biaya investasi dari pembangunan konstruksi biogas serta biaya pengelolaan untuk instalasi biogas, total nilai F dalam skenario dua adalah

6,16E+16. Buangan atau (Y) adalah produk hasil dari pemrosesan biogas. Hasil dari pemrosesan biogas di skenario satu adalah biogas, biogas *slurry*, dan residu dari biogas.

Total nilai Y dalam skenario dua adalah 3,03E+18.

**Tabel 4. 12 Tabel *Emergy* skenario tiga**

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emergy (sej/yr)
<b>Sumber Daya Alami (<i>Local Resources</i>)</b>						
1	Sinar Matahari	9.91E+10	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	1.67E+11
2	Angin, Tenaga Kinetik	7.25E+09	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	1.83E+13
3	Hujan,geopotential	8.83E+10	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	1.56E+15
4	Hujan,kimia	4.43E+12	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	1.36E+17
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	4.77E+09	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	2.76E+14
6	Kotoran ternak	3.33E+13	J	2.70E+04	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	8.98E+17
7	Urine dan total limbah cair	2.35E+04	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	8.93E+10
8	Pekerja (manusia)	8.72E+08	J	4.63E+06	Meidiana,2012	4.04E+15
	Total (RR)	3.79E+13				1.04E+18
<b>Sumber daya tidak terbarukan (<i>Non-Renewable Resources</i>)</b>						
9	Rumput	5.91E+06	J	3.68E+12	Jiang,MM,2009	2.18E+19
10	Air	4.73E+06	kg	3.23E+11	Buenfil, 2001	1.53E+18
	Total (N)	5.91E+06				2.33E+19
<b>Faktor Ekonomi (<i>Economy Input</i>)</b>						
11	Investasi dari konstruksi	1.00E+04	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	5.50E+16
12	Biaya pengelolaan	1.20E+03	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	6.60E+15
	Total (F)	1.07E+07				6.16E+16
<b>Hasil (<i>Yield</i>)</b>						
13	<i>Biogas</i>	1.21E+13	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	3.00E+18
14	<i>Biogas slurry</i>	5.14E+09	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.97E+16
15	<i>Biogas solid</i>	7.59E+09	J	2.70E+04	Wei XM,et all 2009	2.05E+14
16	<i>N Fertilizer</i>	2.06E+12	kg	4.62E+09	Odum HT, 1996	9.52E+21
17	<i>P Fertilizer</i>	3.54E+11	kg	1.78E+10	Odum HT, 1996	6.30E+21
18	<i>K Fertilizer</i>	1.02E+12	kg	1.74E+09	Odum HT, 1996	1.78E+21
	Total (Y)	1.55E+13				1.76E+22

Sumber: Hasil Analisis,2013

Skenario tiga memiliki *emergy calculation* dengan tiga pembagian yaitu sumber daya terbarukan (*Renewable Resources/R*), sumber daya tidak terbarukan yang tidak harus dibayar (*Non Renewable Resources Free/N*), dan sumber daya tidak terbarukan yang harus dibayar (*Economy Input/F*). Nilai dari R didalam perhitungan *emergy* skenario tiga adalah gabungan dari elemen elemen seperti sinar matahari, tenaga kinetik berupa angin, hujan, siklus bumi, jumlah kotoran ternak, total limbah cair serta

urine, dan pekerja. Total nilai R di skenario tiga adalah  $1,04E+18$ . Nilai N adalah gabungan dari elemen elemen seperti air untuk sapi serta rumput sebagai pakan ternak sapi, total nilai N dalam skenario tiga adalah  $2,33E+19$ . Nilai F adalah gabungan dari sumber daya yang tidak terbaharukan namun harus dibayar, elemen-elemen F dalam perhitungan *emergy* adalah biaya investasi dari pembangunan konstruksi biogas serta biaya pengelolaan untuk instalasi biogas, total nilai F dalam skenario tiga adalah  $6,16E+16$ . Buangan atau (Y) adalah produk hasil dari pemrosesan biogas. Hasil dari pemrosesan biogas di skenario satu adalah biogas, biogas *slurry*, residu dari biogas serta pupuk organi (*NPK fertilizer*). Total nilai Y dalam skenario tiga adalah  $1,76E+22$ .

Setelah mengetahui *emergy indices* dari ketiga skenario tersebut maka kita menghitung nilai *emergy* dari ketiga skenario tersebut, nilai *emergy* di dari total nilai energi yang diinvestasikan serta total energi yang dihasilkan dalam pemrosesan biogas kurun waktu satu tahun, nilai *emergy* dilihat pada tabel 4.13.

**Tabel 4. 13 *Emergy value***

Indeks sej/yr	Unit	S 1	S 2	S 3
<i>Solar Energy Input (SEI)</i>	sej/yr	5,71E+17	2,44E+19	2,44E+19
R ( <i>Renewable Resources</i> )	sej/yr	2,56E+16	1,15E+18	1,15E+18
N ( <i>Non-Renewable Resources</i> )	sej/yr	5,44E+17	2,33E+19	2,33E+19
F ( <i>Economy Input</i> )	sej/yr	1,54E+15	6,16E+16	6,16E+16
Biogas	sej/yr	1,32E+13	3,00E+18	3,00E+18
Limbah cair ( <i>biogas slurry</i> )	sej/yr	7,42E+14	-	2,97E+16
Limbah padat ( <i>biogas residue</i> )	sej/yr	5,54E+13	-	2,05E+14
Pupuk organik ( <i>NPK Fertilizer</i> )	sej/yr	1,10E+19	-	1,76E+22

Sumber: Hasil Analisis, 2013

Tabel 4.13 merupakan *emergy value* atau energi dari masing-masing variabel yang dikeluarkan oleh skenario. Skenario satu memiliki nilai *solar emergy input* yang lebih kecil dibandingkan dengan dua skenario lainnya dikarenakan input energi yang dimasukan untuk membuat produk lebih kecil, nilai biogas, limbah cair dan limbah padat biogas juga lebih kecil dibandingkan dengan skenario dua dan tiga dikarenakan jumlah sapi yang digunakan di skenario satu hanya 27 ekor. Skenario dua dan tiga memiliki nilai yang tinggi di produk biogas karena input yang dimasukan untuk memproses biogas lebih banyak dibandingkan dengan skenario satu yaitu 1080 sapi.

Setelah mengetahui *emergy value*, dilakukan perhitungan *emergy base indices* yang terbagi atas enam indikator utama yaitu *emergy yield ratio* yaitu rasio untuk mengetahui keluaran energi yang dihasilkan dalam produksi biogas, *emergy investment ratio* adalah rasio untuk mengetahui nilai investasi yang dikeluarkan dalam menghasilkan produk biogas, *environmental loading ratio* untuk menghitung rasio

ketergantungan elemen lingkungan yang ditimbulkan dalam pemrosesan biogas, *emergy sustainability index* yaitu rasio untuk menghitung tingkat keberlanjutan suatu proses dalam produksi biogas, *net emergy* adalah energi bersih yang dihasilkan dengan cara mengrunagi energi produk dengan investasi energi yang dikeluarkan. Tabel 4.14. Menunjukkan *emergy based indices* dari tiga skenario tersebut:

Tabel 4. 14 Indeks Emergy

Item (sej/yr)	Unit	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Kriteria
<i>Emergy Investment</i>	sej/\$	<b>2,04E+15</b>	2,18E+15	2,18E+15	Rendah semakin baik
<i>Emergy Recovery</i>	sej/yr	3,93E+16	2,70E+14	<b>1,57E+18</b>	Tinggi semakin baik
<i>Emergy Yield Ratio</i>	-	7,14E+03	4,91E+01	<b>2,86E+05</b>	Tinggi semakin baik
<i>Net-Emergy</i>	sej/\$	-2,04E+15	-1,91E+15	<b>1,57E+18</b>	Tinggi semakin baik
<i>Environmental Loading Ratio</i>	-	2,13E+01	<b>2,04E+01</b>	<b>2,04E+01</b>	Rendah semakin baik
<i>Emergy Sustainability Index</i>	-	3,32E+02	2,20E+00	<b>1,28E+04</b>	Tinggi semakin baik

Tabel 4.14 Menunjukkan enam kriteria *emergy based-indices* untuk menentukan skenario terbaik yang mampu memenuhi warga dalam hal pemenuhan kebutuhan energi memasak dan penerangan serta pupuk organik. Dalam *emergy investment* skenario satu lebih baik daripada dua skenario lainnya dengan nilai 2,04E+15 sej/\$, nilai *emergy investment* lebih kecil dikarenakan input energi yang digunakan lebih kecil daripada dua skenario lainnya. *Emergy recovery* skenario tiga lebih baik daripada dua skenario lainnya karena memiliki nilai output lebih tinggi yaitu 1,57E+18 sej/yr. *Emergy yield ratio* skenario tiga lebih baik dibandingkan dua skenario lainnya karena mampu mengembalikan unit investasi lebih tinggi dengan nilai 2,86E+05. *Net emergy* skenario tiga lebih baik dibandingkan dua skenario lainnya karena emerge yang dihasilkan mampu menutupi emerge yang dikeluarkan dengan nilai 1,57E+18 sej/\$. *Environmental loading ratio* untuk skenario dua dan tiga lebih baik dibandingkan dengan skenario satu karena tingkat stress lingkungan yang dihasilkan nilainya lebih rendah dengan nilai 2,13E+01. *Emergy sustainability index* skenario tiga lebih baik dibandingkan dengan dua skenario lainnya dengan nilai 1,28E+04. Setelah menghitung *emergy based-indices* disimpulkan bahwa skenario tiga lebih baik dibandingkan dengan dua skenario lainnya, hal ini karena skenario tiga memiliki nilai yang baik dalam hal *emergy recovery*, *emergy yield ratio*, *net emergy*, dan *environmental loading ratio*. Skenario satu lebih baik dalam *indices emergy sustainability index*. Penentuan tingkat harga optimal warga untuk pemenuhan kebutuhan energi melalui biogas dihitung setelah menentukan skenario terbaik yaitu skenario tiga dengan mengoptimalkan semua limbah kotoran ternak (1080 ekor sapi) untuk dimanfaatkan menjadi biogas serta outputan lain berupa pupuk organik

Berdasarkan hasil evaluasi skenario dari *emergy analysis* dan penawaran serta permintaan didapatkan hasil:

1. Skenario satu berdasarkan evaluasi permintaan dan penawaran tidak mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru. Hasil skenario satu didalam *emergy analysis* menunjukkan bahwa skenario satu unggul dalam hal investasi atau penghematan biaya yang dilakukan untuk membuat sebuah produk biogas namun tidak efisien dan tidak berkelanjutan
2. Skenario dua berdasarkan evaluasi permintaan dan penawaran mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru. Hasil skenario dua didalam *emergy analysis* menunjukkan bahwa skenario dua unggul dalam hal efisiensi dan keberlanjutan dari skenario satu, namun sistem didalam skenario dua tidak unggul terhadap skenario tiga.
3. Skenario tiga berdasarkan evaluasi permintaan dan penawaran mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru. Hasil skenario tiga didalam *emergy analysis* menunjukkan bahwa skenario tiga unggul dalam hal efisiensi dan keberlanjutan dari skenario satu maupun skenario dua.

Berdasarkan hasil evaluasi skenario dari *emergy analysis* dan penawaran serta permintaan skenario tiga merupakan skenario terbaik dikarenakan unggul dalam hal pemenuhan energi dibandingkan dengan skenario satu, selain itu skenario tiga juga unggul dalam tingkat keberlanjutan dan efisiensi energi dibandingkan dengan skenario dua. Penentuan harga optimal bagi warga Desa Tegalwweru dilakukan dengan asumsi menggunakan skenario tiga.

#### **4.4. Harga optimal**

Pemenuhan kebutuhan energi di Desa Tegalweru yang optimal dipengaruhi oleh kemampuan warga dalam membayar biaya pengganti energi yang nantinya akan dipenuhi oleh warga yang memiliki instalasi biogas. Pemenuhan kebutuhan energi masyarakat mencakup penerangan lampu serta memasak.

##### **4.4.1 Penerangan lampu**

###### **A. Menggunakan listrik (PLN)**

Perusahaan Listrik Negara menerapkan biaya listrik per satu kwh sebesar Rp 415,00. Survey primer menunjukkan bahwa untuk kebutuhan listrik dalam satu bulan, warga harus mengeluarkan biaya antara Rp 75.000,00 hingga Rp 125.000,00 bergantung pada tingkat voltase masing masing rumah.

#### B. Menggunakan energi alternatif (Biogas)

Menurut SNI-03-6197-2000 disebutkan bahwa setiap satu m<sup>2</sup> minimal membutuhkan 10 wh atau apabila satu rumah mempunyai luas hingga 100m<sup>2</sup> maka daya lampu yang dibutuhkan adalah satu kwh. Perhitungan biaya lampu setiap bulan untuk satu KK adalah:

$$A = \left\{ \frac{(BxY)}{M} \right\} x D \dots \dots \dots (4.2)$$

Keterangan :

A : Biaya penerangan lampu per bulan (rupiah/bulan)

B : Kebutuhan daya listrik lampu per hari (Kwh)

D : Harga listrik per satu kwh (Rp 415,00)

Y : Jumlah hari dalam satu tahun (365 hari)

M : Jumlah bulan dalam satu tahun (12 bulan)

Maka perhitungan untuk biaya yang harus dikeluarkan setiap kepala keluarga untuk penerangan lampu dalam satu unit rumah adalah:

$$A = \left\{ \frac{(1x365)}{12} \right\} x 415$$

$$A = Rp 12.622,00 \approx Rp 12.700,00$$

Biaya satu kepala keluarga untuk penerangan lampu satu unit rumah berukuran 100m<sup>2</sup> adalah Rp 12.700,00 rupiah.

#### 4.4.2 Memasak

##### A. Menggunakan LPG

LPG merupakan energi utama yang digunakan warga desa untuk memenuhi kebutuhan memasak, selain LPG sebagian warga juga menggunakan kayu bakar untuk memasak. Mayoritas warga menggunakan empat tabung LPG berukuran 3kg dalam satu bulan. Survey primer menyebutkan bahwa satu kepala keluarga dapat mengeluarkan biaya Rp 60.000,00 hingga Rp 75.000,00 untuk kebutuhan memasak dalam satu bulan menggunakan LPG. Satu tabung LPG berukuran 3kg akan habis dipakai dalam kurun waktu satu minggu dengan asumsi digunakan untuk memasak sebanyak dua kali dalam satu hari.

#### B. Menggunakan energi alternatif (Biogas)

Menurut ESDM Kabupaten Malang tahun 2013 menyebutkan bahwa  $1\text{m}^3$  menghasilkan 0,46 kg LPG. Sehingga biaya yang harus dikeluarkan untuk satu kepala keluarga dalam pemenuhan kebutuhan energi memasak adalah :

$$Z = \left\{ \frac{(WxY)}{M} \right\} x D \dots\dots\dots(4.3)$$

Keterangan :

Z : Biaya memasak per bulan (rupiah/bulan)

W : Kebutuhan energi memasak per hari (Kwh)

D : Harga listrik per satu kwh (Rp 415,00)

Y : Jumlah hari dalam satu tahun (365 hari)

M : Jumlah bulan dalam satu tahun (12 bulan)

Maka perhitungan untuk biaya yang harus dikeluarkan setiap kepala keluarga untuk penerangan lampu dalam satu unit rumah adalah:

$$A = \left\{ \frac{(0,49x365)}{12} \right\} x 415$$

$$A = \text{Rp } 6.750,00 \approx \text{Rp } 7.000,00$$

Biaya satu kepala keluarga untuk memasak dalam satu bulan adalah Rp 7.000,00 rupiah. Sehingga biaya minimum yang harus dikeluarkan apabila satu kepala keluarga menggunakan energi biogas untuk penerangan lampu dan memasak adalah:

$$J = A + Z$$

$$J = \text{Rp } 12.700,00 + \text{Rp } 7.000,00$$

$$J = \text{Rp } 19.700,00 \approx \text{Rp } 20.000,00$$

Biaya pemenuhan kebutuhan energi untuk satu kepala keluarga dalam hal memasak dan penerangan lampu adalah Rp 20.000,00. Harga tersebut adalah harga minimum yang dibayarkan oleh satu kepala keluarga dalam satu bulan apabila warga ingin menggunakan biogas untuk mengganti LPG dan listrik dari PLN dengan biogas sebagai energi alternatif.

#### 4.4.3 Perbandingan

Penggunaan energi alternatif ditawarkan karena kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru dari tahun ke tahun semakin bertambah dikarenakan bertambahnya jumlah penduduk. Penggunaan LPG untuk kebutuhan memasak dan listrik dari PLN untuk penerangan lampu semakin membebani masyarakat yang berada dalam kategori

keluarga kurang mampu. Energi alternatif berupa biogas ditawarkan karena harga yang murah dan praktis untuk diaplikasikan didalam desa. Biogas menggunakan limbah kotoran hewan ternak berupa sapi yang bisa langsung digunakan untuk menerangi lampu dan

**Tabel 4. 15 Biaya penghematan energi alternatif (dalam satu bulan)**

Penggunaan energi	Biaya sekarang	Biaya dengan biogas	Penghematan
Penerangan lampu/bulan	Rp 75.000 - Rp 125.000,00	Rp 12.700,00	Rp 62.300,00 - Rp 112.300,00
Memasak/bulan	Rp 60.000 - Rp 75.000,00	Rp 7.000,00	Rp 53.000,00 - Rp 68.000,00
<b>Total</b>	<b>Rp 135.000,00 - Rp 200.000,00</b>	<b>Rp 19.700,00</b>	<b>Rp 115.300,00 - Rp 180.300,00</b>

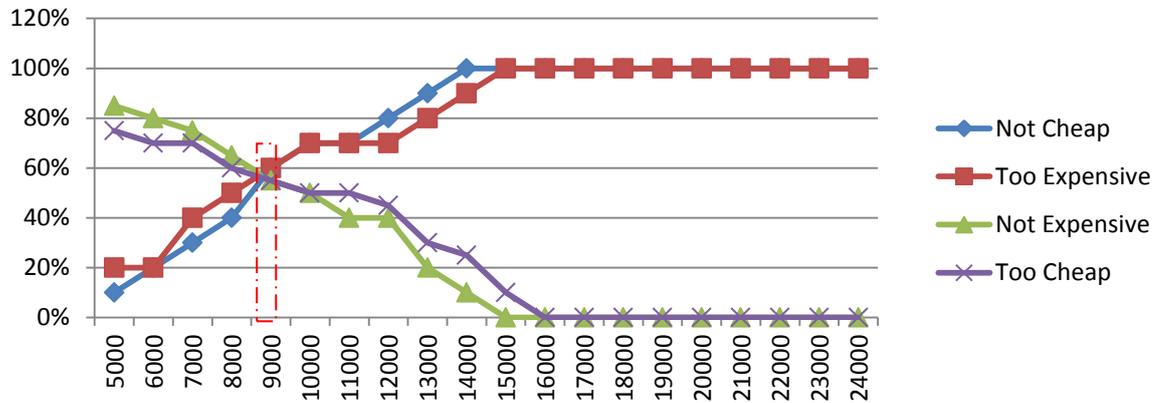
Tabel 4.15 menunjukkan, penghematan apabila menggunakan biogas dari penerangan lampu mencapai 83% dari biaya sekarang menggunakan listrik dari PLN, dari Rp 75.000 - Rp 125.000,00 menjadi Rp 12.700,00. Biaya penghematan apabila menggunakan biogas untuk energi memasak dibanding dengan LPG dalam satu bulan mencapai 88% atau dari Rp 60.000 - Rp 75.000,00 menjadi Rp 7.000,00 dengan menggunakan energi biogas. Sehingga apabila warga berpindah dengan menggunakan energi biogas sebagai bahan baku utama untuk memenuhi penerangan lampu dan memasak maka penghematan dapat dilakukan hingga 85.4%

#### 4.4.4 Harga optimal kebutuhan energi

Pemotongan harga dari menggunakan energi tidak terbarukan menjadi energi terbarukan meringankan bagi warga yang berada di Desa Tegalweru, dengan penurunan biaya per bulan mencapai 85% maka biogas sebagai energi alterenatif patut diprioritaskan untuk dibangun di Desa Tegalweru. Pembebanan biaya pengganti untuk jasa pemenuhan energi melalui biogas dibebankan kepada masyarakat yang tidak mempunyai instalasi biogas namun ingin menggunakan biogas sebagai pengganti kebutuhan memasak atau penerangan lampu. Jenis kuisisioner yang disebar berupa *close ended referendum elicitation format* atau pernyataan tertutup dimana konsumen yang ingin menggunakan biogas ditanya apakah ingin membayar sejumlah uang tertentu yang diajukan sebagai titik awal dengan memberi pilihan. Jawaban akan dinaikan sampai masyarakat berkata tidak. Untuk golongan pemenuhan kebutuhan energi dalam masyarakat Desa Tegalweru, golongan pendapatan dibagi menjadi lima golongan mulai dari warga dengan pendapatan kurang dari Rp 500.000,00 hingga lebih dari Rp 3.500.000,00.

A.  $\leq$  Rp 500.000,00

Warga dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 141 KK atau 50% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000,00 terdapat dalam gambar 4.19.

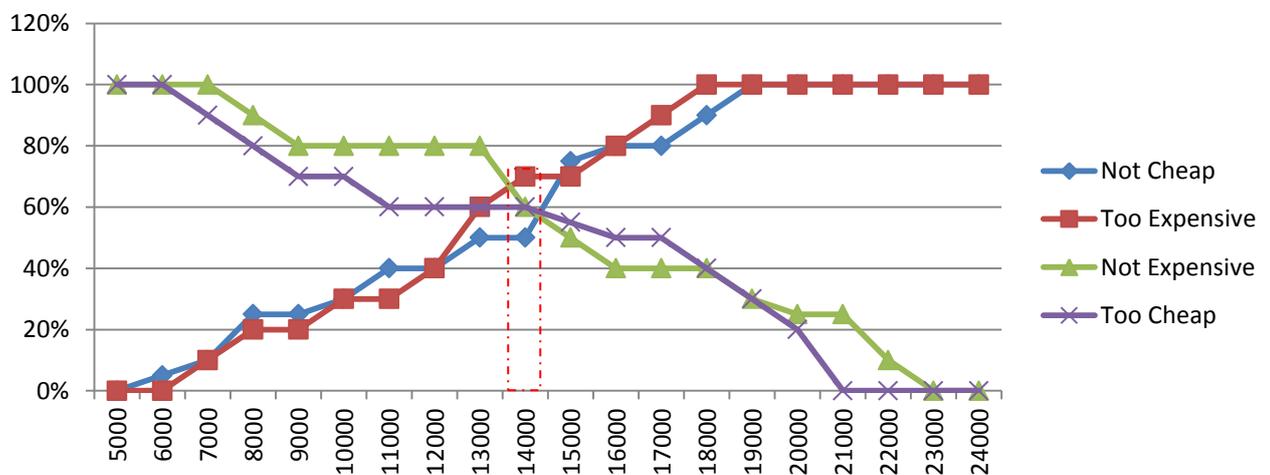


**Gambar 4. 19 Harga optimal energi warga dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000,00 adalah Rp9.000,00. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*. Harga Rp9000,00 mampu membuat warga membayar kebutuhan memasak dengan menggunakan biogas tapi tidak cukup apabila digunakan untuk biaya pengganti energi listrik untuk penerangan lampu seluruh rumah.

B. Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 85 KK atau 53% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.20.

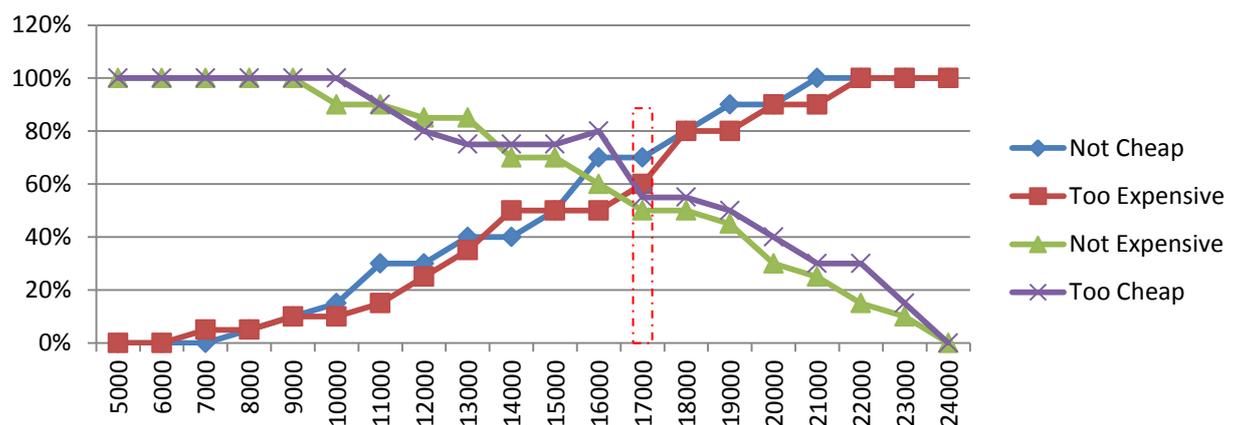


**Gambar 4. 20 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp 500.001,00 – Rp1.500.000,00 adalah Rp13.000,00 – Rp14.000,00. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*. Harga Rp13.000,00 – Rp14.000,00 mampu membuat warga membayar kebutuhan energi untuk menggantikan listrik dalam hal penerangan lampu namun tidak cukup apabila ditambah dengan kebutuhan biogas sebagai pengganti biaya energi memasak.

C. Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 39 KK atau 14% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.21.



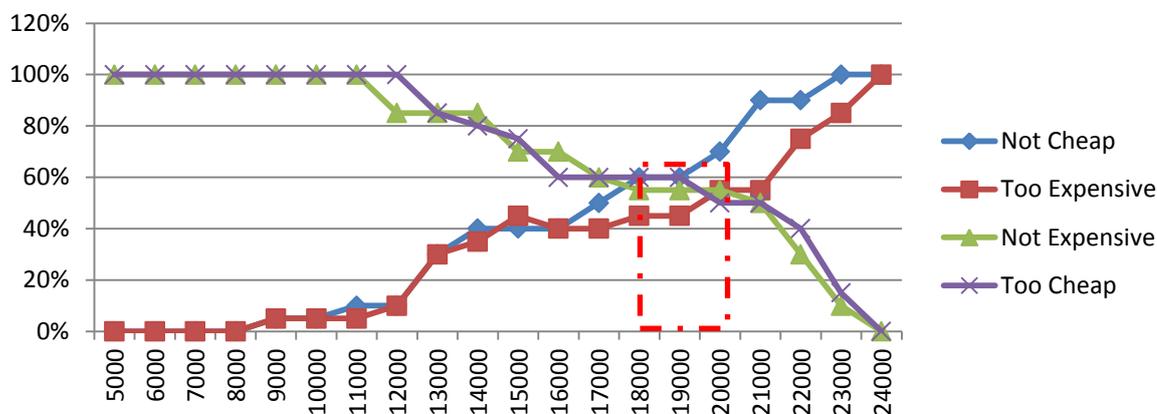
**Gambar 4. 21 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp1.500.000,00 – Rp2.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 adalah Rp16.000,00. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*. Harga Rp16.000,00 mampu membuat warga membayar kebutuhan energi untuk menggantikan listrik dalam hal penerangan lampu namun tidak secara penuh apabila ingin menggunakan energi biogas sebagai energi pengganti untuk memasak.

D. Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 14 KK atau 5% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin

warga bayar dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.22.

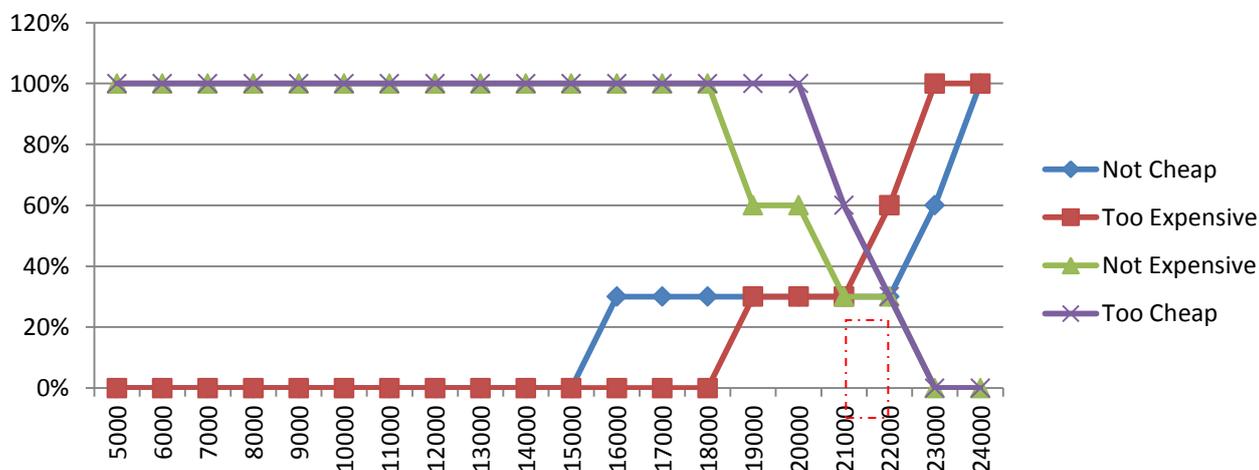


**Gambar 4. 22 Harga optimal energi warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 adalah Rp18.000,00 – Rp20.000,00. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*. Harga Rp18.000,00 – Rp20.000,00 mampu membuat warga membayar kebutuhan energi untuk menggantikan listrik dalam hal penerangan lampu dan menggunakan biogas secara penuh apabila ingin digunakan sebagai pengganti LPG untuk memasak.

E. > Rp3.500.000,00

Warga dengan pendapatan > Rp3.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 3 KK atau 1% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan > Rp3.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.23.



**Gambar 4. 23 Harga optimal energi warga dengan pendapatan < Rp3.500.000,00**



Harga optimal pada warga dengan pendapatan  $> \text{Rp}3.500.000,00$  adalah  $\text{Rp}21.000,00 - \text{Rp}22.000,00$ . Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*. Harga  $\text{Rp}21.000,00 - \text{Rp}22.000,00$  mampu membuat warga membayar kebutuhan energi untuk menggantikan listrik dalam hal penerangan lampu dan menggunakan biogas secara penuh apabila ingin digunakan sebagai pengganti LPG untuk memasak.

Harga optimal untuk pemenuhan energi berupa penerangan lampu dan kebutuhan memasak didasarkan atas harga yang telah ditawarkan pada saat survey primer dilakukan. Setelah menentukan harga yang tepat untuk masing-masing golongan pendapatan maka harga optimal untuk warga Desa Tegalweru adalah:

**Tabel 4. 16 Harga optimal pemenuhan energi**

Hubungan antara pendapatan warga dengan harga optimal					
Pendapatan	$\leq \text{Rp}500.000$	$\text{Rp} 500.001-$ $\text{Rp}1.500.000$	$\text{Rp}1.500.001-$ $\text{Rp}2.500.000$	$\text{Rp} 2.500.001-\text{Rp}$ $3.500.000$	$> \text{Rp}$ $3.500.000$
Harga kebutuhan energi (Rp/kg)	9.000	13.000-14.000	16.000	18.000-20.000	21.000-22.000
Proporsi dari KK responden (%)	57,5	61,25	61,9	60	30
Proporsi dari KK Desa Tegalweru(%)	28.75	18.375	8.66	3	0.3

Tabel 4.16 menunjukkan bahwa warga dengan pendapatan  $\leq \text{Rp}500.000$  menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar  $\text{Rp} 9.000,00$ . Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 57.5% dari total KK dengan pendapatan  $\leq \text{Rp}500.000$  atau 28,75% dari total KK di Desa Tegalweru.

Keluarga dengan pendapatan  $\text{Rp}500.001-\text{Rp}1.500.000$  menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar  $\text{Rp}13.000,00 - \text{Rp}14.000,00$ . Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 61.25% dari total KK dengan pendapatan  $\text{Rp} 500.001-\text{Rp}1.500.000$  atau 18,375% dari total KK di Desa Tegalweru.

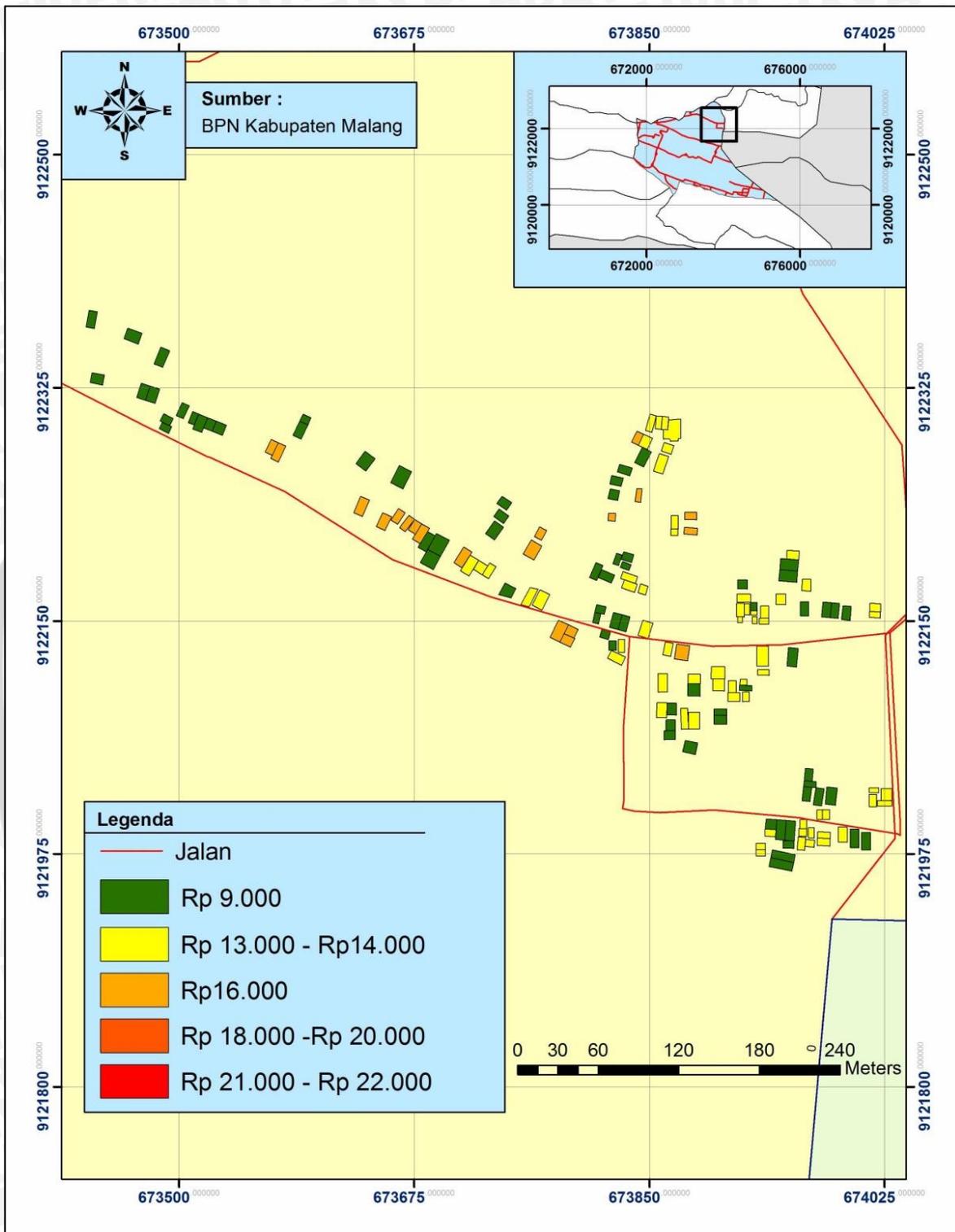
Keluarga dengan pendapatan  $\text{Rp}1.500.001-\text{Rp}2.500.000$  menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar  $\text{Rp}16.000,00$ . Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 61.9% dari total KK dengan pendapatan  $\text{Rp}1.500.001-\text{Rp}2.500.000$  atau 8,66% dari total KK di Desa Tegalweru.

Keluarga dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp18.000,00 - Rp20.000,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 60% dari total KK dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 atau 3% dari total KK di Desa Tegalweru.

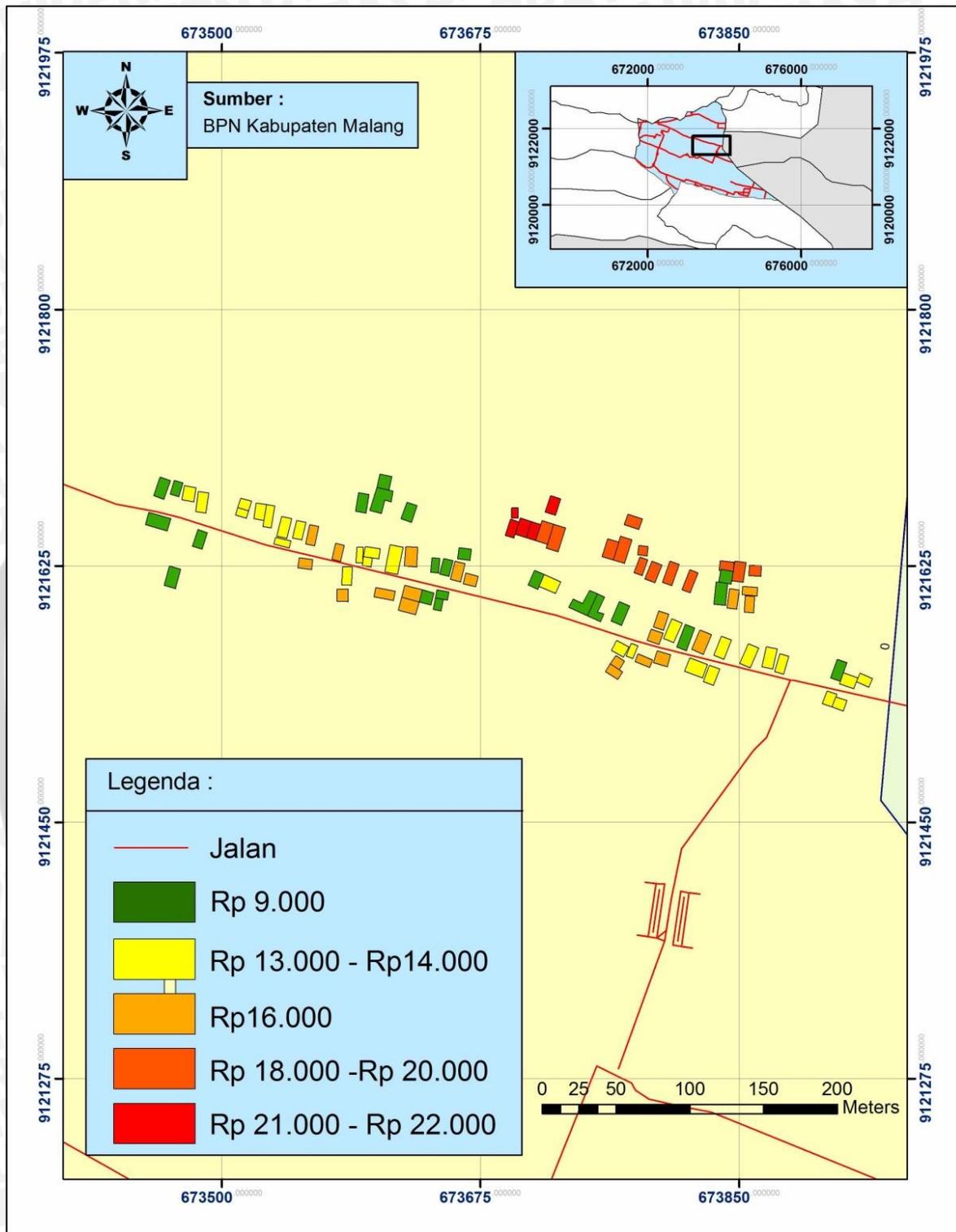
Keluarga dengan pendapatan > Rp 3.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp21.000,00- Rp22.000,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 30% dari total KK dengan pendapatan >Rp 3.500.000 atau 0,3% dari total KK di Desa Tegalweru.

Harga pasar untuk energi alternatif berupa biogas adalah Rp19.700,00 untuk kebutuhan penerangan lampu dan memasak, penggunaan energi biogas secara optimal dapat melayani keluarga dengan penghasilan > Rp2.500.000,00 dikarenakan kemampuan membayar warga yang sudah mencukupi untuk mengganti biaya biogas dalam sebulan. Untuk warga dengan penghasilan < Rp500.000,00 – Rp2.500.000,00 dapat memanfaatkan energi biogas untuk salah satu jenis kebutuhan yaitu memasak atau untuk penerangan lampu rumah.

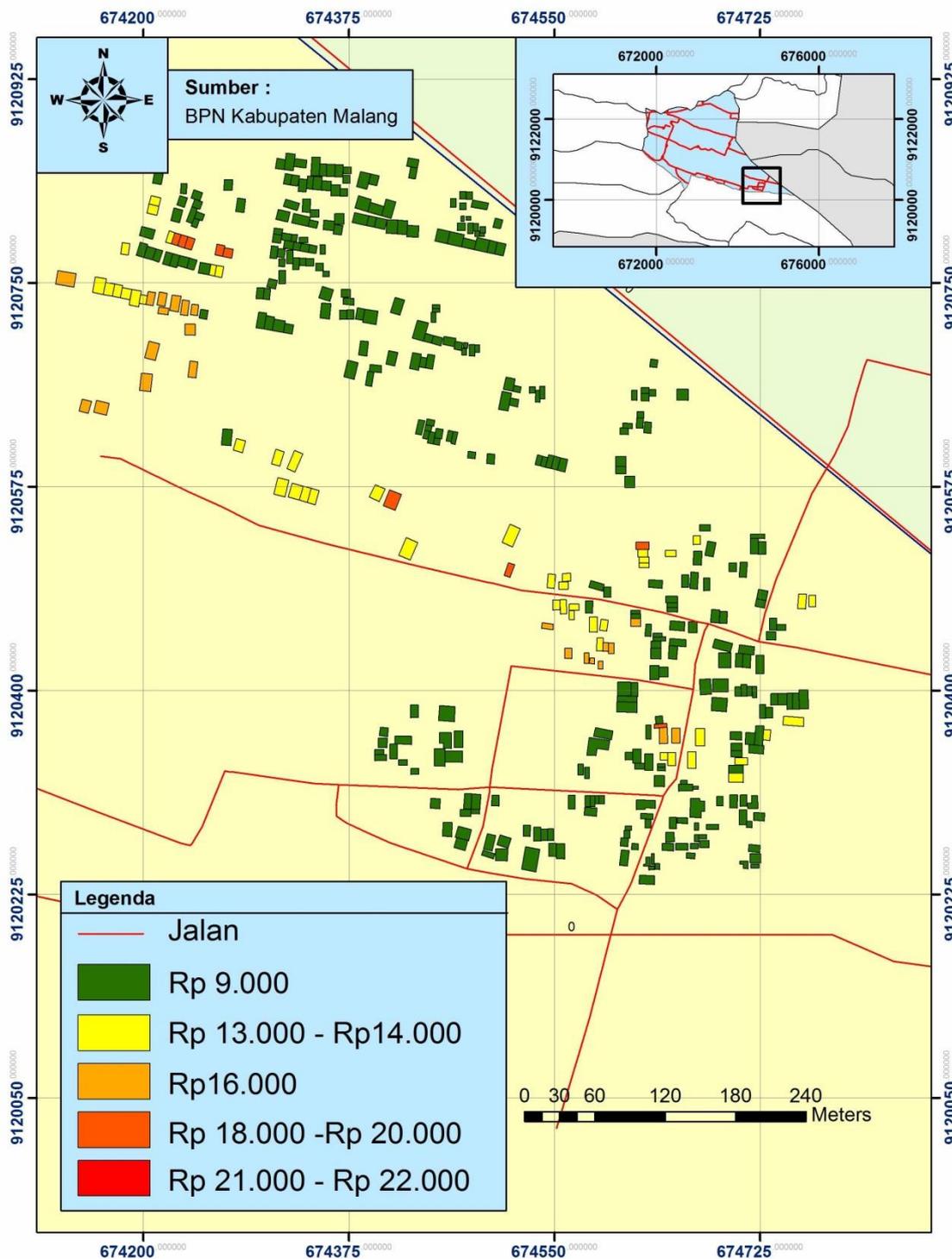
Gambar 4.24, 4.25 dan 4.26 menunjukkan persebaran harga optimal yang dibebankan kepada warga Desa Tegalweru untuk biaya pengganti energi biogas berdasarkan golongan pendapatan dan jumlah sampel yang telah diambil.



Gambar 4. 24 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (1)



Gambar 4. 25 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (2)



Gambar 4. 26 Lokasi Harga Optimal Biogas Desa Tegalweru (3)

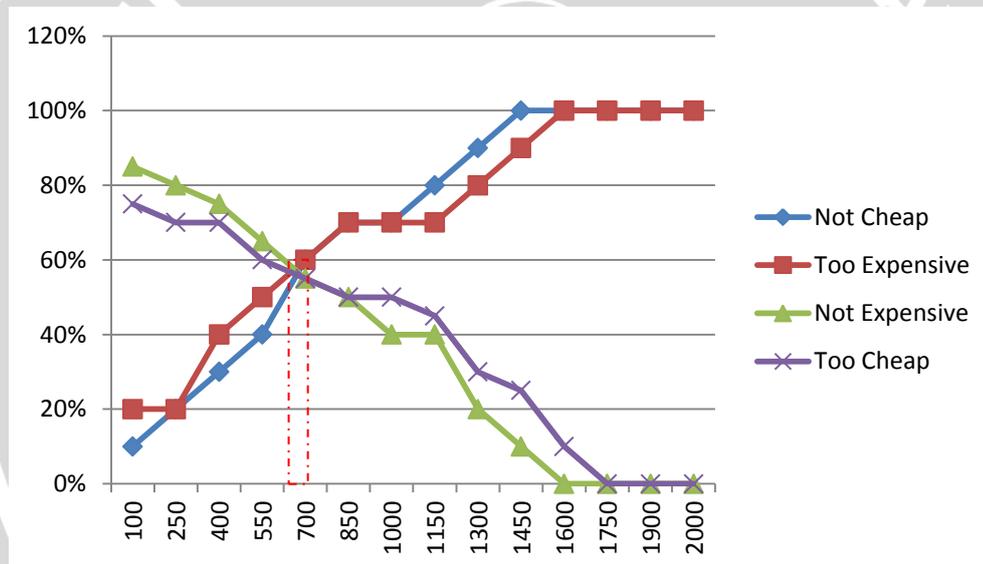
#### 4.4.5 Harga optimal pupuk kompos organik

Pupuk kompos organik hasil limbah dari pemrosesan biogas diperuntukan bagi petani-petani murni yang tidak memiliki ternak, petani yang tidak mempunyai ternak akan menghemat biaya pupuk kompos apabila mereka membeli dari peternak yang

menjual limbah biogas mereka. Jenis kuisisioner yang disebar berupa *close ended referendum elicitation format* atau pernyataan tertutup dimana konsumen yang ingin menggunakan pupuk kompos organik ditanya apakah ingin membayar sejumlah uang tertentu yang diajukan sebagai titik awal dengan memberi pilihan. Jawaban akan dinaikan sampai masyarakat berkata tidak. Untuk golongan pemenuhan kebutuhan pupuk kompos organik dalam golongan petani murni di Desa Tegalweru, golongan pendapatan dibagi menjadi lima golongan mulai dari warga dengan pendapatan kurang dari Rp 500.000,00 hingga lebih dari Rp 3.500.000,00.

A. < Rp 500.000,00

Warga dengan pendapatan kurang dari Rp500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 83 KK atau 50% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan kurang dari Rp500.000,00 terdapat dalam gambar 4.27.

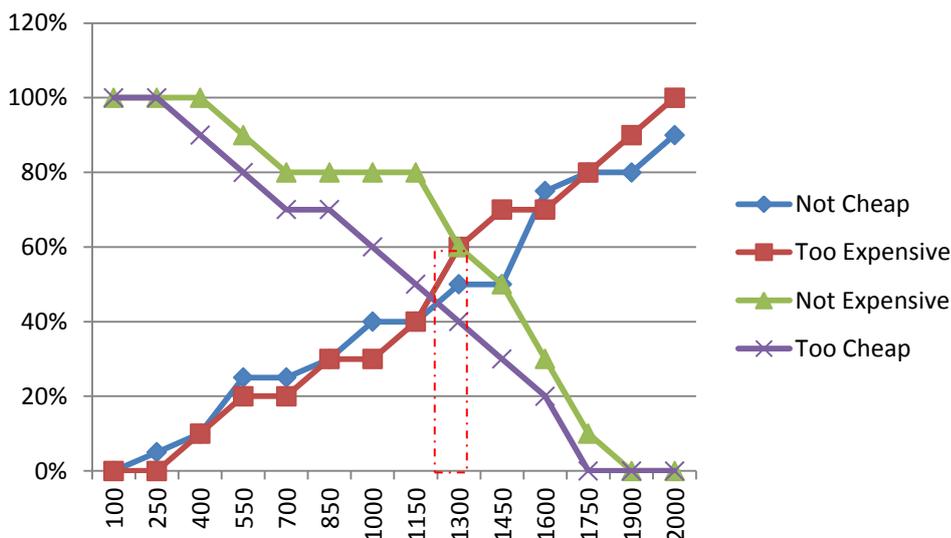


Gambar 4. 27 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan < Rp500.000,00

Harga optimal pada warga dengan pendapatan < Rp500.000,00 adalah Rp 500,00/kg – Rp700,00/kg. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*.

B. Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 50 KK atau 30% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.28.

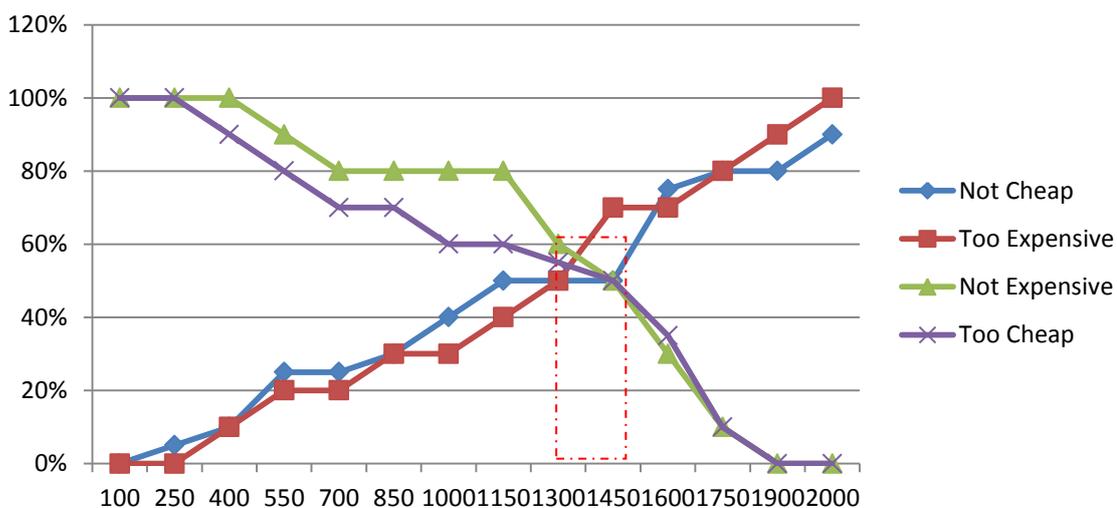


**Gambar 4. 28 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp500.001,00 – Rp1.500.000,00 adalah Rp1.150,00/kg – Rp1.300,00/kg. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*.

C. Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 23 KK atau 14% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.29.

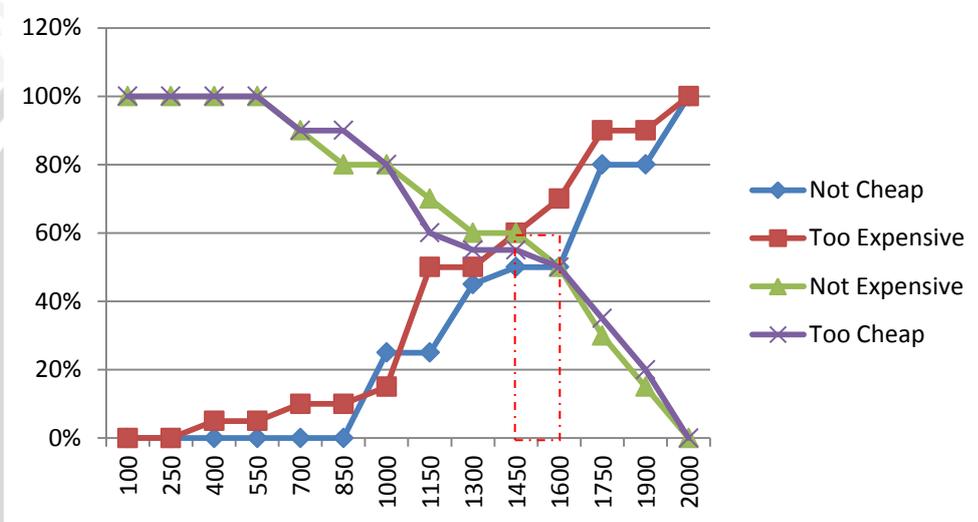


**Gambar 4. 29 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp1.500.000,00 – Rp2.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp1.500.001,00 – Rp2.500.000,00 adalah Rp1.350,00/kg – Rp1.450,00/kg. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*.

D. Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00

Warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 8 KK atau 5% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.30.



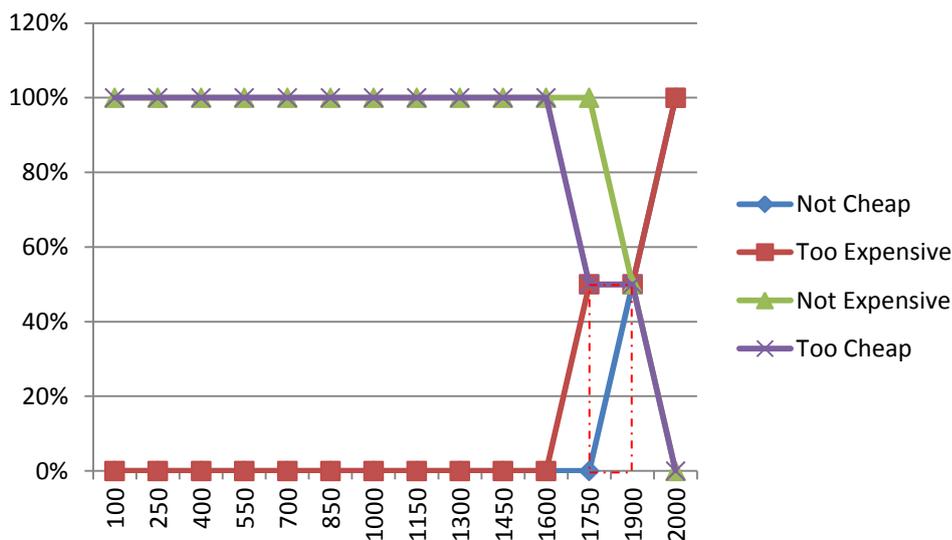
Gambar 4. 30 Harga optimal pupuk NPK warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00

Harga optimal pada warga dengan pendapatan Rp2.500.001,00 – Rp3.500.000,00 adalah Rp1.500,00/kg – Rp1.600,00/kg. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*.

E. > Rp3.500.000,00

Warga dengan pendapatan > Rp3.500.000,00 telah diambil sampel sebanyak 2 KK atau 1% dari total sampel. Hasil harga optimal yang ingin warga bayar dengan pendapatan > Rp3.500.000,00 terdapat dalam gambar 4.31.





**Gambar 4.31 Harga optimal energi warga dengan pendapatan < Rp3.500.000,00**

Harga optimal pada warga dengan pendapatan > Rp3.500.000,00 adalah Rp1.700,00/kg – Rp1.800,00/kg. Harga optimal diambil ketika garis didalam grafis berpotongan antara *not cheap* dengan *too cheap* serta *too expensive* dengan *not expensive*.

Harga optimal untuk pupuk kompos organik bagi petani didasarkan atas harga yang telah ditawarkan pada saat survey primer dilakukan. Setelah menentukan harga yang tepat untuk masing-masing golongan pendapatan maka harga optimal untuk warga Desa Tegalweru adalah:

**Tabel 4.17 Harga optimal pupuk kompos npk**

Pendapatan	Hubungan antara pendapatan warga dengan harga optimal				
	≤ Rp500.000	Rp 500.001- Rp1.500.000	Rp1.500.001- Rp2.500.000	Rp 2.500.001- Rp 3.500.000	> Rp 3.500.000
Harga Pupuk Kompos (Rp/kg)	Rp500,00 – Rp700,00	Rp1.150,00 – Rp1.300,00	Rp1.350,00 – Rp1.450,00	Rp1.500,00 – Rp1.600,00	Rp1.700,00 – Rp1.800,00
Proporsi dari KK responden (%)	55,62	55,62	52,5	55,62	50
Proporsi dari KK Desa Tegalweru(%)	27,81	16,68	7,35	2,78	0,5

Tabel 4.17 menunjukkan bahwa warga dengan pendapatan ≤ Rp500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp500,00 – Rp700,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 55.62% dari total KK dengan pendapatan ≤ Rp500.000 atau 27,81% dari total KK di Desa Tegalweru.

Keluarga dengan pendapatan Rp500.001-Rp1.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp1.150,00 – Rp1.300,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 55.62% dari total KK dengan pendapatan Rp 500.001-Rp1.500.000 atau 16,68% dari total KK di Desa Tegalweru.

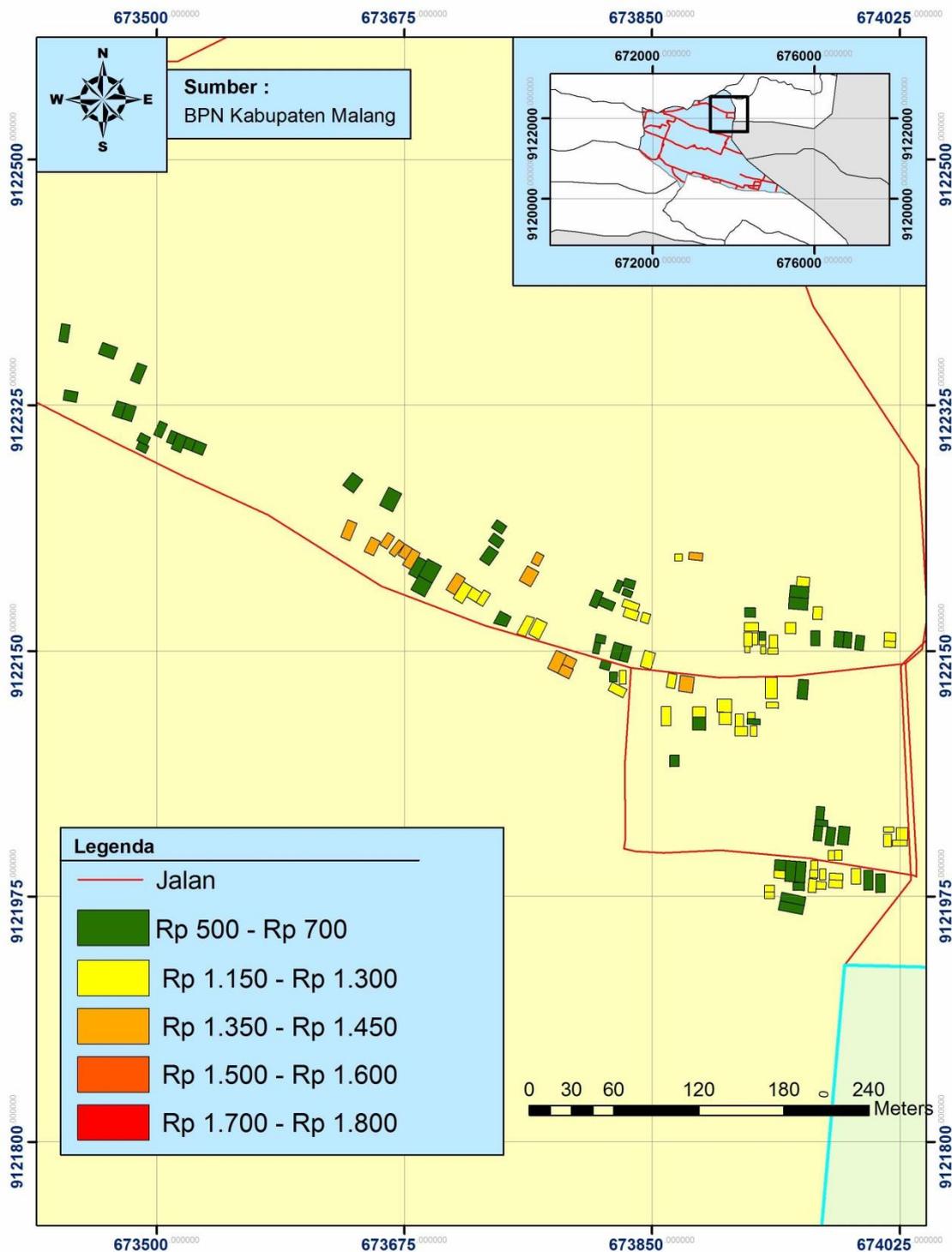
Keluarga dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp1.350,00 – Rp1.450,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 52,5% dari total KK dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 atau 7,35% dari total KK di Desa Tegalweru.

Keluarga dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp1.500,00 – Rp1.600,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 55,62% dari total KK dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 atau 2,78% dari total KK di Desa Tegalweru.

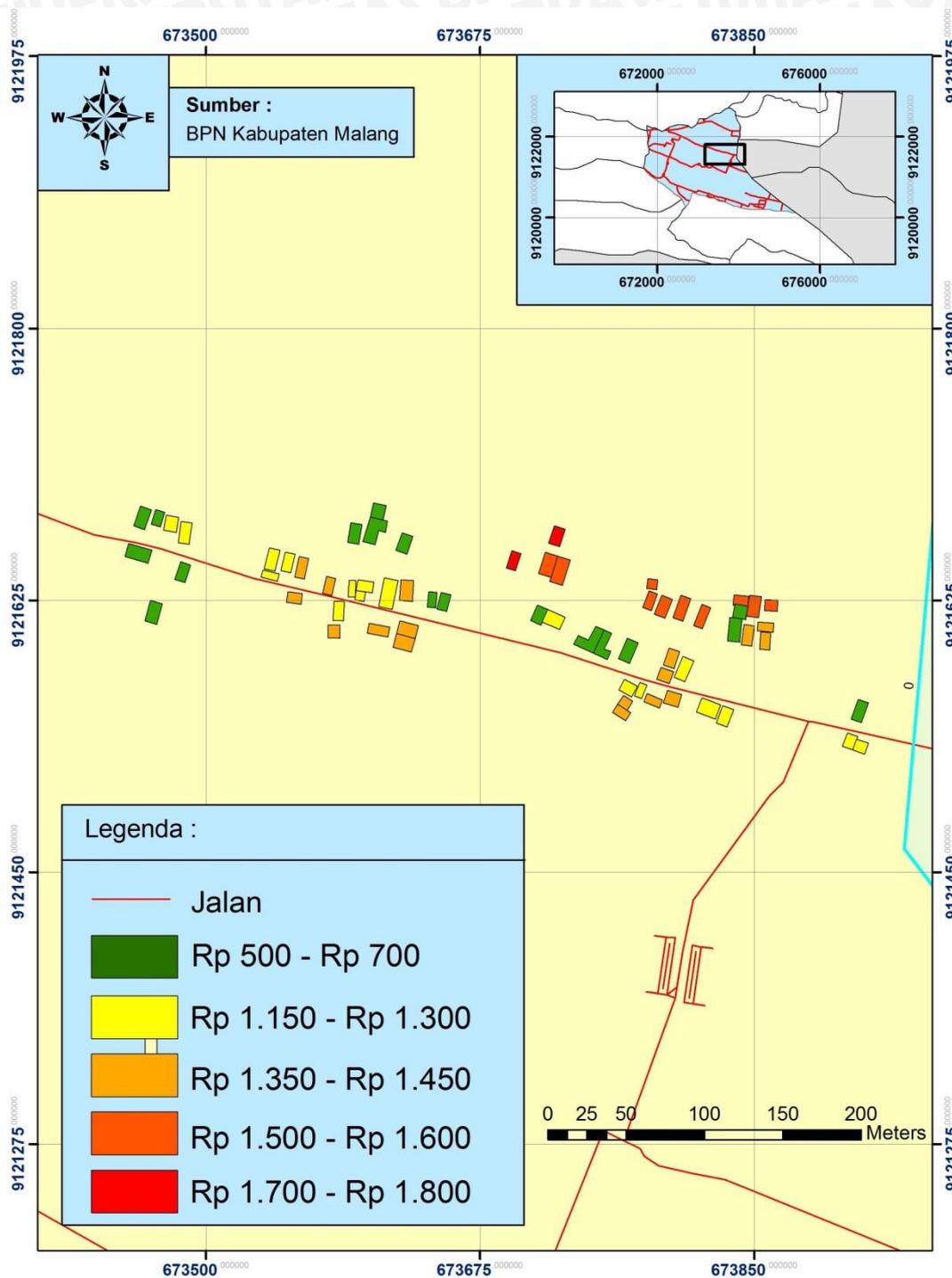
Keluarga dengan pendapatan > Rp 3.500.000 menetapkan harga optimal yang mampu dibayarkan sebesar Rp1.700,00 – Rp1.800,00. Total prosentase keluarga yang ingin membayar dengan harga optimal untuk mendapatkan jasa biogas untuk penerangan lampu atau memasak adalah 50% dari total KK dengan pendapatan >Rp 3.500.000 atau 0,5% dari total KK di Desa Tegalweru.

Harga pasar untuk pupuk organik adalah Rp1.000,00, penggunaan pupuk organik secara optimal dapat dibeli oleh keluarga dengan penghasilan > Rp500.000,00 dikarenakan kemampuan membayar warga yang sudah mencukupi untuk mengganti biaya pupuk organik hasil olahan limbah biogas per kilogram. Untuk warga dengan penghasilan <Rp500.000,00 tidak mampu untuk membayar pupuk dengan harga dasar dikarenakan kemauan mereka untuk membayar pupuk organik olahan limbah biogas berkisar Rp500,00 – Rp700,00.

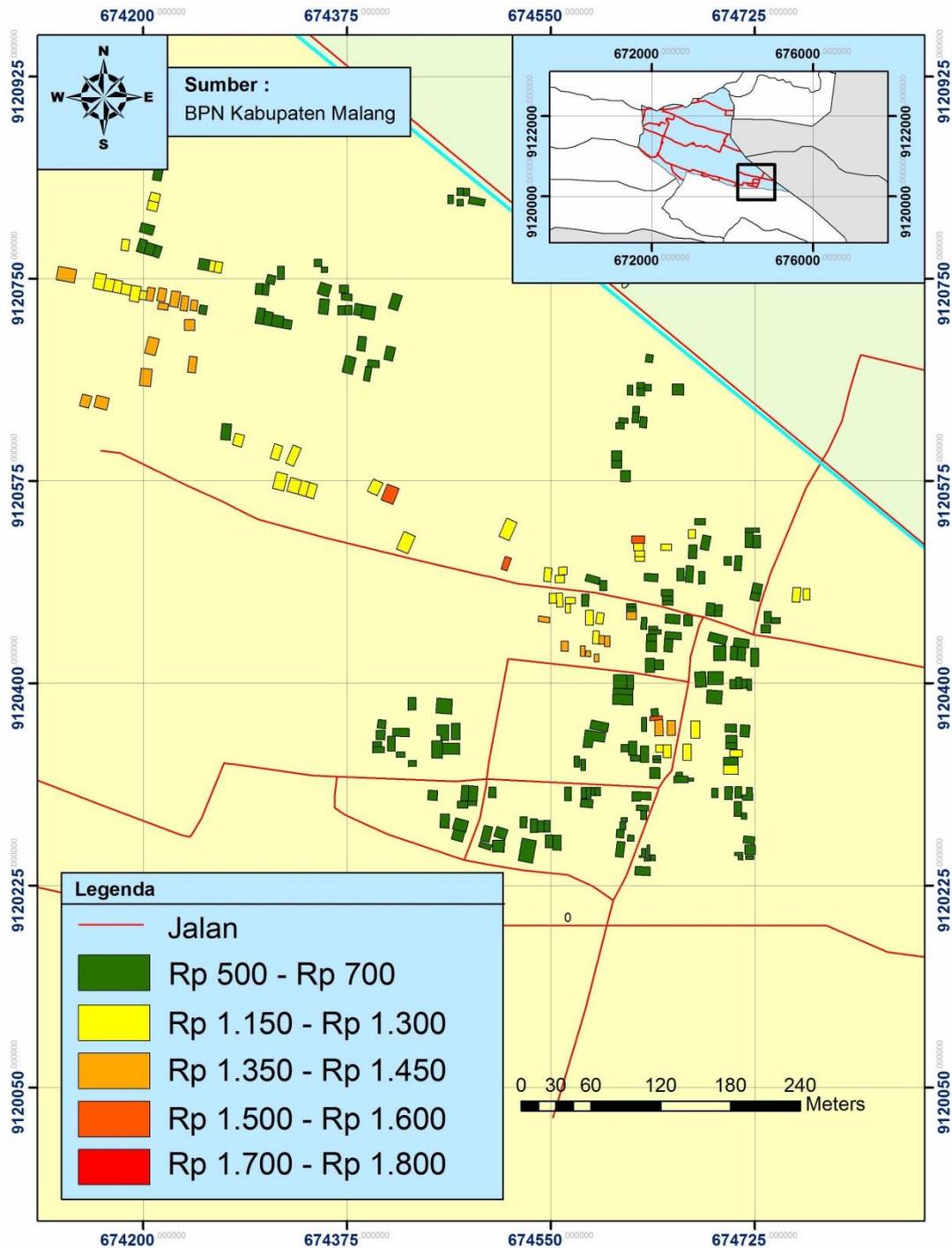
Gambar 4.32, 4.32 dan 4.34 menunjukkan persebaran harga optimal yang dibebankan kepada petani Desa Tegalweru untuk biaya pengganti pupuk organik bagi berdasarkan golongan pendapatan dan jumlah sampel yang telah diambil.



Gambar 4. 32 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (1)



Gambar 4. 33 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (2)



Gambar 4. 34 Lokasi Harga Optimal Pupuk Kompos Desa Tegalweru (3)

#### 4.5 Rekomendasi Harga Optimal untuk Pemenuhan Energi dan Pupuk kompos

Rekomendasi harga optimal untuk pemanfaatan limbah ternak melalui biogas serta pupuk kompos organik diambil sesuai dengan hasil analisis emergy serta harga optimal yang ditawarkan kepada masyarakat Desa Tegalweru. Tabel 4.18 adalah rekomendasi berdasarkan analisis yang telah dilakukan:

Tabel 4. 18 Rekomendasi harga optimal terhadap energi dan pupuk kompos

No.	Variabel	Karakteristik	Rekomendasi
1	Jumlah pemanfaatan limbah ternak (kotoran sapi)	Jumlah sapi yang digunakan untuk pemanfaatan energi dan pupuk kompos di Desa Tegalweru masih minim, dari 1080 total sapi yang ada di Desa Tegalweru, saat ini yang dimanfaatkan untuk pupuk kompos organik dan biogas sebesar 27 ekor sapi atau 0,025%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hasil <i>emergy</i> menunjukkan bahwa skenario terbaik dalam memanfaatkan limbah ternak di Desa Tegalweru adalah dengan memanfaatkan limbah ternak dari total 1080 sapi itu untuk dimanfaatkan menjadi biogas dalam hal pemenuhan energi untuk penerangan lampu dan memasak, sedangkan limbah dari pemrosesan biogas bisa digunakan untuk pupuk kompos bagi petani di desa.</li> </ul>
2	Bantuan dari pihak luar	Kondisi eksisting pengembangan biogas dan limbahnya untuk dijadikan pupuk kompos hanya mendapat bantuan dari instansi saja dan tidak mendapatkan perhatian yang cukup dari pemerintah, hal ini membuat produksi gas yang dihasilkan tidak maksimal dan belum bisa memenuhi kebutuhan energi alternatif masyarakat desa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondisi ideal untuk mengoptimalkan semua limbah kotoran ternak di desa untuk dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dan biogas membuat bantuan terutama dari pemerintah sangat dibutuhkan, pemerintah direkomendasikan untuk memberikan bantuan dalam bentuk sosialisasi bagi para peternak dan pemilik sapi maupun bantuan material bangunan untuk instalasi biogas sehingga pemanfaatan yang ideal dapat terwujud.</li> </ul>
3	Insentif bagi peternak dan pemilik sapi	Peternak sapi yang sekarang memanfaatkan limbah ternak untuk dijadikan biogas dan pupuk kompos organik belum menerima insentif dari pemerintah, insentif yang diterima untuk petani adalah material-material untuk biogas yang dibantu oleh pihak luar, namun selain itu pihak peternak yang sudah memasang biogas dan memanfaatkan residunya untuk pupuk kompos belum mendapatkan insentif.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rekomendasi bagi peternak dan pemilik sapi yang sudah mampu memanfaatkan limbah ternaknya adalah pemberian insentif yang cukup agar mendorong peternak untuk giat dalam memanfaatkan limbah ternaknya. Insentif yang diberikan dapat berupa kemudahan untuk pemberian pinjaman melalui koperasi desa untuk membangun instalasi, kemudahan dalam memasarkan pupuk kompos yang sudah diolah dan pengenaan biaya bagi warga yang ingin menggunakan biogas untuk diberikan kepada pemilik instalasi biogas.</li> </ul>

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Melalui hasil dan pembahasan penelitian harga optimal untuk pemenuhan kebutuhan energi dalam hal memasak dan penerangan lampu serta pupuk kompos organik di Desa Tegalweru Kecamatan Dau yang telah dilakukan pada bab empat, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Desa Tegalweru menggunakan limbah kotoran ternak hanya dari 27 ekor dari total 1080 ekor sapi di Desa atau sebesar 0,025 persen, limbah kotoran ternak dari 27 ekor sapi dimanfaatkan dengan menggunakan enam instalasi biogas berkapasitas 8m<sup>2</sup> dan digunakan untuk penerangan lampu dapur serta pemenuhan kebutuhan pupuk kompos organik.
2. Evaluasi skenario dilakukan dengan cara menganalisis skenario yang telah ditentukan melalui analisis permintaan dan penawaran serta *emergy analysis*.
  - A. Evaluasi skenario melalui analisis permintaan dan penawaran menyebutkan bahwa skenario satu tidak mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru (4,46% untuk penerangan lampu dan 13,53% untuk memasak), namun skenario dua dan tiga mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru karena capaian kebutuhan energinya mencapai 167,52% untuk penerangan lampu serta 507,53% untuk memasak.
  - B. Analisis *emergy* menunjukkan bahwa skenario tiga memiliki skenario yang lebih efisien dan *sustainable* dikarenakan memenuhi indeks *emergy* berupa *Emergy Roecoverly*, *Emergy Yield Ratio*, *Net-Eemrgy*, *Environmental Loading Ratio*, dan *Emergy Sustainability Index*.
3. Kontribusi ekonomi yang mampu dibayarkan untuk masing masing golongan pendapatan untuk pemenuhan energi (penerangan dan memasak) serta pupuk kompos organik adalah:
  - a. Untuk pemenuhan kebutuhan energi (memasak dan penerangan lampu) per KK, warga dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000 mampu membayar sebesar Rp9.000, warga dengan pendapatan Rp 500.001-Rp1.500.000 mampu membayar sebesar Rp13.000-Rp14.000, warga dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 mampu emmbayar sebesar Rp16.000, warga

dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp18.000-Rp20.000, warga dengan pendapatan  $>$  Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp 21.000-Rp22.000.

- b. Untuk kontribusi ekonomi pupuk kompos organik dari resudi pemrosesan biogas, warga dengan pendapatan  $\leq$  Rp500.000 mampu membayar sebesar Rp500,00 – Rp700,00, warga dengan pendapatan Rp 500.001-Rp1.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.150,00 – Rp1.300,00, warga dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.350,00 – Rp1.450,00, warga dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.500,00 – Rp1.600,00, warga dengan pendapatan  $>$  Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.700,00 – Rp1.800,00.

## 5.2 Saran

Penelitian ini mengidentifikasi penelitian kontribusi ekonomi untuk pemenuhan kebutuhan energi dalam hal memasak dan penerangan lampu serta pupuk kompos organik di Desa Tegalweru Kecamatan Dau. Berdasarkan dari hasil yang didapat. Maka pada penelitian selanjutnya diperlukan:

1. Banyaknya penggunaan asumsi pada karakteristik limbah kotoran ternak maupun jenis pemanfaatannya, untuk penelitian selanjutnya agar penelitiannya untuk pengukuran agar lebih detail di lapangan.
2. Perhitungan transformity banyak mengacu pada nilai transformity studi terdahulu di negara berkembang, untuk penelitian selanjutnya agar perhitungan transformity untuk tiap tiap input emergy lebih detail minimal dalam lingkup nasional,.
3. Penentuan harga untuk per golongan pendapatan didapat sampai *range* harga mampu dibayar oleh warga per golongan pendapatan. Selanjutnya dapat menggunakan variabel ekonomi dan sosial yang mendukung seperti luas lahan, pekerjaan kepala keluarga ataupun tingkat pendidikan sehingga dapat secara akurat menentukan harga yang pasti (*fix priced*) untuk harga optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alternative Energy Glossary, 2013  
([http://www.icax.co.uk/alternative\\_energy.html](http://www.icax.co.uk/alternative_energy.html)) diakses pada tanggal 18 Maret 2013, pukul 17.50 WIB.
- Anstine, D.B (2001). *How much will consumer pay? A hedonic analysis f the cable television industry*. Review of Industrial Organization,19,129-147
- Bakshi, B.R. (2000). *A Thermodynamic Framework for Ecologically Conscious Process Sitemns Engineering*. Computers and Chemical Engineering 24 1767-1773
- Borjeson,Lena. Hojer Mattias. 2005. *Towards a user's guide to scenarios-a report on scenario types and scenario techniques*.Departement of Urban studies Royal Institute of Technology. Stockholm
- De Jouvenel, H. (2000): *A Brief Methodological Guide to Skenario Building. Technology Forecasting and Social Change*, 65, pp. 37-48.
- Delaney, L. & O'Toole, F. (2004a). *Eliciting household and individual willingness to pay and aggregation*. Diambil tanggal 14 Juli 2006, dari <http://papers.ssrn.com/>.
- Delaney, L. & O'Toole, F. (2004b). *Irish publik service broadcasting: A contingent valuation analysis. The Economic and Social Review*, 35 (3), 321-350
- Desa Tegalweru, Profil Desa Tegalweru 2012
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Malang. *Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Malang 2010-20130*.
- Dr. Nana Sulaksana, Ir MSP ( [Unpad.ac.id](http://Unpad.ac.id) diakses pada 15 Maret 2012 pukul 21.34 WIB )
- Geng, Yong (2010). *Emergy analysis of an industrial park: The case of Dalian, China*. Science of the Total Environment 408 pg:5273-5283.
- Hagstrom Peter (2006). Biomass potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala 2006.
- Hambali, Erliza et al, 2007. *Teknologi Bioenergi*. Jakarta, PT AgroMedia Pustaka
- Hanemann, W.M. (1991). *Willingness to pay and willingness to accept : How much can they differ?* The American Economic Review, 81 (3), 635-647.
- Hartati Rukmi Sari. Sukerayasa I.W. 2011. *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Biogas Untuk Keperluan Rumah Tangga di Kecamatan Sidemen Kabupaten Karangasem Bali*. ISSN: 1412-0925.

- Hidayat, Syarif dan Darwin Samsulbahri, 2011. *Pemberdayaan Ekonomi Rakyat. Sebuah Rekonstruksi Konsep Community Based Development (CBD)*. Jakarta, Pustaka Sinar Harapan
- Hokby, S., and Tore Soderqvist, 2001, "Elasticities of Demand and Willingness To Pay for Environmental Services in Sweden", 11th Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, Southampton, UK
- Horowitz, J.K., & McConnell, K.E. (2001). *Willingness to accept, willingness to pay and the income effect*. Diambil tanggal 14 Juli 2006, dari <http://papers.ssrn.com/paper/id=261107/> .
- IEA (2003): *Energi to 2050 Scenarios for a Sustainable Future*, Paris France
- 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.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, Perpres No 5 Tahun 2006
- Krathwohl. David R. *Methods of educational and social science research*. Longman. 1998
- Kumar, S. & Rao, D.N. (2006). *Willingness to pay estimates of improved air quality: A case study in panipat thermal power station colony, India*. Diambil tanggal 14 Juli 2006, dari <http://papers.ssrn.com/>
- Kumar, S., and D. N. Rao, 2006, "*Willingness To Pay Estimates of Improved Air Quality : A Case Study in Panipat Thermal Power Station Colony, India*", *TERI School of Advanced Study, New Delhi & Centre for Economic Studies and Planning, School of Social Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, India*
- Macklin, Boy, 2012. *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak*. Bandung, Universitas Padjadjaran.
- Manurung, Mandala dan Prathama Rahardja. (2004), *Uang, Perbankan, dan Ekonomi Moneter*, Jakarta: Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Marzali, Amri, 2003. "*Teknik Identifikasi Kebutuhan dalam Program Community Development*" dalam Bambang Rudito et.al (*Penyunting*). Akses Peran serta Masyarakat. Lebih Jauh Memahami Community Development. Jakarta, Pustaka Sinar Harapan.
- Meidiana, C., (2012). Scenarios for Sustainable Final Waste Treatment in Developing Country. In: Waste Management - An Integrated Vision (eds L.F.M. Rebellon) pp. 229 – 256. InTech, Croatia

- Moranco, A.B., Fuertos-Eugenio, A.M., del Saz-Salazar, S. (2005). *A comparison of empirical models used to infer the willingness to pay in contingent valuation*. *Empirical Economics*, 30, 235-244.
- Odum HT. *Environmental accounting: energy and environmental decision making*. New York: Wiley; 1996
- 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
- Oxford University Glossary, 2013 (<http://oxforddictionaries.com/definition/english/alternative%2Benergy?q=alternative+energy>) diakses pada tanggal 18 Maret 2013, pukul 18.11 WIB.
- Pattanayak, S., Caroline van der Berg, Jui-Chen Yang, and George Van Houtven, 2006, “*The Use of Willingness To Pay Experiments : Estimating Demend for Piped Water Connections in Sri Lanka*”, World Bank Research Working Paper 3818, January 2006, pp 1 – 47
- Pengeolaan Biogas menggunakan Limbah Ternak*, Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009
- Peraturan Presiden no 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional
- Perloff, J. M., 2004, *Microeconomics*, Third Edition, Pearson Education Inc., Pearson Addison Wesley, New York, USA
- Prihandini, Peni Wahyu, Mulyadi (Penyunting) 2007. *Petunjuk Teknis Pembuatan Kompos Berbahan Kotoran Sapi (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian)*. Pasuruan, Loka Penelitian Sapi Potong Grati
- PSE-KP UGM (Pusat Studi Ekonomi-Kebijakan Publik Universitas Gadjah Mada). (2002). *Analisis Tarif Listrik Regional di Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta (Laporan Akhir)*. Yogyakarta: Penerbit PSE-KP UGM & PT. PLN (Persero) Unit Bisnis Distribusi Jawa Tengah.
- PUSLITBANGNAK ,2007. *Pembuatan Kompos Berbahan Kotoran Sapi*. Jakarta
- Rahayu,Sugi. Purwaningsih Dyah. 2009. *Pemanfaatan Kotoran Ternak Sapi Sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan Beserta Aspek Sosio Kulturalnya*. Inotel Volume 13, Nomor 2 Agustus 2009.
- Roos K.F, Martin J.B. *A manual for Developing Biogas Systems at Commercial Farms in the United States*. Agstar Handbook. 2004.

- Rwanda Utilites Regulatory Agency. 2012. *Technical Guidelines for Construction of Domestic Fixed Dome Biogas Plants*. Republic of Rwanda.
- Schwartz, P. (1991): *The Art of the Long View*. Doubleday Currency, New York
- Setiawan A. I., 2002. *Memfaatkan Kotoran Ternak*. PT. Penebar Swadaya, Jakarta
- Sevilla, Consuelo G. et. al (2007). *Research Methods*. Rex Printing Company. Quezon City
- Shoemaker, Stowe. 2008. *How to Measure Costumer's Willingnes to Pay for Ancillary Products*. University of Houston. United States of America
- Simanungkalit, R.D.M. dkk. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Smart Way Grow and Go, *United States Environmental Protection Agency*, dalam Wikipedia, 2012 (<http://nepis.epa.gov>)
- Suyitno, Muhammad Nizam dan Dharmanto. 2010. *Teknologi Biogas, Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Swastika Dewi.K.S. *Analisis penawaran dan permintaan komoditas pertanian utama di Indonesia*. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Jakarta.2000
- Ulgati, S. and MT. Brown, (2002), *Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions*. The case of electricity production, *Journal of Cleaner Production* 10 335–348
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 tahun 2007
- Untung. 2002. *Prospek Agribisnis Penggemukan Pedet*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Wang, H. & Whittington, D. (2006). *Willingness to pay for air quality improvement in Sofia, Bulgaria*. Development Research Group, World Bank. Diambil tanggal 14 Juli 2006, dari <http://papers.ssrn.com/>
- Whittington, D. (1996). *Administering Contingent Valuation Surveys in Developing Countries (Special Papers)*. Economy and Environment Program for Southeast Asia (EEPSEA). Diambil tanggal 30 Agustus 2006, dari <http://www.eepsea.org>.
- Widanngrum, Dwi I (2007). *Identifikasi kemampuan dan Kemauan Masyarakat Berpenghasilan Menengah Rendah*. <http://kk.pl.itb.ac.id/ppk> . (diakses 19 Oktober 2013, pukul 18.18 WIB)
- Yovita. 2001. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta

Zhang, XiaoHong (2009). A sustainability analysis of a municipal sewage treatment ecosystem based on emergy. *Ecological Engineering* 36 (2010) pg 685-696

Zhao, J. & Kling, C.L. (2004). *Willingness to pay, compensating variation, and the cost of commitment. Economic Inquiry*, 42 (3), 503-517.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# LAMPIRAN



## LAMPIRAN

## Skenario 1

Sumber daya terbarukan (*Local Resources*)

Sumber daya terbarukan ( <i>Local Resources</i> )			
Sinar Matahari	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	6.00E+00	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	2.50E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Insolation	1.62E+07	J/m <sup>2</sup> /year	Indonesian Solar Insolation map ( <a href="http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NflGSZg">http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NflGSZg</a> )
Albedo	1.50E-01		The Climate System.Manchester Metropolitan.2007
Energy	2.07E+09	J/yr	
Angin Kinetik	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	6.00E+00	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	2.50E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Air Density	1.16E+00	kg/m <sup>3</sup>	IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)
Drag Coefficient	1.00E-03		Zhou,2010(Emergy analysis of a farm biogas project in China)
Rata Rata Kecepatan Angin	1.56E+00	m/s	Dokumen Amdal RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
Angin Geostrophic	2.60E+00		
Energy	1.51E+08	J/yr	
Hujan Geopotensial	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	6.00E+00	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	2.50E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012

Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Runoff Rate	1.60E-02		Sustainability of water supply for rural people in West Timor(Wahyudi)
Average Elevation	5.97E+02	m	Profil Desa Tegalweru.2012
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	S.Y Zhou 2009
Gravity	9.80E+00	m/s <sup>2</sup>	
Energy	1.84E+09	J/yr	
<b>Hujan,Kimia</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	6.00E+00	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	2.50E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Evapotranspiration	1.10E+00	m/yr	Water research
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	Handbook of Chemistry (T=30 C)
Gibbs Free energy	4.27E+03	kJ/kg	<a href="http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy">http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy</a> .
Energy	9.23E+10	J/yr	
<b>Rotasi Bumi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	6.00E+00	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	2.50E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Heat Flow	2.10E-02	w/m <sup>2</sup>	<a href="http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html">http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html</a>
Energy	9.93E+07	J/yr	
Limbah Kotoran Sapi	Nilai	Satuan	Sumber
Produksi Kotoran/sapi/hari	2.50E+01	kg	Survey Primer, 2013

Jumlah Sapi	2.70E+01	ekor	Survey Primer, 2013
Hari	3.65E+02	hari	Survey Primer, 2013
Total	2.46E+05	kg/year	
Standard Energy Value	1.35E+07	J/Kg	S.Y Zhou 2009
Organic matter content	2.50E-01		S.Y Zhou 2009
Energy	8.32E+11	J/yr	
<b>Urine dan Limbah Cair Sapi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah urin dan limbah cair/sapi/hari	9.00E+00	liter	Survei primer, 2013
Jumlah sapi	2.70E+01	ekor	Survei primer, 2013
Jumlah hari dalam satu tahun	3.65E+02	hari	
Produksi urin dan limbah cair/tahun	8.87E+01	m <sup>3</sup> /yr	Survei primer, 2013
berat jenis	1.03E+00	kg/m <sup>3</sup>	Campbell, Reece-Mitchell. 2002. Biologi Edisi kelima jilid 1. Erlangga. Jakarta.
Massa	9.14E+01	kg/yr	Hasil perhitungan,2013
Gibbs free energy	6.43E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	5.87E+05	J/yr	
<b>Tenaga Kerja</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Orang/biodigester	6.00E+00	orang	Survey Primer, 2013
Energy demand	2.40E+03	cal	
Day	3.65E+02	hari/tahun	
Standard Energy Value (cal to J conversion)	4.15E+00	J	
Energy	2.18E+07	J/yr	

<b>Sumber daya tidak terbarukan (<i>Noon-renewable resources</i>)</b>			
<b>Rumput</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah Sapi	2.70E+01	ekor	Survei primer, 2013
Kebutuhan/Sapi	1.50E+01	kg	Survei primer, 2013
Jumlah Hari	3.65E+02	hari	
massa	1.48E+05	kg/yr	
<b>Air</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Kebutuhan Air/Hari	1.20E-02	m <sup>3</sup> /head	Survey Primer, 2013
Total Cows	2.70E+01	head	Profil Desa Tegalweru, 2012
Day	3.65E+02		
Energy	1.18E+02	m <sup>3</sup> /yr	
<b>Biaya Ekonomi (<i>Economy Inputs</i>)</b>			
<b>Investasi dari konstruksi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya konstruksi (8m <sup>3</sup> )/biodigester	6.25E+02	\$/15yr	Biogas Biru
Jumlah biodigester	6.00E+00	unit	Survey Primer, 2013
Tahun	1.50E+01	tahun	
Biaya	2.50E+02	\$/yr	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data">http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data</a> .
<b>Biaya perawatan</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya perawatan (8m <sup>3</sup> )/biodigester	4.17E-01	\$/bulan	Survey Primer, 2013
Jumlah biodigester	6.00E+00	unit	Survey Primer, 2013

Bulan	1.20E+01	Bulan	
Biaya	3.00E+01	\$/yr	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data">http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data</a> .
Kurs per 29 November 2013	1.20E+04		
<b>Hasil (Yields)</b>			
<b>Biogas</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Sapi	2.70E+01	ekor	Profil Desa Tegalweru, 2012
Produksi Kotoran/Sapi	2.50E+01	kg/hari	Survey Primer, 2013
Konversi 1kg ke m3 biogas	2.30E-02	m3/kg	ESDM, Kabupaten Malang 2013
Day	3.65E+02	day	
konsentrasi metana	6.00E-01	%	Agstar handbook
energy content metana	5.33E+07	J/m3	
Energy	1.81E+11		
<b>Limbah cair biogas (slurry)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah slurry/sapi	2.50E+00	kg/hari	Agstar Handbook
Jumlah Sapi	2.70E+01	Unit	Survey Primer, 2013
Day	3.65E+02		
Gibbs free energy	5.22E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	1.29E+08	J/yr	
<b>limbah padat biogas (residue)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>

Jumlah residue/sapi	2.25E+01	kg/ekor/hari	Agstar Handbook
Jumlah sapi	2.70E+01	ekor	Survey Primer, 2013
Organic matter content	2.50E-01	%	
Standard energy value	1.35E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	2.05E+09	J/yr	
<b>N Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	2.70E+01	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	2.22E+05	kg	
N	5.81E+03	kg	Agstar Handbook
Energy	1.29E+09	J	
<b>P Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	2.70E+01	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	2.22E+05	kg	
P	9.98E+02	kg	Agstar Handbook
Energy	2.21E+08	J	
<b>K Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	2.70E+01	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	2.22E+05	kg	

K	2.88E+03	kg	Agstar Handbook
Energy	6.39E+08	J	

**Skenario 2**

**Sumber daya terbarukan (*Local Resources*)**

<b>Sinar Matahari</b>			
<b>Sinar Matahari</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Insolation	1.62E+07	J/m <sup>2</sup> /year	Indonesian Solar Insolation map ( <a href="http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NfIGSZg">http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NfIGSZg</a> )
Albedo	1.50E-01		The Climate System.Manchester Metropolitan.2007
Energy	9.91E+10	J/yr	
<b>Angin Kinetik</b>			
<b>Angin Kinetik</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Air Density	1.16E+00	kg/m <sup>3</sup>	IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)
Drag Coefficient	1.00E-03		Zhou,2010(Emergy analysis of a farm biogas project in China)
Rata Rata Kecepatan Angin	1.56E+00	m/s	Dokumen Amdal RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
Angin Geostrophic	2.60E+00		
Energy	7.25E+09	J/yr	

Hujan Geopotensial	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Runoff Rate	1.60E-02		Sustainability of water supply for rural people in West Timor(Wahyudi)
Average Elevation	5.97E+02	m	Profil Desa Tegalweru.2012
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	S.Y Zhou 2009
Gravity	9.80E+00	m/s <sup>2</sup>	
Energy	8.83E+10	J/yr	
Hujan,Kimia	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Evapotranspiration	1.10E+00	m/yr	S.Y Zhou 2009
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	S.Y Zhou 2009
Gibbs Free energy	4.27E+03	kJ/kg	<a href="http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy">http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy.</a>
Energy	4.43E+12	J/yr	
Rotasi Bumi	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Heat Flow	2.10E-02	w/m <sup>2</sup>	<a href="http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html">http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html</a>
Energy	4.77E+09	J/yr	
Limbah Kotoran Sapi	Nilai	Satuan	Sumber

Produksi Kotoran/sapi/hari	2.50E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah Sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Hari	3.65E+02	hari	Survey Primer, 2013
<b>Total</b>	9.86E+06	kg/year	
Standard Energy Value	1.35E+07	J/Kg	S.Y Zhou 2009
Organic matter content	0.25		S.Y Zhou 2009
<b>Energy</b>	<b>3.33E+13</b>	<b>J/yr</b>	
<b>Urine dan Limbah Cair Sapi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah urin dan limbah cair/sapi/hari	9.00E+00	liter	Survei primer, 2013
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survei primer, 2013
Jumlah hari dalam satu tahun	3.65E+02	hari	
Produksi urin dan limbah cair/tahun	3.55E+03	m3/yr	Survei primer, 2013
berat jenis	1.03E+00	gr/L	Campbell, Reece-Mitchell. 2002. Biologi Edisi kelima jilid 1. Erlangga. Jakarta.
Massa	3.65E+00	kg/yr	Hasil perhitungan,2013
Gibbs free energy	6.43E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
<b>Energy</b>	<b>2.35E+04</b>	<b>J/yr</b>	
<b>Tenaga Kerja</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Orang/biodigester	2.40E+02	orang	Survey Primer, 2013
Energy demand	2.40E+03	cal	
Day	3.65E+02	hari/tahun	
Standard Energy Value	4.15E+00	J/day	S.Y Zhou 2009
<b>Energy</b>	<b>8.72E+08</b>	<b>J/yr</b>	

<b>Sumber daya tidak terbarukan (<i>Noon-renewable resources</i>)</b>			
<b>Rumput</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah Sapi	1.08E+03	ekor	Survei primer, 2013
Kebutuhan/Sapi	1.50E+01	kg	Survei primer, 2013
Jumlah Hari	3.65E+02	hari	
<b>Massa</b>	<b>5.91E+06</b>	<b>kg/yr</b>	
<b>Air</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Kebutuhan Air/Hari	1.20E+01	m3/ekor/hari	Survey Primer, 2013
Jumlah Sapi	1080	ekor	Profil Desa Tegalweru, 2012
Day	365		
<b>Volume</b>	<b>4.73E+06</b>	<b>m3/yr</b>	
<b>Biaya Ekonomi (<i>Economy Inputs</i>)</b>			
<b>Investasi dari konstruksi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya konstruksi (8m3)/biodigester	6.25E+02	\$/15yr	Biogas Biru
Jumlah biodigester	2.40E+02	unit	Survey Primer, 2013
Tahun	15	tahun	
<b>Biaya</b>	<b>1.00E+04</b>	<b>\$/yr</b>	
<b>Biaya perawatan</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya perawatan (8m3)/biodigester	5/12	\$/bulan	Survey Primer, 2013
Jumlah biodigester	2.40E+02	unit	Survey Primer, 2013
Bulan	1.20E+01	Bulan/Yr	

Biaya perawatan (8m <sup>3</sup> )/biodigester	1.20E+03	\$/yr	
<b>Hasil (Yields)</b>			
<b>Biogas</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Sapi	1.08E+03	ekor	Profil Desa Tegalweru, 2012
Produksi Kotoran/Sapi	2.50E+01	kg/ekor/hari	Survey Primer, 2013
Konversi 1kg ke m <sup>3</sup> biogas	2.30E-02	m <sup>3</sup> /kg	ESDM, Kabupaten Malang 2013
Day	3.65E+02	hari	
konsentrasi metana	6.00E-01	%	
energy content metana	5.33E+07	J/kg	
Energy	1.21E+13	J/yr	
<b>Limbah cair biogas (slurry)</b>			
<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>	
Jumlah slurry/sapi	2.50E+00	kg/hari	Agstar Handbook
Jumlah Sapi	1.08E+03	Unit	Survey Primer, 2013
Day	3.65E+02		
Gibbs free energy	5.22E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	5.14E+09	J/yr	
<b>limbah padat biogas (residue)</b>			
<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>	
Jumlah residue/sapi	2.25E+01	kg/hari	Agstar Handbook
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Organic matter content	2.50E-01		
Standard energy value	1.35E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	7.59E+07	J/yr	

### Skenario 3

#### Sumber daya terbarukan (*Local Resources*)

Sumber daya terbarukan ( <i>Local Resources</i> )			
Sinar Matahari	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Insolation	1.62E+07	J/m <sup>2</sup> /year	Indonesian Solar Insolation map ( <a href="http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NfIGSZg">http://www.mrsolar.com/solar-insolation-maps/indonesi.php#.UoN4NfIGSZg</a> )
Albedo	1.50E-01		The Climate System.Manchester Metropolitan.2007
Energy	9.91E+10	J/yr	
Angin Kinetik	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Air Density	1.16E+00	kg/m <sup>3</sup>	IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)
Drag Coefficient	1.00E-03		Zhou,2010(Emergy analysis of a farm biogas project in China)
Rata Rata Kecepatan Angin	1.56E+00	m/s	Dokumen Amdal RSIA Wira Husada Kecamatan Dau
Angin Geostrophic	2.60E+00		
Energy	7.25E+09	J/yr	
Hujan Geopotensial	Nilai	Satuan	Sumber
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Runoff Rate	1.60E-02		Sustainability of water supply for rural people in West Timor(Wahyudi)

Average Elevation	5.97E+02	m	Profil Desa Tegalweru.2012
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	S.Y Zhou 2009
Gravity	9.80E+00	m/s <sup>2</sup>	
Energy	8.83E+10	J/yr	
<b>Hujan,Kimia</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Rainfall	1.32E+02	m/yr	Kecamatan Dau dalam Angka ( Desa Gadingkulon)
Evapotranspiration	1.10E+00	m/yr	S.Y Zhou 2009
Density	9.96E+02	kg/m <sup>3</sup>	S.Y Zhou 2009
Gibbs Free energy	4.27E+03	kJ/kg	<a href="http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy">http://wiki.chemeddl.org/mediawiki/index.php/Collections:Texts:Chemistry:16.5_The_Free_Energy.</a>
Energy	4.43E+12	J/yr	
<b>Rotasi Bumi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Unit instalasi	2.40E+02	unit	Profil Desa Tegalweru.2012
Luas per instalasi	3.00E+01	m <sup>2</sup>	Profil Desa Tegalweru.2012
Heat Flow	2.10E-02	w/m <sup>2</sup>	<a href="http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html">http://searg.rhul.ac.uk/current_research/java/index.html</a>
Energy	4.77E+09	J/yr	
<b>Limbah Kotoran Sapi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran/sapi/hari	2.50E+01	kg/ekor/hari	Survey Primer, 2013
Jumlah Sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Hari	3.65E+02	hari	Survey Primer, 2013
Total	9.86E+06	kg/year	
Standard Energy Value	1.35E+07	J/Kg	S.Y Zhou 2009
Organic matter content	2.50E-01		S.Y Zhou 2009

Energy	3.33E+13	J/yr	
<b>Urine dan Limbah Cair Sapi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah urin dan limbah cair/sapi/hari	9.00E+00	liter	Survei primer, 2013
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survei primer, 2013
Jumlah hari dalam satu tahun	3.65E+02	hari	
Produksi urin dan limbah cair/tahun	3.55E+03	m <sup>3</sup> /yr	Survei primer, 2013
berat jenis	1.03E+00	kg/m <sup>3</sup>	Campbell, Reece-Mitchell. 2002. Biologi Edisi kelima jilid 1. Erlangga. Jakarta.
Massa	3.65E+00	kg/yr	Hasil perhitungan, 2013
Gibbs free energy	6.43E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	2.35E+04	J/yr	
<b>Tenaga Kerja</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Orang/biodigester	2.40E+02	orang	Survey Primer, 2013
energy demand	2.40E+03	cal/hari	
Day	3.65E+02	hari/tahun	
Standard Energy Value	4.15E+00	J/day	
Energy	8.72E+08	J/yr	
<b>Sumber daya tidak terbarukan (Non-renewable resources)</b>			
<b>Rumput</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah Sapi	1.08E+03	ekor	Survei primer, 2013
Kebutuhan/Sapi	1.50E+01	kg	Survei primer, 2013
Jumlah Hari	3.65E+02	hari	
Energy	5.91E+06	J/yr	

Air	Nilai	Satuan	Sumber
Kebutuhan Air/Hari	1.20E+01	m3	Survey Primer, 2013
Jumlah Sapi	1.08E+03	ekor	Profil Desa Tegalweru, 2012
Day	3.65E+02		
Energy	4.73E+06	J/yr	
<b>Biaya Ekonomi (Economy Inputs)</b>			
<b>Investasi dari konstruksi</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya konstruksi (8m3)/biodigester	6.25E+02	\$/15yr	Biogas Biru
Jumlah biodigester	2.40E+02	unit	Survey Primer, 2013
Tahun	15	tahun	
Biaya	1.00E+04	\$/yr	
			-
<b>Biaya perawatan</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Biaya perawatan (8m3)/biodigester	4.17E-01	\$/bulan	Survey Primer, 2013
Jumlah biodigester	2.40E+02	unit	Survey Primer, 2013
Bulan	1.20E+01	Bulan/Yr	
Biaya	1.20E+03	\$/yr	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data">http://www.cep.ees.ufl.edu/nead/data</a> .
<b>Hasil (Yields)</b>			
<b>Biogas</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Sapi	1.08E+03	ekor	Profil Desa Tegalweru, 2012
Produksi Kotoran/Sapi	2.50E+01	kg/ekor	Survey Primer, 2013
Konversi 1kg ke m3 biogas	2.30E-02	m3/kg	ESDM, Kabupaten Malang 2013

Day	3.65E+02		
konsentrasi metana	6.00E-01		
energy content metana	5.33E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	1.21E+13	J/yr	
<b>Limbah cair biogas (slurry)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah slurry/sapi	2.50E+00	kg/hari	Agstar Handbook
Jumlah Sapi	1.08E+03	Unit	Survey Primer, 2013
Day	3.65E+02		
Gibbs free energy	5.22E+03	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	5.14E+09	J/yr	
<b>limbah padat biogas (residue)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Jumlah residue/sapi	2.25E+01	kg/hari	Agstar Handbook
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Organic matter content	2.50E-01		
Standard energy value	1.35E+07	J/kg	S.Y Zhou 2009
Energy	7.59E+07	J/yr	
<b>N Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	8.87E+06	kg	2.43E+04
N	2.32E+05	kg	
Energy	2.06E+12	J	

<b>P Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	8.87E+06	kg	2.43E+04
P	3.99E+04	kg	
Energy	3.54E+11	J	
<b>K Fertilizer</b>	<b>Value</b>	<b>Satuan</b>	<b>Sumber</b>
Produksi Kotoran Sapi	2.25E+01	kg	Survey Primer, 2013
Jumlah sapi	1.08E+03	ekor	Survey Primer, 2013
Jumlah hari	3.65E+02	hari/tahun	
Total	8.87E+06	kg	2.43E+04
K	1.15E+05	kg	
Energy	1.02E+12	J	

## KUISIONER Kontribusi Ekonomi

Usia :  
Jenis Kelamin : L / P  
Alamat Rumah :  
Desa/Dusun :

1. Apakah Bapak/Ibu bersedia untuk berpartisipasi dalam pemanfaatan limbah kotoran sapi ?
  - a. Bersedia
  - b. Tidak bersedia
2. Jarak antara kandang sapi terdekat dari rumah Bapak/Ibu dengan dapur rumah ?
  - a. 0-5 meter
  - b. 6-10 meter
  - c. 11-20 meter
  - d. 21-30 meter
  - e. > 30 meter
3. Berapakah pendapatan total keluarga per bulan?
  - a. Rp 500.000,00- Rp 1.000.000,00
  - b. Rp 1.000.000,00-Rp 1.500.000,00
  - c. Rp 1.500.000,00-Rp 2.000.000,00
  - d. Rp 2.500.000,00-Rp 2.500.000,00
  - e. > Rp 2.500.000,00
4. Berapakah pendapatan kepala keluarga per bulan?
  - a. Rp 500.000,00- Rp 1.000.000,00
  - b. Rp 1.000.000,00-Rp 1.500.000,00
  - c. Rp 1.500.000,00-Rp 2.000.000,00
  - d. Rp 2.500.000,00-Rp 2.500.000,00
  - e. > Rp 2.500.000,00
5. Berapakah usia Bapak/Ibu sebagai Kepala Keluarga ?
  - a. < 30 Tahun
  - b. 31-35 tahun
  - c. 36-40 tahun
  - d. 41-45 tahun
  - e. > 45 tahun
6. Berapakah total anggota keluarga Bapak/Ibu ?
  - a. 2 anggota
  - b. 3 anggota
  - c. 4 anggota
  - d. > 4 anggota
7. Apakah pekerjaan utama Bapak/Ibu ?
  - a. Petani
  - b. Peternak
  - c. Pedagang
  - d. PNS
  - e. Lain-Lain, Sebutkan.....
8. Bapak/Ibu memakai energy fosil (kayu bakar/LPG) sudah berapa lama?
  - f. 1 tahun
  - g. 2 tahun
  - h. 3 tahun
  - i. 4 tahun
  - j. > 4 tahun, Sebutkan.....
9. Pengeluaran untuk pemakaian energy fosil (kayu bakar/LPG) per bulan ?
  - a. Rp 25.000,00- Rp 50.000,00
  - b. Rp 50.001,00-Rp 75.000,00
  - c. Rp 75.001,00-Rp 100.000,00
  - d. Rp 100.001,00-Rp 125.000,00
  - e. > Rp 125.000,00
10. Apakah Bapak/Ibu pernah berpartisipasi dalam proses pemanfaatan biogas seelumnya ?
  - a. Pernah
  - b. Tidak pernah
11. Apakah dengan penggunaan energy biogas dan pupuk kompos dapat menguntungkan dari sisi ekonomi bagi Bapak/Ibu?
  - a. Menguntungkan, Karena.....
  - b. Tidak, Karena.....

### Too Cheap

Harga Pupuk Organik (Rp)	Harga Biogas(Rp)	Respon
5000	100	
6000	250	
7000	400	
8000	550	
9000	700	
10000	850	
11000	1000	
12000	1150	
13000	1300	
14000	1450	
15000	1600	
16000	1750	
17000	1900	
18000	2000	
19000		
20000		
21000		
22000		
23000		
24000		

### Not Cheap

Harga Pupuk Organik (Rp)	Harga Biogas(Rp)	Respon
5000	100	
6000	250	
7000	400	
8000	550	
9000	700	
10000	850	
11000	1000	
12000	1150	
13000	1300	
14000	1450	
15000	1600	
16000	1750	
17000	1900	
18000	2000	
19000		
20000		
21000		
22000		
23000		
24000		

### Too Expensive

Harga Pupuk Organik (Rp)	Harga Biogas(Rp)	Respon
5000	100	
6000	250	
7000	400	
8000	550	
9000	700	
10000	850	
11000	1000	
12000	1150	
13000	1300	
14000	1450	
15000	1600	
16000	1750	
17000	1900	
18000	2000	
19000		
20000		
21000		
22000		
23000		
24000		

### Not Cheap

Harga Pupuk Organik (Rp)	Harga Biogas(Rp)	Respon
5000	100	
6000	250	
7000	400	
8000	550	
9000	700	
10000	850	
11000	1000	
12000	1150	
13000	1300	
14000	1450	
15000	1600	
16000	1750	
17000	1900	
18000	2000	
19000		
20000		
21000		
22000		
23000		
24000		

## KUISIONER

Usia :  
 Jenis Kelamin : L / P  
 Alamat Rumah :  
 Desa/Dusun :

**Rumah Tangga (Household)**

1. Apakah pekerjaan Bapak/Ibu ?
  - a. Petani
  - b. PNS
  - c. Wirausaha
  - d. Wiraswasta
  - e. Lainnya .....
2. Apakah pendidikan terakhir dari Bapak/Ibu?
  - a. SD/MI
  - b. SMP/MTS
  - c. SMA/MAN
  - d. Perguruan TInggi
  - e. Lainnya.....
3. Berapakah total jumlah anggota keluarga Bapak/Ibu?
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. > 4
4. Berapakah total luasan lahan yang Bapak/Ibu punya ?
  - a.  $0m^2 - 50m^2$
  - b.  $51m^2 - 100m^2$
  - c.  $101m^2 - 200m^2$
  - d.  $201m^2 - 300m^2$
  - e. Lainnya .....
5. Jarak dari kandang sapi ke rumah Bapak/Ibu ?
  - a. 0-5 meter
  - b. 6-10 meter
  - c. 11-20 meter
  - d. 21-30 meter
  - e. > 30 meter

**Produksi Ternak (Animal Production)**

6. Jumlah ternak sapi yang Bapak/Ibu punya ?
  - a. 1-3 ekor
  - b. 4-6 ekor
  - c. 6-9 ekor
  - d. 10-12 ekor

e. > 12 ekor

7. Berat rata-rata ternak sapi yang Bapak/Ibu punya ?
  - a. 100-150 kg/ekor
  - b. 151-200 kg/ekor
  - c. 200-250 kg/ekor
  - d. 251-300 kg/ekor
  - e. > 300 kg/ekor
8. Dalam sehari, berapa kali Bapak/Ibu memberi makan ternak sapinya ?
  - a. 1 kali/hari
  - b. 2 kali/hari
  - c. 3 kali/hari
  - d. 4 kali/hari
  - e. > 4 kali/hari

**Manajemen Limbah Kotoran Ternak**

9. Dalam sehari, berapa kali Bapak/Ibu membersihkan kandang sapi ?
  - a. 1-2 kali/minggu
  - b. 3-4 kali/minggu
  - c. 4-6 kali/minggu
  - d. 6-8 kali/minggu
  - e. > 8 kali/minggu .....
10. Dalam sekali membersihkan kandang, berapa liter air yang Bapak/Ibu gunakan ?
  - a. 10-20 liter air
  - b. 20-30 liter air
  - c. 30-40 liter air
  - d. 40-50 liter air
  - e. > 50 liter air
11. Jarak antara kandang sapi Bapak/Ibu dengan dapur rumah ?
  - a. 0-5 meter
  - b. 6-10 meter
  - c. 11-20 meter
  - d. 21-30 meter
  - e. > 30 meter

12. Apakah Bapak/Ibu memberikan cairan pembersih khusus untuk membersihkan kandang sapi ?

- a. Ya, Apa (.....)
- b. Tidak

13. Hasil akhir kotoran ternak sapi Bapak/Ibu digunakan untuk apa ?

- a. Pupuk
- b. Biogas
- c. Dibuang saja
- d. Lainnya.....
- e. Jawaban A dan B

19. Apabila sudah mempunyai, berapa produksi pupuk kompos dari residu biogas dalam satu hari ?

- a. ( Konfirmasi)

20. Apabila mempunyai instalasi, problem apa saja yang paling mengganggu Bapak/Ibu ?

- a. Selang sering macet
- b. Biaya operasional tinggi
- c. Tidak lancaranya arus energy
- d. Lainnya .....

**Biogas dan pupuk kompos organik**

14. Apakah Bapak/Ibu mengerti tentang Biogas ?

- a. Ya
- b. Tidak

15. Darimana Bapak/Ibu tahu mengenai informasi biogas ?

- a. Tetangga sebelah
- b. Pemerintah desa
- c. Kelembagaan setempat
- d. Koperasi
- e. Lainnya ....

16. Apakah Bapak/Ibu tertarik unttk memasang instalasi biodigester ?

- a. Ya Karena .....
- b. Tidak, Karena .....

17. Jenis biodigester yang akan Bapak/Ibu pilih ?

- a. Tipe *fixed doomed plant*
- b. Tipe *floating drum*
- c. Tipe *balloon plant*

18. Apabila sudah mempunyai, berapa produksi biogas dalam satu hari ?

- a. ( Konfirmasi)

21. Dana minimum yang dibutuhkan untuk memasang biodigester ?

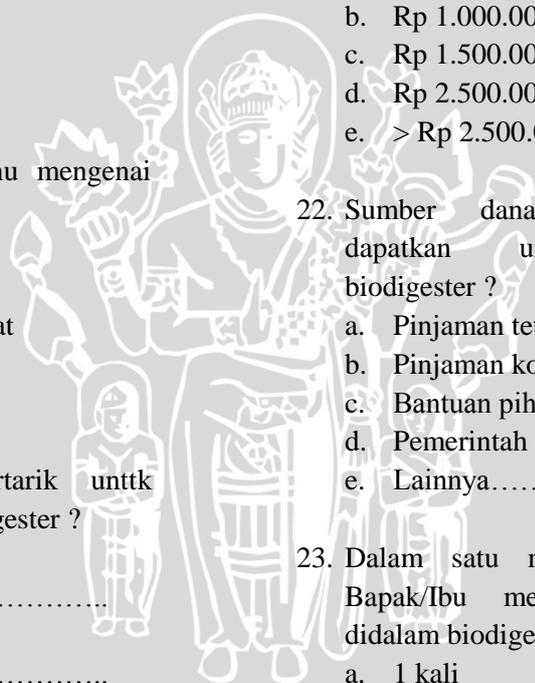
- a. Rp 500.000,00- Rp 1.000.000,00
- b. Rp 1.000.000,00-Rp 1.500.000,00
- c. Rp 1.500.000,00-Rp 2.000.000,00
- d. Rp 2.500.000,00-Rp 2.500.000,00
- e. > Rp 2.500.000,00

22. Sumber dana yang Bapak/Ibu dapatkan unttuk operasional biodigester ?

- a. Pinjaman tetangga
- b. Pinjaman koperasi
- c. Bantuan pihak luar .....
- d. Pemerintah desa
- e. Lainnya.....

23. Dalam satu minggu, berapa kali Bapak/Ibu mengeluarkan sedimen didalam biodigester ?

- a. 1 kali
- b. 2 kali
- c. 3 kali
- d. 4 kali
- e. > 4 kali



**Keuntungan ekonomi**

24. Biogas yang Bapak/Ibu pakai digunakan untuk apa?

- a. Memasak
- b. Memanaskan air
- c. Lampu ( jumlah dan berapa lama)
- .....
- d. Lainnya
- .....

25. Berapakah total uang yang Bapak/Ibu dapat simpan ketika beralih menggunakan biogas ?

- a. Rp 100.000,00- Rp 200.000,00
- b. Rp 200.001,00-Rp 300.000,00
- c. Rp 300.001,00-Rp 400.000,00
- d. Rp 400.001,00-Rp 500.000,00
- e. > Rp 500.000,00

26. Keuntungan lain yang Bapak/Ibu dapatkan ketika menggunakan biogas?

- a. Higienis (tidak kotor)
- b. Menghilangkan bau kotoran
- c. Lainnya
- .....



## Energy Indices of Scenarios for Environmentally Friendly Manure Waste Management in Village

Agil Harnowo Putra<sup>a</sup>, Christia Meidiana<sup>a</sup> and Kartika Eka Sari<sup>a</sup>

Indonesia is a country with the 4<sup>th</sup> highest population in the world. Along with the increasing growth of the population the energy demand increases, as a developing country, the energy used is dominated (71%) by fossil fuels. Therefore the problem will come up as the fossil fuel reservation decreases. The utilization of alternative energy could be a solution. Besides, if this environmentally friendly leading to Green House Gasses (GHGs) reduction. Alternative energy should be environmentally friendly therefore the development of alternative energy in Indonesia is required. Alternative energy demand in Indonesia is required as the Indonesian Government has already committed to reduce GHG emission up to 76% by 2020 in Copenhagen COP 15 2009. One of the national energy programs implemented to achieve this goal is Self Sufficient Energy Village (SSEV). SSEV aims to develop the village capability to fulfill the energy demand from alternative energy at least 60%. In village, the availability of alternative energy source is abandoned such as biomass, livestock manure, wind, geothermal and so on.

The area of study is Tegalweru village having 727 cattle which has potential to be source of alternative energy and to achieve the criteria of SSEV. Therefore This study aims to propose and to assess the eco-friendly scenario can be applied in Tegalweru villages especially and in Indonesia generally.

Two scenarios were proposed and assessed for the utilization of manure waste in Tegalweru Village. The sustainability and the efficiency was calculated using emergy analysis. There were two conditions which were the baseline condition (scenario 1) and the optimal condition (scenario 2). Scenario 1 was the baseline scenario where the manure from actual number of cattle (10) was utilized for the energy source. Scenario 2 assumed that manure waste from the available cattles in the village (727) was utilized for biogas source and the biogas residue was used for organic fertilizer. Best scenarios are determined based on the criteria of emergy indices which are EYR, ELR, EIR and ESI. From the calculation it can be concluded that scenario 2 is the best scenario because it meets more criteria of emergy indices compare to scenario 1.

**Field of Research:** Environmental Engineering

### Introduction

Worldwide, about 80% of the consumption of energy comes from burning fossil fuels amounted to 10.4 out of 13 TW (Venkateswara, 2008). In Indonesia, almost 71% energy consumption depend on fossil fuels (International Energy Statistic, 2011).

---

Agil Harnowo Putra<sup>a</sup>, Department of Urban and Regional Planning Brawijaya University, Malang, Indonesia. Email: agil.harnowo@gmail.com.

Christia Meidiana<sup>a</sup>, Department of Urban and Regional Planning Brawijaya University, Malang, Indonesia.

Kartika Eka Sari<sup>a</sup>, Department of Urban and Regional Planning Brawijaya University, Malang, Indonesia.

The high dependence on fossil fuels in Indonesia lead to the high GHG emission especially from transportation and energy sector which is 4.11 % and 18.3 % respectively (SNC,2009). Indonesia belongs to the 10<sup>th</sup> highest emitter in the world. Therefore, the Government of Indonesia (GoI) committed in Copenhagen COP 17 2009 to reduce the emission to 26% by 2020. This commitment is proceeded by the enactment of some regulations and laws related to the development and management of renewable energy. Biogas is a renewable energy having potentials in Indonesia. The conversion of manure into biogas offers some benefits since it reduces the depletion of ozone, minimizes the soil and water pollution, increases the energy supply and decreases the dependence on fossil fuels.

To promote the development of biogas as energy source, some programs have been launched such as Self Sufficient Energy Village (SSEV) and Household Biogas Program called Program BIRU. SSEV Program encourages the local capability to fulfill the village energy demand, while Program BIRU promote the usage of biogas from manure to substitute the kerosene and charcoal for cooking. The target area both programs is village since 60% population in Indonesia lives in rural areas with shortage of energy supply which is the main hindrance in the development of rural areas.

The assessment of available bioenergy from manure is required to evaluate the current status, to calculate the supply and to estimate the potentials. Therefore, the study give emphasis mainly to find out the potentials of livestock waste (cattle manure) of village "Tegalweru" for energy generation. Thus, it aims to propose the best scenario of biogas development in study area.

## **Livestock waste as source of Renewable Energy**

### **1. Anaerobic digestion**

Anaerobic Digestion (AD) is a natural process in which microorganism breakdowns organic matter, in the absence of oxygen, into biogas (a mixture of carbon dioxide and methane) and digestate (a nitrogen-rich fertilizer) (DEFRA,2011). Biodegradation of organic material occurring in nature is principally through the action of aerobic microorganism or bacteria. Complete oxidation of the carbonaceous organic materials results in the production of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and water (H<sub>2</sub>O). Anaerobic microorganism degrade the organic matter in the absence of oxygen with ultimate products are CO<sub>2</sub> and methane CH<sub>4</sub> (California Integrated Waste Management Board).

AD also has a number of advantages compared to other renewables energy technologies. The process produces energy constantly, unlike wind, tidal and solar power, and can be stored in the grid (in the form of gas). It contains energy since the gas generated contains methane. Methane is one of the new renewables fuels suitable for village that needs constant and instant impact from renewable energy. AD helps deliver a sustainable farming sector, where resources are reused on-farm to reduce GHGs and provide secure and sustainable input (DEFRA).

## **2. Biogas as an alternative energy**

Biogas is composed mainly by methane (60-70%) is able to produce energy in form of electricity and heat that can be used. Biogas is produced using biodigester built close to the source of raw material for biogas i.e cattle manure with equipment that support to be able to convert the raw materials.

Some of the reasons why biogas is feasible to be utilized as an alternative energy are:

1. **Biogas can reduce GHG emissions**  
Waste and cattle manure, urine and other waste from cattle manure can be used as raw materials in the process of anaerobic digestion to reduce emission of biogas generated by the gas methane (CH<sub>4</sub>). According to the IPCC National Greenhouse Gas Inventories, the content of methane in 9125 kg/year cattle manure is resulting the total amount of methane is 26 kg/year. Therefore the process of anaerobic digestion can reduce the levels of CH<sub>4</sub>, that was brought by the raw material i.e. feces of cattle, with the range between 35.2%-40.2%, If all the cattle manure is used for biogas, the total amount of CH<sub>4</sub> can be reduced is 9.89 tons per year. Residue from biogas process can be used as compost for organic farming by local farmers.
2. **Biogas can develop a system of eco-village or the environmentally friendly village**  
Most villages Indonesia still use fossil fuels in the form of firewood for their energy needs. The development of eco-village through the utilization of biogas can reduce the dependence on fossil fuel.
3. **Accelerating the sustainable development of agriculture**  
Sustainable agricultural development is critical in the effort to maintain and to increase the production of the agricultural sector. The development of biogas can support the good agricultural system which emits low GHG such as methane.
4. **Promote low-carbon circular economy development**  
Biogas development in villages can form a circulation economy with weak carbon value, because the process of anaerobic digestion are biogas processing done at the time capable of reducing harmful gases like nitrogen (NH<sub>3</sub>-N), phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O) at 563-1163 mg/kg, 667-847 mg/kg and 1130-1300 mg/kg respectively.
5. **Social benefits**  
Social Benefits gained from the development of biogas in the rural areas is the presence of visible public participation to build and to run the biogas installation., development and maintenance process should be done by the community so that the community has sense of belonging and encourage to manage it. In addition, the cooperation between the farmer with and without biogas installation will rise.

### **3. Sustainability and Efficiency of Manure Management**

Management of livestock manure is able to increase the efficiency and usefulness of livestock manure waste. Livestock manure waste is useful to substitute the fossil-fuel-based-energy source commonly used in the village such as kerosene, charcoal, and woods for cooking. Nowadays the manure waste is already widely used for its sustainability and efficiency. Furthermore, waste from livestock manure can also be used for organic fertilizer in the agriculture sector. The sustainability and efficiency of cattle dung utilization for biogas can be evaluative using emergy analysis as propose by Zhou (2009) and Zhang (2010).

Zhou (2009) used emergy analysis to determine the level of efficiency and sustainability of biogas projects in China. He applied several factors such as cattle dung, natural factors, workers, the level of construction and maintenance costs on emery analysis to determine the sustainability and efficiency. Meanwhile Zhang (2010) proposed the utilization of biomass for sustainable energy and evaluated using emergy analysis.

#### **Material and Method**

Primary data about the availability of manure were collected through field surveys conducting by distributing questionnaires and conducting direct interview among households.

Meanwhile, secondary data on population statistic, structure, distribution as well as agriculture pattern is collected from the document officially released by the authority (local government, related department and offices). The study was conducted at Tegalweru Village in Dau District of Malang Regency, East Java Province. The village is located about 10 km away from Malang City.

Two scenarios were proposed and assessed for the utilization of manure waste in Tegalweru Village. The sustainability and the efficiency was calculated using emergy analysis. The scenarios were determined based on the supply energy in Tegalweru Village. There were two conditions which were the baseline condition (scenario 1) and the optimal condition (scenario 2). Scenario 1 was the baseline scenario where the manure from actual number of cattle (10) was utilized for the energy source. Scenario 2 assumed that manure waste from the available cattles in the village (727) was utilized for biogas source and the biogas residue was used for organic fertilizer . Table 1 shows the description of each scenario:

**Table 1: Scenario Description**

<b>Scenario</b>	<b>Description</b>
1	Baseline scenario, where the manure waste from cattle dung used for biogas Baseline scenario was a BAU (business as usual) scenario.
2	Optimal scenario, where all the potential cattles manure was utilized to produce biogas. Furthermore, biogas residue was used for organic fertilizer.

Understanding of thermodynamics and emergy ecological systems, emergy or emergy is an abbreviation of the word energy is the memory that can be defined as the energy that is available and has been previously created for a process either directly or indirectly, whereby such a process would later form a product or service that can be expressed in units of energy (Odum, 1996). The calculation is done by combining emerge in natural resources and the economy can be converted by sej (Solar Joules Equivalent). In this study the calculation is limited to EIR, EYR, ELR and ESI . This calculation needed to know the level of efficiency and effectiveness of waste utilization of livestock excrement in the village of Tegalweru.

**Table 2 Emergy index**

<b>Index</b>	<b>Abbreviation</b>	<b>Formula</b>	<b>Criteria</b>
Emergy Investment Ratio	EIR	$EIR = NP + RP / RR + NR$	Lower was better
Emergy Yield Ratio	EYR	$EYR = Y / NP + RP$	Higher was better
Environmental Loading Ratio	ELR	$ELR = (NP + NR) / (RR + RP)$	Lower was better
Environmental Sustainability Index	ESI	$ESI = EYR / ELR$	Higher was better

Source: Odum, HT 1996

## Results and Discussion

The actual manure and energy uses, as well as its supply and potential were calculated from the available data. The dung is totally from cattle since there is no other livestock beside cattle. Table 3 shows the salient features of biogas management in Tegalweru Village.

**Table 3: Salient features of biogas management in Tegalweru Village**

<b>Parameter</b>	<b>Amount</b>
Number of farmer (with cattle)	136
Total Number of cattle	727
Total dung [kg/day]	21810
Number of farmer- biogas	6
Volume biogas generated m <sup>3</sup> /day	44
Number of farmer-non biogas	130

### 1. Energy Flow

Input from energy analysis in the form of a biogas system diagram are free resources, renewable purchased inputs and non-renewable purchased inputs . Free resources consists of sunlight, wind, rain, earth cycle, flushing sewage and solid manure. While the renewable purchased input such as human labor and water. Non-renewable purchased 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 for scenario 1 and organic fertilizer for scenario 2. Two scenarios in the study had the different emergy flow, the difference between that scenario lies in the amount of manure that used as biogas.

The first is the utilization of biogas correspond with the BAU (Business as Usual) condition in Tegalweru village, while the second scenario is a condition in

which the utilization of biogas explore from all the resources cattle (727), while the residue will be used for organic fertilizer.

Figure 1 illustrates energy 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 energy analysis. The calculation is done separately. More detail of energy flow diagram of the system is described in Figure 1.

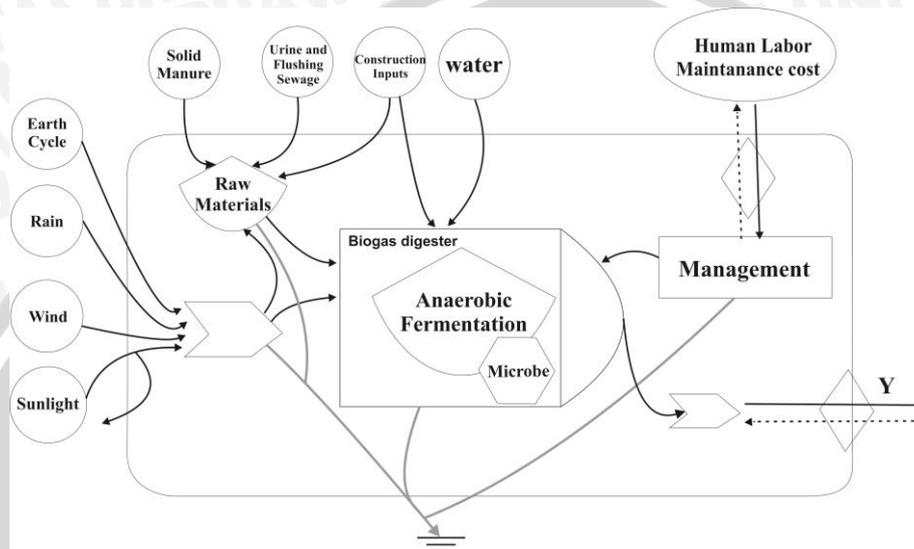


Figure 1: Energy system diagram scenario 1

Figure 2 illustrates energy 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 energy analysis. The calculation is done separately, and one additional product that will come out of the scheme is organic fertilizer. More detail of energy flow diagram of the system is described in Figure 2

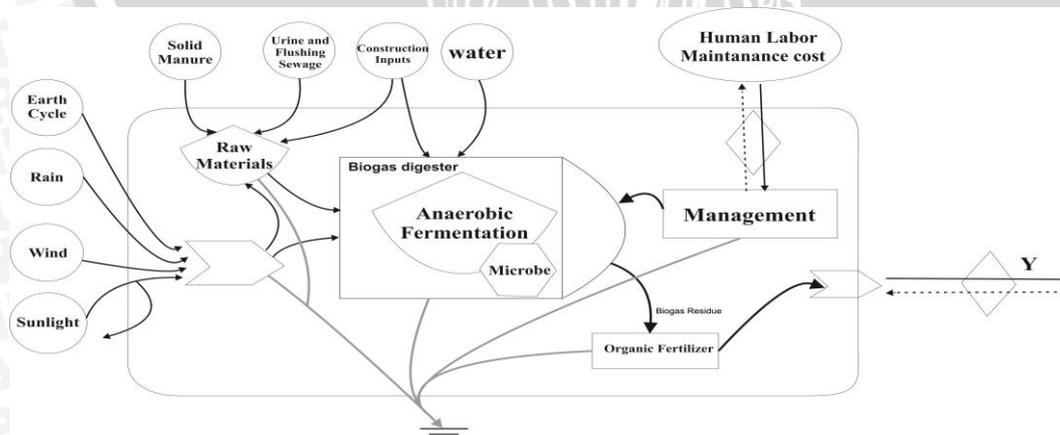


Figure 2: Energy system diagram scenario 2

Calculation of the total energy are shown and presented in energy table. Table 6 shows the results of the calculation of energy on biogas systems in each scenario. Transformity used in the study were taken from the literature of several previous studies. Each scenario was evaluated in 3 parts, namely, input, process and output.

Table 4 show that scenario 1 has a total solar emergy was  $5.98E+28$  and requiring total emergy investment  $4.41E-12$ . 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 very few contributed, only 0.07%

Table 5 shows the total emergy value of  $5.98E+28$  which is the same compared with scenario 1 and requiring  $1.17E-10$  of emergy investment. Solid manure and urine and sewage flusing has contributed 0.07% in the biogas system. The main output of biogas is expected to fulfill the demand for sustainability and efficiency yield that could be make for organic fertilizer in the Tegalweru village.

**Table 4: Energy flow supporting biogas system of Scenario 1**

No	Item <sup>a</sup>	Amount	Units	Transfor mity (sej/unit)	References	Solar Emergy (sej/yr)
<b>Free Resources</b>						
1	Sunlight	$5.98E+28$	J	$1.00E+00$	Odum HT, 1996	$5.98E+28$
2	Wind	$2.15E+11$	J	$1.50E+03$	Odum HT, 1996	$3.23E+14$
3	Rain	$5.71E+14$	J	$1.05E+04$	Odum HT, 1996	$5.99E+18$
4	Earth cycle	$7.03E+12$	J	$3.44E+04$	Odum HT, 1996	$2.42E+17$
5	Manure	$5.42E+11$	J	$2.70E+04$	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	$1.46E+16$
6	Urine and flushing sewage	$4.79E+05$	J	$3.80E+06$	Geber U, <i>et all</i> , 2001	$1.82E+12$
	Total (RR)	$5.98E+28$				$5.98E+28$
<b>Renewable purchased inputs</b>						
7	Water	$9.64E+04$	kg	$4.65E+08$	Zhou JB, 2008	$6.79E+14$
8	Human Labor	$2.76E+10$	J	$7.24E+06$	Odum HT, 1996	$9.99E+16$
	Total	$2.76E+10$				$1.01E+17$
<b>Non- renewable purchased inputs</b>						
9	Consturction investment	$9.33E+05$	J	$3.68E+12^c$	Jiang,MM, 2009	$1.35E+17$
10	Maintenance cost	$3.60E+05$	J	$3.68E+12$	Jiang,MM,2009	$2.76E+16$
	Total (NP)	$1.29E+06$				$1.63E+17$
<b>Yields</b>						
11	Biogas	$3.36E+11$	J	$2.48E+05$	Wei XM, <i>et all</i> 2009	$8.32E+16$
12	Biogas slurry	$1.14E+08$	J	$5.77E+06$	Geber U, <i>et all</i> , 2001	$6.60E+14$
13	Biogas residue	$7.44E+10$	J	$2.70E+04$	Wei XM, 2009	$2.01E+15$
	Total					$8.59E+16$

**Table 5: energy flow supporting biogas system of Scenario 2**

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformi ty (sej/unit)	References	Solar Energy (sej/yr)
<b>Free resources</b>						
1	Sunlight	5.98E+28	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	5.98E+28
2	Wind	2.15E+11	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	3.23E+14
3	Rain	5.71E+14	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	5.99E+18
4	Earth Cycle	7.03E+12	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	2.42E+17
5	Manure	1.79E+13	J	2.70E+04	Wei, XM <i>et all</i> , 2009	4.84E+17
6	Urine and flushing sewage	1.58E+07	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	6.01E+13
	Total				5.98E+28	5.98E+28
<b>Renewable purchased inputs</b>						
7	Water	3.18E+06	kg	4.65E+08	Zhou JB, 2008	1.48E+15
8	Human labor	9.66E+11	J	7.24E+06	Odum HT, 1996	6.99E+18
	Total	9.66E+11				6.99E+18
<b>Non-Renewable purchased inputs</b>						
9	Construction investment	1.74E-03	J	3.68E+12	Jiang, MM, 2009	6.41E+09
10	Maintenance cost	2.35E-02	J	3.68E+12	Jiang, MM, 2009	8.65E+10
	Total	2.53E-02				9.29E+10
<b>Yield</b>						
11	Biogas	1.11E+13	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	2.75E+18
12	Biogas slurry	4.00E+09	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.31E+16
13	Biogas residue	2.46E+12	J	2.70E+04	Wei XM, 2009	6.65E+16
14	N Fertilizer	1.39E+05	kg	4.62E+09	Odum HT, 1996	6.43E+14
15	P Fertilizer	2.39E+04	kg	1.78E+10	Odum HT, 1996	4.26E+14
16	K Fertilizer	6.91E+04	kg	1.74E+09	Odum HT, 1996	1.20E+14
	Total					2.64E+18

## 2. Energy-Base Indices Result

Emergy-base indices calculation of biogas system are listed on the Table 6 there are include EYR, EIR, ELR and ESI from each scenario.

**Table 6 Energy-Base Indices Result**

Item	Scenario 1	Scenario 2	Criteria
Energy Yield Ratio	3.26E-01	3.06E-01	Higher was better
Energy Investment Ratio	4.41E-12	1.17E-10	Lower was better
Environmental Loading Ratio	3.28E-12	1.55E-18	Lower was better
Environmental Sustainable Index	8.83E+10	2.61E+17	Higher was better

Table 6 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 energy because of utilization of livestock manure into biogas and organic fertilizer. In energy investment ratio, scenario 1 has the lowest value, caused by 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, water, construction investment and maintenance costs. ELR is an indicator to show the environmental burden of each scenario. Scenario 2 has lower value than the ELR on scenario 1 which reflects the pressure on the environment caused by activities in the scenario 2 compared to scenario 1. Scenario 2 has the highest value of sustainability, seen of the value of ESI compared with scenario 1, this is due to scenario 2 has more product such as organic fertilizer.

## Conclusion

The utilization of cattle manure for biogas was evaluated in this study. The evaluation used energy analysis applied on two difference scenarios which are the BAU scenario and optimum scenario. consisting of Energy Investment Ratio , Energy Yield Ratio, Environmental Loading Ratio and Environmental Sustainability.

The result of the calculation showed that the scenario 2 which is the optimal scenario better than scenario 1 in terms of Energy Investment Ratio , Energy Yield Ratio, Environmental Loading Ratio and Environmental Sustainability with a value of 3.06 E-01, 1.17 E-10, 1.55E-18 and 2.61E+17 resepectively. Optimum scenario makes the output from biogas production can be used not only for human beings but also for agriculture as organic fertilizer.This can supported the welfare of the community and the sustainability of the agriculture sector

## Reference

- Anstine, D.B. (2001). How much will consumers pay? A hedonic analysis of the cable television industry. *Review of Industrial Organization*, 19, 129-147.
- DEFRA, Anaerobic Digestion Strategy and Action Plan, London, 2011
- Gaijing Zhang, Weiding Long. A Key review on energy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. *Energy Policy* 2010;38: 2948-2955

- 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
- International Energy Statistic, 2011
- IPCC National Greenhouse Gas Inventories Good, Emissions From Livestock and Manure Management, chap. 10, 2006
- 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.
- Odum HT. *Environmental accounting: emergy and environmental decision making*. New York: Wiley; 1996
- P. Venkateswara Rao, Saroj S. Baral, Ranjan Dey, Srikanth Mutnuri. *Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in India*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010;14: 2086–2094
- S.Y Zhou, B Zhang, Z.F Cai. *Emergy analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering*. *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat* 2010;15: 1408-1418
- SNC, 2009
- 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.
- X.D.Liu, Y.Wang, X.J Zhang, Y.Hou. *Study on the effect of biogas on the development of lowcarbon circular economy-A case study of Beilangzhong eco-village* 2010;5: 160-166
- Zhou JB. *Embodied ecological elements accounting of national economy*. Ph.D. Thesis. Peking University, Beijing; 2008 [in Chinese].

# PENENTUAN HARGA OPTIMAL UNTUK HASIL PEMANFAATAN LIMBAH KOTORAN TERNAK MELALUI EVALUASI SKENARIO DENGAN EMERGY ANALYSIS

Agil Harnowo Putra<sup>1</sup>, Christia Meidiana<sup>2</sup>, Kartika Eka Sari<sup>3</sup>,

Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167 Malang, Telp. +62-341-567886, Indonesia  
Email: agil.harnowo@gmail.com

## ABSTRAK

Desa Tegalweru memiliki potensi sapi yang tinggi untuk pengembangan energi alternatif. Pemanfaatan eksisting yang minim (27 ekor sapi dari 1080 ekor sapi) membuat pengembangan energi alternatif tidak berjalan dengan baik, kebutuhan warga untuk energi alternatif juga meningkat dikarenakan harga energi yang lebih murah dibanding dengan bahan bakar fosil. Penentuan harga optimal dihitung untuk memenuhi kebutuhan energi dan pupuk organik bagi warga yang tidak mempunyai sumber daya tetapi ingin memanfaatkan limbah kotoran ternak sebagai energi alternatif. Skenario optimal diterapkan guna memenuhi kebutuhan energi di Desa Tegalweru, perhitungan emergy analysis dan permintaan-penawaran menganalisis tiga jenis skenario yaitu skenario pertama adalah bussines as usual, skenario kedua pemanfaatan maksimal sapi tanpa pengolahan, dan skenario ketiga dengan pemaksimalan sapi. Skenario ketiga dipilih melalui perhtiungan emergy dikarenakan memenuhi kriteria ER, EYR, EYR, NE, ELR dan ESI. Penentuan harga biogas berdasarkan skenario terbaik antara Rp9.000,00-Rp22.000,00 untuk golongan pendapatan <Rp500.000,00 - >Rp3.500.000,00 sedangkan harga pupuk organik antara Rp500,00-Rp1.800,00 untuk golongan pendapatan <Rp500.000,00 - >Rp3.500.000,00..

*Kata Kunci : limbah kotoran ternak, analisis emergy, permintaan dan penawaran, harga optimal*

## ABSTRACT

The village of Tegalweru has the potential for development of alternative energy. Utilization of 29 cows out of 1080 cows as the existing condition makes the development of alternative energy is not going well. Meanwhile, the needs of energy from alternative energies also increased due to energy prices that are cheaper than fossil fuels. Determination of the optimal price is calculated to meet the needs of energy and organic fertilizer for the citizens who did not have the resources but want to take advantage of cattle dung wastes as alternative energy. Optimal scenario is applied to meet energy needs in the village of Tegalweru. emergy analysis calculation, analyzes three kinds of scenarios: the first scenario is the business as usual (BaU) scenario, the second and the third scenario utilizes manure from all cows (1080). However, only the third scenario utilizes the biogas residue from 1080 cows as organic fertilizer cows . The third scenario is chosen through the emergy calculation because it meets more criteria of ER, EYR, EYR, NE, ELR and ESI. Optimum price based on biogas between Rp 9,000 – Rp 22,000 for the people who had income between <Rp 500,000- <Rp 3,500,000, whereas the price of organic fertilizer between Rp500,00-Rp 1,800 for the people who had income between <Rp 500,000- <Rp 3,500,000.

*Keywords: cattle manure, emergy analysis, , demand-supply, optimal price*

## PENDAHULUAN

Energi merupakan komponen penting untuk menunjang aktivitas dan usaha produktif dalam rumah tangga. Sumber energi dapat berasal dari energi fosil, matahari, air, angin atau energi dari sumber daya hayati ( Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian, 2009). Indonesia kaya akan sumber-sumber energi alamnya dan tersebar di lautan hingga daratan,. Namun pemanfaatan sumber-sumber energi di Indonesia belum optimal (Sulaksana,2012). Pemanfaatan energi di Indonesia belum

bervariasi, saat ini energi yang digunakan dalam kehidupan masyarakat Indonesia hanya terpaku pada energi yang berasal dari fosil yaitu bahan bakar minyak (BBM). Indonesia memiliki potensi beberapa sumber energi terbarukan seperti energi matahari, air, angin, limbah ternak, dan limbah sampah. Pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan dapat menggantikan peran bahan bakar fosil yang selama ini persediaannya semakin menipis. Pemanfaatan sumber-sumber energi tersebut haruslah didukung dengan kebijakan-kebijakan yang berpihak sehingga

pengolahannya dapat dengan mudah diaplikasikan dan hasil produksinya dapat dirasakan oleh masyarakat luas (Perpres No 5 Tahun 2006). Limbah ternak merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang berkembang dalam skala industri maupun skala rumah tangga, pemanfaatan yang tepat akan membuat limbah ternak menjadi sebuah sumber energi terbarukan yang mampu memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi. Skenario pemenuhan kebutuhan energi di Desa Tegalweru akan dibentuk guna mengetahui skema terbaik demi pemenuhan kebutuhan energi alternatif untuk selanjutnya dapat mengetahui nilai kontribusi ekonomi tiap golongan pendapatan baik untuk biogas dari limbah kotoran ternak serta pupuk organik dari limbah biogas.

## METODE PENELITIAN

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui harga optimal hasil pemanfaatan limbah kotoran ternak yang dapat digunakan untuk energi alternatif dan pupuk organik bagi masyarakat Desa Tegalweru.

### A. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian menggunakan survei primer yaitu menggunakan kuisisioner dan observasi lapangan, serta survei sekunder dengan mencari data ke instansi-instansi terkait.

### B. Teknik Sampling

Pengambilan sampel pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *random sampling* untuk KK dan petani di Desa Tegalweru. Penekanan metode *random sampling* adalah pada karakter anggota sampel yang karena pertimbangan mendalam dianggap/diyakini oleh peneliti akan benar-benar mewakili karakter populasi/subpopulasi. Penentuan jumlah sampel menggunakan metode slovin. Berdasarkan profil Desa Tegalweru pada tahun 2013, terdapat 967 KK dan 283 peternak, sampel yang diambil dari teknik slovin adalah 282 KK untuk identifikasi and pemenuhan energi serta 165 petani untuk harga optimal pupuk organik.

### C. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian antara lain:

#### 1. Analisis deskriptif kebijakan terkait

Analisis deskriptif ini digunakan untuk menentukan skenario skenario yang memungkinkan untuk pemenuhan kebutuhan

energi masyarakat Desa Tegalweru, selain itu kebijakan terkait juga berfungsi sebagai arahan dalam pengelola dan pengembangan energi alternatif di Desa Tegalweru. Kebijakan yang akan digunakan adalah Peraturan Presiden No 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, Undang-Undang No 30 Tahun 2007 tentang energi dan RTRW Kabupaten Malang Tahun 2010-2030.

## 2. Analisis supply

Analisis penawaran energi dilakukan untuk mengetahui besaran penawaran energi yang dapat diberikan. Rumus yang akan dipakai untuk mengetahui tingkat penawaran adalah.

$$St=Zt.....(1)$$

Keterangan:

- St = Penawaran energi pada tahun t
- Zt = Perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energi (biogas) pada tahun t

Penelitian ini tidak mengukur perubahan stok limbah kotoran ternak untuk energy dikarenakan perhitungan dengan menggunakan jumlah limbah kotoran ternak pada satu tahun saja, sehingga dasar penawaran energy didasari atas produksi energi biogas. Untuk mengetahui formula agar dapat mengkonversikan jumlah limbah kotoran ternak, khususnya sapi kedalam energy dapat menggunakan rumus Energy Generation menurut Kalbande (2011) dengan rumus seperti :

$$\text{Energy generation (kWh)}= A \times B \times C.....(2)$$

Keterangan:

- A = Biogas jumlah produksi biogasyang dihasilkan per hari (m<sup>3</sup>/hari)
- B = Heating Value, Tetapan untuk nilai kalori 1 m<sup>3</sup> biogas = 6000 wh/m<sup>3</sup> (Rahayu, 2009)
- C = Conversion efficiency, dalam penelitian yang dilakukan oleh Kalbande,2011 untuk biogas yaitu 25%.

## 3. Skenario

Skenario adalah sebuah alat yang membantu kita untuk menyusun perspsi antara satu dengan persepsi yang lain sehingga menciptakan sebuah hubungan dan perencanaan kedepan yang baik (Schwartz,1991). Skenario yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Skenario satu yaitu skenario BAU (Business as Usual) atau kondisi eksisting dimana tetap menggunakan enam unit biogas untuk kebutuhan penerangan lampu dan memasak warga Desa Tegalweru.

- Skenario dua yaitu skenario semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan untuk pemenuhan kebutuhan energi memasak dan penerangan lampu warga desa Tegalweru, namun limbah hasil proses biogas tidak dimanfaatkan.
- Skenario tiga yaitu skenario maksimal dimana semua sapi pada tahun 2013 diproyeksikan memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan lampu warga, selain itu limbah hasil proses biogas digunakan untuk pupuk kompos bagi petani.

#### 4. Energy Analysis

Emergy adalah singkatan dari kata “energi memory” yang dapat diartikan sebagai energi yang tersedia dan sebelumnya telah dibuat untuk sebuah proses baik itu langsung maupun tidak langsung dimana nantinya sebuah proses tersebut akan membentuk sebuah produk ataupun jasa yang dapat dinyatakan dalam satuan jenis energi (Odum, 1996). Perhitungan emergy dilakukan dengan menggabungkan sumber daya alam dan ekonomi yang akan dikonversikan oleh satuan sej (Solar Equivalent

Joule). Secara jenis perhitungan emergy dapat dibagi menjadi tiga (Zhou, 2010) yaitu:

- Local Renewable Resources
- Non-Renewable Resources
- Economy Input

Dalam proses menghitung emergy untuk sebuah proses, diperlukan langkah-langkah yang tepat agar hasil yang didapat maksimal, menurut Yong Geng (2010) ada empat tahapan penting dalam sebuah analisis emergy yaitu :

- Pengumpulan data dan pembatasan sistem (Data acquisition)
- Kategorisasi data (Data categorization)
- Sirkulasi emergy dan penentuan indicator ( Emergy flows and indicators determination)

Penelitian akan menggunakan Emergy Investment, Emergy Recovery, Emergy Yield Ratio, Net Emergy, Environmental Loading Ratio, Emergy Yield Ratio. Emergy terbaik akan diketahui dari skenario skenario yang telah disusun manakah yang paling banyak memenuhi kategori dan kriteria yang telah ditentukan oleh masing-masing parameter. Skenario terbaik akan dihitung harga optimal untuk pemenuhan energi dan pupuk organik)

Tabel 1 Nilai emergy dan indeks emergy yang dianalisa dalam studi

Indeks (Index)	Singkatan (Abbreviation)	Formula (Formula)	Kriteria (Criteria)
Emergy Investment	EI	$EI = \text{Input emergy}/\$$	Semakin rendah nilainya, semakin rendah biayanya
Emergy Recovery	ER	$ER = \text{Output emergy}/\$$	Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi keuntungan yang diperoleh
Emergy Yield Ratio	EYR	$EYR = ER/EI$	Semakin tinggi nilainya, semakin tinggi pula nilai kembali yang dihasilkan per unit dari investasi emergy
Net Emergy		$\text{Net Emergy} = ER - EI$	Semakin tinggi nilainya, semakin baik keuntungan ekstraksi yang diperoleh
Environmental Loading Ratio	ELR	$ELR = \frac{NR + NP + RP}{RR}$	Semakin rendah rasionya, semakin rendah pula tingkat stress terhadap lingkungan
Emergy Sustainability Index	ESI	$ESI = EYR/ELR$	Semakin tinggi tingkat rasionya maka semakin berkelanjutan pula sistemnya

Sumber: Odum, 1996

#### 5. Harga Optimal

Untuk menilai harga optimal dari konsumen, ada beberapa format metode yang dilakukan dan dituangkan dalam kuesioner, yaitu closed ended referendum elicitation format atau bidding game format (Kumar & Rao, 2006 ; Widayanto, 2001 ; Delaeny & O’Toole, 2004a). Closed ended referendum elicitation format (Bidding game format), atau pertanyaan

tertutup, dimana konsumen ditanya apakah mau/ingin membayar sejumlah uang tertentu yang diajukan sebagai titik awal (starting point) dengan memberikan pilihan dichotomous choice atau dichotomous valuation, ya atau tidak, ataupun setuju dan tidak setuju. Jika jawabannya ya maka besarnya nilai tawaran akan dinaikkan sampai tingkat yang disepakati.



Penentuan range harga untuk harga optimal yang digunakan adalah dengan menanyakan kepada warga dengan format bid, empat kategori biaya yang akan ditanyakan adalah:

- Too Cheap, menanyakan berapa harga yang dianggap warga terlalu murah sehingga warga merasa ragu terhadap kualitas dari barangnya. Harga maksimum too cheap akan berhenti apabila total 0% mengatakan setuju apabila harga tersebut terlalu murah.
- Not Cheap, menanyakan berapa harga yang dianggap warga terlalu murah namun warga tidak meragukan tentang kualitas barang tersebut, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 100% responden mengatakan setuju apabila harga yang ditawarkan terlalu murah dan warga tidak merasa ragu akan kualitas yang diberikan.
- Not expensive, menanyakan berapa harga barang yang dianggap warga mahal namun secara kualitas masih layak dibeli dengan harga tersebut, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 0% mengatakan

setuju apabila harga tersebut mahal namun secara kualitas setara.

- Too Expensive, menanyakan berapa harga barang yang dianggap warga mahal dan secara kualitas tidak sesuai dengan harga yang ditawarkan, harga maksimum yang ditawarkan akan berhenti apabila total 100% mengatakan setuju apabila harga yang ditawarkan terlalu mahal dan secara kualitas tidak memadai.

Penentuan harga range yang optimal untuk harga optimal akan terjadi apabila garis too cheap berpotongan dengan not cheap serta not expensive berpotongan dengan too expensive (Shoemaker, 2012),

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Supply and Demand

Tahun 2013 tercatat 967 KK yang tinggal di Desa Tegalweru. Pemenuhan kebutuhan energi biogas dalam aktivitas sehari-hari masyarakat Desa Tegalweru berupa penerangan lampu dan memasak.

Tabel 2 Permintaan dan penawaran energi Desa Tegalweru

Kebutuhan	Permintaan (kwh/hari)	Penawaran eksisting (kwh/hari)	Selisih	Capaian
Skenario 1				
Penerangan lampu (total KK/hari)	967	43,2	- 923,8	4,46%
Memasak (total KK/hari)	319,19	43,2	- 276,91	13,53%
Skenario 2 dan 3				
Penerangan lampu (total KK/hari)	967	1620	+ 653	167,52%
Memasak (total KK/hari)	319,19	1620	+ 1300,81	507,53%

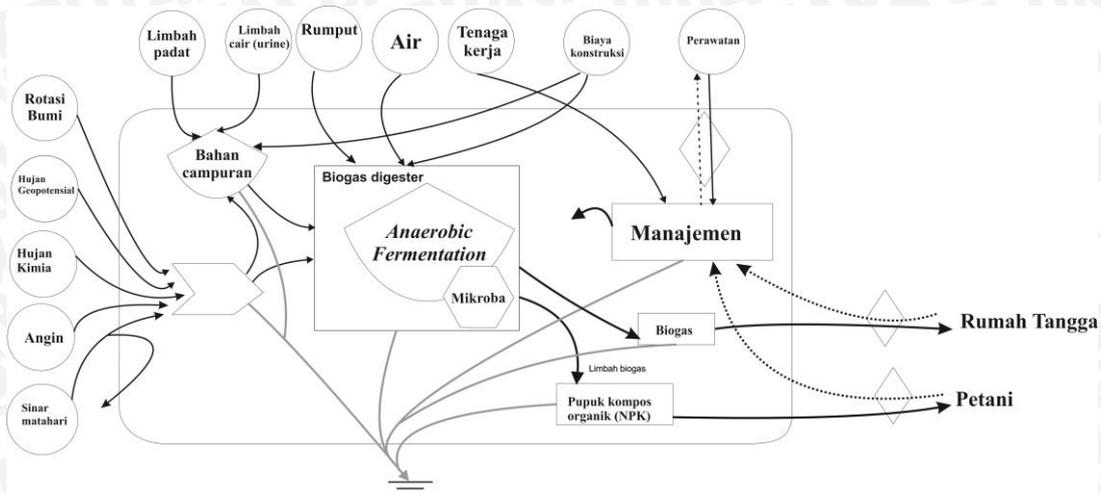
Evaluasi skenario melalui analisis permintaan dan penawaran menyebutkan bahwa skenario satu tidak mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru (4,46% untuk penerangan lampu dan 13,53% untuk memasak), namun skenario dua dan tiga

### Emergy Analysis

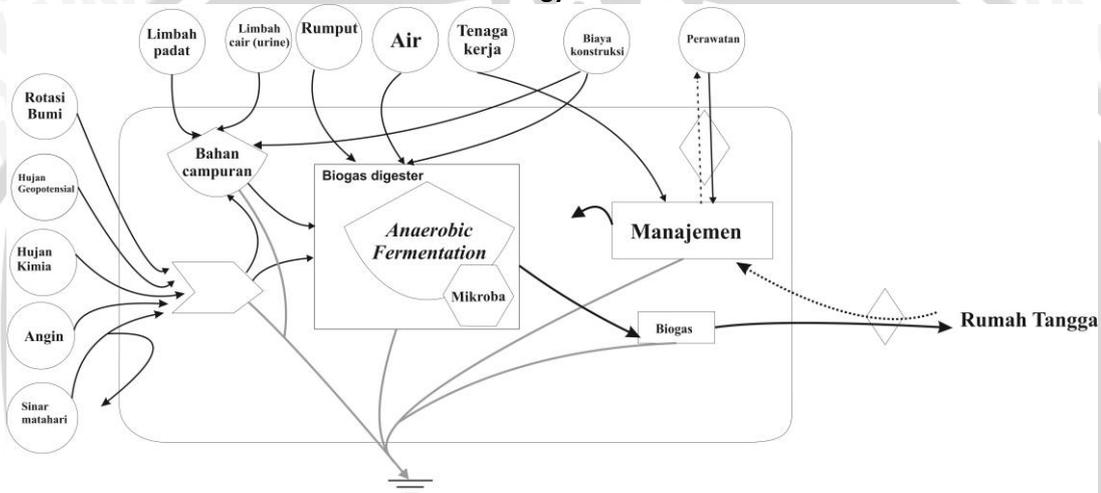
Aliran emergi di melibatkan berbagai macam jenis material yang terbagi menjadi tiga jenis yaitu *local reseources*, *non-renewable resources* dan *economy inputs*. *Local resources* adalah material yang didapatkan langsung dari alam seperti sinar matahari, angin, hujan geopotensial, hujan kimia, rotasi bumi, limbah

mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru karena capaian kebutuhan energinya mencapai 167,52% untuk penerangan lampu serta 507,53% untuk memasak

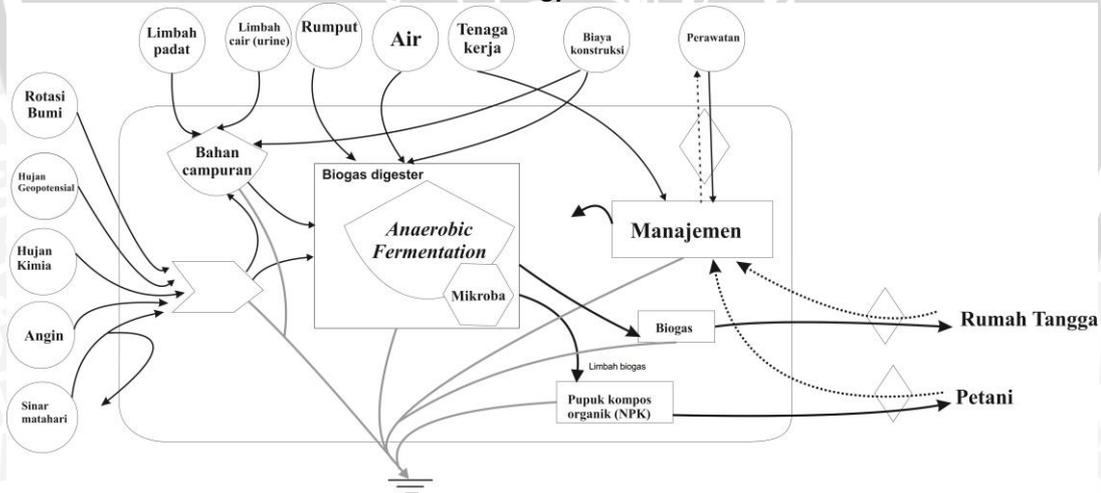
kotoran ternak berupa padatan dan cairan. *Renewable resources* adalah material yang terbaharukan lagi seperti tenaga kerja dan air. *Economy inputs* adalah material material berupa sumber daya yang harus dibayarkan untuk mendapatkan dampaknya.



Gambar 1 Energy flow skenario 1



Gambar 2 Energy flow skenario 2



Gambar 3 Energy flow skenario 3

Skenario satu dan dua memiliki persamaan energy flow, perbedaan terletak pada kuantitas sapi yang digunakan dalam proses, skenario satu eksisting menggunakan 27 ekor sapi sedangkan skenario dua menggunakan 1080 ekor sapi. Skenario tiga memiliki tambahan output berupa pupuk organik dan menggunakan 1080 ekor sapi. Perhitungan energi akan

menentukan tiap tiap skenario yang memiliki produk energi terbesar dan mana skenario yang efisien dan berkelanjutan. Biogas dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga seperti memasak dan penerangan lampu serta untuk pupuk organik digunakan oleh petani untuk membuat subur hasil tani.

Tabel 3 Tabel energy skenario satu

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Energy (sej/yr)
<b>Sumber Daya Alami (Local Resources)</b>						
1	Sinar Matahari	2.07E+09	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	2.07E+09
2	Angin, Tenaga Kinetik	2.54E+08	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	3.80E+11
3	Hujan,geopotential	3.09E+09	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	3.25E+13
4	Hujan,kimia	1.55E+11	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	2.82E+15
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	1.67E+08	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	5.74E+12
6	Kotoran ternak	8.32E+11	J	2.70E+04	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	2.25E+16
7	Urine dan total limbah cair	5.87E+05	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.23E+12
8	Pekerja (manusia)	3.66E+07	J	4.63E+06	Meidiana, 2012	1.70E+14
Total (R)						2.53E+16
<b>Sumber daya tidak terbarukan (Non-Renewable Resources)</b>						
9	Rumput	1.48E+05	kg	3.68E+12	Jiang,MM,2009	5.44E+17
10	Air Tanah	1.18E+02	m3	3.23E+11	Buenfil, 2001	3.82E+13
Total (N)						5.44E+17
<b>Faktor Ekonomi (Economy Input)</b>						
11	Investasi dari konstruksi	2.50E+02	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	1.38E+15
12	Biaya pengelolaan	3.00E+01	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	1.65E+14
Total (F)						1.54E+15
<b>Hasil (Yield)</b>						
13	Biogas	5.33E+07	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	1.32E+13
14	Digestate (liquid)	1.29E+08	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	7.42E+14
15	Digestate (solid)	2.05E+09	J	2.70E+04	Wei XM, 2009	5.54E+13
16	N Fertilizer	1.29E+09	kg	4.62E+09	Odum HT, 1996	5.95E+18
17	P Fertilizer	2.21E+08	kg	1.78E+10	Odum HT, 1996	3.94E+18
18	K Fertilizer	6.39E+08	kg	1.74E+09	Odum HT, 1996	1.11E+18
Total (Y)						1.10E+19

Tabel 4 Tabel energy skenario dua

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Energy (sej/yr)
<b>Sumber Daya Alami (Local Resources)</b>						
1	Sinar Matahari	9.91E+10	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	1.67E+11
2	Angin, Tenaga Kinetik	7.25E+09	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	1.83E+13
3	Hujan,geopotential	8.83E+10	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	1.56E+15
4	Hujan,kimia	4.43E+12	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	1.36E+17
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	4.77E+09	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	2.76E+14
6	Kotoran ternak	3.33E+13	J	2.70E+04	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	8.98E+17
7	Urine dan total limbah cair	2.35E+04	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	8.93E+10
8	Pekerja (manusia)	8.72E+08	J	4.63E+06	Meidiana, 2012	6.78E+15
Total (R)						1.05E+18
<b>Sumber daya tidak terbarukan (Non-Renewable Resources)</b>						
9	Rumput	5.91E+06	kg	3.68E+12	Jiang,MM,2009	2.18E+19
10	Air	4.73E+06	m3	3.23E+11	Buenfil, 2001	1.53E+18
Total (N)						2.33E+19
<b>Faktor Ekonomi (Economy Input)</b>						
11	Investasi dari konstruksi	1.00E+04	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	5.50E+16
12	Biaya pengelolaan	1.20E+03	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	6.60E+15
Total (F)						6.16E+16
<b>Hasil (Yield)</b>						

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emery (sej/yr)
13	Biogas	1.21E+13	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	3.00E+18
14	Digestate (liquid)	5.14E+09	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.97E+16
15	Digestate (solid)	7.59E+07	J	2.70E+04	Wei XM, 2009	2.05E+12
	Total (Y)					3.03E+18

Tabel 5 Tabel *emergy* skenario tiga

No	Item <sup>a</sup>	Raw data	Units	Transformity (sej/unit)	References	Solar Emery (sej/yr)
<b>Sumber Daya Alami (Local Resources)</b>						
1	Sinar Matahari	9.91E+10	J	1.00E+00	Odum HT, 1996	1.67E+11
2	Angin, Tenaga Kinetik	7.25E+09	J	1.50E+03	Odum HT, 1996	1.83E+13
3	Hujan,geopotential	8.83E+10	J	1.05E+04	Odum HT, 1996	1.56E+15
4	Hujan,kimia	4.43E+12	J	1.82E+04	Odum HT, 1996	1.36E+17
5	Siklus Bumi, Rotasi Bumi	4.77E+09	J	3.44E+04	Odum HT, 1996	2.76E+14
6	Kotoran ternak	3.33E+13	J	2.70E+04	Wei,XM <i>et all</i> , 2009	8.98E+17
7	Urine dan total limbah cair	2.35E+04	J	3.80E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	8.93E+10
8	Pekerja (manusia)	8.72E+08	J	4.63E+06	Meidiana, 2012	4.04E+15
	Total (RR)	3.79E+13				1.04E+18
<b>Sumber daya tidak terbarukan (Non-Renewable Resources)</b>						
9	Rumput	5.91E+06	J	3.68E+12	Jiang,MM,2009	2.18E+19
10	Air	4.73E+06	kg	3.23E+11	Buenfil, 2001	1.53E+18
	Total (N)	5.91E+06				2.33E+19
<b>Faktor Ekonomi (Economy Input)</b>						
11	Investasi dari konstruksi	1.00E+04	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	5.50E+16
12	Biaya pengelolaan	1.20E+03	\$	5.50E+12	<a href="http://www.cep.ees.ufl.edu">http://www.cep.ees.ufl.edu</a>	6.60E+15
	Total (F)	1.07E+07				6.16E+16
<b>Hasil (Yield)</b>						
13	Biogas	1.21E+13	J	2.48E+05	Wei XM, <i>et all</i> 2009	3.00E+18
14	Biogas <i>slurry</i>	5.14E+09	J	5.77E+06	Geber U, <i>et all</i> , 2001	2.97E+16
15	Biogas solid	7.59E+09	J	2.70E+04	Wei XM, <i>et all</i> 2009	2.05E+14
16	N Fertilizer	2.06E+12	kg	4.62E+09	Odum HT, 1996	9.52E+21
17	P Fertilizer	3.54E+11	kg	1.78E+10	Odum HT, 1996	6.30E+21
18	K Fertilizer	1.02E+12	kg	1.74E+09	Odum HT, 1996	1.78E+21
	Total (Y)	1.55E+13				1.76E+22

Tabel 6 *Emery* Value

Indeks J/yr	Unit	S 1	S 2	S 3
Solar Emery Input (SEI)	sej/yr	5,71E+17	2,44E+19	2,44E+19
R (Renewable Resources)	sej/yr	2,53E+16	1,05E+18	1,05E+18
N (Non-Renewable Resources)	sej/yr	5,44E+17	2,33E+19	2,33E+19
F (Economy Input )	sej/yr	1,54E+15	6,16E+16	6,16E+16
Biogas	sej/yr	1,32E+13	3,00E+18	3,00E+18
Limbah cair ( <i>biogas slurry</i> )	sej/yr	7,42E+14	2,97E+16	2,97E+16
Limbah padat ( <i>biogas residue</i> )	sej/yr	5,54E+13	2,05E+14	2,05E+14
Pupuk organik (NPK Fertilizer)	sej/yr	1,10E+19	-	1,76E+22

Energy value atau energi dari masing-masing variabel yang dikeluarkan oleh tiap skenario. Skenario satu memiliki nilai solar energy input yang lebih kecil dibandingkan dengan dua skenario lainnya dikarenakan input energi yang dimasukkan untuk membuat produk lebih kecil, nilai biogas, limbah cair dan limbah

padat biogas juga lebih kecil dibandingkan dengan skenario dua dan tiga dikarenakan jumlah sapi yang digunakan di skenario satu hanya 27 ekor. Skenario dua dan tiga memiliki nilai yang tinggi di produk biogas karena input yang dimasukkan untuk lebih banyak (1080) ekor sapi

**Tabel 7 Indeks energy**

Item	Unit	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Kriteria
Energy Investment	sej/\$	<b>2,04E+15</b>	2,18E+15	2,18E+15	Rendah semakin baik
Energy Recovery	sej/\$	3,93E+16	2,70E+14	<b>1,57E+18</b>	Tinggi semakin baik
Energy Yield Ratio	sej/yr	7,14E+03	4,91E+01	<b>2,86E+05</b>	Tinggi semakin baik
Net-Energy	sej/\$	-2,04E+15	-1.91E+15	<b>1,57E+18</b>	Tinggi semakin baik
Environmental Loading Ratio	sej/yr	2,13E+01	<b>2,04E+01</b>	<b>2,04E+01</b>	Rendah semakin baik
Energy Sustainability Index	sej/yr	3,32E+02	2,20E+00	<b>1,28E+04</b>	Tinggi semakin baik

Tabel 8 Menunjukkan bahwa skenario tiga merupakan skenario paling berkelanjutan dan efisien karena memenuhi lebih banyak kriteria dibandingkan dengan skenario dua dan satu, skenario tiga memnuhii kriteria yaitu ER, EYR, NE, ELR dan ESI. Skenario tiga akan dianalisi lebih lanjut untuk mengetahui harga optimal per golongan pendapatan untuk biogas dan pupuk organik.

**D. Harga Optimal**

Penggunaan energi alternatif ditawarkan karena kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru dari tahun ke tahun semakin bertambah dikarenakan bertambahnya jumlah penduduk. Penggunaan LPG untuk kebutuhan

memasak dan listrik dari PLN untuk penerangan lampu semakin membebani masyarakat yang berada dalam kategori keluarga kurang mampu.. Penghematan apabila menggunakan biogas dari penerangan lampu mencapai 83% dari harga awal antara Rp 75.000 - Rp 125.000,00 menjadi Rp 12.700,00 dengan biaya penghematan mencapai Rp 62.300,00 - Rp 112.300,00. Biaya penghematan apabila menggunakan biogas untuk energi memasak dibanding dengan LPG dalam satu bulan mencapai 88% dari harga awal antara Rp 60.000 - Rp 75.000,00 menjadi Rp 7.000,00 dengan biaya penghematan mencapai Rp 53.000,00 – Rp 68.000,00 .

**Tabel 8 Biaya penghematan energi alternatif (dalam satu bulan)**

Penggunaan energi	Biaya sekarang	Biaya dengan biogas	Penghematan
Penerangan lampu	Rp 75.000 - Rp 125.000,00	Rp 12.700,00	Rp 62.300,00 - Rp 112.300,00
Memasak	Rp 60.000 - Rp 75.000,00	Rp 7.000,00	Rp 53.000,00 – Rp 68.000,00
<b>Total</b>	<b>Rp 135.000,00 – Rp 200.00,00</b>	<b>Rp 19.700,00</b>	<b>Rp 115.300,00 – Rp 180.300,00</b>

**Tabel 9 Harga optimal pemenuhan energi**

Hubungan antara pendapatan warga dengan harga optimal

Pendapatan	≤ Rp500.000	Rp 500.001- Rp1.500.000	Rp1.500.001- Rp2.500.000	Rp 2.500.001-Rp 3.500.000	> Rp 3.500.000
Harga kebutuhan energi (Rp/kg)	9.000	13.000-14.000	16.000	18.000-20.000	21.000-22.000
Proporsi dari KK responden (%)	57,5	61,25	61,9	60	30
Proporsi dari KK Desa Tegalweru(%)	28.75	18.375	8.66	3	0.3

**Tabel 10 Harga optimal pupuk organik**

Hubungan antara pendapatan warga dengan harga optimal

Pendapatan	≤ Rp500.000	Rp 500.001- Rp1.500.000	Rp1.500.001- Rp2.500.000	Rp 2.500.001- Rp 3.500.000	> Rp 3.500.000
Harga Pupuk Kompos (Rp/kg)	Rp500,00 – Rp700,00	Rp1.150,00 – Rp1.300,00	Rp1.350,00 – Rp1.450,00	Rp1.500,00 – Rp1.600,00	Rp1.700,00 –

								Rp1.800,00
Proporsi dari responden (%)	KK	55,62	55,62	52,5	55,62	50		
Proporsi dari KK Desa Tegalweru(%)		27,81	16,68	7,35	2,78	0,5		

Tabel 10 menunjukkan bahwa warga dengan pendapatan Rp 1.500.001,00 – Rp 2.500.000,00 merupakan golongan pendaptan dengan tingkat keinginan harga optimal paling tinggi (61,9%) dengan harga optimal mencapai Rp 16.000,00. Hal ini menunjukkan bahwa warga dengan golongan pendapatan menengah antusias terhadap penerapan energi alternatif untuk kepentingan penerangan lampu. Untuk kebutuhan memasak dengan menggunakan biogas, warga dengan golongan pendapatan rendah hingga menengah atas (Rp 500.000,00 – Rp 3.500.000,00) antusias dengan nilai prosentase rata-rata mencapai 55,62%.

Tabel 11 menunjukkan bahwa warga dengan pendapatan < Rp500.000,00 merupakan golongan pendaptan dengan tingkat keinginan harga optimal paling tinggi (55,62%) dengan harga optimal mencapai Rp 500,00 – Rp 700,00. Hal ini menunjukkan bahwa warga dengan golongan pendapatan rendah antusias terhadap penerapan energi alternatif untuk kepentingan pupuk organik.

## KESIMPULAN

Melalui hasil dan pembahasan penelitian konsep pengelolaan potensi biogas sebagai kontribusi pemenuhan kebutuhan listrik di Kecamatan Dau yang telah dilakukan pada bab empat, maka kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini antara lain:

1. Desa Tegalweru menggunakan limbah kotoran ternak hanya dari 27 ekor dari total 1080 ekor sapi di Desa atau sebesar 0,025 persen, limbah kotoran ternak dari 27 ekor sapi dimanfaatkan dengan menggunakan enam instalasi biogas berkapasitas 8m<sup>2</sup> dan digunakan untuk penerangan lampu dapur serta pemenuhan kebutuhan pupuk kompos organik.
2. Evaluasi skenario dilakukan dengan cara menganalisis skenario yang telah ditentukan melalui analisis permintaan dan penawaran serta energy analysis. Evaluasi skenario melalui analisis permintaan dan penawaran menyebutkan bahwa skenario satu tidak mampu memenuhi kebutuhan energi

masyarakat Desa Tegalweru (4,46% untuk penerangan lampu dan 13,53% untuk memasak), namun skenario dua dan tiga mampu memenuhi kebutuhan energi masyarakat Desa Tegalweru karena capaian kebutuhan energinya mencapai 167,52% untuk penerangan lampu serta 507,53% untuk memasak. Analisis emergy menunjukkan bahwa skenario tiga memiliki skenario yang lebih efisien dan sustainable dikarenakan memenuhi indeks emergy berupa Emergy Roecoverly, Emergy Yield Ratio, Net-Eemrgy, Environmental Loading Ratio, dan Emergy Sustainability Index.

3. Untuk pemenuhan kebutuhan energi (memasak dan penerangan lampu) per KK, warga dengan pendapatan < Rp500.000 mampu membayar sebesar Rp9.000, warga dengan pendapatan Rp 500.001-Rp1.500.000 mampu membayar sebesar Rp13.000-Rp14.000, warga dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 mampu emmbayar sebesar Rp16.000, warga dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp18.000-Rp20.000, warga dengan pendapatan > Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp 21.000-Rp22.000. Untuk harga optimal pupuk kompos organik dari resudi pemrosesan biogas, warga dengan pendapatan < Rp500.000 mampu membayar sebesar Rp500,00 – Rp700,00, warga dengan pendapatan Rp 500.001-Rp1.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.150,00 – Rp1.300,00, warga dengan pendapatan Rp1.500.001-Rp2.500.000 mampu emmbayar sebesar Rp1.350,00 – Rp1.450,00, warga dengan pendapatan Rp 2.500.001-Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.500,00 – Rp1.600,00, warga dengan pendapatan > Rp 3.500.000 mampu membayar sebesar Rp1.700,00 – Rp1.800,00

**DAFTAR PUSTAKA**

- Buenfil, A.A., 2001. Energy evaluation of water. Ph.D. Dissertation. University of Florida
- Geny. Yong (2010) Energy analysis of an industrial park: The case of Dalian, China. *Science of the Total Environment* 408 (2010) 5273-5283
- Kalbande, S.R, A.K Kamble & C.N Gangde (2011). Bionergy assessment and its integration for self sufficient renewable energy village. *Karnata J Agri Sci* 24 (2): (207-210).
- Kumar, S. & Rao, D.N. (2006). Willingness to pay estimates of improved air quality: A case study in panipat thermal power station colony, India. Diambil tanggal 14 Juli 2006, dari <http://papers.ssrn.com/>
- Meidiana, C., (2012). Scenarios for Sustainable Final Waste Treatment in Developing Country. In: *Waste Management - An Integrated Vision* (eds L.F.M. Rebellon) pp. 229 – 256. InTech, Croatia
- Odum HT. *Environmental accounting: energy and environmental decision making*. New York: Wiley; 1996
- Odum, H.T, (2000). Folio No. 2, Energy of Global Processes. *Handbook of Energy 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.S. Rahayu, Sulisty, H, G. Winoto and I.M. Suardjaja, 2008. Biodiesel production from high iodine number candlenut oil. *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 48: 485-488
- Schwartz, P. (1991): *The Art of the Long View*. Doubleday Currency, New York
- Sevilla, Consuelo G. et. al (2007). *Research Methods*. Rex Printing Company. Quezon City\
- Shoemaker, Stowe (2008). *How to Measure Costumer's Willingnes to Pay for Ancillary Products*. University pf Houston
- Zhao, J. & Kling, C.L. (2004). Willingness to pay, compensating variation, and the cost of commitment. *Economic Inquiry*, 42 (3), 503-517
- Zhou, S.Y, Zhang B & Cai Z.F (2010). Energy analysis of a farm biogas project in China: A biophysical perspective of agricultural ecological engineering, *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat* 15 (2010) 1408-1418