

# EVALUASI TEKNO-EKONOMI PEMANFAATAN BIOGAS SKALA RUMAH TANGGA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF RAMAH LINGKUNGAN

**Fadli Irsayad dan Delvi Yanti**

Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas

Email: fadliirsayad\_ua@yahoo.com

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah: 1). mengkaji parameter yang mempengaruhi laju produksi biogas, volume dan kualitas biogas yang dihasilkan. 2). menganalisis tingkat kelayakan ekonomi instalasi biogas skala rumah tangga sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan. Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahap, yaitu: pembangunan instalasi biogas digester plastik, pengamatan parameter yang mempengaruhi laju produksi biogas, serta analisis teknis dan ekonomis. Hasil yang dicapai pada penelitian ini adalah aplikasi teknologi biogas digester plastik dengan bahan baku kotoran ternak dengan kapasitas digester 4,71 m<sup>3</sup>, dapat menghasilkan produksi gas rata-rata 0,79 m<sup>3</sup>/hari. Hasil ini setara dengan 0,211 liter minyak tanah. Secara ekonomi dibuktikan bahwa penerapan instalasi biogas digester plastik layak untuk dilakukan sebagai energi alternatif pedesaan. Nilai NPV yang dihasilkan dari instalasi biogas digester plastik jika dihitung dengan kesetaraan nilai minyak tanah adalah sebesar Rp 105.078. Nilai Net B/C yang dihasilkan pada tingkat diskont 9%, yaitu 1,23. Sedangkan nilai pengembalian investasi atau *payback period* sudah dapat dilunasi pada tahun ke-3 pada bulan ke-6. Kata kunci: biogas; energi alternatif, limbah

## I. PENDAHULUAN

Limbah merupakan bahan yang dibuang atau terbuang dari kegiatan makhluk hidup dan belum mempunyai nilai ekonomis. Limbah dalam jumlah yang besar merupakan penyebab masalah lingkungan dan juga berdampak negatif. Sektor peternakan, limbah dapat berupa feses dan urine. Diasumsikan seekor sapi menghasilkan jumlah feses 18 kg/hari (Sudono, 1995 dalam Kota, 2009).

Limbah peternakan merupakan sumber emisi GRK (Gas Rumah Kaca) yaitu berupa gas metan. Menurut IPCC (1994) dalam Kota (2009), kontribusi emisi metan dari peternakan mencapai 20-35% dari total emisi yang dilepaskan ke atmosfer. Gas metan ini adalah salah satu gas yang ikut berperan terhadap pemanasan global dan perusakan ozon, dengan laju 1% per tahun dan terus meningkat (Boer, 2002 dalam Kota, 2009).

Selain berdampak negatif, gas metan sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif jika dilakukan pengolahan dengan benar. Salah satu energi alternatif yang dihasilkannya adalah biogas. Menurut Wulfert (1994) dalam Wulandari (2007), biogas merupakan gas hasil aktivitas biologi melalui fermentasi anaerob, sehingga biogas dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah. Dalam proses pembuatan biogas, juga terdapat limbah berupa *sludge*, yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan bahan baku pakan.

Pemakaian limbah biogas dari kotoran sapi sebagai bahan baku pakan, telah dilakukan oleh Utomo (2006) dalam Wulandari (2007), dan dikatakan bahwa *sludge* biogas dapat diterima oleh ikan nila *Oreochromis niloticus*. Sejalan dengan hal diatas, hasil kegiatan Yanti *et al* (2014) juga menyatakan kandungan unsur nitrogen (N), fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Kalium (K<sub>2</sub>O) pada *sludge* hasil ikutan biogas dari kotoran sapi telah memenuhi standar kualitas kompos (SNI 19-7030-2004).

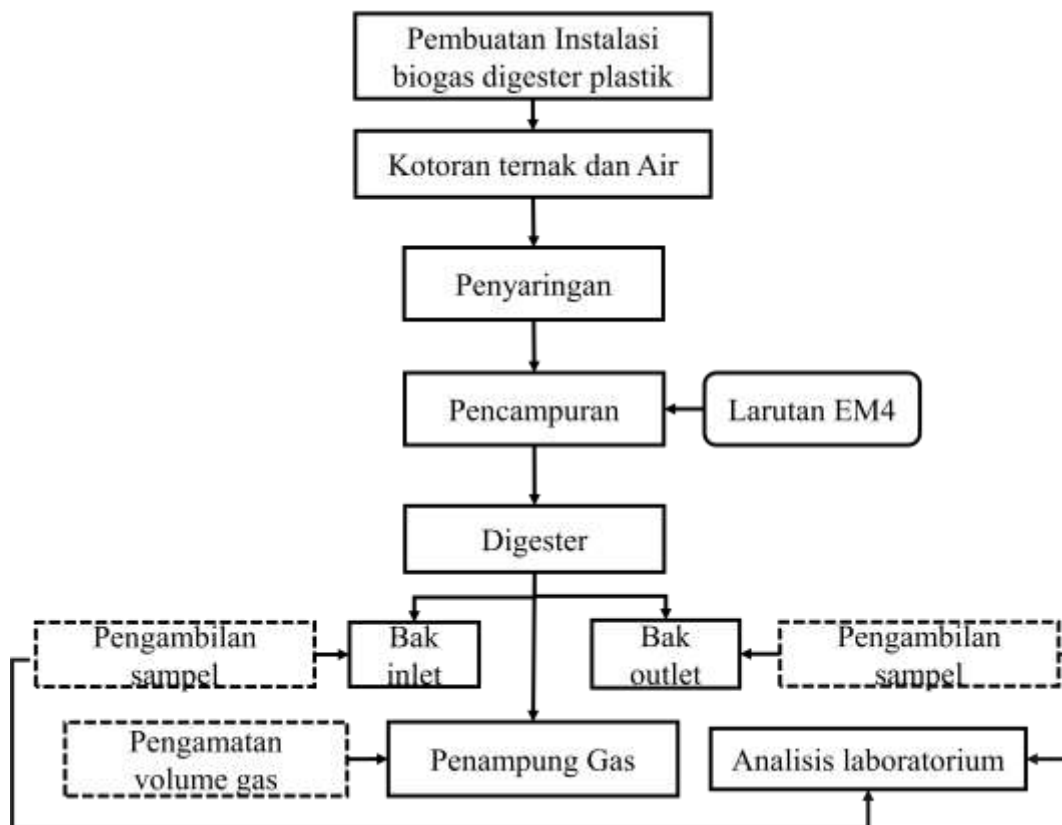
Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif selain memberikan manfaat sosial karena bersifat ramah lingkungan, namun juga harus dapat memberikan manfaat ekonomi. Pembuatan biogas dapat mengendalikan dan mengurangi masalah limbah peternakan, disamping energi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar memasak. Selain itu hasil ikutan biogas (*sludge*) dapat mengurangi biaya produksi kegiatan pertanian dan peternakan, yaitu sebagai pupuk dan bahan pakan.

Pembuatan biogas dari limbah pertanian dan peternakan telah banyak dilakukan dengan berbagai macam digester, namun pemanfaatannya dalam skala rumah tangga perlu ditelaah lebih jauh. Biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan biogas harus dapat memberikan manfaat secara ekonomi, sehingga perlu diketahui aspek kelayakannya baik secara teknis maupun ekonomis.

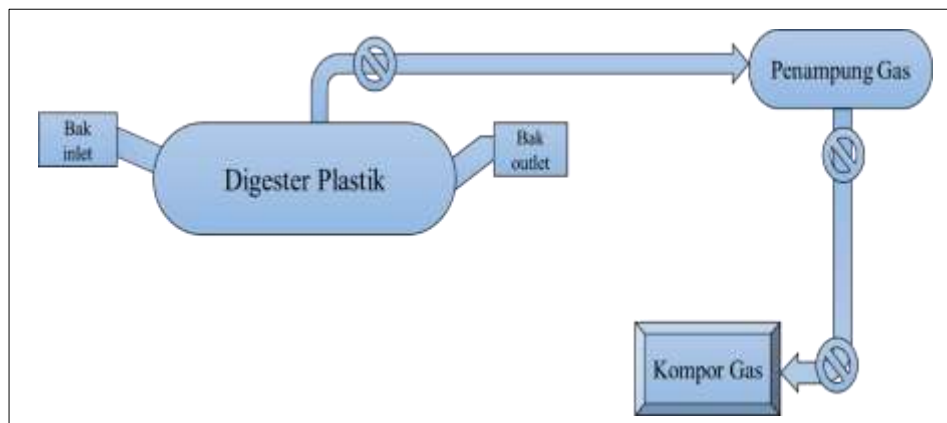
Tujuan yang ingin dicapai adalah: 1) mengkaji parameter yang mempengaruhi laju produksi biogas, volume dan kualitas biogas yang dihasilkan, 2) menganalisis tingkat kelayakan ekonomi instalasi biogas skala rumah tangga sebagai sumber energi alternatif ramah lingkungan

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahap, yaitu: penelitian lapangan dan penelitian laboratorium. Penelitian lapangan bertujuan untuk mengetahui kelayakan ekonomi pemanfaatan kotoran ternak sebagai penghasil biogas skala rumah tangga. Sementara penelitian laboratorium bertujuan untuk mengkaji parameter yang mempengaruhi laju produksi biogas. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1 dan rancangan instalasi biogas digester palstik pada Gambar 2.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2. Rancangan Instalasi Biogas Digester Plastik

### A. Parameter yang Diamati

Parameter yang diamati disajikan pada Tabel 1. Metode analisis yang dipakai mengacu pada metode APHA (1998).

Tabel 1. Parameter, Posisi Pengamatan, dan Metode yang Digunakan

Parameter	Posisi Pengamatan	Metode
pH	Inlet, digester, outlet	Pengamatan langsung
Suhu	Inlet, digester, outlet	Pengamatan langsung
Total Solid	Inlet dan outlet	Analisis Lab.(APHA)
Chemical Oxygen Demand (COD)	Inlet dan outlet	Analisis Lab.(APHA)
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	Inlet dan outlet	Analisis Lab.(APHA)
Kandungan Carbon dan Nitrogen (C/N)	Inlet dan outlet	Analisis Lab.(APHA dan Kjeldahl)

### B. Volume Gas yang Dihasilkan

Volume gas yang diproduksi diukur setelah biodigester mulai memproduksi gas dan tertampung pada tabung penampung. Volume gas dihitung dengan cara menghitung volume yang dapat dibentuk gas pada penyimpanan sementara per hari. Karena penampung gas berbentuk silinder maka rumus yang digunakan untuk menghitung volume gas adalah sebagai berikut:

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots(1)$$

keterangan: V = Volume penyimpanan sementara (m<sup>3</sup>)  
 Π = 3,14  
 r = Jari-jari penampung gas (m)  
 t = Tinggi gas tertampung (m)

### C. Analisis Kelayakan Ekonomi

Kriteria-kriteria yang digunakan dalam melakukan suatu evaluasi terhadap investasi proyek berpedoman pada Husnan dan Suwarsono (1997) dalam Istalaksana dan Payung (2013), yaitu: 1) NPV (*Net Present Value*), 2) IRR (*Internal Rate off Return*), 3) Net B/C (*Net Benefit-Cost Ratio*), 4) *Pay Back Period* (PBP). Suatu kegiatan produksi dinyatakan layak apabila nilai *Net Present Value* (NPV) > 0 atau nilai B/C ratio > 1. Kelayakan finansial dapat diketahui dari:

$$a. \quad NVP = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots(2)$$

$$b. \quad \frac{B}{C} \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots(3)$$

$$c. \quad PBP = \frac{I}{A} \dots\dots\dots(4)$$

keterangan: NVP = net present value (Rp)  
 Bt = aliran kas masuk pada tahun ke-t (Rp)  
 Ct = aliran kas keluar pada tahun ke-t (Rp)  
 t = tahun ke-t  
 i = tingkat suku bunga (%/tahun)  
 n = umur ekonomi alat (tahun)  
 PBP = jumlah waktu untuk pengembalian modal  
 I = biaya investasi  
 A = benefit tiap tahun

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Keadaan Umum Penelitian

Penelitian aplikasi biogas dilakukan pada Kelompok Tani Cimpago Putih di Nagari Singkarak, Kec. X Koto Singkarak, Kab. Solok. Penelitian ini berlangsung selama 2 bulan pengamatan yaitu Juli-Agustus 2016. Suhu lingkungan berkisar 25 °C -29 °C. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi

produktifitas mikroorganisme dalam proses anaerob pada digester. Pengukuran data dilakukan dua kali dalam sehari yaitu pukul 07.00 dan pukul 17.00 WIB.

## **B. Instalasi Biogas Digester Plastik**

Hasil rancangan biodigester untuk penelitian aplikasi yaitu berupa digester plastik dengan bentuk selinder. Model ini dipilih karena beberapa pertimbangan yaitu: biaya murah dan mudah diperoleh. Instalasi biogas mempunyai ukuran: a) digester terbuat dari plastik, ukuran 6 m x 1 m, b) lubang input dan output, ukuran 0,5 m x 0,5 m, c) tempat menampung gas, ukuran 3 m x 1 m.

Tahap pembuatan instalasi biogas adalah pengecoran lantai kandang sapi, pembuatan lubang untuk penempatan digester, dan instalasi gas. Pengecoran lantai kandang sapi bertujuan untuk memudahkan pengumpulan feses dan urin sapi agar lebih mudah dimasukkan ke dalam reaktor nantinya. Sebaiknya lantai kandang sapi dibuat lebih tinggi daripada lubang input, agar memasukkan feses dan urin sapi lebih mudah. Hasil rancangan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Instalasi Biogas Digester Plastik

## **C. Pengisian Bahan Baku**

Setelah instalasi biogas selesai, maka bahan baku (kotoran sapi) dimasukkan ke dalam digester berkapasitas 4,71 m<sup>3</sup>. Perbandingan kotoran sapi dengan air adalah 1:1 (volume). Bahan baku pada penelitian ini berasal sapi 2 ekor sapi yaitu rata-rata sebanyak 30 kg/hari. Kegiatan memasukkan kotoran sapi bisa dilakukan kapan saja (kotoran sapi tersedia), yang perlu diperhatikan adalah kotoran sapi tidak boleh terkena sinar matahari (methannya akan menguap). Setelah air dan kotoran tercampur merata, selanjutnya dimasukan kedalam digester. Agar proses pembentukan biogas lebih cepat terjadi maka ditambahkan MOL EM4. Hal ini dimaksudkan agar proses aerob pada digester cepat berlangsung. Setelah pengisian digester dibiarkan dan proses anaerob akan berlangsung. Pada penelitian ini gas mulai berproduksi setelah 21 hari dari awal pemasukan bahan.

## **D. Analisis Teknis**

### **1. Pengamatan Parameter yang Mempengaruhi Produksi Biogas**

Pengukuran temperatur dan derajat kemasaman dilakukan selama 4 minggu, mulai dari awal saat pertama memasukkan bahan baku pada digester sampai pada hari ke 28 (satu minggu setelah biogas terbentuk). Temperatur dalam digester berkisar antara 29,5<sup>o</sup>C hingga 31<sup>o</sup>C. Sedangkan temperatur optimal untuk proses digester adalah 30-35<sup>o</sup>C, dimana pertumbuhan bakteri dan produksi CH<sub>4</sub> umumnya optimum (Nagami, 2006 dalam Kota, 2009). Hal ini mengidentifikasi bahwa temperatur dalam digester sudah berada pada kondisi yang optimal, untuk mendukung proses produksi biogas. Sementara derajat kemasaman (pH) yang dibutuhkan untuk digester antara 7-8,5. Pada penelitian ini pH digester berada antara 6,8 hingga 7,6. Nilai pH pada digester selama pengamatan juga sudah berada pada kondisi yang dibutuhkan.

Total Solid (TS) merupakan padatan yang terkandung dalam bahan dan akan dimanfaatkan oleh mikroba. Terjadinya penurunan nilai TS dari inlet ke outlet, menunjukkan telah terjadi degradasi pada

substrat di dalam digester. Sejalan dengan penurunan TS, juga terjadi penurunan BOD dan COD karena bakteri membutuhkan oksigen untuk merombak substratnya (Tabel 1). Pengambilan sampel untuk analisis dilakukan pada inlet (saat pertama memasukkan bahan baku) dan pada outlet (hari ke 28, satu minggu setelah biogas terbentuk).

Mikroorganisme membutuhkan nitrogen dan karbon untuk proses asimilasi. CN ratio menunjukkan perbandingan jumlah dari kedua elemen tersebut. CN ratio dengan nilai 30 (C/N = 30/1 atau carbon 30 kali dari jumlah nitrogen) akan menciptakan proses pencernaan pada tingkat yang optimum, bila kondisi yang lain juga mendukung (Kota, 2009).

Tabel 1. Parameter yang Mempengaruhi Produksi Biogas

Parameter	Satuan	Inlet	Outlet
Total Solid (TS)	ppm	856	312
Chemical Oxygen Demand (COD)	ppm	2880	1600
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	ppm	1250	725
Kandungan C Organik	%	15,2	10,23
Total Nitrogen	%	0,993	0,791

## 2. Pengamatan Laju Produksi Biogas

Biogas mulai berproduksi setelah 21 hari pengisian digester. Biogas yang dihasilkan langsung masuk ke penampungan gas dengan ukuran 3 m x 1 m atau bervolume 2,36 m<sup>3</sup> dan penampungan terisi penuh dalam waktu 3 hari, sehingga laju produksi biogas sebesar 0,79 m<sup>3</sup>/hari.

Berdasarkan uji pembakaran, kualitas api terlihat berwarna biru. Pengujian aplikasi biogas dilakukan dengan cara merebus air menggunakan biogas hingga air mendidih (Gambar 4). Dengan volume air yang sama dilakukan juga perebusan dengan kompor minyak tanah. Besarnya volume minyak tanah yang digunakan untuk mendidihkan air, akan menjadi nilai kesetaraan nilai biogas dengan minyak tanah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Kompor untuk Memanfaatkan Biogas Kotoran Sapi

Tabel 2. Pengujian Penggunaan Biogas dan Minyak Tanah

No	Sumber Kalor	Volume Air (liter)	Waktu (menit)	Volume Bahan Bakar
1	Biogas	4	41,6	0,45 m <sup>3</sup>
2	Minyak tanah	4	17	0.12 liter

Dari hasil pengujian pembakaran biogas, disimpulkan bahwa biogas yang dibutuhkan untuk mendidihkan air sebanyak 4 liter adalah sebanyak 0,45 m<sup>3</sup> setara dengan 0,12 liter minyak tanah atau 0,1125 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,03 liter minyak tanah. Nilai konversi biogas ke minyak tanah tidak jauh berbeda seperti yang dilakukan Kota (2009) dan Deptan (2006) untuk mendidihkan 22 liter air diperlukan minyak tanah sebanyak 0,58 liter dan 0,62 liter atau 0,026 liter dan 0,028 liter. Nilai konversi ini selanjutnya digunakan untuk menghitung kelayakan ekonomis instalasi biogas dengan digester plastik.

## E. Analisis Ekonomis

Kelayakan ekonomi merupakan salah satu aspek penting untuk menentukan apakah sebuah teknologi layak dan tidaknya untuk diterapkan. Salah satu cara yang digunakan adalah memproyeksi aliran kas. Aliran kas dalam pengembangan biogas terdiri dari aliran kas masuk dan aliran kas keluar. Aliran kas masuk (*inflow*) berasal dari penerimaan harga biogas yang dihasilkan (disetarakan dengan harga minyak tanah). Arus kas keluar (*outflow*) berasal dari pengeluaran biaya investasi untuk pembangunan instalasi biogas dan biaya operasional. Selisih antara keduanya merupakan suatu keuntungan atau kerugian dari penerapan instalasi biogas.

### 1. Arus Penerimaan (Inflow)

Penerimaan dari instalasi biogas bersumber dari biogas yang dihasilkan. Besarnya nilai biogas yang akan dihitung diproyeksikan sebesar volume biogas yang sudah didapat selama sebulan. Volume gas yang diperoleh rata-rata adalah 0,79 m<sup>3</sup>/hari. Apabila dikonversi ke minyak tanah maka harga jual volume gas yang diperoleh setiap harinya setara dengan 0,211 liter minyak tanah. Dengan harga minyak tanah Rp 6.000/liter, maka nilai konversi rupiah biogas yang dihasilkan yaitu Rp 1.264/hari atau Rp. 37.920/bulan.

Berdasarkan hasil wawancara, rata-rata masyarakat untuk satu rumah tangga (4 orang) menggunakan minyak tanah untuk memasak sehari ± 0,75 liter/hari. Jika dilihat dari kebutuhan masyarakat secara umum, maka biogas yang dihasilkan (0,79 m<sup>3</sup>/hari biogas ≈ 0,211 liter minyak tanah) belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat sehingga belum bisa dijadikan pengganti minyak tanah. Produksi biogas harus ditingkatkan, yaitu dengan menambah jumlah bahan baku yang dimasukkan ke dalam digester dan menambahkan kotoran sapi dengan bahan lain, seperti jerami padi.

### 2. Arus Pengeluaran (Outflow)

Arus pengeluaran dalam analisis ini terdiri dari biaya investasi dan biaya operasional. Kedua biaya ini dihitung selama pengembangan instalasi biogas, dengan umur ekonomis selama 5 tahun.

#### a. Biaya Investasi

Biaya investasi meliputi semua kebutuhan pengeluaran yang dipakai untuk merancang instalasi biogas digester palstik, yaitu untuk pembelian bahan dan pengerjaan instalasi biogas yaitu sebesar Rp. 700.000,-.

#### b. Biaya Operasional

Biaya ini terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap terdiri dari biaya perawatan dan penyusutan. Biaya perawatan pada perhitungan ini ditetapkan 10 persen per tahun dari total biaya investasi. Sedangkan biaya penyusutan dihitung 5 persen per tahun dari total biaya investasi. Sementara biaya variabel dalam instalasi biogas yaitu biaya bioaktifator (Tabel 3).

Tabel 3. Rincian Biaya Operasional Instalasi Biogas Digester Palstik (Tahunan)

No	Jenis Biaya	Total (Rp)
a.	Biaya Tetap	
	Perawatan	70.000
	Penyusutan	35.000
b.	Biaya Variabel	
	Aktivator (EM4)	120.000
c.	Jumlah	225.000

### 3. Kriteria Kelayakan Ekonomi

Dalam penelitian ini digunakan beberapa kriteria kelayakan usaha yaitu NPV, Net B/C, dan *payback period*. Analisis kelayakan ini dilakukan dengan menggunakan tingkat suku bunga 9 %. Kriteria ini untuk melihat sejauh mana kelayakan pengembangan instalasi biogas digester plastik, jika masyarakat menggunakan modal dari Bank.

Hasil analisis kelayakan ekonomi untuk Nilai NPV yang dihasilkan dari instalasi biogas digester plastik jika dihitung dengan kesetaraan nilai minyak tanah adalah sebesar Rp 105.078,- Artinya bahwa nilai sekarang (*present value*) dari pendapatan yang diterima bernilai positif selama 5 tahun pada tingkat suku bunga 9 %. Nilai Net B/C yang dihasilkan pada tingkat diskont 9 %, yaitu 1,23. Artinya bahwa dengan pengeluaran sebesar Rp 1.00 dapat menghasilkan manfaat sebesar Rp 1,23 pada suku

bunga 9 %. Sedangkan nilai pengembalian investasi atau *payback period* sudah dapat dilunasi pada tahun ke-3 pada bulan ke-6.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

1. Aplikasi teknologi biogas digester plastik dengan bahan baku kotoran ternak dengan kapasitas digester 4,71 m<sup>3</sup>, dapat menghasilkan produksi gas rata-rata 0,79 m<sup>3</sup>/hari. Hasil ini setara dengan 0,211 liter minyak tanah.
2. Secara ekonomi dibuktikan bahwa penerapan instalasi biogas digester plastik layak untuk dilakukan sebagai energi alternatif pedesaan. Nilai NPV yang dihasilkan dari instalasi biogas digester plastik jika dihitung dengan kesetaraan nilai minyak tanah adalah sebesar Rp 105.078. Nilai Net B/C yang dihasilkan pada tingkat suku bunga 9%, yaitu 1,23. Sedangkan nilai pengembalian investasi atau *payback period* sudah dapat dilunasi pada tahun ke-3 pada bulan ke-6.

##### Saran

1. Produksi biogas perlu ditingkatkan sehingga mampu memenuhi kebutuhan satu rumah tangga, sehingga bisa dijadikan sebagai pengganti minyak tanah.
2. Perlu penelitian lebih lanjut tentang pemanfaatan bahan padat seperti jerami padi sebagai bahan campuran kotoran ternak untuk menghasilkan biogas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Detjen PPHP-DEPTAN. 2006. Biogas Skala Rumah Tangga Melalui Program Bio Energi Pedesaan (BEP). Jakarta.
- Istalaksana dan Paulus Payung. 2013. Rancang Bangun dan Evaluasi Tekno-Ekonomi Alat Perontok Pokem (*Setaria italica*). Jurnal Teknologi Pertanian Vol. 14 No. 3. [Desember 2013] 209-214
- Kota, Paulus Raja. 2009. Pengembangan Teknologi Biogas dengan Pemanfaatan Kotoran Ternak dan Jerami Padi Sebagai Alternatif Energi Pedesaan. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Wulandari, Inda. 2007. Analisis Kelayakan Proyek Instalasi Biogas dalam Mengelola Limbah Ternak Sapi Perah (Kasus di Kelurahan Kebon Pedes Bogor). Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Yanti, Delvi. Santosa. Eri Gas Ekaputra. Mislaini. Omil Charmyn Chatib. Fadli Isryad. 2014. Pemanfaatan Sludge Hasil Ikutan Biogas dari Kotoran Sapi untuk Pembuatan Kompos pada Kelompok Tani Indah Sakato Kenagarian Kasang Kecamatan Batang Anai Kabupaten Padang Pariaman. Laporan Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat. Program Studi Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Andalas