

STUDI PERANCANGAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK BERBASIS BIOGAS DI DUSUN NGENTAK, PONCOSARI, SRANDAKAN, BANTUL, YOGYAKARTA

Wirduna Robbani¹, Husein Mubarak²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

¹13524114@students.uii.ac.id

²155241305@uui.ac.id



Abstrak— Biogas merupakan salah satu sumber energi renewable yang sedang banyak diteliti dan dikembangkan sebagai salah satu sumber energi alternatif masa depan yang bersifat ekonomis, sustainable dan ramah lingkungan. Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta memiliki 150 ekor sapi yang mana kotoran dari sapi-sapi tersebut diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar kompor di lokasi pengolahan biogas. Produksi biogas dalam setiap harinya yaitu sebesar 141 m³ atau setara dengan 141.000 liter. Dari potensi biogas yang dimiliki, biogas dapat dimanfaatkan sebagai sistem pembangkit yang mampu menghasilkan energi sebesar 174,84 kWh dalam setiap harinya dengan daya 7,285 kW. Sistem pembangkit pada penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu pertama, sistem pembangkit sederhana (Digester-biogas-Genset Biogas 1.200W-listrik) yang diasumsikan akan beroperasi selama 24 jam dalam sehari dengan energi keluaran dari pembangkit listrik biogas ini adalah 28,8 kWh per hari. Sistem pembangkit yang kedua adalah sistem pembangkit menggunakan HOMER (Thermal-Boiler-Generator Bio 2 kW-Converter 10 kW-beban listrik) dengan energi keluaran 4,26 kWh per bulan. Dalam mewujudkan sistem pembangkit berbasis biogas yang efisien, maka pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak HOMER untuk mengoptimalkan ukuran pembangkit dan nilai ekonomi pembangkit dengan cakupan berupa net present cost (NPC) sebesar Rp. 422.820.079 dan cost of energy (COE) sebesar Rp. 30.775.

Kata kunci—Biogas, Sistem Pembangkit, Genset, Dusun Ngentak

I. PENDAHULUAN

Biogas merupakan salah satu sumber energi renewable yang sedang banyak diteliti dan dikembangkan sebagai salah satu sumber energi alternatif masa depan yang bersifat ekonomis, sustainable dan ramah lingkungan.

Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta memiliki kelompok ternak sapi 'Pandan Mulyo' yang sudah mampu mengolah kotoran sapi menjadi biogas yang mampu digunakan sebagai bahan bakar kompor.

Berlandaskan dari potensi biogas yang dimiliki, penulis dalam penelitian ini ingin mencoba memperluas dan mengkaji

lebih dalam pemanfaatan energi biogas di daerah Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta agar pemanfaatan energi biogas tidak hanya sebagai bahan bakar kompor gas, melainkan sebagai pembangkit listrik berbasis biogas.

Sistem pembangkit listrik berbasis biogas ini diharapkan dapat digunakan sebagai pembangkit yang mampu membantu memenuhi kebutuhan energi di Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biogas

Biogas merupakan suatu gas yang dihasilkan dari proses anaerobik (fermentasi) bahan organik seperti kotoran manusia, limbah rumah tangga dan kotoran hewan. Biogas merupakan campuran dari beberapa unsur kimia yang banyak mengandung gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂). Gas metana (CH₄) merupakan komponen utama dari biogas yang memiliki nilai kalor yang cukup tinggi. Karena nilai kalor inilah yang menyebabkan biogas dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi.

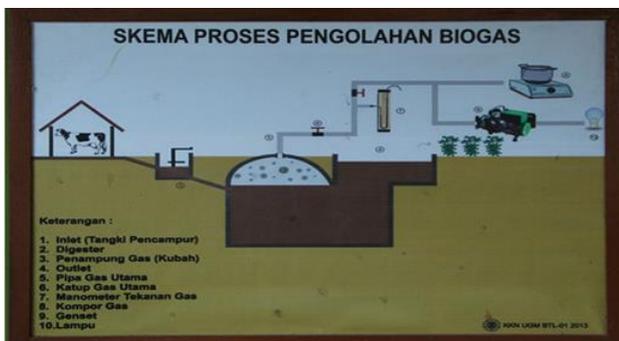
Prinsip pembuatan biogas yaitu adanya dekomposisi organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) yang sebagian besar menghasilkan gas metana (gas yang bersifat mudah terbakar) dan gas karbon dioksida. Proses dekomposisi dibantu oleh mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah diantara 30-500C, dimana pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan-bahan organik secara optimal. Hasil perombakan bahan-bahan organik oleh bakteri berupa gas metana [1].

Adapun komponen reaktor biogas yang digunakan antara lain; (1) inlet : sebagai tempat mencampur kotoran hewan dan air (2) Pipa inlet : saluran inlet menuju digester (3) Digester : tempat terjadinya proses fermentasi untuk menghasilkan gas (4) Kubah gas : tempat tersimpannya gas yang siap dialirkan (5) Manhole : saluran penghubung tangki dan outlet (6) Outlet : limbah biogas yang terdorong keluar dari tangki reaktor (7)

Pipa utama : saluran untuk mengalirkan gas (8) Slurry pit : penampung limbah biogas (9) Katup gas : katup untuk mengontrol aliran gas (10) Water trap : saluran pembuangan air dari pipa (11) Manometer : meteran untuk mengetahui ketersediaan biogas (12) Kotoran ternak : bahan baku biogas..

B. Sistem Produksi Biogas

Proses produksi biogas diawali dengan mengencerkan kotoran ternak dengan air dengan perbandingan 1:1. Air yang berlebihan dalam sistem dapat menghambat saluran biogas, menurunkan tingkat panas api, dan membuat api berwarna merah. Pengadukkan dapat dilakukan setiap waktu tertentu untuk mencegah pengendapan padatan pada dasar tangki. Kotoran yang sudah dicampur air diteruskan ke dalam digester sampai menutup saluran masukan dan keluaran, kemudian tunggu selama kurang lebih 10-40 hari [8]. Kemudian selanjutnya pengisian digester dapat dilakukan setiap dua kali dalam sehari yaitu pagi dan sore. Gas pertama kali dihasilkan harus dibuang karena karena didominasi gas CO₂. Berikutnya, produksi biogas dapat dilaksanakan dengan normal sehingga produksi gas CH₄ akan meningkat dan gas CO₂ akan menurun dengan persentase 54 %:27 %. Selanjutnya biogas dapat dihubungkan ke kompor atau generator listrik. Gas yang dihasilkan sangat baik untuk pembakaran karena mampu menghasilkan panas yang cukup tinggi, apinya berwarna biru, tidak berbau, tidak berasap [2].



Gambar 1. Skema Produksi Biogas

C. Generator Set Biogas

Generator set biogas atau dikenal dengan istilah genset biogas merupakan sebuah alat berbahan bakar biogas yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dimana di dalamnya terdapat dua buah perangkat yang berbeda yaitu mesin penggerak dan generator. Mesin penggerak ini dapat digerakkan karena adanya pembakaran bahan bakar gas di dalamnya yang kemudian digunakan untuk menghasilkan energi mekanik. Dengan adanya energi mekanik yang dikopel dengan generator, maka terjadilah konversi energi mekanik menjadi energi listrik. Berikut merupakan bentuk genset biogas dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Genset Biogas

Tabel 1. Spesifikasi Generator Set Biogas

Features	Single Cylinder
	4-Stroke
	OHV
	Force Air-Cooled
	Single Phase Ac Synchronization with Brush Alternator
AC Voltage	230V
AC Output/Max	Running Power : 1200 watt
	Peak Power :
Frequency	50/60 Hz
Starting System	Recoil Start/Electric Start
Fuel	Biogas
Fuel Capacity	0.55 Liter
Weight	65 Kg
Other	Min. Fuel Consumption : 1.46m ³ /hour

D. Besar Produksi Energi

Perkiraan volume biogas yang dihasilkan dari jumlah populasi sapi yang ada dapat ditentukan dengan persamaan 1

$$VB_g = P \times 0,94 \text{ m}^3 \quad (1)$$

Dimana;

VB_g = Volume Biogas (m³)

P = Jumlah Populasi Sapi (ekor)

1 ekor sapi rata-rata dapat mengeluarkan kotoran 25 kg/hari yaitu setara dengan 0,94 m³.

Untuk mengetahui besarnya energi yang dapat dibangkitkan oleh bahan bakar biogas, maka digunakan persamaan 2.2:

$$\text{Besar Energi} = \text{Volume Biogas} \times \text{Energi yang dibangkitkan per m}^3 \quad (2)$$

Dimana; Besar energi (kWh), Volume Biogas (m³) [3]

E. Total Produksi Energi

Energi yang dapat dibangkitkan untuk 1 m³ biogas adalah 1,24 k Total produksi energi selama masa oprasional dapat dihitung menggunakan Persamaan 3

$$E_{\text{tot.prod}} = E_{\text{gen}} \quad (3)$$

Dimana;

$E_{\text{tot.prod}}$ = total produksi energi (kWh). Wh.

F. Net Present Cost

Net Present Cost (NPC) adalah biaya total dari semua biaya pemasangan dan pengoprasian komponen selama masa proyek berlangsung. Net Present Cost (NPC) sendiri dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 [4]

$$NPC = \text{Capital Costs} + \text{Replacement costs} + \text{O\&M costs} + \text{Fuel Costs} - \text{Salvage} \quad (4)$$

Dimana;

Capital Costs = biaya modal komponen

Replacement Costs = biaya pergantian komponen.

O&M Costs = biaya oprasional dan perawatan.

Fuel Costs = biaya bahan bakar.

Salvage = baiya yang tersisa pada komponen.

G. Cost of Energy

Cost of Energy (COE) merupakan biaya yang diperlukan untuk menghasilkan tiap 1 kWh energi listrik yaitu, hasil pembagian antara biaya tahunan dengan produksi energi tahunan oleh pembangkit cadangan sistem hibrid. Nilai COE dari masing-masing skenario menggunakan Persamaan 4.

$$COE = \frac{TAC}{E_{\text{tot.served}}} \quad (5)$$

Dimana;

$E_{\text{tot.served}}$ = total energi tahunan yang digunakan untuk melayani beban (kWh).

TAC = total annualize cost atau biaya total tahunan yang dikeluarkan untuk pembangkit cadangan.

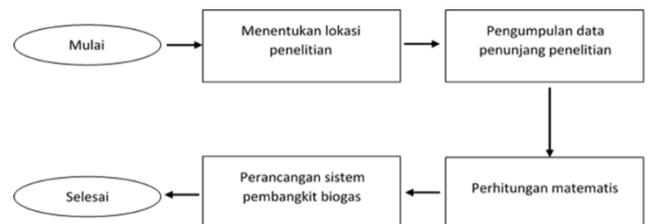
H. Homer Pro

HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) merupakan model perangkat lunak yang dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL) Amerika Serikat dengan tujuan optimasi sistem pembangkit listrik, HOMER dilengkapi dengan output estimasi ukuran/kapasitas sistem, lifecycle cost, dan emisi gas rumah kaca. Perangkat lunak HOMER microgrid memberikan simulasi kronologis yang rinci dan optimasi dalam suatu model yang relatif sederhana dan mudah digunakan. Hal ini disesuaikan dengan berbagai macam proyek. Untuk sistem listrik desa atau skala power system, HOMER dapat digunakan untuk dua faktor, yaitu bagian teknis dan ekonomi dalam proyek yang sedang dikerjakan. Untuk sistem yang lebih besar, HOMER dapat memberikan gambaran penting yang membandingkan biaya dan kelayakan konfigurasi yang berbeda, sehingga desainer dapat menggunakan perangkat lunak yang lebih khusus untuk model kinerja teknis. Analisis sensitivitas HOMER

membantu menentukan dampak potensial dari faktor yang tidak pasti seperti harga bahan bakar atau kecepatan angin pada sistem tertentu.

III. METODE PENELITIAN

Tahap awal alur penelitian dimulai dari survei dan observasi lokasi penelitian yaitu Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta. Kemudian berikutnya adalah mengumpulkan data yang berkaitan dengan judul penelitian baik data primer maupun data skunder. Setelah memperoleh data yang sesuai dengan fokus penelitian, maka tahap berikutnya adalah mengolah data dengan melakukan perhitungan matematis dan dilanjutkan dengan perancangan sistem pembangkit listrik berbasis biogas. Kemudian tahap terakhir dari penelitian ini adalah menganalisa data dan menulis laporan hasil penelitian sekaligus memberikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan..



Gambar 3. Alur Penelitian

IV. HASIL DAN ANALISIS

A. Potensi Biogas Dusun Ngentak

Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta memiliki 150 ekor sapi (1 ekor sapi dapat menghasilkan 25 kg kotoran), dimana satu ekor sapi dapat menghasilkan biogas 0,94 m³ / hari. Sehingga jika dikalkulasikan, biogas yang dihasilkan dari peternakan sapi tersebut adalah sebesar 141 m³/ hari.

Diketahui bahwa 1 m³ biogas dapat membangkitkan tenaga listrik sebesar 1,24 kWh [5] sehingga untuk 141 m³ biogas dapat membangkitkan energi sebesar:

Besar energi = volume biogas x energi yang dibangkitkan per m³

$$= 141 \text{ m}^3 \times 1,24 \text{ kWh}$$

$$= 174,84 \text{ kWh.}$$

Daya = 174,84 kWh : 24 Jam

$$= 7,285 \text{ kW}$$

Jadi secara teoritis besar energi biogas di Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta adalah sebesar 174,84 kWh dengan daya yang dihasilkan sebesar 7,285 kW.

B. Generator Set 1200 watt

Dengan asumsi generator biogas akan dioperasikan selama 24 jam dalam sehari, maka energi keluaran dari pembangkit listrik berbasis biogas ini adalah:

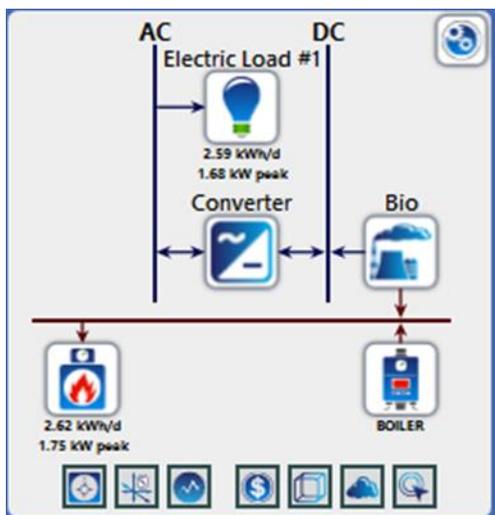
$$\begin{aligned} \text{Energi} &= \text{Daya} \times \text{Waktu} \\ &= 1200 \text{ watt} \times 24 \text{ Jam} \\ &= 28.800 \text{ Wh.} \end{aligned}$$

Kemampuan digester dengan daya 7.285 watt mampu untuk generator dengan kapasitas 1200 Watt. Bila diketahui mesin generator dengan kapasitas 1.200 watt dengan kemampuan digester 7.285 watt, maka digester dapat menampung gas selama 6,07 hari.

Adapun biogas yang dibutuhkan untuk menyalakan genset selama 24 jam berdasarkan minimal konsumsi biogas yang tertera pada spesifikasi genset (1,46m³/hour) adalah = 24 jam x 1,46m³/hour = 35,04m³/hari. Sementara itu gas yang dihasilkan 150 ekor sapi adalah 141 m³ dalam 24 jam. Jadi proses pembentukan biogas untuk menggerakkan generator minimal 35,04 m³ untuk pemakaian 24 jam, diperlukan waktu selama (35.04 m³)/(141 m³) = 0,248 hari = 0,25 hari. Lamanya genset beroperasi untuk volume biogas 141 m³ dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{\text{volume produksi biogas}}{\text{biogas untuk genset}} = \frac{141}{1,46} = 98,57 \text{ hari.}$$

C. Analisis Homer



Gambar 4. Skematik rancangan pembangkit listrik biogas

Pada Gambar 4 terdapat beberapa komponen meliputi beban thermal, boiler, generator biogas, converter, dan beban AC. Fungsi beban thermal yaitu sebagai energi untuk memanaskan air pada boiler. Fungsi boiler pada rangkaian diatas yaitu sebagai wadah tempat terjadinya proses pemanasan air untuk menghasilkan uap panas. Fungsi generator yaitu sebagai pembangkit energi listrik. Fungsi converter yaitu merubah arus DC dari generator menjadi arus

AC yang dapat digunakan oleh beban AC. Berikut merupakan proses sistematika pada Gambar 4.2.

1. Beban thermal memanaskan air pada boiler.
2. Air yang sudah dipanaskan pada boiler akan menghasilkan uap panas.
3. Uap panas tersebut diarahkan untuk memutar motor pada generator yang kemudian akan menimbulkan energi listrik yang bersifat DC.
4. Arus DC dari generator dialirkan menuju converter untuk dikonversikan menjadi arus AC.
5. Arus AC dialirkan ke beban.

D. Analisis Ekonomi

Nilai ekonomis sistem pembangkit listrik biogas diperlihatkan pada Tabel 2

Tabel 2. Nilai Ekonomis Sistem Pembangkit Listrik Biogas

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Produksi Energi (kWh) / tahun	1.535
NPC (Rupiah)	422.820.079
Cost of Energy (Rp/kWh)	30.775

Total produksi energi menggunakan sistem pembangkit listrik biogas menghasilkan daya sebesar 1.535 kWh/tahun. Hasil dari total produksi energi dapat dilihat pada Table 2 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

Tabel 3. Data Total Produksi Energi per Tahun

Komponen	Produksi (kWh)
Generator	1.535

$$E_{\text{tot.prod}} = 1.535 \text{ kWh}$$

Net Present Costs sistem sebesar Rp 422.820.079. Hasil Net Present Costs dapat dilihat pada Tabel 4 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 4

Tabel 4. Hasil Perhitungan Net Present Cost Perangkat Lunak HOMER

Component	Capital	Replacement	O&M	Fuel	Salvage	Total
Generic Biogas Generator	5.000.000	4.205.745	0	365.193.527	-3.729.812	370.669.459
HOMER Load Following	0	0	0	0	0	0
System Converter	10.000.000	0	1.000.000	0	0	1.736.637
Other	15.000.000	0	13.575.410	0	0	28.575.410
System	30.000.000	4.205.745	27.150.620	365.193.527	-3.729.812	422.820.079

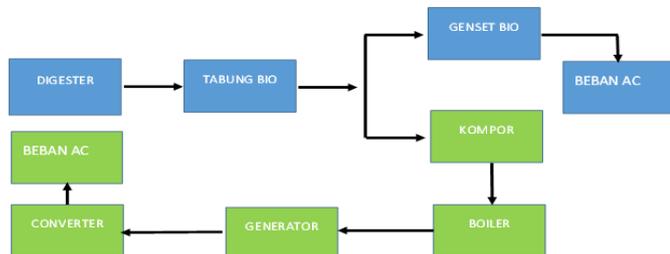
$$\text{NPC} = \text{Rp } 30.000.000 + \text{Rp } 4.205.745 + \text{Rp } 27.150.620 + \text{Rp } 365.193.527 - 3.729.812$$

$$\text{NPC} = \text{Rp } 422.820.079$$

Cost of Energy sistem Rp 30.775/kWh. Data hasil total energi melayani beban dan biaya total per tahun yang digunakan untuk menghitung Cost of Energy dapat dilihat pada Table 2 dan dihitung dengan menggunakan persamaan 5

Kriteria Penilaian	Nilai
Total Energi Melayani Beban (kWh/tahun)	946
Biaya total tahunan (Rp)	31.146.485

E. Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Biogas



Gambar 5. Skema Sistem Pembangkit Listrik Biogas

Berdasarkan Gambar 5. dapat dijelaskan bahwa digester merupakan tempat produksi biogas. Biogas kemudian diarahkan menuju penampungan tabung biogas. Biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar ‘Genset Biogas’ yang kemudian akan membangkitkan listrik untuk beban AC. Dan atau biogas dari tabung biogas digunakan sebagai energi untuk menyalakan api kompor yang kemudian akan memanaskan air pada boiler. Air yang sudah dipanaskan akan menimbulkan uap dan tekanan sehingga mampu menggerakkan generator. Dari hasil putaran generator menimbulkan arus DC yang kemudian akan dijadikan sebagai arus AC oleh converter dan selanjutnya dapat disalurkan ke beban AC (lampu).

Adapun spesifikasi komponen pembangkit diatas yaitu:

No	Komponen	Spesifikasi	Volume	Harga (Rp)
1	Digester	Jenis : fixed-dome/ 2.000kg (capacity) Bahan : adukan bata dan semen	4 unit	6.000.000
2	Tabung Bio	Jenis : tandon air (145m ³) Bahan : plastik	1 unit	3.000.000
3	Genset Bio	AC voltage : 230 V AC out/max : 1,2 kW (running power), 1,3 Kw (peak power) Frek : 50/60 Hz Fuel : Biogas/0,55 liter (capacity)	1 unit	5.000.000

F. Biaya Investasi

Biaya investasi adalah biaya awal yang dikeluarkan untuk melengkapi sarana dan prasarana dalam mewujudkan suatu proyek. Pada pembangunan instalasi biogas, biaya investasi dikeluarkan secara keseluruhan pada awal proyek. Secara umum, umur ekonomis dari instalasi biogas adalah selama 15 tahun.

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)
1	Instalasi Biogas	1	Unit	9.000.000

2	Generator Set	1	Unit	5.000.000
Total biaya				14.000.000

Biaya operasional umumnya terdiri dari biaya tenaga kerja dan biaya perawatan, yaitu antara lain mencakup:

1. Air untuk membersihkan dan mencampur kotoran pada digester.
2. Pengawasan dan pemeliharaan.
3. Penyimpanan dan pembuangan limbah kotoran kering.
4. Administrasi.

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)
1	Gaji pegawai	2	Orang	1.200.000
2	Biaya PAM	1	Unit	500
Total biaya				1.700.000

A. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dusun Ngentak, Poncosari, Srandakan, Bantul, Yogyakarta dengan populasi sapi 150 ekor berpotensi menghasilkan biogas sebesar 141 m³ dengan potensi energi listrik yang dihasilkan 174,84 kWh dan daya yang dihasilkan sebesar 7,285 kW.
2. Pemilihan generator set biogas dengan kapasitas 1,2 kW cocok digunakan sebagai mesin konversi energi biogas menjadi energi listrik dalam sistem pembangkit sederhana dan pada sistem pembangkit HOMER menggunakan generator 2 kW.
3. Sistem pembangkit sederhana (Digester-biogas-Genset Biogas 1.200W-listrik) yang diasumsikan akan beroperasi selama 24 jam dalam sehari dapat membangkitkan energi sebesar 28,8 kWh sedangkan pada sistem pembangkit HOMER (Thermal-Boiler-Generator Bio 2 kW-Converter 10 kW-beban listrik) sebesar 4,26 kWh.
4. Investasi pembangunan Sistem pembangkit sederhana (Digester-biogas-Genset Biogas 1.200W-listrik) akan lebih mudah terealisasi dibanding dengan pembangunan sistem pembangkit HOMER (Thermal-Boiler-Generator Bio 2 kW-Converter 10 kW-beban listrik) dengan pertimbangan harga yang cukup tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Haryati, “Biogas : limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif,” *Wartazoa*, vol. 16, no. 3, pp. 160–169, 2006.

[2] B. Pengkajian and T. Pertanian, “PEMANFAATAN LIMBAH KANDANG DAN NILAI KABUPATEN KULON PROGO (Use of Manure and its Economic Value in Horticultur Plants on Sandy Soil in Galur

- Subdistrict , Kulon Progo District),” pp. 718–723, 2008.
- [3] K. Timur and K. Hargobinangun, “Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik,” vol. 2, pp. 83–89, 2010.
- [4] S. Salehin, A. K. M. S. Islam, R. Hoque, M. Rahman, A. Hoque, and E. Manna, “Optimized Model of a Solar PV-Biogas-Diesel Hybrid Energy System for Adorsho Char Island , Bangladesh,” no. February 2015, 2014.
- [5] L. L. Kasisira and N. D. Muiyia, “Assessment of the Effect of Mixing Pig and Cow Dung on Biogas Yield,” *CIGR Ejournal*, vol. XI, no. 2003, pp. 1–7, 2009.