

PERANCANGAN DAN APLIKASI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRIDA ENERGI SURYA DAN ENERGI BIOGAS DI KAMPUNG HAUR GEMBONG KAB. SUMEDANG

Nasrun Hariyanto, MT
Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Energi Elektrik
Institut Teknologi Nasional (Itenas)
Jl. PKH. Hasan Mustafa No 23 Bandung 40124 Indonesia
Email : nasrun@itenas.ac.id

Abstrak

Kebutuhan akan energi listrik yang semakin bertambah setiap tahunnya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penambahan pembangunan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil. Ketersediaan bahan bakar fosil tersebut terbatas sehingga semakin lama semakin habis, jadi diperlukan pembangkit energi listrik bahan bakar alternatif. Oleh karena itu perlu adanya pengembangan sumber-sumber energi alternatif yang dapat memberikan tambahan suplai energi listrik nasional. Salah satu pilihan energi alternatif yang mungkin dikembangkan di Negara ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas.

Metoda perancangan yang dilakukan adalah melakukan percobaan menggunakan panel surya dan genset biogas untuk menghasilkan energi listrik yang akan disalurkan ke rumah tangga sederhana dengan memanfaatkan penerangan lampu LED. Energi listrik yang dihasilkan dari surya panel 50 Wp disimpan di dalam baterai 48 Ah; 12 V, dan 50 kg kotoran sapi menghasilkan biogas sebanyak 5 m³ yang dapat menggerakkan genset 1 KVA selama 7 jam.

Kata kunci : hibrida, panel surya, genset, biogas, LED

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kebutuhan akan energi listrik yang semakin bertambah setiap tahunnya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penambahan pembangunan pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil. Ketersediaan bahan bakar fosil tersebut terbatas sehingga semakin lama semakin habis, jadi diperlukan pembangkit energi listrik bahan bakar alternatif.

Oleh karena itu perlu adanya pengembangan sumber-sumber energi alternatif yang dapat memberikan tambahan suplai energi listrik nasional. Salah satu pilihan energi alternatif yang mungkin dikembangkan di Negara ini adalah Pembangkit Listrik Energi Surya dan Pembangkit Listrik Energi Biogas.

Hal ini mengingat karena Negara Indonesia terletak di daerah khatulistiwa dimana matahari

bersinar sepanjang tahun. Sinar matahari ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui panel surya, dan biogas yang dihasilkan oleh kotoran sapi, kotoran manusia, dan sampah organik, Kotoran ternak seringkali menimbulkan dampak lingkungan. Misalnya bau busuk yang menyengat bila penanganannya tidak serius, sehingga dapat mengganggu masyarakat sekitar. Untuk itu perlu dibuat penampungan kotoran ternak yang dimanfaatkan pemanfaatan kotoran ternak tersebut menjadi bentuk lain yang lebih bermanfaat, misalnya diubah menjadi biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik.

Gabungan dari kedua sumber ini dapat kita gunakan langsung atau kita salurkan langsung ke beban. Jika disiang hari sel surya akan memberikan kontribusi yang cukup besar untuk menghasilkan energi listrik, tetapi di malam hari biogas dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik.

1.2. Tujuan

Agar pengembangan sumber energi alternatif khususnya pembangkit listrik tenaga Surya dan tenaga Biogas berjalan dengan lancar, Maka tujuan dalam perancangan ini difokuskan pada :

1. Mengevaluasi dan menganalisa sistem pembangkit hybrid.
2. Merancang peralatan menggunakan beban LED
3. Memperhitungkan investasi awal dari pembangkit hybrid.
4. Desa Haur gembong, kabupaten Sumedang diharapkan menjadi desa mandiri energi elektrik.

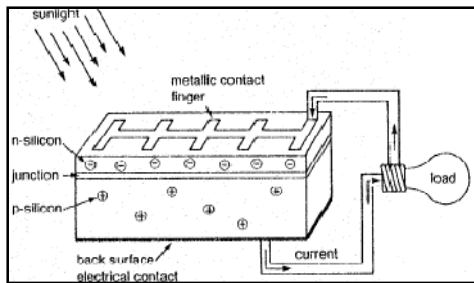
2. DASAR TEORI

2.1. Sel Surya

Sel surya adalah suatu bahan semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, di mana, dengan adanya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik, Perubahan ini disebut efek *photovoltaic*. Belakangan ini, *photovoltaic* lebih sering disebut sel surya, karena cahaya yang dijadikan energi listrik berasal dari sinar

matahari. Sel surya merupakan suatu pn junction dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan pengaruh sinar surya dari bahan semikonduktor, sel surya dapat langsung mengkonversi sinar matahari menjadi listrik arus searah (dc).

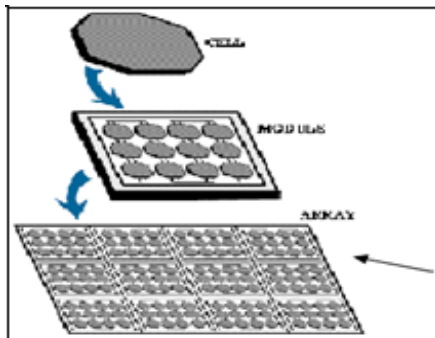
Bila sel surya itu mendapat sinar matahari, maka terjadi pergerakan elektron dan *hole*. Elektron-elektron dan *hole-hole* yang timbul di sekitar pn junction bergerak berturut-turut ke arah lapisan n dan ke arah lapisan p. Sehingga pada saat elektron-elektron dan *hole-hole* itu melintasi pn junction, timbul beda potensial pada kedua ujung sel surya. Jika pada kedua ujung sel surya diberi beban maka timbul arus listrik yang mengalir melalui beban.



Gambar 1. Diagram dari sebuah potongan Sel Surya

2.2. Panel Surya

Beberapa sel surya yang saling berhubungan satu sama lain membentuk suatu panel surya dan beberapa panel surya digabungkan menjadi satu kesatuan disebut array, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Komponen sistem sel surya

3. DASAR TEORI

3.1. BIOGAS

Biogas merupakan gas campuran metana (CH₄), karbondioksida (CO₂) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian bahan organik (seperti kotoran hewan, kotoran manusia, dan tumbuhan) oleh bakteri metanogen. Untuk menghasilkan biogas, bahan

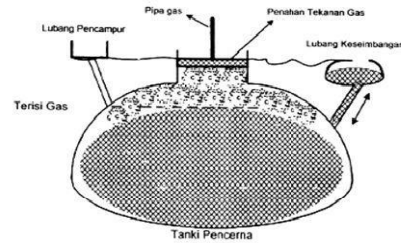
organik yang dibutuhkan, ditampung dalam reaktor. Biogas dihasilkan apabila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen.

Proses fermentasi adalah penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme. Fermentasi *anaerob* dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 50% metana. Gas inilah yang biasanya disebut dengan biogas.

Ada beberapa jenis reaktor biogas yang sering digunakan antara lain:

1. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed Dome*)

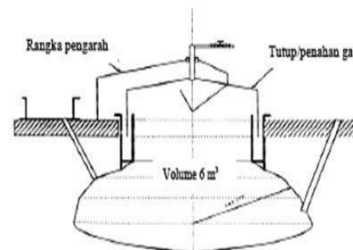
Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian kedua adalah kubah tetap. Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak. Gas yang dihasilkan dari material organik pada reaktor akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.



Gambar 3. Reaktor Kubah Tetap

2. Reaktor Terapung (*Floating Drum Reactor*)

Kelebihan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung isi gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanannya yang terapung maka tekanan gas konstan. Sedangkan kekurangannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan jenis kubah-tetap.



Gambar 4. Reaktor Terapung

3.2. Motor Bakar

Motor bakar merupakan salah satu mesin penggerak mula yang mempunyai peranan penting sebagai tenaga penggerak berbagai macam peralatan dari kapasitas kecil sampai besar. Jenis peralatan yang digerakkan adalah peralatan yang tidak bergerak.

Motor bakar terdiri dari motor dengan kerja bolak balik dan motor dengan kerja putar. Motor dengan kerja bolak-balik terdiri dari motor bensin dan motor Diesel, dengan sistem 2 tak maupun 4 tak.

Perbedaan utama motor bensin dengan motor diesel adalah pada sistem penyalanyaannya. Motor bensin dengan bahan bakar bensin dicampur terlebih dahulu dalam karburator dengan udara pembakaran sebelum dimasukkan ke dalam silinder (ruang bakar), dan dinyalakan oleh loncatan api listrik antara kedua elektroda busi. Karena itu motor bensin dinamai juga *Spark Ignition Engines*.

3.3. Generator AC

3.3.1. Generator Arus Bolak-balik

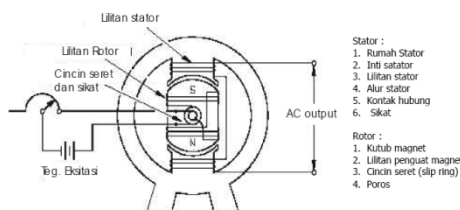
Konstruksi generator arus bolak-balik ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu :

- (1) Stator, yakni bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik.
- (2) Rotor, yakni bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator.

Stator terdiri dari badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi melindungi bagian dalam generator, kotak terminal dan name plate pada generator.

Inti Stator yang terbuat dari bahan ferromagnetik yang berlapis-lapis dan terdapat alur-alur tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator yang merupakan tempat untuk menghasilkan tegangan. Sedangkan, rotor berbentuk kutub sepatu (salient) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).

Konstruksi dari generator sinkron ini dapat dilihat pada Gambar 5.

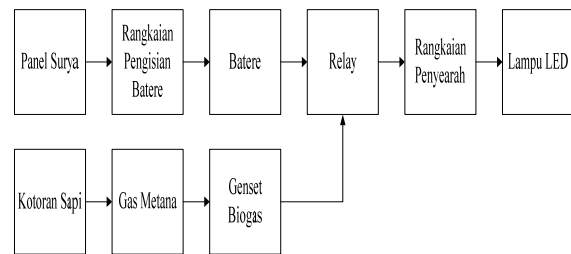


Gambar 5. konstruksi generator arus bolak balik

4. Perancangan dan aplikasi pembangkit listrik hybrid energi surya dan biogas

4.1. Konfigurasi Sistem

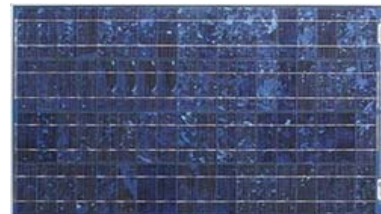
Dalam sistem ini energi surya yang diterima panel surya dirubah menjadi energi listrik DC. Tegangan panel surya langsung disimpan ke baterai. Gas hasil fermentasi biogas menghasilkan gas metana, dan gas metana ini bisa digunakan sebagai sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Motor bakar sebagai ruang pembakaran untuk menggerakkan genset, proses tersebut mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggunaan Energi listrik dari baterai dan genset biogas diatur oleh *relay*. Tegangan dialirkan ke rangkaian penyearah tegangan kemudian dimanfaatkan untuk mengoperasikan lampu LED.



Gambar 6. Diagram Blok Pembangkit listrik hybrid energi Surya dan Biogas

4.2. Perencanaan Panel Surya

Panel surya yang digunakan yaitu sel *silicon multicrystalline nitrida* ditunjukkan oleh gambar 7.



Gambar 7. Modul Panel Surya 50 W, tipe BP350

4.3. Perencanaan Genset Biogas

Hampir semua tenaga listrik yang dipergunakan saat ini bekerja pada sumber tegangan bolak balik (ac), karena generator ac adalah alat yang paling penting untuk menghasilkan tenaga listrik. Generator ac, umumnya disebut alternator, bervariasi ukurannya sesuai dengan beban yang akan disuplai

Generator yang dipakai dalam penelitian ini memiliki spesifikasi yaitu generator AC dengan merk SPICA Generator, tipe ET 1800 L berbahan bensin yang berkapasitas 1 KVA :



Gambar 8. Merk SPICA Generator, tipe ET 1800 L

Untuk bisa menghasilkan genset berbahan bakar gas metana harus dilakukan modifikasi pada *calbulator* dari genset berbahan bakar bensin dengan cara merubah diameter lubang *nozzel* hingga cukup besar. Yang berfungsi untuk memperbesar gas yang masuk dalam genset.



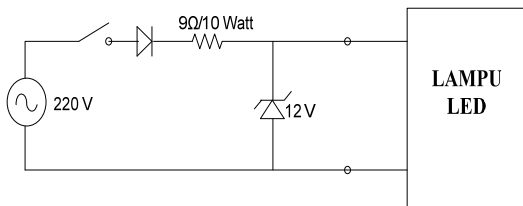
Gambar 9. Nozzel yang sudah dimodifikasi



Gambar 10. Generator berbahan bakar gas metana

4.4. Rangkaian Penyearah

Karena beban yang digunakan pada perancangan ini adalah Lampu LED maka tegangan inputnya adalah tegangan DC. Jadi, untuk menyearahkan tegangan keluaran genset 220 VAC menjadi 12 VDC harus menggunakan rangkaian penyearah tegangan.

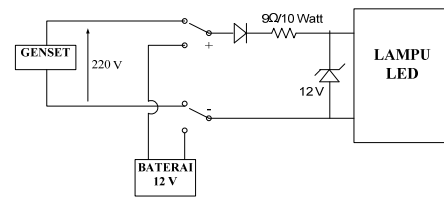


Gambar 11. Rangkaian Penyearah

4.5. Relay

Kombinasi antara pembangkit listrik energi surya dan biogas harus diatur waktu penggunaannya supaya lebih efisien, jika energi surya yang dihasilkan oleh PLTS disimpan terlebih dahulu dalam baterai maka energi biogas yang dihasilkan oleh genset baru akan digunakan pada saat beban puncak. Oleh karena itu kita membutuhkan relay untuk mengatur pemakaian energi yang digunakan.

Selama beban puncak genset biogas akan dinyalakan, apabila bahan bakar genset sudah habis maka relay akan men-switch dari sumber genset ke baterai yang telah dicharging oleh panel surya. Sehingga terjadi kontinuitas dalam suplai energi listrik ke beban.



Gambar 12. Rangkaian saklar menggunakan relay

Gambar 13 menunjuk bebab lampu 1000 W untuk pengujian generator



Gambar 13. Lampu pijar 600 W

Gambar 14 menunjukkan lampu LED daya 0,75W dibngun oleh 20 buah lampu LED putih.



Gambar 14. Lampu LED 0,75 W

Lampu LED yang digunakan pada perancangan adalah lampu LED putih 5 mm, sinar menyebar.

5. Data Percobaan dan Analisis

5.1. Pengujian Lampu LED

Dalam perancangan ini beban memakai lampu LED dengan daya 0.75W yang didapat dari hasil pengukuran:

$$V_{LED} = 12,5 \text{ V}$$

$$I_{LED} = 0,06 \text{ A}$$

Daya lampu LED adalah :

$$P_{LED} = V \times I$$

Tabel 5.1. Pengujian Flux cahaya terhadap ketinggian

Flux cahaya lampu LED	
Tinggi (cm)	Flux cahaya (lumen)
30	200
40	123
50	70
60	50
100	14
120	10
150	5
180	3
200	2

Dari data yang diperoleh dapat diukur besar intensitas cahaya setiap ruangan :

$$E_{rata-rata} = \frac{\phi}{A}$$

Dengan :

$$E_{rata-rata} = \text{Intensitas cahaya (lux)}$$

$$\phi = \text{Flux cahaya (lumen)}$$

$$A = \text{Luas bidang yang dikenai cahaya (m}^2\text{)}$$

5.2. Perhitungan Kapasitas Panel Surya dan Genset Biogas

Untuk menentukan kapasitas yang terpasang dalam perancangan Lampu LED energi surya dan biogas, perancang harus menentukan kapasitas dari komponen-komponen Lampu LED energi surya dan biogas, diantaranya :

1. Kapasitas lampu LED
2. Kapasitas baterai
3. Kapasitas Panel Surya
4. Kapasitas alat pengisian baterai
5. Kapasitas genset biogas

5.2.1. Kapasitas Lampu LED

Penentuan kapasitas LED terlebih dahulu mengetahui kebutuhan dari pemakaian beban lampu. Dalam perancangan ini diasumsi kebutuhan lampu untuk rumah tangga sederhana adalah 5 lampu, dan mengalirkan energi listrik ke 150 rumah.

Pada sistem yang dirancang, panel surya menyimpan arus pada baterai. Lalu baterai dapat mensuplai daya selama 6 jam, baterai mulai bekerja pada pukul 00.00 WIB s.d 06.00 WIB. Maka besar

energi beban yang akan disuplai oleh baterai adalah sebesar:

$$E_S = 900 \text{ Wh}$$

Dengan :

$$E_S = \text{Energi beban yang disuplai baterai (Wh)}$$

Asumsi rugi-rugi pada sistem dianggap sebesar 15%, karena keseluruhan komponen sistem yang digunakan masih baru (Mark Hankins, 1991: 68). Total energi sistem yang disyaratkan adalah sebesar:

$$E_T = E_S + \text{Rugi-rugi sistem}$$

5.2.2. Kapasitas Baterai

Satuan energi sistem dalam watt hour (Wh) dikonversikan menjadi amper hour (Ah) yang sesuai dengan satuan kapasitas baterai sebagai berikut :

$$Ah = \frac{E_S}{V_s}$$

Hari otonomi (d) yang ditentukan adalah satu hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkannya pada hari itu juga. Besarnya *deep of discharge* (DoD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68). Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah:

$$C_b = \frac{Ah \times d}{DOD}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas baterai diatas dan mempertimbangkan kondisi terburuk yaitu kondisi satu hari tanpa sinar matahari maka kapasitas baterai yang digunakan adalah 5 buah baterai 12 Volt 48 Ah yang dipasang secara paralel.

5.2.3. Kapasitas Panel Surya

Kapasitas daya panel surya dapat diperhitungkan dengan memperhatikan beberapa faktor yaitu :

- a. Kebutuhan energi sistem yang disyaratkan. Kebutuhan energi selama 6 jam yang disyaratkan sebesar 900 Wh.
- b. Intensitas radiasi matahari
Dari data Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) dan National Aeronautics and Space Administration (NASA) dapat dilihat intensitas radiasi matahari untuk wilayah Kabupaten Sumedang sebesar 4.95 KWh/m².
- c. Faktor penyesuaian (*adjustment factor*). Faktor penyesuaian pada kebanyakan instalasi PLTS adalah 1,1 (Mark Hankins, 1991: 68).

$$\text{Kapasitas daya panel surya} = \frac{E_T}{WIM} \times fp$$

Dengan :

$$WIM = \text{Waktu Insolasi matahari}$$

$$fp = \text{faktor penyesuaian}$$

Berdasarkan perhitungan kapasitas daya panel surya diatas dan mempertimbangkan jumlah baterai yang digunakan untuk mensuplai beban dengan asumsi satu hari tanpa sinar matahari maka panel surya yang digunakan adalah delapan buah panel

surya kapasitas 50 Wp yang dipasang paralel. Energi yang dihasilkan delapan buah panel surya dengan kapasitas 400 Wp adalah :

$$E_o = 8 \times (\text{Intensitas matahari} \times \text{dimensi panel surya} \times \text{efisiensi panel surya})$$

5.2.4. Kapasitas Alat Pengisian Baterai

Beban pada sistem PLTS mengambil energi dari baterai. Kapasitas arus yang mengalir pada alat pengisian baterai dapat ditentukan dengan mengetahui beban maksimal yang terpasang. Beban maksimal yang terjadi pada malam hari adalah 225 watt pada pukul 04.00 WIB (Tabel 4.1). Dengan beban maksimal tegangan sistem adalah 12 volt maka kapasitas arus yang mengalir di alat pengisian baterai:

$$I_{\text{maks}} = \frac{P_{\text{maks}}}{V_s}$$

Jadi kapasitas alat pengisian baterai yang digunakan harus lebih besar dari 18.75 A. Selain itu juga hal yang dipertimbangkan adalah penambahan beban untuk kedepannya.

Berdasarkan perhitungan dan asumsi diatas maka kapasitas alat pengisian baterai yang digunakan adalah 12 Volt 20 Ampere.

5.2.5. Perhitungan kapasitas genset biogas

Sebagai percontohan Desa Haurgembong dengan 150 rumah warga. Untuk memenuhi suplai listrik mandiri untuk penerangan menggunakan lampu LED. membutuhkan 1 reaktor dengan kapasitas 6 m³, 3 ekor sapi dengan 50 kg kotoran sapi dengan genset berkapasitas 1 KVA. Setiap rumah diberi daya maksimum sebesar 3,75 watt.

Kotoran sapi 50 kg bisa menghasilkan 5 m³ gas metana, gas metana tersebut bisa menghidupkan genset 1 KVA dengan beban maksimal 600 watt selama 7 jam.

Pada sistem yang dirancang genset biogas mensuplai daya selama 7 jam, genset mulai bekerja pada pukul 17.00 WIB s.d 24.00 WIB. Maka besar energi beban yang disuplai genset adalah :

$$E_G = 2925 \text{ Wh}$$

Dengan :

$$E_G = \text{Energi beban yang disuplai genset biogas (Wh)}$$

6.1. Kesimpulan

Setelah melalui beberapa proses pengujian alat serta dari data yang didapat dari perancangan dan aplikasi pembangkit listrik hybrid energi surya dan genset biogas dan LED sebagai sumber penerangan rumah, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Panel surya difungsikan sebagai sumber energi untuk mengisi baterai pada siang hari, kemudian baterai dan genset biogas difungsikan sebagai

sumber energi untuk penerangan pada malam hari.

2. Berdasarkan perhitungan, pembangkit listrik hybrida energi surya dan genset biogas dapat mensuplai energi untuk 150 rumah sebagai penerangan dengan beban masing-masing rumah 3,75 Watt.
3. Berdasarkan perhitungan, pembelian peralatan pembangkit listrik hybrida bisa dilunasi dalam waktu 28 bulan dan bisa dikatakan sebagai desa mandiri energi elektrik.

6.2. Saran

1. Untuk perancangan ini sebaiknya dikembangkan, tidak sebatas pencahayaan saja. Bisa dikembangkan untuk alat-alat elektronik yang lain.
2. Untuk pemanfaatan gas metana sebagai sumber bahan bakar genset biogas disarankan dalam bahan pakan ternak harus ditambah bahan konsentrat sehingga bisa menghasilkan gas metana lebih dari 65% yang bisa digunakan sebagai bahan bakar genset biogas menjadi energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

1. *Small Solar Electric Systems for Africa*. Motif Creative Arts Hankins, Mark. 1991., Ltd. Kenya.
2. *Listrik Tenaga Surya Fotovoltaik*. Lubis, Abubakar dan Adjat Sudrajat. 2006. BPPT Press, Jakarta.
3. *The Solar Electric House*. Solar Design Associates. Strong, Steven J, 1987
4. Energi alternatif biogas, Firdaus, I, U. 2009 <http://www.migas indonesia.com/index.php>
5. Anonim, " Fermentasi", <http://id.wikipedia.org/wiki/Fermentasi>
6. *Rancangan bangun pembangkit listrik tenaga biogas*, Joko Purnomo, Laporan Tugas akhir, Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2009.
7. *Data Sheet*, <http://www.datasheetcatalog.com/>
8. *Electric machinery*, Fitzgerald, Mac Graw Hill, 1995