



JURNAL SUTET

Volume 7 - Nomor 1

Januari - Mei 2017

ISSN : 2356-1505

DESAIN SISTEM ALARM MOBIL BERBASIS SMS
Erlina; Hendrianto Husada; Bambang Tri Atmodjo

KELAYAKAN PENGGUNAAN PENDINGIN THERMOELEKTRIK UNTUK PENGHEMATAN DAYA LISTRIK PADA BASE TRANSCEIVER
Sunaryo; Uno Bintang Sudibyo; Supriadi Legino

WITRICITY (WIRELESS ELECTRICITY)
Aas Wasri Hasanah; Oktaria Handayani

CONCEPTUAL DESIGN FOR MITIGATING HARMONIC DISTORTION ON ESP INSTALLATION: CASE STUDY IN KAJI SEMOGA FIELD, MEDCO E&P INDONESIA
Sandy Suryakusuma; Suprpto Atmowiranto; Dadang Darmawan

RANCANGAN RANGKAIAN ANTI *BOUNCING* UNTUK RANGKAIAN DIGITAL
Tasdik Darmana

STUDI *POWER WHEELING* DIKAWASAN INDUSTRI JABABEKA
Bimo Brillianta; Uno Bintang Sudibyo; Wildan Aripin

PEMASANGAN *ARRESTER* DAN *ARCING HORN* PADA PENGHANTAR BERISOLASI DI SUTM 20 kV
Christine Widyastuti; Andi Makkulau

PENGELOLAAN EMISI GAS *LANDFILL* (BIOGAS) SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN
Isworo Pujotomo; Muchamad Nur Qosim

DISAIN SISTEM PENTANAHAN PROTEKSI PETIR SISTEM *MULTIPLE VERTICAL ELECTRODES* PADA TERMINAL LAWE-Lawe – PERTAMINA DHP
Ibnu Hajar

ANALISA DCS (*DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM*) PADA PROSES POLIMERISASI
Syarif Hidayat; Irsyadi Akbar Jay

PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SISTEM *SMART MICROGRID* DI SEKOLAH TINGGI TEKNIK PLN
Heri Suyanto; Agung Hariyanto



SEKOLAH TINGGI TEKNIK - PLN (STT-PLN)

JURNAL SUTET

VOL. 7

NO. 1

HAL.1 - 67

JANUARI - MEI 2017

ISSN : 2356-1505

PENGELOLAAN EMISI GAS LANDFILL (BIOGAS) SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN

Isworo Pujotomo¹⁾, Muchamad Nur Qosim²⁾
Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN
E-mail : ¹isworop@yahoo.com
²mn_qosim@yahoo.com

Abstract : *The final landfill is a place to hoard the garbage and the bin gets the last treatment. The final disposal site may be either deep or field-shaped. In recent years, dumped end landfills have finally been converted to a public open space. Final waste disposal site is one of the biggest sources of landfill gas emissions in Indonesia. In the anaerobic process, the organic material decomposes and the landfill gas is produced. This gas then converges and rises regardless of the atmosphere. This becomes dangerous because it can cause an explosion, but it can also cause photochemical smog.*

Keywords: *waste, landfill gas, biogas, methane*

Abstrak : *Tempat pembuangan akhir adalah tempat untuk menimbun sampah dan tempat sampah mendapatkan perlakuan terakhir. Tempat pembuangan akhir dapat berbentuk sumur dalam atau berbentuk area lapangan. Beberapa tahun belakangan, tempat pembuangan akhir yang terbengkalai akhirnya dialih fungsikan menjadi ruang terbuka public. Tempat pembuangan akhir merupakan salah satu sumber terbesar emisi gas landfill yang menjadi permasalahan di Indonesia. Dalam proses anaerobik, maka bahan organik tersebut terurai dan gas landfill dihasilkan. Gas ini kemudian berkumpul dan naik terlepas ke atmosfer. Hal ini menjadi berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan, selain itu juga dapat menyebabkan photochemical smog.*

Kata kunci : *sampah, landfill gas, biogas, methane*

I. PENDAHULUAN

Tempat pembuangan akhir adalah tempat untuk menimbun sampah dan tempat sampah mendapatkan perlakuan terakhir. Tempat pembuangan akhir dapat berbentuk sumur dalam atau berbentuk area lapangan. Beberapa tahun belakangan, tempat pembuangan akhir yang terbengkalai akhirnya dialihfungsikan menjadi ruang terbuka publik. Namun beberapa dampak baik positif ataupun negative dari pengalihfungsian ini muncul. Dampak positif yang muncul dari pengalihfungsian ini adalah apabila dikelola dengan baik, maka area ini secara lingkungan ataupun teknologi dapat memberikan keuntungan finansial bagi masyarakat sekitarnya. Sedangkan dampak negatifnya adalah adanya permasalahan lingkungan dan kesehatan akibat adanya gas *landfill* yang

disebabkan oleh pembusukan sampah organik.

Tempat pembuangan akhir merupakan salah satu sumber terbesar emisi gas *landfill* yang menjadi permasalahan di Indonesia, khususnya di Bandung. Bandung sendiri menghasilkan 1.500 ton sampah perhari dengan perbandingan 60% sampah organik dan 40% sampah non organik. Tanpa disadari, emisi gas *landfill* sebenarnya memiliki potensi apabila diolah dan dikelola dengan baik dengan teknologi yang maksimal. Gas *landfill* atau biasa disingkat dengan LFG dihasilkan ketika sampah dihancurkan di tempat pembuangan akhir. Gas *landfill* terdiri dari berbagai komponen, diantaranya adalah metana (CH₄), gas alam, dan sisanya CO₂. Adanya penghancuran sampah di tempat pembuangan akhir mempengaruhi iklim secara global. Penghancuran sampah di

tempat pembuangan akhir menghasilkan gas metana (CH_4) yang berpotensi 21 kali lipat lebih kuat dalam menyumbang efek rumah kaca dibandingkan dengan gas karbon dioksida. Perlu diketahui bahwa gas metana memiliki waktu hidup yang singkat, namun memiliki efek yang besar dalam merusak ozon. Untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh gas metana (CH_4), diperlukan beberapa strategi. Strategi pengelolaan dalam mengurangi emisi gas *landfill*, khususnya gas metana (CH_4) yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi sampah organik dan melakukan proses penghancuran sampah dan mengkonversinya menjadi energy.

II. LANDASAN TEORI

2.1. *Landfill Gas* (Biogas)

Landfill gas atau disingkat dengan LFG adalah gas yang dihasilkan oleh berbagai limbah organik berbentuk padat yang dibuang di *landfill*. Sampah ditimbun dan ditekan secara mekanis. Dalam proses anaerobik, maka bahan organik tersebut terurai dan gas *landfill* dihasilkan. Gas ini kemudian berkumpul dan naik terlepas ke atmosfer. Hal ini menjadi berbahaya karena dapat menyebabkan ledakan, selain itu juga dapat menyebabkan *photochemical smog*. Gas *landfill* sendiri memiliki komposisi yang bervariasi, tergantung pada asal proses anaerobik. Pada umumnya, gas *landfill* memiliki komposisi metana (CH_4) sebanyak 50-75%, CO_2 sebanyak 25-45%, N_2 sebanyak 0-0.3%, H_2 sebanyak 1-5%, H_2S 0-3%, dan O_2 sebanyak 0,1-0,5%. Dalam beberapa proses, gas *landfill* juga mengandung siloksan. Siloksan tersebut dilepaskan dan dapat bereaksi dengan oksigen bebas, sehingga terbentuk endapan dengan kandungan SiO_2 , yang juga mengandung kalsium, sulfur, zinc, dan fosfor. Endapan-endapan ini apabila menebal bersifat abrasif, hingga dapat merusak mesin yang ada di sekitarnya.

Metana (CH_4) tidak beracun namun sangat mudah terbakar. Metana reaktif pada oksidator dan halogen. Metana juga bersifat asfiksian dan dapat menggantikan

oksigen dalam ruangan tertutup. Gas metana dapat masuk ke dalam gedung dekat dengan tempat pembuangan akhir dan menyebabkan orang di dalamnya terpapar metana, sehingga beberapa gedung perlu dilengkapi dengan sistem keamanan yang dapat menghisap gas metana dan dibuang keluar gedung. Perlu diketahui bahwa emisi metana memiliki efek 25 kali lipat daripada emisi CO_2 dengan jumlah yang sama dalam periode 100 tahun. Metana memiliki waktu hidup di udara selama 8.4 tahun, namun memiliki efek yang besar, baik terhadap atmosfer atau terhadap kesehatan.

Berbagai dampak negatif dari gas *landfill* ini dapat diatasi dengan beberapa cara sehingga menghasilkan keuntungan. Apabila gas *landfill* diolah dengan baik, maka 1 m^3 biogas setara dengan setengah liter minyak diesel. Selain itu, limbah dari biogas dapat digunakan sebagai pupuk yang kaya unsur. Gas *landfill* juga dapat menggantikan CNG atau *Compressed Natural Gas* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan, pembangkit listrik, pemanas ruangan, dan pemanas air. Selain itu energi yang dihasilkan dari gas *landfill* dapat mengurangi bau dan mencegah gas metan terlepas ke atmosfer. Energi dari pengolahan gas *landfill* dapat mencegah sekitar 60-90% metana yang dihasilkan di tempat pembuangan akhir. Metana dapat diproses menjadi air dan CO_2 ketika gas diubah menjadi listrik. Selain itu, pengolahan ini juga dapat mengurangi polusi udara.

Secara sosial ekonomi, adanya proyek pengolahan energi dari gas *landfill* juga menciptakan lapangan kerja penghasilan yang baru, dan dapat menghemat biaya pemakaian bahan bakar. Sebagai contoh, proyek pengolahan energy dari gas *landfill* di Amerika Serikat dapat mengurangi emisi metan sebesar 14 juta m^3 ton setara karbon. Keuntungannya adalah setara dengan penanaman 18 juta are hutan, atau mengurangi emisi tahunan dari 13 juta mobil. Sementara 600 tempat pembuangan akhir di Amerika Serikat yang berpotensi menghasilkan listrik dari gas metana, ternyata berdasar perhitungan dapat menghasilkan listrik

bagi 1 juta rumah, sehingga tidak harus menggantungkan diri pada perusahaan penyedia listrik milik negara.

2.2. Pembentukan *Landfill Gas* (Biogas)

Pembentukan biogas terjadi melalui proses fermentasi, proses tersebut pada umumnya merubah bahan organik dengan bantuan mikroorganisme anaerobik menjadi komposisi senyawa CH_4 , CO_2 , H_2 , NH_3 , dan H_2S . Proses penguraian bahan organik dalam digester terjadi melalui tiga tahapan, yaitu: tahap hidrolisis, tahap pengasaman (*asidifikasi*), dan tahap metanogenesis. Tahap hidrolisis merupakan penguraian bahan organik kompleks yang mudah larut (karbohidrat, protein, dan lemak) menjadi senyawa yang lebih sederhana. Tahap pengasaman (*asidifikasi*) adalah tahap dimana senyawa sederhana yang diproses dari tahap hidrolisis menjadi senyawa asam, seperti asam asetat, asam propionate, asam butirat, dan asam laktat dan produk sampingan berupa alkohol, CO_2 , hydrogen, dan amonia. Tahap terakhir adalah metanogenesis yang memproses hasil senyawa asam menjadi metan, karbondioksida, dan air dengan bantuan bakteri metanogen. Komponen hasil tahap metanogenesis merupakan penyusun dari biogas (Wahyuni, 2011)

Proses pembentukan biogas yang maksimal harus didukung dengan parameter-parameter kondisi bahan organik dan kondisi lingkungan yang sesuai. Parameter-parameter tersebut adalah jenis bahan organik, derajat keasaman, imbalanced C/N, suhu, laju pengumpanan, zat toksik, pengadukan, starter, dan waktu retensi. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi tingkat fermentasi oleh mikroorganisme. Adapun kondisi lingkungan yang mesti dikontrol adalah derajat keasaman berada pada pH 6.5-7.5 dan suhu lingkungan diantara $32^\circ\text{--}37^\circ$. (Wahyuni, 2011).

III. METODOLOGI PENELITIAN

The Bio-Gas Digester:



Gambar 1. Digester Biogas

(Sumber : <https://magenta45ipb.wordpress.com/>)

Ada beberapa jenis reaktor biogas yang dikembangkan diantaranya adalah reaktor jenis kubah tetap (*Fixed Dome*), reaktor terapung (*Floating Drum*), dan reaktor balon. Dari ke tiga jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (*Fixed Dome*) dan jenis Drum mengambang (*Floating Drum*). Beberapa tahun terakhir ini dikembangkan jenis reaktor balon yang banyak digunakan sebagai reaktor sederhana dalam skala kecil. Berikut ini dijelaskan masing-masing jenis-jenis reaktor biogas, yaitu :

3.1. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed Dome*).

Reaktor ini disebut juga reaktor China. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di China sekitar tahun 1930-an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam maupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*Fixed Dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah. Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena

tidak memiliki bagian yang bergerak yang menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.

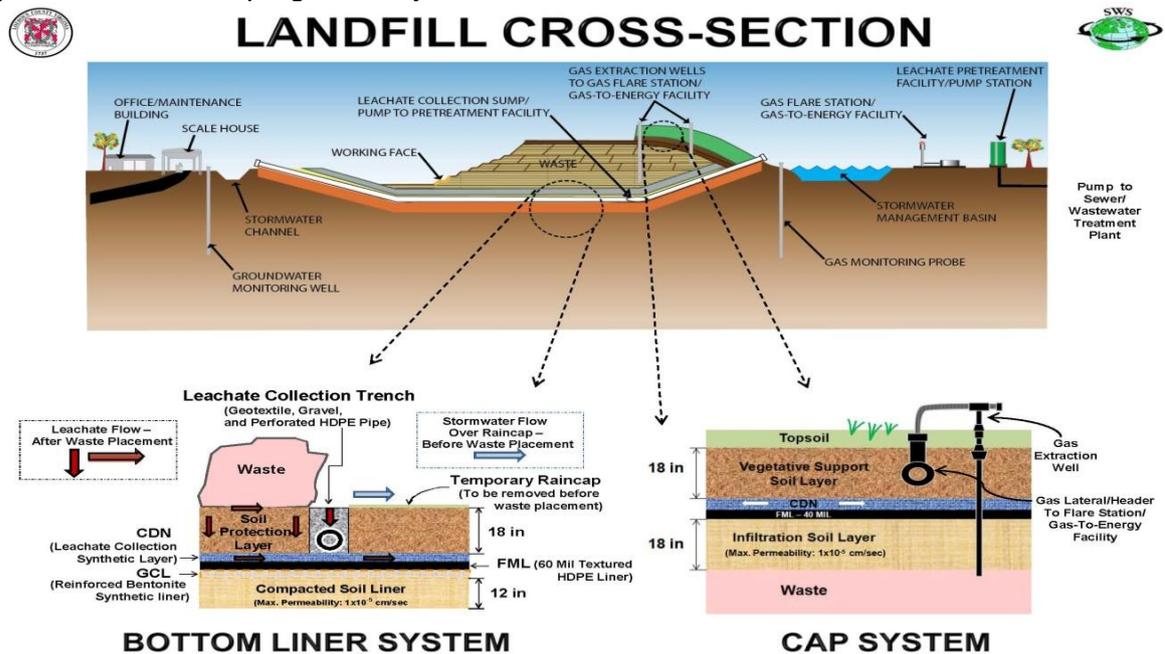
3.2. Reaktor Floating Drum

Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena

tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya 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 menggunakan tipe kubah tetap.

3.3. Reaktor Balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpan gas masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas.



Gambar 2. Pengelolaan emisi Landfill Gas (biogas)

IV. ANALISA KOMPOSISI PENGGUNAAN LANDFILL GAS (Biogas)

Menurut Ana (2008), Komposisi terbesar biogas yang dihasilkan dari fermentasi adalah gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂) dengan nilai komposisi yang ditampilkan pada Tabel 1.

Gas metana (CH₄) yang merupakan komponen utama biogas merupakan bahan bakar yang berguna, itu sebabnya biogas dapat dipergunakan untuk keperluan penerangan, memasak, menggerakkan mesin dan sebagainya yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi biogas

No.	Gas	Hadi (1981)	Price (1981)
1	Metana (CH ₄)	54-70	65 – 75
2	Karbondioksida (CO ₂)	27-35	25 – 30
3	Nitrogen (N ₂)	0.5 – 2.0	Kurang dari 1.0
4	Hidrogen (H ₂)	–	Kurang dari 1.0
5	Karbon Monoksida (CO)	0.1	–
6	Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	kecil	Kurang dari 1.0

(Sumber : United Nation (1978) dalam Sri Wahyuni (2011))

- a. CO₂, sekitar 25% sampai 50% per volume, akibat yang ditimbulkan kandungan CO₂ yaitu menurunkan nilai kalori, meningkatkan jumlah methane dan anti *knock* pada *engine*, menyebabkan korosi (kurangnya kandungan karbon acid) jika gas dalam keadaan basah, serta merusak alkali dalam baan bakar biogas ini.
- b. H₂s, sekitar 0 sampai 0,5%, akibat yang ditimbulkan kandungan H₂S yaitu : mengakibatkan korosi pada peralatan dan system perpipaan (*stress corrosion*) oleh karena itu banyak produsen mesin menetapkan batas maksimal H₂S yang terkandung hanya 0,05% saja.
- c. NH₃, sekitar 0-0,05%, emisi NO_x setelah pembakaran merusak kandungan bahan bakar biogas ini, dan meningkatkan sifat anti-*knock* pada *engine*.
- d. Uap air, sekitar 1-5%, dapat menyebabkan korosi, resiko pembekuan, pada peralatan, *instrument*, *plant* dan system perpipaan.
- e. Debu/*Dust*, sekitar >5µm, mengakibatkan terhalangnya *nozzle*, dan kandungan biogas.
- f. N₂, sekitar 0-5%, akibat yang ditimbulkan yaitu mengurangi kandungan nilai kalori, dan meningkatkan anti-*knock* pada *engine*
- g. *Siloxanes*, sekitar 0-5mg m⁻³, mengakibatkan terjadinya *abrasive* dan kerusakan pada mesin.

Kombinasi dari biomassa dan CO-substrat dapat membantu dalam menurunkan kadar CO₂ yang dihasilkan selama proses fermentasi. Dengan FAF sebagai co-fermentasi, kandungan CO₂ adalah sekitar 35% – lebih rendah dari yang diperoleh dengan hanya fermentasi pupuk kandang cair (sekitar 40%). Jika jagung dan kotoran digunakan sebagai co – ferments CO₂ sekitar 45%.

Tabel 2. Penggunaan metana dan kebutuhannya

Kebutuhan	Quantity (m ³)	Rate
Penerangan	0.07-0.08	1 petromaks/jam
Motor Bakar (CH ₄)	0.42	Per kWjam
Motor Bensin (Biogas)	0.60	Per kWjam

(Sumber: Barnett (1982))

Banyaknya kandungan gas metana pada biogas mengakibatkan biogas dapat dijadikan sumber energi. Pada beberapa literatur sering disebutkan nilai energi yang berbeda dari limbah yang berbeda terlihat pada Tabel 3, hal ini berkaitan erat dalam kondisi lingkungan setempat dan karakteristik subtraksi yang tidak selalu sama. Nilai fisik pada biogas untuk menjadi sumber energi dapat terlihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi limbah dan biogas yang dihasilkan.

Bahan baku	Potensi Gas per Kg Kotoran (m ³)	Suhu (°C)	% CH ₄	Waktu Fermentasi (Jam)
Limbah sapi atau kerbau	0.023-0.040	34.6	58	10
Limbah ayam	0.065-0.116	37.3	60	30
Limbah manusia	0.020-0.028	20.0 – 26.2	–	21

(Sumber: Sri Wahyuni (2011))

Tabel 4. Komposisi bahan bakar biogas

Sifat Fisika	Keterangan
Nilai Metana	134
Nilai Kalor (kJ/kg)	18000
Massa jenis normal	1.16

(Sumber: Mitzlaff K (1988) dan Razbani O dkk, (2011))

Menurut Sri Wahyuni (2011), jumlah energi yang terdapat dalam biogas tergantung pada konsentrasi metana. Semakin tinggi kandungan metana, maka semakin besar kandungan energi (nilai

kalori) biogas. Sebaliknya, semakin kecil kandungan metana, semakin kecil nilai kalori. Selain itu, kualitas biogas juga dapat ditingkatkan dengan cara menghilangkan hidrogen sulfur, kandungan air, dan karbondioksida. Pasalnya, hidrogen sulfur mengandung racun dan zat yang menyebabkan korosi. Jika biogas mengandung senyawa ini, maka gas yang ditimbulkan menjadi berbahaya. Sementara itu, kandungan air dalam biogas akan menurunkan titik penyalan biogas serta dapat menimbulkan korosi. Kandungan hidrogen sulfur, air, dan karbondioksida dapat dihilangkan dengan menggunakan alat atau bahan *desulfurizer*, yang dibutuhkan untuk menyalakan generator tanpa terkena korosi.

V. SIMPULAN

Biogas merupakan sistem teknologi penghasil energi dengan menggunakan bahan baku kotoran atau sampah organik. Menerapkan sistem fermentasi bakteri diciptakanlah alat biogas yang dapat dipergunakan sebagai penghasil energi dan pembangkit listrik. Bahan yang mudah didapatkan dan biaya yang tidak mahal sangat membantu masyarakat dalam menyelesaikan permasalahan ekonomi, khususnya dengan naiknya harga BBM saat ini. Pemanfaatan limbah peternakan (kotoran ternak) merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk mengatasi naiknya harga pupuk dan kelangkaan bahan bakar minyak karena kotoran ternak dapat dipergunakan sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan karena menghasilkan gas metana (CH₄) yang dapat dipergunakan sebagai substitusi bahan bakar fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ana dkk. 2011. *Perkembangan Digester Biogas di Indonesia*,. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Digital Library
- Barnett, et,all. 1982. *Biogas Technology in the Third World : A Multidisciplinary Review*.
- Mitzlaff K. 1988. *Engines for biogas*. Jerman : German Appropriate Technology Exchange.
- Razbani O, Mirzamuhhammad N, Assadi M. 2011. *Literatur Riview and Road Map for Using Biogas in Internal Combustion Engine*. Prosiding of Third International Coverence on Applied Energy. Norway: University of Stavanger.
- Sri Wahyuni. 2009. *Biogas*. Depok : Penebar Swadaya
- Sri Wahyuni. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: Agromedia