

# Analisis Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga sebagai Sumber Energi Alternatif

Sabran F Harun<sup>1</sup>, Saharuddin Ronge Sokku<sup>2</sup>

Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Email: sabranfh66@yahoo.com<sup>1</sup>, saharuddin.sokku@unm.ac.id<sup>2</sup>

**Abstrak.** Pemanfaatan limbah menjadi energi alternatif masih sangat minim, hanya sekitar 1600 MW atau sekitar 3,25% dari potensi yang ada. Beberapa instalasi biogas skala kecil telah diadakan. Akan tetapi instalasi tersebut masih terbatas pada sumber yang berasal dari limbah kelapa sawit dan kotoran ternak, sedangkan sampah limbah rumah tangga belum terkelola secara maksimal. Volume sampah di Indonesia berkisar 64 juta ton per tahun. Hingga tahun 2020 mendatang, volume sampah perkotaan diperkirakan akan meningkat lima kali lipat. Sementara itu, diperkirakan mulai dari proses penanaman, produksi, pengiriman sampai pada konsumsi akhir, lebih dari 40% makanan menjadi sampah. Hal ini menjadi masalah besar jika tidak ditangani dengan baik, padahal sampah menyimpan potensi energi yang besar.

**Kata Kunci:** limbah rumah tangga, biogas

**Abstract.** Utilization of waste into alternative energy is still very minimal, only around 1600 MW or around 3.25% of the existing potential. Several small-scale biogas installations have been held. However, the installation is still limited to sources from palm oil waste and livestock manure, while household waste has not been managed optimally. The volume of waste in Indonesia is around 64 million tons per year. Until 2020, the volume of urban waste is expected to increase five times. Meanwhile, it is estimated that from the process of planting, production, shipping to final consumption, more than 40% of food becomes junk. This becomes a big problem if it is not handled properly, even though waste saves a large energy potential.

**Keywords:** household waste, biogas

## PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan mendasar yang dialami oleh pemerintah kota. Pengelolaan sampah pada umumnya masih bersifat konvensional yaitu sampah diangkut dari sumber (rumah penduduk, rumah makan, pasar tradisional, pasar modern, hotel, kantor dan sebagainya) dan diangkut ke tempat pembuangan akhir (TPA). Proses pengelolaan ini hanya menghasilkan sampah yang semakin banyak dan menyebarkan bau yang tidak sedap tanpa ada nilai tambah. Sebenarnya pemerintah menyadari bahwa limbah sampah perkotaan yang sebagian besar limbah rumah tangga merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial, sehingga dijadikan prioritas nasional bidang energi baru dan terbarukan. Namun pemanfaatan limbah menjadi energi masih sangat minim, dari potensi yang ada (Development, 2014). Beberapa instalasi biogas skala kecil tersebar di berbagai pelosok Jawa Timur dan Jawa Tengah, sedangkan instalasi penggerak listrik terbesar hanya di Rumah Potong Hewan Cakung Jakarta Timur dengan produksi 20-35 KV. Akan tetapi instalasi tersebut masih terbatas pada sumber yang berasal dari limbah kelapa sawit dan kotoran ternak (Arifin, Saepuddin, & Santoso, 2011) (Hanif, 2013) (Yusuf & Arfah, 2014). Pengelolaan sampah limbah rumah tangga sebagai sumber energi belum tersentuh secara maksimal.

Jumlah sampah yang dihasilkan pada kota-kota besar semakin bertambah, sebagai perbandingan di Kota Makassar sendiri rata-rata 700-800 ton/hari (data tahun 2016), bahkan bisa mencapai 1.200-1.500 ton/hari pada hari-hari tertentu, sedangkan volume volume sampah di Indonesia berkisar 64 juta ton per tahun. Diperkirakan hingga tahun 2020 mendatang, volume sampah perkotaan di Indonesia diperkirakan akan meningkat lima kali lipat. Konsumsi akhir dari makanan memberikan kontribusi besar pada sampah atau limbah (Oliveira & Doelle, 2015). Dengan kata lain, limbah makanan atau limbah rumah tangga mempunyai porsi yang besar. Hal ini menjadi masalah besar jika tidak ditangani, padahal sampah menyimpan potensi energi yang besar. Limbah rumah tangga mempunyai potensi untuk dijadikan gas metana dan tergolong tinggi dibandingkan dengan beberapa jenis bahan organik lainnya. Potensi tersebut diukur melalui perbandingan kadar carbon dan Nitrogen (C/N rasio). Kadar C/N rasio sampah limbah domestik berkisar 12 – 30. Sebagai perbandingan C/N rasio untuk kotoran kambing sekitar 12, kotoran ayam 15, kotoran kuda 25, kotoran sapi 18, sedangkan tinja manusia 6-10.

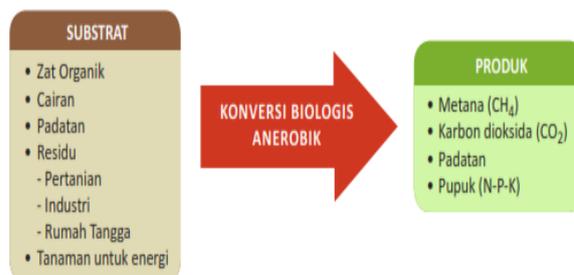
Disisi lain, pencarian sumber energi alternatif semakin mendesak dilakukan seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan energi. Hal ini disadari oleh pemerintah sehingga menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia

(ESDM) mengeluarkan Permen no 12 tahun 2017 tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbaruka (ESDM M. , 2017). Biogas merupakan sumber energi yang potensial dan direkomendasikan untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif. Kementerian Lingkungan Hidup dan kementerian ESDM serta USAID mendukung adanya analisis kelayakan, termasuk pembiayaan investasi, limbah menjadi energi pada berbagai jenis pemanfaatan limbah (USAID & OJK, ICED web site, 2016) (ESDM, 2016). Akan tetapi saat fokus pengelolaan biomassa tersebut hanya pada limbah industri tahu, biomassa perkebunan dan industri kelapa sawit (POME), peternakan sapi, serta biomassa sekam padi. Untuk limbah rumah tangga penelitian secara menyeluruh masih jarang dilakukan, padahal sumber ini sangat potensial mengingat bahan bakunya melimpah. Disamping itu pengolahan sampah menjadi energi alternatif (waste to energi) mempunyai dampak positif lainnya yaitu dapat mereduksi emisi metana (CH<sub>4</sub>) ke udara dan mengurangi pencemaran lingkungan (Ratnaningsih, Widyatmoko, & Yananto, 2009)

## KAJIAN PUSTAKA

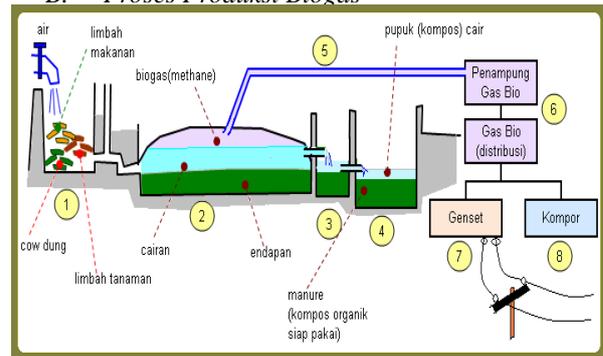
### A. Biogas

Biogas dihasilkan oleh proses fermentasi bahan-bahan organik misalnya sayur-mayur, kotoran manusia atau hewan, limbah domestik rumah tangga dan sampah biodegradable lainnya. Kandungan biogas ini bervariasi sesuai dengan bahan pembentuknya. Meski demikian pada umumnya memiliki kandungan 50-70% CH<sub>4</sub> (metana), 25-50% CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), 1-5% H<sub>2</sub>, 0,3-3 N<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S (Sitthikhankaew, 2011) (Tien, mai, Hung, & Cong, 2010). Biogas ini merupakan sumber energi yang potensial khususnya di daerah-daerah penghasil limbah, misalnya perkebunan sawit, perkotaan dan sebagainya (Jawurek, Lane, & Rallis, 2011) (Yulianto, Adi, & Priyambodo, 2010). Gambar 1 menunjukkan konversi biologis penguraian bahan organik menjadi biogas.



Gambar 1 Proses konversi biologis Anaerobik, sumber (USAID, Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas, 2015)

### B. Proses Produksi Biogas



Gambar 2 Proses Biogas

Proses degradasi material organik dalam digester (reaktor), media tertutup tempat penyimpanan material selama beberapa hari, akan menghasilkan gas yang sebagian besar (>50%) berupa gas metana dan karbon dioksida serta beberapa gas lainnya dalam skala kecil. Energi yang dapat dihasilkan tergantung dari tingkat konsentrasi kandungan gas metana pada biogas tersebut. Semakin besar kandungan metana semakin besar pula potensi energi yang dapat dihasilkan. Untuk mengoptimalkan produksi gas metana dibutuhkan beberapa perlakuan.

Pada digester penguraian bahan organik terjadi dalam tiga tahapan, yaitu tahap hidrolisis, tahap pengasaman (asidifikasi) dan tahap metanogenesis. Pada tahap awal, bahan organik kompleks yang mudah larut (karbohidrat, protein dan lemak) diurai menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada tahap asidifikasi, senyawa yang sederhana diproses menjadi senyawa asam dan beberapa produk sampingan. Tahap terakhir adalah memproses hasil senyawa asam menjadi gas metana, karbondioksida dan air. Komposisi ini merupakan penyusun biogas.

Sebagai hasil akhir dari penguraian secara biological dapat dibagi dua komponen yaitu: (1) biogas yang merupakan senyawa penting dalam pembangkit energi. Komposisi biogas ini terdiri dari 55% gas metana, 42% gas karbon dioksida, 2% sulfida hidrogen dan 1% hidrogen. (2) fermented substrate sebagai sisa fermentasi. Komposisi substrate ini terdiri dari air, selulosa sisa, bakteri dan bahan gizi organik (nitrogen, fosfor, kalium dan lainnya). Komposisi ini biasanya dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

### C. Potensi Kandungan Biogas pada Sampah Limbah Rumah Tangga



Gambar 3. Sampah limbah rumah tangga

Limbah rumah tangga berupa sisa-sisa potongan sayuran, buah-buahan, kulit buah dan sisa-sisa makanan yang tidak habis makan (nasi, sayur, lauk pauk dan sebagainya). Hasil survey menunjukkan kontribusi kegiatan sampah 73% berasal dari rumah tangga, 14% dari hotel, 5% dari pasar dan 8% lainnya berasal dari terminal, rumah sakit, rumah makan serta kantor. Produksi biogas yang dihasilkan oleh sampah limbah rumah tangga tergolong tinggi dibandingkan dengan bahan organik lainnya.

Salah satu karakteristik menarik dari biogas ini adalah sangat ideal untuk pembangkit listrik terdesentralisasi di sekitar titik konsumsinya. Di lain pihak, biogas dapat diproduksi dalam skala besar dari limbah perkotaan dan dapat dijadikan sumber energi alternatif (Guo, Qin, & Schmitz, 2010). Tehnologi biogas telah lama berkembang akan tetapi pemanfaatannya sebagai sumber energi alternatif tidak mengalami perkembangan secara signifikan. Hal tersebut diakibatkan oleh kurangnya pengkajian secara menyeluruh serta tidak terkelolanya bahan baku dengan baik sehingga biogas yang dihasilkan tidak maksimal (Widodo & Asari, 2006).

#### METODE PENELITIAN

Sistem deteksi kandungan gas metana (amonia) terdiri dari beberapa blok rangkaian elektronik yang terdiri atas sensor MQ-135 sebagai alat pendeteksi, rangkaian arduino sebagai prosesor atau pengendali rangkaian dan display sebagai piranti output.



Gambar 4 Pendeteksi kandungan amonia

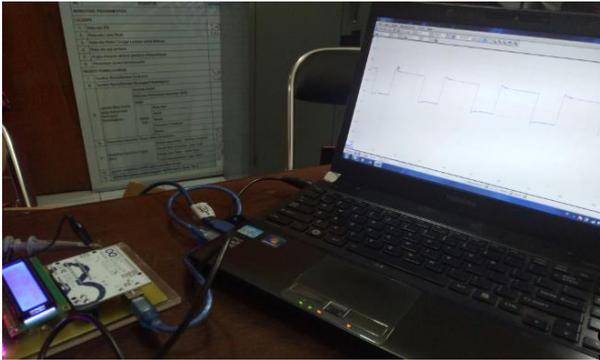
Sebagai objek pengukuran, dibuat prototipe bak sampah organik yang diisi dengan berbagai macam dan jenis sampah limbah rumah tangga. Untuk mendapatkan kandungan gas metana yang dapat dideteksi maka sampah tersebut didiamkan selama satu minggu. Pengukuran dilakukan dengan mengukur kadar gas amonia dan tegangan keluaran hasil konversi sensor gas tersebut. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrometer, picoscope dan display yang telah dirancang bersama alat pendeteksi tersebut.



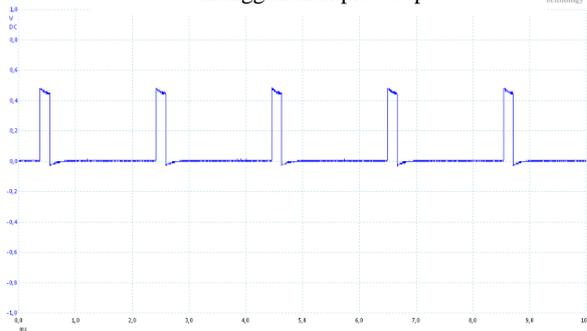
Gambar 5 prototipe bak sampah organik

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

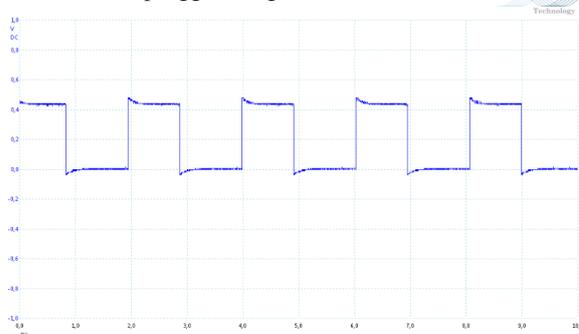
Pengukuran pertama terhadap konsentrasi gas metana dilakukan dengan menggunakan picoscope yang dihubungkan pada keluaran alat pendeteksi yang telah dirancang. Tahap awal dilakukan pengukuran pada ruang bebas (tanpa mendekati pada bak sampah). Setelahnya, dilakukan pengukuran kandungan gas metana pada bak sampah tersebut. Hal ini dilakukan untuk menyakinkan bahwa terjadi perubahan tegangan keluaran pada alat deteksi sebelum dan sesudah didekatkan pada bak sampah. Dengan demikian, terdapat kandungan gas metana dengan konsentrasi yang cukup tinggi pada sampah limbah rumah tangga. Perubahan tegangan terlihat dari perubahan lebar PWM (*Pulse Width Modulation*), tegangan yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode.



Gambar 6 pengukuran dengan menggunakan picoscope



Gambar 7. output monitor sebelum penggunaan gas metana



Gambar 8. output monitor setelah penggunaan gas metana

Pengukuran kedua, dilakukan melalui display yang merupakan bagian dari alat deteksi gas metana. Pengukuran dilakukan dengan mengaplikasi beberapa jenis sampah limbah rumah tangga. Sebagai hasil diperoleh kadar konsentrasi dari berbagai jenis sampah limbah rumah tangga.



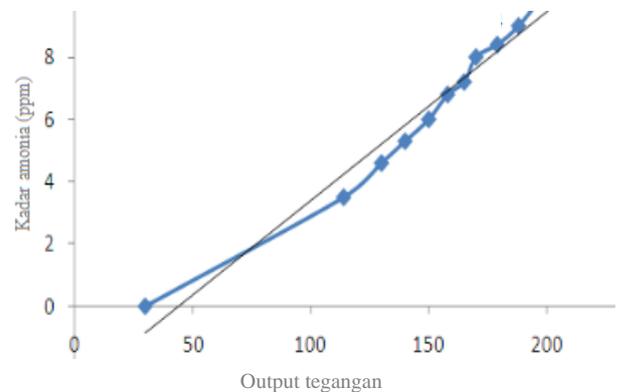
Gambar 9. Display Output

Tabel 1. Pengukuran kandungan gas metana pada sampah limbah rumah tangga

No	Jenis sampah limbah rumah tangga	Data digital sensor MQ 135 (ppm)
1	Pembusukan sampah sayur-mayur	28
2	Limbah rumah tangga yang berbentuk cairan	18
3	Pembusukan dari limbah campuran sampah rumah tangga	16

Dari hasil tersebut terlihat bahwa sampah dari hasil pembusukan sayur-mayur mempunyai kandungan gas metana yang lebih tinggi. Meski demikian, sampah limbah campuran tetap menjadi perhatian mengingat produksi sampah rumah tangga tidak mungkin dipilah-pilah.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran dengan menggunakan spektrometer. Sebagai hasil adalah terdapat perbandingan yang linear antara tegangan keluaran dengan kadar kandungan amonia pada objek sampah yang diukur. Semakin tinggi kandungan amonia, semakin tinggi tegangan yang dihasilkan



Gambar 10. Grafik hubungan antara tegangan keluaran dan kadar amonia

Dari ketiga hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa kandungan gas amoniak (metana) pada sampah limbah rumah tangga cukup tinggi. Hal ini menandakan bahwa potensi sampah limbah rumah tangga sangat besar untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

### KESIMPULAN

Sampah limbah rumah tangga mempunyai potensi yang cukup tinggi untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif disamping sumber energi alternatif lainnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini merupakan bagian dari Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi yang dibiayai oleh DPRM Dikti tahun anggaran 2018. Untuk itu, diucapkan terima kasih pada Lembaga Penelitian UNM sebagai pengelola dan DPRM Dikti sebagai penyandang dana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Angraini, D., Pertiwi, M., & Bahrin, D. (2012). Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal Terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik. *Jurnal Teknik Kimia No. 1 Vol. 18*, 17-23.
- Arifin, M., Saepuddin, A., & Santoso, A. (2011). Kajian Biogas Sebagai Sumber Pembangkit Tenaga Listrik di Pesantren Saung Balong A-Barokah. *Journal of Mechatronics Electrical Power and Vehicular Technology, Vol 2, No. 2*, 73-78.
- Arsova, L. (2010). *Columbia University*. Retrieved Mei 29, 2017, from [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/arsova\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/arsova_thesis.pdf)
- Development, K. R. (2014). *Analisis Biaya dan Manfaat Pembiayaan Investasi Limbah Menjadi Energi Melalui Kredit Program*. Jakarta: PKPPIM BKF Kemenkeu RI dan UK LCS Programme.
- ESDM. (2016). *Permen ESDM No 21 tahun 2016 tentang pembelian Tenaga listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa dan pembangkit listrik Tenaga Biogas dari PT PLN*. Jakarta: kementerian ESDM.
- ESDM, M. (2017, Januari). Permen ESDM No.12 tahun 2017, tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik. Jakarta, Indonesia.
- figarosensor. (2010). Retrieved oktober 23, 2016, from <http://www.figarosensor.com>
- Graunke, R. (2015). Retrieved Mei 29, 2017, from <http://biogas.ifas.ufl.edu/BESTS/files/Graunke.pdf>
- Gunawan, I. (2015). *digilib its*. Retrieved Mei 29, 2017, from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-18837-3309201010-Presentation.pdf>
- Guo, J., Qin, C., & Schmitz. (2010). Numerical Investigation on the Performance of Spark Ignition Engine Used for Electricity Production Fuelled by Natural Gas/Liquefied Petroleum Gas-biogas Blends with Modelica. *2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)* (pp. 682-687). ICCET.
- Hanif, A. (2013). *Studi Pemanfaatan Biogas Sebagai pembangkit Listrik 10 KW Kelompok Tani Mekarsari Desa Dander Bojonegoro Menuju Desa Mandiri Energi*. Surabaya: Institut Tehnologi Sepuluh November.
- Insani, M. D. (2013). Degradasi Anaerob Sampah Organik dengan Bioaktivator Effective Microorganism-5 (EM-5) untuk Menghasilkan Biogas. *Jurnal Pendidikan Sains, Volume 1, Nomor 3*, 298-306.
- Jawurek, H. H., Lane, N. W., & Rallis, C. J. (2011). Biogas/petrol dual fuelling of SI Engine for Rural Third Use. *Biomass*, 87 - 103.
- Kader, F., Baky, A., Khan, M. N., & Chowdhury, H. A. (2015). Production of Biogas by Anaerobic Digestion of Food Waste and Process Simulation. *American Journal of Mechanical Engineering, Vol.3, NO. 2*, 79-83.
- KH, R. M., Ainun, S., & Hartati, E. (2015). Karakteristik Substrat dalam Proses Anaerob Menggunakan Biodigester. *Jurnal Reka Lingkungan, Vol 3, No. 2*, 1-12.
- Mujahidah, Mappiratu, & Sikanna, R. (2013). Kajian Teknologi Produksi Biogas dari Sampah Basah Rumah Tangga. *Online Journal of Natural Science, Vol. 2(1)*, 25-34.
- Mulyatun. (2016). Sumber Energi Terbarukan dan Pupuk Organik dari Limbah Kotoran Sapi. *DIMAS*, 191-214.
- Oliveira, F., & Doelle, K. (2015). Anaerobic Digestion of Food Waste to produce Biogas: A Comparison of Bioreactors to Increase Methane Content. *Journal of Food Processing and Technology*, 6-8.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H., & Yananto, T. (2009, Juni). Potensi Pembentukan Biogas pada Proses Biodegradasi Campuran Sampah Organik Segar dan Kotoran Sapi dalam Batch Reaktor Anaerob. *Jurusan Teknik Lingkungan Trisakti*.
- Rusdiyono, A. P., Kiron, R., & Qurthobi, A. (2017). Perancangan Alat Ukur Konsentrasi gas Metana dari Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Semi-Kontinyu dengan Substrat Susu Basi. *e-Proceeding of Engineering*, 580-588.
- Tien, T. M., mai, P. X., Hung, N. D., & Cong, H. T. (2010). A Study on Power Generation System Using Biogas Generated from the Waste of Pig Farm. *International Forum on Strategic technology* (pp. 203-207). IFOST.
- USAID. (2015). *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas*. Jakarta: Winrock International.
- USAID, & OJK. (2016). Retrieved 03 23, 2017, from ICED web site: <https://www.iced.or.id/wp-content/uploads/2017/03/Modul-04->



Pembiayaan-Pembangkit-Listrik-Tenaga-Biogas.pdf

- Wahyono, S. (2013). Pengelolaan Sampah Berbasis Renewable Energy. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan, Kedepatian TPSA BPPT.
- Widodo, T. W., & Asari, A. (2006). Rekayasa dan pengujian Reaktor Biogas Skala Tani Ternak. Enjiniring Pertanian, Volume 4 Nomor 1, 41-52.
- Yenni, Dewilda, Y., & Sari, S. M. (2012). Uji Pembentukan Biogas dari Substrat Sampah Sayur dan Buah dengan Ko-Substrat Limbah Isi Rumen Sapi. Jurnal Teknik Lingkungan UNAND, ISSN 182-6084, 26-36.
- Yulianto, A., Adi, A. N., & Priyambodo, H. L. (2010). Studi Potensi Pemanfaatan Biogas Sebagai Pembangkit Energi Listrik di Dusun Kaliurang Timur Sleman Yogyakarta. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Volume 2, nomor 2, 83-89.
- Yusuf, M. S., & Arfah, E. (2014). Pemanfaatan Kotoran Ternak Sebagai Energi Alternatif Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan II, ISBN: 978-602-98569-1-0 (pp. 638-648). Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.