

PILOT PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOGAS SKALA RUMAH TANGGA

T.G.T. Nindhia^{1*}, I.W. Surata¹, T.S. Nindhia², I.D.G.P. Swastika¹

ABSTRAK

Desa Buahon, Kecamatan Payangan di Kabupaten Gianyar, Bali merupakan desa agraris dengan sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani dan peternak. Peternakan khususnya sapi dan babi banyak terdapat di daerah ini dan sangat potensial untuk dikembangkan sebagai sumber energi cadangan khususnya biogas yang diperoleh dari pengolahan limbah peternakan melalui digester anaerobic. Biogas sudah umum digunakan untuk memasak namun penggunaan biogas lebih lanjut untuk pembangkit listrik tenaga biogas perlu dikembangkan dan disebarluaskan. Hal ini disebabkan ketersediaan energi konvensional semakin langka yang menyebabkan harga listrik terus meningkat. Pengabdian ini bertujuan membangun pilot proyek pembangkit listrik tenaga biogas untuk memperkenalkan dan menyebarluaskan teknologi pembangkit listrik tenaga biogas skala rumah tangga yang terjangkau biayanya dan mudah teknologinya di Desa Buahon, Kecamatan Payangan, Gianyar, Bali. Selanjutnya kegiatan ini berhasil membuat pembangkit listrik tenaga biogas dengan kapasitas 1000 watt dengan bahan bakar biogas dan sudah terpasang dengan baik dilengkapi dengan rumah genset. Penelitian ini juga menghasilkan Kompor biogas tunggu ganda untuk dapat digunakan memasak dengan menggunakan biogas.

Kata kunci : pembangkit, listrik, tenaga, biogas, skala, rumah tangga.

1. PENDAHULUAN

Desa Buahon merupakan daerah pertanian yang subur merupakan bagian dari kecamatan Payangan di Kabupaten Gianyar. Penduduknya sebagian besar bergerak dibidang pertanian dan peternakan. Khusus dibidang peternakan untuk pengolahan limbah peternakan, beberapa penduduk sudah menggunakan teknik digester secara anaerob (*anaerobic digester*) yang menggunakan tangki atau bak digester kedap udara untuk memproses limbah peternakan. Hasil pengolahan dengan cara ini menghasilkan pupuk dan biogas. Biogas yang dihasilkan sudah banyak digunakan untuk keperluan memasak. Dan selanjutnya diusahakan kelebihan biogas dapat pula digunakan untuk menghasilkan listrik dengan kegiatan yang diajukan dalam pengabdian ini. Kebutuhan listrik bagi masyarakat pedesaan sangat penting dan untuk mengurangi pengeluaran biaya listrik yang semakin meningkat, maka perlu diperkenalkan kepada masyarakat teknologi untuk memanfaatkan biogas yang dihasilkan menjadi energi listrik. Adanya tambahan energi listrik ini tentu bermanfaat bagi penghematan konsumsi listrik dari PLN dan juga listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk

¹ Progran Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia, 80361, Email: tirta.nindhia@me.unud.ac.id/nindhia@yahoo.com

² Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana, Kampus Sudirman, Denpasar, Bali, Indonesia, 80225

Pilot proyek pembangkit listrik tenaga biogas skala rumah tangga

mendukung usaha pertanian dan peternakan seperti untuk memompa air dan menggerakkan mesin-mesin usaha pertanian.



Gambar 1. Kunjungan ketua pengabdian ke Kantor Desa Buah, Payangan Gianyar sebagai Langkah Awal Pelaksanaan Pengabdian Program Udayana Mengabdi (PUM) di mana lokasi pengabdian ini akan dilaksanakan

Di Desa Buah, Payangan, Gianyar, Bali, limbah Peternakan sudah bisa diproses menjadi pupuk dan menghasilkan biogas. Biogas yang diperoleh selama ini hanya digunakan untuk memasak. Kelebihan biogas belum dimanfaatkan lebih lanjut. Agar kelebihan biogas tidak sia-sia dikemukakan ide untuk memanfaatkan biogas untuk menggerakkan mesin genset berbahan bakar biogas. Teknologi teknik pembangkit listrik tenaga biogas ini akan diperkenalkan kepada masyarakat melalui pembangunan pilot proyek di Desa Buah, Payangan, Gianyar.

Para ahli berusaha sekuat tenaga untuk menciptakan mesin yang dapat menggunakan biogas sebagai bahan bakar, Usaha ini tidaklah mudah karena biogas mengandung berbagai gas pengotor lainnya seperti Karbon dioksida (CO_2), Hidrogen sulfida (H_2S) dan juga uap air (H_2O) yang menyebabkan disain mesin berbahan biogas menjadi lebih rumit dibandingkan dengan mesin yang menggunakan bahan bakar bensin, diesel ataupun gas LPG (Park, dkk. 2011).

Beberapa cara yang dikembangkan agar mesin dapat menggunakan biogas sebagai bahan bakar adalah dengan mencampur biogas dengan gas tambahan seperti hidrogen (Park, dkk. 2011). Cara ini kurang tepat diterapkan untuk skala rumah tangga karena membutuhkan hidrogen dan gas nitrogen agar mencapai komposisi yang tepat dalam pembakaran sehingga biaya menjadi meningkat.

Model lain yang dikembangkan adalah dengan menggunakan campuran biogas dan disel (Yilmaz dan Gumus, 2017). Mesin yang digunakan adalah mesin disel namun biogas ditambahkan pada intake manifold mesin dengan harapan dapat menghemat konsumsi disel, namun hal ini terbukti meningkatkan emisi gas berbahaya (Qian, dkk, 2017) di samping itu metode ini ditemukan justru meningkatkan konsumsi bahan bakar, menurunkan efisiensi termal, meningkatkan konsentrasi polutan, walaupun dengan teknik ini konsentrasi NO_x ditemukan menurun (Makareviciene dkk., 2013). Walaupun juga dipahami bahwa penurunan NO_x disebabkan karena biogas mengandung CO_2 (Kim dkk. 2016).

Telah dikembangkan pula mesin berbahan bakar biogas dimana sistemnya diintegrasikan dengan sistem potovoltaik terintegrasi. Sistem ini menggunakan potovoltaik untuk memperoleh hidrogen dari air yang dilengkapi dengan alat penghilang kadar air (Redy dkk. 2016). Sistem ini tentu saja tidak tepat untuk diterapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga biogas skala rumah tangga.

Untuk dapat menggunakan biogas sebagai bahan bakar mesin, maka mesin harus dilengkapi dengan asesoris yang dapat menghilangkan kadar hidrogen sulfida (H_2S) dalam biogas untuk itu pihak peneliti dalam proposal ini telah memperoleh hasil penelitian yang menemukan cara untuk Menghilangkan hidrogen sulfida dari dalam biogas dapat dilakukan dengan menggunakan limbah gram besi (Nindhia^a dkk, 2013), dapat pula menggunakan limbah gram tembaga (Nindhia^a, 2017),

limbah gram aluminium (Nindhia^ddkk., 2014). Limbah baterai bekas (Nindhia^cdkk., 2016; Nindhia^edkk., 2016; Nindhia^f dkk., 2016 juga dapat digunakan sebagai desulfurizer, hal tersebut di atas adalah hasil yang telah dicapai.

Sedangkan studi pendahuluan untuk suksesnya penelitian ini juga sudah dilakukan yaitu dengan hasil penelitian sistem pembangkit listrik tenaga biogas dengan menggunakan sistem konversi yang dikembangkan dengan sistem yang dilengkapi dengan asesoris seperti desulfurizer, pemurni dari pengotor CO₂, pengering dan alat mixer biogas dengan udara (Nindhia^bdkk., 2012, Surata, dkk. 2014)

Tujuan kegiatan pegabdian ini adalah untuk memperkenalkan dan menerapkan teknologi tepat guna pembangkit listrik tenaga biogas yaitu memanfaatkan biogas dari hasil pengolahan limbah peternakan untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan genset listrik di Desa Buah, Payangan, Gianyar.

Sedangkan manfaat kegiatan ini ini adalah, kelebihan biogas yang dihasilkan tidak terbuang percuma dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik untuk keperluan lebih lanjut serta untuk menghemat pemakaian listrik dari perusahaan Listrik Negara (PLN).

2. METODE PELAKSANAAN

Mesin yang disiapkan untuk pembangkit listrik tenaga biogas ini dirancang dapat memutar generator listrik dan mampu menghasilkan daya 1000 watt. Mesin dirancang agar mampu beroperasi baik dengan menggunakan bahan bakar biogas dan juga bensin jika suatu saat biogas belum tersedia.

Agar Mesin dapat beroperasi dengan menggunakan bensin ataupun biogas maka ruang bakar dirancang agar kompresi yang dihasilkan bisa untuk bahan bakar bensin dan juga bahan bakar biogas. Ruang bahan bakar mesin dibuat dengan bahan aluminium tuang, dan silinder dengan menggunakan besi tuang kelabu. Tutup piston dibuat dengan menggunakan aluminium tuang. Bukaan katup diteliti agar dapat berfungsi baik menggunakan bahan bakar besin dan juga biogas.

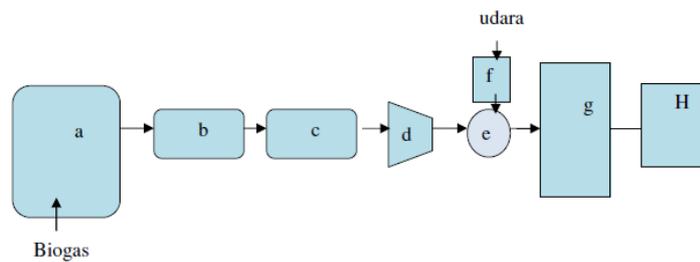
Bagian karburator dilengkapi dengan disain gas mixer yaitu bagian untuk mencampur komposisi biogas dengan udara. Bagian gas mixer ini dirancang tidak bekerja saat bahan bakar bensin digunakan demikian pula sebaliknya saat bahan bakar biogas yang digunakan maka bagian karburator bensin tidak bekerja. Di antara bagian mixer biogas dan karburator terdapat komponen *fuel selector*, bagian ini adalah didisain untuk bisa dipilih antara menggunakan bahan bakar bensin atau biogas

Unit dilengkapi dengan kantong biogas untuk proses homogenasi biogas dan menghilangkan kadar air dalam biogas. Unit desulfuriser ditambahkan agar biogas yang dihasilkan bebas dari kandungan gas pengotor hidrogen sulfide (H₂S). Unit penghilang karbon dioksida ditambahkan sehingga biogas yang dihasilkan bebas dari kandungan gas pengotor karbon dioksida. Secara keseluruhan bagan mesin seperti tersaji pada Gambar 2.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan secara bertahap sesuai tahapan berikut ini:

Tahap I. Pembuatan Genset kapasitas 1000 wat berbahan bakar fleksibel bensin atau biogas(Gambar 3, 4). Genset dibuat dengan menggunakan mesin selinder tunggal dengan mesin 4 langkah. Bukaan klep mesin diatur agar dapat dioperasikan dengan 2 jenis bahan bakar yaitu bensin atau biogas. Bagian Karburator dilengkapi dengan *biogas-air mixer* yaitu suatu komponen yang dapat mengatur campuran biogas dengan udara dengan baik sesuai dengan kebutuhan mesin.

Pilot proyek pembangkit listrik tenaga biogas skala rumah tangga



Gambar 2. Unit pembangkit listrik tenaga biogas. a. kantong homogenasi biogas dan penghilang kadar air, b. Unit penghilang CO₂, c. Unit penghilang H₂S, d. Unit mixer biogas dan udara, e. unit fuel selector, f unit karburator bensin, g unit mesin penggerak, h. unit generator



Gambar 3. Unit Genset biogas, Unit pemurni biogas, Unit biogas bag yang sudah siap dipasang



Gambar 4. Proses Pembuatan genset biogas

Tahap 2. Pembuatan unit pemurnian biogas. Biogas perlu dimurnikan dari gas pengotor H₂S dan CO₂. Untuk itu pemurnian biogas mutlak diperlukan sehingga gas dengan kandungan metana (CH₄) yang tinggi dapat diperoleh.

Tahap 3. Pembuatan unit bag (kantong) homogenasi dan dehumidifier. Biogas perlu dihomogenkan terlebih dahulu sebelum memasuki ruang bakar agar mesin dapat hidup dengan stabil. Bag homogenasi biogas dibuat dengan menggunakan bahan PVC dengan disediakan bagian untuk memasukkan dehumidifier berupa butiran CaCl₂. Butiran CaCl₂ ini selanjutnya akan mencair jika kontak dengan kandungan uap air yang ada dalam biogas dan dengan mudah dikeluarkan dari bag dehumidifier.

Tahap 4. Pembangunan Rumah Genset. Rumah Genset perlu dibangun agar tidak kehujanan dan dapat terlindung dengan baik dari debu dan kotoran lainnya. Untuk itu rumah genset dibuatkan untuk menempatkan genset dan peralatan biogas lainnya seperti kompor.

Tahap 5. Tahap uji coba. Unit percontohan dioperasikan dan dan dihidupkan untuk diuji performansinya. Dan dilakukan serah terima kepada Kepala Desa Buahhan, Payangan, Gianyar, Bali (Gambar 5).



Gambar 5. Serah Terima genset biogas oleh ketua pengabdian kepada kepala Desa Buahhan, Payangan Gianyar

Tahap 6. Pemeliharaan Kesehatan Ternak(Gambar 6) sapi juga dilakukan agar menghasilkan sapi dengan kualitas baik juga dilaksanakan dalam pengabdian ini



Gambar 6. Pemeliharaan kesehatan ternak sapi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang dicapai berupa pilot project pembangkit listrik tenaga biogas yang dibangun di desa Buahhan, Payangan, Gianyar , yang dapat digunakan untuk pelatihan bagi pihak pihak yang berminat untuk membangun pembangkit listrik tenaga biogas sckla rumah tangga.

Pilot proyek pembangkit tenaga listrik skala rumah tangga di Desa Buahhan, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar dapat dibangun dan terdiri dari mesin yang disiapkan untuk pembangkit listrik tenaga biogas ini dirancang dapat memutar generator listrik dan mampu menghasilkan daya 1000 watt. Mesin dirancang agar mampu beroperasi baik dengan menggunakan bahan bakar biogas dan juga bensin jika suatu saat biogas belum tersedia.

Agar Mesin dapat beroperasi dengan menggunakan bensin ataupun biogas maka ruang bakar dirancang agar kompresi yang dihasilkan bisa untuk bahan bakar mesin dan juga bahan bakar biogas. Ruang bahan bakar mesin dibuat dengan bahan aluminium tuang, dan silinder dengan menggunakan besi tuang kelabu. Tutup piston dibuat dengan menggunakan aluminium tuang. Bukaan katup diteliti agar dapat berfungsi baik menggunakan bahan bakar besin dan juga biogas.

Pilot proyek pembangkit listrik tenaga biogas skala rumah tangga

Bagian karburator dilengkapi dengan disain gas mixer yaitu bagian untuk mencampur komposisi biogas dengan udara. Bagian gas mixer ini dirancang tidak bekerja saat bahan bakar bensin digunakan demikian pula sebaliknya saat bahan bakar biogas yang digunakan maka bagian karburator bensin tidak bekerja. Di antara bagian mixer biogas dan karburator terdapat komponen *fuel selector*, bagian ini adalah didisain untuk bisa dipilih antara menggunakan bahan bakar bensin atau biogas

Unit dilengkapi dengan kantong biogas untuk proses homogenasi biogas dan menghilangkan kadar air dalam biogas. Unit desulfuriser ditambahkan agar biogas yang dihasilkan bebas dari kandungan gas pengotor hidrogen sulfide (H_2S). Unit penghilang karbon dioksida ditambahkan sehingga biogas yang dihasilkan bebas dari kandungan gas pengotor karbon dioksida

4. KESIMPULAN

Dengan telah dilaksanakan pengabdian ini maka dapat disimpulkan bahwa biogas yang dihasilkan dari pengolahan limbah peternakan di Desa Buahian dapat digunakan untuk bahan bakar bagi mesin pembangkit listrik. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk penerangan, pompa air dan sebagainya sehingga menghemat pengeluaran untuk pembayaran listrik dari PLN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian ini dapat terlaksana dengan dukungan pendanaan dari Universitas Udayana melalui Program Udayana Mengabdikan tahun 2018

DAFTAR PUSTAKA

- Kim, Y., Kawahara, N, Tsuboi, Eiji Tomita, E. (2016), Combustion characteristics and NOX emissions of biogas fuels with various CO₂ contents in a micro co-generation spark-ignition engine, *Applied Energy* **Vol. 182**, pp.539–547
- Makareviciene, V., Sendzikiene, E., Pukalskas, S., Rimkus, A., Vegneris, R. (2013), Performance and emission characteristics of biogas used in diesel engine, *Operation, Energy Conversion and Management*, Vol. 75, pp. 224–233.
- Nindhia^a, T.G.T., Sucipta, M., Surata, I W., Atmika, I K.A., Negara, D.N.K., Negara, K.M.T.(2013), Processing of Steel Chips Waste for Regenerative Type of Biogas Desulfurizer, *International Journal of Renewable Energy Research*, **Vol. 3**, pp.84-87
- Nindhia^b, T.G.T., Surata, I W., Atmika, I K.A., Negara, D.N.K.P., Wardana, A.(2013), Method on Conversion of Gasoline to Biogas Fueled Single Cylinder of Four Stroke Engine of Electric Generator, *International Journal of Environment science and Development*, **Vol. 4**, pp. 300-303.
- Nindhia^c, T.G.T., Surata, I W., Atmika, I K. A., Negara, D.N.K.P, and Adnyana, I W.P.(2014), To Recycle Zinc (Zn) from Used Zinc-Carbon Battery as Biogas Desulfurizer, *International Journal of Material Science and Engineering*, **Vol. 2**, pp.39-42.
- Nindhia^d, T.G.T., Surata, I W., Atmika, I K. A., Negara, D.N.K.P, and Putra, G.P.A.L.(2014), Biogas Desulfurizer Made from Waste of Aluminium Chips, *International Journal of Mechanic and Manufacturing*, **Vol. 2**, pp. 219-222.
- Nindhia^e, T.G.T., Surata, I W., Atmika, I K. A., Negara, D.N.K.P, and Artana, I P.G. (2015), Processing Carbon Rod from Waste of Zinc-Carbon Battery for Biogas Desulfurizer, *Journal of Clean Energy Technologies*, **Vol. 3**, pp.119-122.
- Nindhia^f, T.G.T, Surata, I W., Swastika, D.G.P., Wahyudi, I M.(2016), Reuse of Carbon Paste From Used Zinc-Carbon Battery for Biogas Desulfurizer with clay as a binder, *International Journal of Environmental Science and Development*, **Vol.7**, pp.203-206.

- Nindhia^g, T.G.T, I W., Nindhia, T. S., Negara, D.N.K.. Mega M. (2017), Waste of Copper alloy Chips as Biogas Desulfurizer, *International Journal of Environmental Science and Development*, **Vol. 8** , pp, 15-18.
- Park, C. , Park, S. , Lee, Y. , Kim, C. Lee, S., Moriyoshi, Y. (2011), Performance and emission characteristics of a SI engine fueled by low calorific biogas blended with hydrogen, *International Journal of Hydrogen Energy*, **Vol. 36**, pp. 10080-10088
- Qian, Y., Sun, S., Ju, D., Shan, X., Lu, X. (2017), Review of the state-of-the-art of biogas combustion mechanisms and applications in internal combustion engines, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **Vol. 69**, pp. 50–58
- Reddy, K.S., Aravindhan, S., Mallick, T.K., (2016), Investigation of performance and emission characteristics of a biogas, fuelled electric generator integrated with solar concentrated photovoltaic system, *Renewable Energy* **Vol.92**, pp.233-243
- Surata, I W., Nindhia, T.G.T., Atmika, I K.A., Negara, D.N.K.P., and Putra, I W.E.P. (2014), Simple Conversion Method from Gasoline to Biogas Fuelled Small engine to Powered Electric Benerator, *Energy Procedia*, Vol.52, pp. 626-632
- Yilmaz, I.T., Gumus, M.(2017) Investigation of the effect of biogas on combustion and emissions of TBCdiesel engine, *Fuel*, Vol.188, pp. 69–78