

BIOGAS DIGESTER PORTABEL UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK MINI BERBAHAN BAKAR BIOGAS DENGAN HASIL SAMPINGAN BERUPA PUPUK CAIR BAGI KELOMPOK TANI KOPI DAN JERUK

T. G. T. Nindhia^{1*}, D. N. K. P. Negara¹, I W. B. Adnyana¹, I N. Suarnadwipa¹, T. S. Nindhia^{2,3}, J. Andretti, R. N. Prasetya, M. Fadhlurrohman, A. D. Ariastuti, I P. Sampurna²,
I G. N. G. Bidura⁴

ABSTRAK

Sebagian besar masyarakat di Desa Belok Sidan, yang berlokasi di Kecamatan Petang wilayah Kabupaten Badung, Provinsi Bali sekarang ini masih menekuti usaha pertanian dan peternakan, Kegiatan sampingan peternakan sapi ini perlu penanganan lebih lanjut agar limbah kotoran ternak tidak mencemari lingkungan, maka perlu disiapkan pengolahan limbah ternak dengan teknik *anaerobic digester* dengan hasil sampingan berupa pupuk dan energi terbarukan berupa biogas. Metode kegiatan dilakukan dengan menyiapkan alat *portable anaerobic digester* dengan kapasitas 200 liter yang bisa dioperasikan secara kontinyu. Alat ini terbuat dari pelat baja dilengkapi dengan dudukan beroda sehingga mudah dipindah kelokasi peternakan. Selanjutnya disiapkan pula alat genset listrik yang dapat dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar biogas. Pelatihan pengoperasian kedua alat ini dilakukan bagi anggota kelompok begitu pula dilakukan juga pelatihan cara memanfaatkan pupuk hasil pengolahan limbah. Hasil pengabdian berupa tersedianya alat pengolah limbah *portable anaerobis digester* yang dapat digunakan oleh anggota kelompok untuk memproses limbah ternaknya dan menghasilkan pupuk organik yang dapat dimanfaatkan untuk kesuburan tanaman kopi dan jeruk. Hasil sampingan lainnya adalah tersedianya energi listrik yang dihasilkan oleh genset berbahan bakar biogas.

Kata kunci : *Digester*, portable, pupuk, pembangkit, listrik, biogas

ABSTRACT

Most of the people in Belok Sidan Village, located in Petang District, Badung Regency, Bali Province, are currently still pursuing agricultural and livestock businesses. This side activity of cattle farming requires further handling so that livestock waste does not pollute the environment, so it is necessary to prepare livestock waste processing with anaerobic digester techniques with by-products in the form of fertilizer and renewable energy in the form of biogas. The activity method is carried out by preparing a portable anaerobic digester with a capacity of 200 liters that can be operated continuously. This tool is made of steel plate

¹ * Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jimbaran, 80361, Jimbaran, Bali-Indonesia
tirta.nindhia@me.unud.ac.id /nindhia@yahoo.com

² Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Udayana,

³ Prodi Doktor Ilmu Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Udayana

⁴ Fakultas Peternakan, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali-Indonesia

equipped with a wheeled stand so that it is easy to move to the livestock location. Furthermore, an electric generator is also prepared that can be operated using biogas fuel. Training on the operation of these two tools is carried out for group members as well as training on how to utilize fertilizer from waste processing. The results of the community service are in the form of the availability of a portable anaerobic digester waste processing tool that can be used by group members to process their livestock waste and produce organic fertilizer that can be used for the fertility of coffee and orange plants. Another by-product is the availability of electrical energy produced by a biogas-fueled generator.

Keywords: *Digester, portable, fertilizer, electric, generator, biogas*

1. PENDAHULUAN

Secara singkat profil Kelompok Tani Ternak Bon Belok Kopi beranggotakan masyarakat yang bergerak dalam usaha pertanian kopi dan jeruk. Di samping itu usaha peternakan sapi juga digeluti anggotanya. Kelompok ini beralamat di Desa Belok Sidan. Desa ini terletak di Kecamatan Petang, dan masuk wilayah Kabupaten Badung.

Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar genset listrik perlu diperkenalkan kepada masyarakat untuk mengurangi ketergantungan dan pengeluaran untuk pembiayaan energi listrik konvensional. Energi listrik konvensional akan sulit didapat di daerah pedalaman atau pegunungan. Untuk itu perlu diperkenalkan kepada masyarakat teknologi pembangkit listrik sederhana dengan menggunakan biogas sebagai bahan bakar. Usaha dan aktifitas pertanian seperti memompa air dari sumur/sungai sekitar, serta menggerakkan mesin-mesin pertanian seperti mesin parut kelapa, mesin panen padi, memotong kayu dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi listrik yang diperoleh dari pemanfaatan biogas hasil pengolahan limbah peternakan ini, sehingga merupakan penghematan energi listrik dari konsumsi listrik yang harus dibayarkan kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Di Desa Belok Sidan, Kecamatan Petang, Kabupaten Badung, limbah peternakan belum diproses sebagaimana layaknya untuk selanjutnya bisa diproses menjadi pupuk dan menghasilkan biogas. Di daerah Kabupaten Badung, Desa Belok Sidan yang masuk wilayah Kecamatan Petang, banyak terdapat peternakan sapi di mana limbahnya ditumpuk begitu saja tanpa pengolahan lebih lanjut. Padahal limbah ternak ini berpotensi sebagai bahan bakar alternatif jika diproses melalui *anaerobic digester* dengan hasil sampingan yang sangat bermanfaat berupa pupuk. Biogas yang diperoleh melalui pengolahan limbah ternak tersebut akan diupayakan digunakan sebagai bahan bakar mesin pembangkit listrik sehingga biogas yang dihasilkan tidak terbuang ke atmosfer dan menyebabkan emisi gas rumah kaca. *Pilot project* untuk melatih dan memanfaatkan biogas untuk bahan bakar mesin genset bagi Kelompok Tani Bon Belok Kopi dibangun di Kabupaten Badung wilayah Desa Belok Sidan. Daerah ini termasuk Kecamatan Petang.

Pengadaan genset yang dapat menggunakan bahan bakar biogas tidaklah mudah, karena biogas mengandung gas pengotor seperti uap air (H_2O), Hidrogen sulfida (H_2S) dan Karbondioksida (CO_2) sehingga desain mesin lebih rumit dibandingkan dengan bahan bakar konvensional seperti bensin dan solar atau LPG. Para peneliti mengembangkan berbagai teknik dan metode agar biogas yang dihasilkan dapat bersih dari gas pengotor di atas (Park, dkk. 2011).

Penelitian terdahulu sudah dikembangkan teknik untuk memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar genset dengan mencampur biogas dan solar (Yilmaz dan Gumus, 2017). Namun tidak seperti yang direncanakan ternyata hasilnya saat pengujian emisi gas buang, emisi gas berbahaya yang dihasilkan ternyata lebih banyak. Ini membuktikan bahwa mencampur biogas dan solar untuk bahan bakar mesin diesel bukan ide yang baik. Terlebih konsumsi bahan bakar solar justru meningkat tidak seperti yang direncanakan di mana dengan pencampuran biogas maka konsumsi

solar menjadi menurun (Qian, dkk, 2017). Metode mencampur biogas dan solar juga terbukti menurunkan efisiensi termal. Hal positif yang diperoleh dengan mencampurkan biogas dan solar adalah konsentrasi NO_x pada gas buang ditemukan menurun (Makareviciene dkk., 2013). Namun hal ini bisa dijelaskan karena biogas mengandung CO₂ maka saat pembakaran konsentrasi NO_x akan terbaca menurun (Kim dkk. 2016).

Terdapat pula teknologi yang mencampur biogas dengan hidrogen dengan menggunakan sistem potovoltaik yang terintegrasi. Teknik ini memperoleh hidrogen dari air menggunakan potovoltaik. Namun teknik ini menyebabkan kadar air meningkat dan harus dilengkapi dengan penghilang kadar air (Redy, dkk. 2016). Teknik ini cukup rumit dan tidak cocok dikembangkan untuk daerah pedesaan di Indonesia.

Biogas yang akan digunakan sebagai bahan bakar genset harus terbebas dari kandungan gas pengotor Hidrogen Sulfide (H₂S) karena gas ini sangatlah korosif dan sangat merusak mesin yang terbuat dari logam. Untuk mengatasi hal ini para peneliti yang terlibat dalam pengabdian ini sudah melakukan penelitian terlebih dahulu untuk menangani masalah ini. Proses penghilangan gas H₂S disebut dengan proses desulfurisasi dan dapat dilakukan dengan alat desulfurizer yang di dalamnya dapat menggunakan limbah gram besi (Nindhia^a, dkk, 2013), dapat pula menggunakan limbah gram tembaga (Nindhia^b, 2017), limbah gram aluminium (Nindhia^c, dkk., 2014). Limbah Baterai bekas (Nindhia^d dkk., 2016; Nindhia^e, dkk., 2016; Nindhia^f, dkk., 2016) juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini.

Sistem dengan pemurnian biogas telah juga dikembangkan melalui penelitian pendahuluan dengan mengembangkan sistem yang dilengkapi dengan alat mixer biogas dan udara, pengering biogas, pemurnian dari CO₂, dan desulfurizer (Nindhia^b dkk., 2012; Surata, dkk. 2014). Berdasarkan hal ini pengabdian sudah siap dilaksanakan.

2. METODE PELAKSANAAN

Secara spesifik khalayak sasaran adalah anggota Kelompok Tani Bon Belok Kopi dengan usaha perkebunan kopi dan jeruk serta usaha sampingan peternakan sapi. Kelompok ini membutuhkan pupuk dan juga kiat untuk mengolah kotoran ternak agar tidak mencemari lingkungan. Kondisi pegunungan juga menyulitkan penyaluran tenaga listrik.

Portable anaerobic digester dengan kapasitas 200L disiapkan untuk mengolah kotoran ternak menjadi energi bahan bakar genset biogas dengan hasil sampingan pupuk yang dapat digunakan untuk pertanian jeruk dan kopi bagi anggota kelompok. Generator listrik yang disiapkan untuk pengabdian ini mampu menghasilkan daya 1.000 watt. Genset ini menggunakan mesin 4 langkah dan dirancang dapat menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu biogas dan juga bensin.

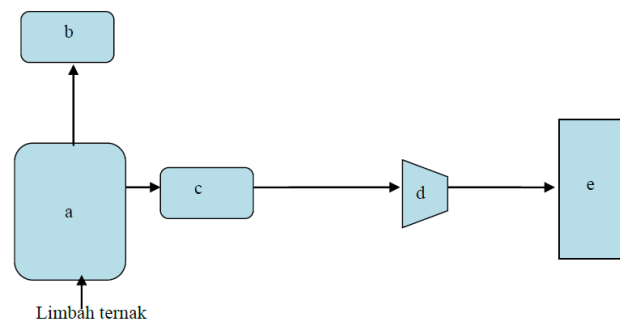
Kompresi dari ruang bakar dari mesin dirancang untuk dapat beroperasi baik untuk bahan bakar biogas maupun bensin. Piston dirancang menggunakan bahan aluminium-silicon, blok silinder menggunakan besi tuang kelabu. Ring piston menggunakan besi tuang bergrafit bulat, dan tutup piston menggunakan aluminium. Bukaan katup silinder dirancang dan diteliti agar dapat beroperasi baik jika menggunakan bahan bakar bensin dan biogas.

Pada mesin genset terdapat kekhususan karena harus dapat bekerja dengan 2 jenis bahan bakar yang berbeda yaitu bensin dalam keadaan cair dan biogas dalam keadaan sudah berupa gas. Saat menggunakan biogas maka bagian karburator tidak berfungsi dan diganti dengan alat pencampur biogas dan udara (*gas mixer*) demikian pula saat bahan bakar bensin yang digunakan maka alat

mixer biogas-udara tidak berfungsi dan yang berfungsi adalah karburasi yang mengubah wujud bensin dari cair menjadi semburan bensin dan bercampur dengan udara. Kedua bagian ini dapat dikendalikan melalui alat *fuel selector*.

Untuk tujuan homogenisasi biogas, maka disediakan kantong biogas. Di dalam kantong biogas ini kadar air dari biogas dihilangkan dengan menggunakan dehumidifier. Biogas dari bagian balon homogenisasi ini selanjutnya dialirkan ke alat desulfurisasi untuk menghilangkan kadar gas pengotor H_2S . Dari sini biogas dialirkan ke unit pemurnian dari kandungan pengotor CO_2 yang disebut dengan istilah *Carbon Dioxide Remover* (CDR).

Secara keseluruhan skema bagian mesin seperti tersaji pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Unit pembangkit listrik tenaga biogas. a. Digester, b. Pupuk cair, c. Unit desulfurizer (penghilang H_2S), d. Unit genset berbahan bakar biogas, e. energi listrik

Pelaksanaan dilakukan dengan membangun sebuah *pilot project* pembangkit listrik tenaga biogas di Kelompok Tani Bon Belok Kopi Desa Belok Sidang, Kecamatan Petang, Kabupaten Badung. *Pilot project* ini dijadikan percontohan agar masyarakat lain yang berminat dapat membangun sendiri secara swadaya. *Pilot project* juga merupakan lokasi tempat melatih dan alih teknologi kepada masyarakat yang di kemudian hari berniat membangun sendiri pembangkit listrik tenaga biogas.

Selanjutnya dilakukan pengabdian lanjutan di mana genset dengan bahan bakar biogas dirancang dan direalisasikan. Genset ini dapat dioperasikan dengan bahan bakar biogas dengan biogas dimurnikan terlebih dahulu dari pengotor gas Hidrogen Sulfida (H_2S). Pelatihan untuk melakukan pemurnian juga sudah dilakukan bagi semua anggota kelompok. Di samping itu biogas harus juga dihilangkan kadar airnya dengan menggunakan penyerap air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masyarakat dilibatkan dalam pelatihan pengoperasian genset saat dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar biogas. Berbagai pengaturan mesin genset dan perawatannya dijelaskan kepada masyarakat. Masyarakat juga dilibatkan dalam mengumpulkan kotoran ternak sapi untuk diolah menjadi biogas. Yang terpenting adalah masyarakat diajarkan cara pemanfaatan pupuk cair yang diperoleh dari *portable anaerobic digester* sehingga bermanfaat bagi kesuburan tanaman kopi dan jeruk

Pengabdian ini menghasilkan *portable anaerobic digester* untuk mengolah limbah ternak menjadi pupuk dan bahan bakar biogas yang mengandung gas metana yang bermanfaat sebagai sumber energi untuk memasak dan bahan bakar mesin genset (Gambar 3.1).

Biogas Digester Portabel untuk Pembangkit Listrik Mini Berbahan Bakar Biogas dengan Hasil Sampingan Berupa Pupuk Cair bagi Kelompok Tani Kopi dan Jeruk

Di samping itu pengabdian ini menghasilkan genset listrik dengan berbahan bakar biogas yang merupakan bentuk ketahanan energi apabila energi fosil sudah langka/tidak tersedia (Gambar 3.2).



Gambar 3.1. Digester biogas portabel dilengkapi dengan genset berbahan bakar biogas

Genset ini dapat dioperasikan dengan bahan bakar biogas dengan biogas dimurnikan terlebih dahulu dari pengotor gas Hidrogen Sulfida (H_2S). Pelatihan cara untuk melakukan pemurnian ini juga sudah dilakukan bagi semua anggota kelompok. Di samping itu biogas harus juga dihilangkan kadar airnya dengan menggunakan penyerap air. Namun dalam keadaan biogas belum tersedia, genset ini masih bisa dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin. Biogas disimpan dalam kantong biogas sehingga praktis dan dapat dipindahkan sesuai lokasi genset.

Dengan adanya *portable biogas digester* ini pupuk yang dihasilkan bisa dibawa langsung ke pertanian jeruk dan kopi di lokasi tempat bertanam karena sudah dilengkapi dengan roda. Listrik yang dihasilkan dapat digunakan untuk memompa air dari sungai atau sumber mata air lainnya dan untuk penerangan atau dapat juga disimpan di dalam baterai/aki penyimpan untuk cadangan listrik di daerah pedesaan atau pegunungan yang jauh atau belum terjangkau energi listrik.



Gambar 3.2. Genset listrik berbahan bakar biogas bagi Kelompok Tani Bon Belok Kopi Desa Belok Sidan, Kecamatan Petang, Kabupaten Badung

4. KESIMPULAN

Pengabdian ini telah menyelesaikan permasalahan limbah ternak dengan menyediakan *portable biogas digester* untuk mengolah limbah ternak sapi menjadi pupuk dengan hasil sampingan berupa energi biogas yang bermanfaat untuk digunakan sebagai bahan bakar genset listrik dan memasak yang merupakan bentuk ketahanan energi. Tersedianya pupuk juga merupakan realisasi dari program ketahanan pangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis tujuan kepada Universitas Udayana atas pendanaan kegiatan ini melalui DIPA PNBP Universitas Udayana TA-2024 sesuai dengan Surat Perjanjian Penugasan (SP3) Pelaksanaan Pengabdian B/256.122/UN14.4.A/PM.01.01/2024, tertanggal 17 April 2024.

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, No.1, 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, No. 3, 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, No. 1, 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, No. 3, 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 Zing-Carbon Battery for Biogas Desulfurizer, *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 3, No. 2, pp.119-122.
- Nindhia^f, T.G.T, Surata, I W., Swastika, D.G.P., Wahyudi, I M., Reuse of Carbon Paste From Used Zinc-Carbon Battery for Biogas Desulfurizer with clay as a binder, (2016), *International Journal of Environmental Science and Development (IJESD)*, ISSN:2010-0264, Vol.7, No.3, March 2016 31, 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 , No.1, 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, 2011, 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 Fueled 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.