JPP IPTEK
Jurnal Pengabdian dan Penerapan IPTEK

Mei 2024 *Volume 8, Nomor 1*
ISSN: 2620-7745 (media online) *doi: 10.31284/j.jpp-iptek.2024.v8i1.2351*

Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Biogas Menggunakan *Digester Fixed Dome* untuk Pembangunan Berkelanjutan Masyarakat Pedesaan

Soeprijanto
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Danawati Hari Prajitno
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Niniek Fajar Puspita
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Agung Subyakto
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Budi Setiawan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstract

Kalipucang Village, Tutur District, Pasuruan, East Java, is located close to the foot of Mount Bromo, the people mostly live to farm and raise cattle. Especially cattle breeders, most of them raise dairy cows to produce milk. The problem faced by farmers is overcoming cow dung waste. Most cow dung is only dumped into the environment and a small portion is only used as fertilizer. Community Service Activities based on appropriate technology are aimed at sustainable development and strengthening the biomass-based economy related to managing cow dung waste converted into biogas as renewable energy. The village community of cattle farmers can utilize them. This program can facilitate environmental and socio-economic sustainability, reducing methane gas emissions and solid waste accumulation. Biogas production is obtained through the digestion of cow dung using a fixed dome digester with a volume of about 8 m3 made of sand, brick, and cement. Above the dome, a gas pipe is installed and connected by a gas pipe to the stove for cooking purposes in the kitchen. Also, a gas pipe connected to a manometer is placed in the kitchen to see and control biogas production. 80 kg of cow dung was mixed with water in a 1:1 ratio, stirred until homogeneous, and fed into the digester semi-continuously. After being incubated for 1 week, biogas production can be observed by looking at the pressure difference in the manometer. The volume of biogas produced daily is quite 500 liters and can be used by 2 families or for 8 hours for cooking activities. The benefits of product-based community service activities are that cattle breeders can produce biogas by utilizing cow dung as an energy source that is cheap, clean, and easy to control for various purposes based on appropriate technology.

Keywords: *Biogas; Biomass; Cow dung; Digester fixed dome; Fertilizer*

Abstrak

Desa Kalipucang, Kecamatan Tutur, Pasuruan, Jawa Timur, terletak dekat dengan kaki gunung Bromo. Masyarakatnya kebanyakan hidup bertani dan beternak sapi. Kebanyakan peternak memelihara sapi perah untuk menghasilkan susu. Permasalahan yang dihadapi oleh peternak adalah terkait limbah kotoran sapi. Kebanyakan kotoran sapi hanya dibuang ke lingkungan dan sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pupuk. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berbasis teknologi tepat guna bertujuan untuk pembangunan berkelanjutan dan penguatan ekonomi berbasis biomassa dalam bentuk pengonversian limbah kotoran sapi menjadi biogas sebagai energi terbarukan sehingga dapat dimanfaatkan oleh masyarakat desa. Program ini dapat memfasilitasi keberlanjutan lingkungan dan sosial ekonomi yang mengarah pada pengurangan emisi gas metana dan pengurangan akumulasi limbah padat. Produksi biogas diperoleh melalui proses *digestion* kotoran sapi menggunakan *digester fixed dome* dengan volume sekitar 8 m^3 terbuat dari konstruksi bangunan pasir, batu bata, dan semen. Di atas *dome* dipasang pipa gas yang terhubung ke kompor untuk keperluan memasak di dapur perumahan. Pipa gas juga dihubungkan dengan alat manometer, diletakkan di dapur untuk melihat dan mengontrol produksi biogas yang dihasilkan. Kotoran sapi sebanyak 80 kg dicampur dengan air (rasio 1:1) dan diaduk hingga homogen kemudian diumpankan ke dalam *digester* secara semikontinu. Setelah diinkubasikan selama 1 minggu, produksi biogas dapat diamati dengan melihat perbedaan tekanan yang ada pada manometer. Volume biogas yang dihasilkan setiap hari sebesar 500 liter dan dapat dimanfaatkan oleh 2 keluarga atau selama 8 jam untuk kegiatan memasak. Manfaat yang diperoleh dari kegiatan pengabdian masyarakat berbasis produk adalah terutama peternak sapi dapat menghasilkan biogas dengan memanfaatkan kotoran sapi sebagai sumber energi yang murah, bersih, dan mudah dikendalikan untuk berbagai keperluan dengan basis teknologi tepat guna.

Kata kunci: Biogas; Biomassa; *Digester fixed dome*; Kotoran sapi; Pupuk

1. Pendahuluan

Desa Kalipucang terletak di Kecamatan Tutur, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur, merupakan daerah pertanian yang sebagian besar masyarakatnya mempunyai mata pencaharian bercocok tanam dan sebagian masyarakat lainnya beternak sapi. Terutama terhadap masyarakat yang beternak sapi, mereka setiap harinya menghasilkan banyak limbah kotoran sapi dan sedikit sekali mereka memanfaatkan limbah digunakan sebagai pupuk organik untuk kebutuhan pertanian atau lainnya. Peternak sapi kebanyakan membuang kotoran sapi di halaman belakang rumah tersebar di kebun-kebun dan sebagian kecil dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

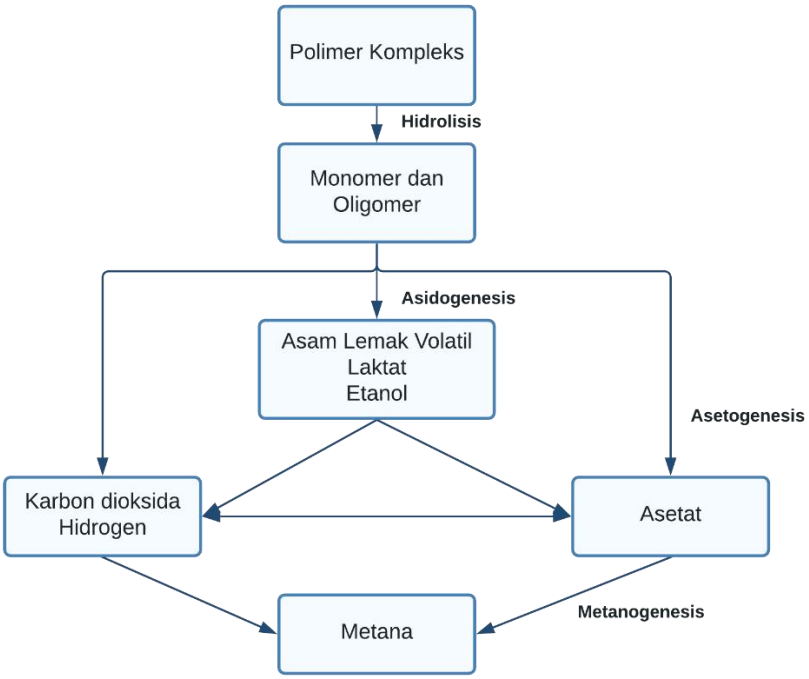
Dalam meningkatkan nilai ekonomi dari limbah organik atau biomassa, maka dilakukan kerja sama antara ITS dan kepala desa dengan memanfaatkan kotoran sapi dikonversi menjadi bahan bahan bakar terbarukan berupa biogas [1]. Di samping itu, dalam proses pembuatan biogas mempunyai hasil samping yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair dan padat. Pengelolaan limbah organik tidak hanya berkelanjutan secara lingkungan tetapi juga hemat biaya dan dapat diterima secara social. Walaupun permintaan energi terus meningkat secara global, jutaan masyarakat dan rumah tangga, terutama di negara berkembang, masih kekurangan akses ke layanan energi dasar [2], [3]. Akibatnya, lebih dari tiga miliar orang terutama di daerah pedesaan di negara berkembang bergantung pada bahan bakar padat tradisional seperti kayu bakar, kotoran ternak, dan sisa tanaman untuk memenuhi kebutuhan memasak dan penerangan.

Energi merupakan kebutuhan yang diperlukan oleh setiap individu untuk pembangunan ekonomi, hal ini akan meningkatkan kondisi dan standar kehidupan di berbagai belahan dunia. Energi merupakan bagian tak terpisahkan dari masyarakat modern. Terlepas dari kemajuan teknologi, banyak individu terutama di daerah pedesaan di negara berkembang telah berusaha memenuhi kebutuhan energi mereka untuk kebutuhan memasak melalui cara tradisional dengan pembakaran secara langsung sumber daya biomassa seperti kayu bakar, jerami, dan residu pertanian [2]. Hal ini dapat mengakibatkan masalah lingkungan, ekonomi dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pemanfaatan residu pertanian atau limbah organik dapat meningkatkan kondisi kehidupan, standar kesehatan dan lingkungan sangat diperlukan dalam memenuhi kebutuhan energi, maka dilakukan kegiatan pengabdian masyarakat pembuatan biogas berbasis Teknologi Tepat Guna dengan memanfaatkan kotoran sapi. Biogas merupakan bentuk energi terbarukan yang dapat menyediakan sumber energi yang murah, bersih dan mudah dikendalikan untuk berbagai keperluan. Secara bertahap biogas dapat menggantikan bahan bakar fosil dan pembakaran langsung dari biomassa sebagai sumber energi, sehingga dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Proses pembentukan biogas dapat dipahami dengan mudah menggunakan teknologi yang sederhana untuk mengonversi limbah pertanian, hewan, industri, dan perkotaan menjadi energi. Biogas merupakan salah satu energi terbarukan dan salah satu bentuk energi yang paling luas dan mudah diakses. Sehingga saat ini telah menjadi arah utama untuk pengembangan energi terbarukan [4], [5]. Produksi bioenergi dari kotoran ternak berpotensi mengurangi pemakaian bahan bakar fosil.

Digestion biogas merupakan teknologi biogas dan pencernaan anaerobik yang terlibat dalam peruraian bahan baku organik tanpa adanya oksigen. Biogas yang dihasilkan dari proses *digestion* tanpa oksigen adalah komponen CH_4 (55-70%) dan karbon dioksida CO_2 (30-45%). Metana merupakan komponen terbesar dari gas yang dihasilkan dalam proses *digestion* anaerobik, memiliki potensi energi yang tinggi dan dapat digunakan untuk keperluan produksi pemanas dan listrik [6]. Kandungan biogas sangat tergantung pada bahan baku yang diumpankan ke dalam *digester*. Secara umum, komponen besar biogas terdiri atas 50–75% CH_4 dan 25–50% CO_2 beserta beberapa komponen lain seperti hidrogen sulfida H_2S dan uap air H2O. Metana adalah konstituen utama biogas dan meskipun kontribusi molekul metana (CH_2) terhadap efek rumah kaca senilai 21 kali lebih besar dari pada molekul karbon dioksida (CO_2), sehingga penggunaan metana dalam bentuk energi terbarukan, dapat mengurangi dampaknya terhadap lingkungan. Salah satu

manfaat penting dari produksi biogas adalah dapat mengurangi konsumsi gas alam dan minyak di industri dan sistem pertanian dengan menggunakan biogas secara langsung, yang mengurangi pencemaran udara lingkungan [5].

Proses produksi biogas melibatkan beberapa proses biokimia terkait dengan mikroorganisme yang bekerja sama untuk mencapai degradasi bahan organik menjadi metana dan karbon dioksida [7], [8]. Tahap pertama terjadi proses hidrolisis, komponen kompleks dan molekul diubah menjadi senyawa lebih sederhana. Dalam keadaan ini, karbohidrat kompleks, lipid dan protein diubah menjadi molekul gula dan/atau asam amino yang lebih sederhana, dan asam lemak. Bila selulosa dihidrolisis dalam *digester* anaerobik, banyak molekul glukosa terlarut yang dilepaskan (Persamaan 1). Selulosa dihidrolisis oleh *Cellulomonas* bakteri hidrolitik. Bakteri dapat menghidrolisis selulosa karena bakteri dapat menghasilkan enzim selulase, mampu memecah ikatan-ikatan antara unit-unit glukosa. Senyawa organik koloid seperti protein (Persamaan 2) dihidrolisis menjadi senyawa larut sederhana yang dapat diserap oleh sel-sel bakteri.



Gambar 1. Tahapan Sederhana Aliran *Digestion* Anaerobik dalam Mendegradasi Limbah Organik

$$(C_6H_{10}O_5)_n + n\ H_2O \rightarrow n\ C_6H_{12}O_6 \quad \ldots (1)$$

$$\text{Protein} + H_2O \rightarrow \text{Asam-asam amino terlarut} \quad \ldots (2)$$

Tahap kedua adalah *Asidogenesis*, monomer yang dihasilkan dari proses hidrolisis kemudian didegradasi oleh keragaman besar bakteri anaerobik fakultatif dan anaerobik melalui banyak jalur fermentasi. Dalam proses hidrolisis bakteri *Asidogenesis* berperan dalam pembentukan asam dan penguraian senyawa organik kompleks menjadi produk sederhana, seperti CO_2 dan H_2 serta asam-asam lemak melalui dua utama, ditunjukkan pada Persamaan (3) dan (4). Glukosa yang terjadi dikonversi menjadi etanol diubah menjadi propionat.

$$\text{Senyawa organik} \rightarrow CO_2 + H_2 + \text{asetat} \quad \ldots (3)$$

$$\text{Senyawa organik} \rightarrow \text{propionat} + \text{butirat} + \text{etanol} \quad \ldots (4)$$

Tahap ketiga adalah *asetogenesis*, asetat dapat diproduksi tidak hanya melalui fermentasi senyawa organik terlarut tetapi juga melalui *asetogenesis*. Asam lemak volatile yang terjadi secara terus menerus diubah menjadi hidrogen, karbon dioksida dan asam asetat (Persamaan 5 dan 6).

$$CH_3CH_2COOH + 2\ H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3\ H_2 \quad \ldots (5)$$

$$CH_3CH_2CH_2COOH + 2H_2O \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 3\ H_2 \quad \ldots (6)$$

Akhirnya, tahap keempat adalah *metanogenesis* yang mempunyai peran penting adalah Metanogen, merupakan bakteri anaerobik penghasil metana seperti *Methanobacterium, Methanococcus, Methanosarcina, Methanospirillum.* Bakteri metanogen menguraikan hidrogen, karbon dioksida dan asam asetat, dan menghasilkan metana. Pada tahap *metanogenesis* pembentukan metana (CH_4) dari senyawa asetat, atau dari hidrogen dan CO_2 dilakukan oleh bakteri *metanogenik*. Bakteri *metanogenik* merupakan bakteri *obligate* anaerobik yang pertumbuhannya lebih lambat dari pada bakteri yang ada pada tahap satu dan dua. Senyawa-senyawa CO_2, H_2, dan asetat yang dihasilkan dari proses degradasi senyawa organik secara langsung digunakan oleh bakteri *Acetoclastic Methanogens* untuk membentuk senyawa metana dengan Persamaan (7).

$$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^- + \text{energi} \quad \ldots (7)$$

Gas hidrogen merupakan hasil yang terbentuk oleh bakteri pembentuk hidrogen pada tahap sebelumnya. Adanya akumulasi gas hydrogen dalam system, aktivitas bakteri *metanogenesis* (*acetoclastic bacteria* dan *Hydrogen-utilizing methane bacteria)* dapat terganggu.

Digester biogas dengan diberi umpan kotoran sapi telah banyak diterapkan di rumah tangga kecil di pedesaan di negara berkembang. Limbah dapur, sisa tanaman dan rumput liar juga merupakan sumber bahan baku yang potensial untuk dimanfaatkan dalam pembangkit biogas. Lebih banyak kegiatan penelitian sangat penting untuk menemukan plant proses untuk biodegradasi anaerobik yang optimal dari sumber daya ini. Pengguna biogas di pedesaan telah secara substansial mengurangi konsumsi kayu bakar, beban kerja dan penggundulan hutan. Rumah tangga bisa menghemat waktu untuk mengumpulkan kayu bakar untuk memasak. Residu biogas dapat membantu rumah tangga untuk menghemat penggunaan pupuk..

Tujuan utama kegiatan abdimas berbasis teknologi tepat guna adalah untuk mengetahui pemanfaatan limbah kotoran sapi dari instalasi plant biogas *anaerobik fixed dome* dan dampaknya terhadap profil sosial ekonomi Desa**.**

2. Metode Pelaksanaan

2.1 Bahan Umpan

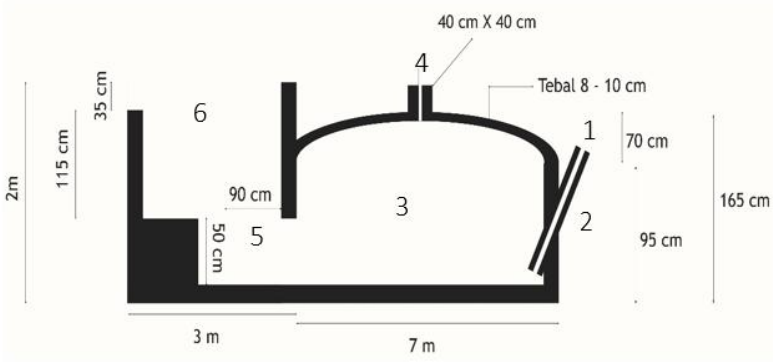
Kotoran sapi yang digunakan sebagai bahan baku diperoleh dari kandang sapi petani (Gambar 2). Kotoran sapi segar sebanyak 80 kg dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 (w/v), untuk memastikan bahwa persentase total padatan kurang dari 10%, dan dimasukkan kedalam silinder dilengkapi dengan alat pengaduk untuk mendapatkan *slurry* yang homogen (inlet kotoran sapi). Kemudian, slurry dialirkan dan diumpankan ke dalam *digester fixed dome*. Pengumpanan kotoran sapi dilakukan setiap hari secara semi kontinyu.



Gambar 2. Kandang Sapi sebagai Sumber Limbah Kotoran Sapi

2.2 Desain dan Konstruksi *Digester Fixed Dome*

Digester fixed dome merupakan reaktor semi batch yang terdiri atas ruang fermentasi untuk pencernaan anaerobik, pipa umpan dan *digestate*, dan *fixed dome* di bagian atas untuk penyimpanan biogas [9], [5]. Reaksi dan ruang penyimpanan biogas terhubung. Dome dibangun menggunakan bahan terutama dengan bahan granit, pasir, besi *betoneser* dan semen. Tahapan konstruksi *digester* biogas terdiri atas pondasi bangunan, dinding penyetelan, dan pelapisan dinding [6], [10], [11]. Pelapisan dilakukan berulang kali dengan campuran semen (Gambar 3). *Digester* biogas dengan tipe *fixed dome* biasanya dibangun di bawah tanah. Hal ini diharapkan dapat mengurangi fluktuasi suhu, di samping penghematan area lahan. Biogas yang dihasilkan tertampung pada bagian atas *digester* dan terjadi perbedaan ketinggian permukaan antara lumpur di dalam *digester* dan *digestate* di efluen *disgester* yang menghasilkan tekanan gas [1]. Beberapa pertimbangan desain yang penting adalah iklim lokal, jumlah limbah dan air yang tersedia untuk dimasukkan ke dalam digester anaerobik setiap hari. Bagian bawah digester berisi lapisan biosolid dan lapisan cairan di atas biopadatan. Penguraian kotoran sapi sebagai limbah secara anaerobik disebut juga dengan proses biometanasi. Hal ini merupakan salah satu metode penting dan berkelanjutan untuk pengolahan limbah biodegradable di negara beriklim tropis.



Gambar 3. Desain *Digester* Biogas untuk Mengolah Kotoran Sapi Menjadi Biogas.
Keterangan: 1 = Inlet kotoran sapi; 2 = pipa inlet kotoran sapi; 3 = *digester* biogas;
4 = pipa gas hasil *digestion*; 5 = manhole; 6 = outlet lumpur tidak terdegradasi.

2.3 Metodologi

Substrat sebagai umpan untuk menghasilkan biogas berupa kotoran sapi yang diperoleh dari kandang peternakan sapi perah terletak dekat dengan *digester fixed dome* di desa Kali Pucang, Pasuruan. Sebelum diumpankan kotoran sapi dikumpulkan terlebih dahulu kemudian dijadikan slurry. Slurry merupakan campuran homogen antara kotoran sapi dan air dengan komposisi 1:1 (v/v), atau 75 kg kotoran sapi dicampur dengan air dalam jumlah sama. Setelah hari pertama

pemberian umpan, katup gas dibiarkan terbuka selama 72 jam untuk memungkinkan pengusiran udara yang berada di ruangan atas [5], [12].

Proses biometanasi dari *slurry* ini dilakukan untuk memproduksi energi dalam *digester fixed domed* dan produksi biogas kumulatif. Biogas yang dihasilkan dilepaskan melalui pipa yang kemudian dialirkan menuju dapur dihubungkan ke kompor gas untuk memasak. Untuk mengetahui produksi biogas, pipa gas dihubungkan dengan alat manometer. Perbedaan permukaan pada alat manometer menunjukkan bahwa gas sudah dihasilkan oleh *digester*.

3. Hasil dan Pembahasan

Teknologi *digester* anaerobik dapat diterima secara luas sebagai proses yang efisien untuk mengolah dan memanfaatkan limbah kotoran sapi karena telah terbukti menjadi metode yang menjanjikan untuk pengurangan limbah dan daur ulang energi. Ini telah menjadi populer dan banyak digunakan karena kemampuannya untuk menghasilkan energi terbarukan dari limbah. Laju produksi gas dan laju produksi metana adalah dua indikator kinerja utama dalam proses anaerobik. Volume biogas yang dihasilkan setiap hari cukup banyak sebesar 500 liter dan dapat dimanfaatkan oleh 2 keluarga, atau dapat digunakan selama 8 jam untuk kegiatan memasak dengan waktu tinggal hidrolik (HRT) selama 21 hari.



(a) (b)

Gambar 4. Proses Pembangunan *Digester*: (a) Pembangunan Dasar dan Dinding *Digester*; (b) Pembangunan *Dome Digester*.



(a) (b)

Gambar 5. *Digester Fixed Dome*: (a) Pembangunan *Digester* Sudah Selesai dan Siap Digunakan; (b) Silinder dengan Bahan Cor Dilengkapi dengan Alat Pengaduk.



(a)



(b)

Gambar 6. Pengujian Produksi Biogas Hasil Fermentasi: (a) Pengujian Produksi Biogas Dilakukan di Dapur Masyarakat; (b) Penyalaan Kompor Menghasilkan Api Berwarna Biru.



Gambar 7. Tim Pengabdian Masyarakat Dosen dan Mahasiswa ITS dalam Melakukan Kunjungan ke Kalipucang, Kabupaten Pasuruan

4. Kesimpulan

Kotoran sapi mempunyai potensi digunakan sebagai bahan baku untuk membuat energi baru terbarukan dalam bentuk biogas, di samping itu buangan proses biogas menghasilkan pupuk organik cair dan padat. Volume biogas yang dihasilkan setiap hari kurang lebih sebesar 500 liter dan dapat dimanfaatkan oleh 2 keluarga, atau dapat digunakan selama 8 jam untuk kegiatan memasak.

Ucapan Terima Kasih

Kami tim abdimas mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya yang telah memberikan dukungan dana dalam kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat, tahun 2018, No. 1580/PKS/ITS/2018.

Daftar Pustaka

[1] Soeprijanto, Suprapto, Danawati Hari P., Niniek Fajar Puspita, Lily Pudjiastuti, Budi Setiawan, Warlinda Eka T, Achmad Ferdiansyah, Nurlaili H., dan Arino Anzip (2017). Pembuatan Biogas dari Kotoran Sapi Menggunakan Biodigester di Desa Jumput Kabupaten Bojonegoro. *SEWAGATI,* 1(1), 17-25.

[2] Surendra, K.C., Takara, D., Hashimoto, A.G. dan Khanal, S.K. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges *Ren. Sustainable Rev.* **31** 846-859.

[3] Mukumba, P., Makaka, G. dan Mamphweli, S. (2011). Batch anaerobic co-digestion of cow dung and donkey manure, in Proceedings of the South Africa Institute of Physics, Johannesburg, South Africa, 701–706.
[4] Aduba, J. J., Rohjy, H.A., Manta, I. H. dan Yohanna, P. (2013). Development of anaerobic digester for the production of biogas using poultry and cattle dung: a case study of Federal University of Technology Minna Cattle and Poultry Pen, *International Journal of Life Science*, 2(3), 139–149.
[5] Soeprijanto, S., Warmadewanthi, I.D.A.A., Muntini, M.S., Anzip, A. (2021). The Utilization of Water Hyacinth for Biogas Production in a Plug Flow Anaerobic Digester. *Int. Journal of Renewable Energy Development*, 10(1), 27-35.
[6] Bello, S.K. dan Alamu, O.S. (2016). Design and construction of a domestic biogas digester. *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 6(2), 8–15.
[7] Náthia-Neves, G., Berni, M., Dragone, G., Mussatto, S.I. (2018). Anaerobic digestion process: Technological aspects and recent developments, *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(9), 2033- 2046.
[8] Sawyerr, N., Trois, C., Workneh, T. dan Okudoh, V. (2019). An overview of biogas production: fundamentals, application, and future research. *International Journal of Energy, Economics and Policy*, 9(2), 105–116.
[9] Agu, C.S. dan Igwe, J.E. (2016). Design and construction of an indigenous biogas plant. *American Journal of Engineering Research*, 5(8), 88–97.
[10] Jakayinfa, S. O., Adebayo, A. O., Ogunkunle, S. K., Kareem, S. A., Olaleye, C. dan Okoya, J. (2014). Design and construction of a metallic bio-digester for the production of biogas from cow dung, *Lautech Journal of Engineering and Technology*, 8(2), 182–187.
[11] Nwankwo, C. S., Eze, J. I. dan Okoyeuzu, C. (2017). Design and fabrication of 3.60m^3 household plastic biodigester loaded with kitchen waste and cow dung for biogas generation, *Scientific Research and Essays*, 12(4), 130–141.
[12] Soeprijanto, S., Anfi Reynikha Fatullah, Sashi Agustina, Dyah Firdha Amalia, Alif Adi Kaisar (2020). Biogas Production from Vegetables and Fruit Wastes Using Anaerobic Floating Bioreactor. *Eksergi,* 17(2), 99-104.

Afiliasi:

Soeprijanto*, Danawati Hari Prajitno, Niniek Fajar Puspita, Agung Subyakto, Budi Setiawan
Insititut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email: *soeprijanto@chem-eng.its.ac.id

JPP IPTEK (Jurnal Pengabdian dan Penerapan IPTEK) https://ejurnal.itats.ac.id/jpp-iptek

dipublikasikan oleh LPPM Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Mei 2024, Volume 8, Nomor 1
doi: 10.31284/j.jpp-iptek.2024.v8i1.2351

Dikirim: 14/11/2021
Diterima: 11/01/2024
Dipublikasikan: 31/05/2024