

Potensi Serasah Daun dengan Inokulum Kotoran Sapi sebagai Substrat Biogas menggunakan Digester AMPTS II (Automatic Methane Potential System II)

The Potency of Leaf Litter with Cow-Manure Inoculum as Biogas Substrate using AMPTS II Digester

Faisal Arliansah Iqbal^{1,*),} Efri Mardawati^{1,3}, dan Sri Suhartini^{2,3}

¹ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Ir. Soekarno km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

² Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran No.16, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

³ Research Collaboration Center for Biomass and Biorefinery between BRIN and Universitas Padjadjaran, Jl. Ir. Soekarno km. 21, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363, Indonesia

^{*)} Alamat E-mail Korespondensi: faisal22001@mail.unpad.ac.id

Informasi Artikel

Diterima: 31 Jan 2024

Disetujui: 12 Feb 2024

Terbit : 13 Feb 2024

Kata Kunci:

Biogas; Inokulum Kotoran Sapi; Serasah Daun.

Keywords:

Biogas; Cow Manure
Inoculum; Leaf Litter.

Abstrak. Serasah daun, ranting kayu, batang, tanaman yang sudah mati masih menyimpan cadangan karbon yang termasuk ke dalam karbon organik (C-organik) yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme. Serasah daun kering dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif berupa biogas dengan cara digestasi anaerob. Salah satu bahan yang cocok sebagai bahan campuran dalam proses digestasi anaerob yaitu inokulum yang berasal dari kotoran sapi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan menggunakan alat AMPTS II untuk pengujian Biochemical Methane Potential (BMP). Substrat yang digunakan yaitu inokulum murni dan inokulum dengan serasah daun. Hasil menunjukkan bahwa percampuran antara serasah daun dengan inokulum kotoran sapi akan saling berinteraksi dimana bakteri metanogen pada inokulum akan mendapatkan energi tambahan dari bahan organik serasah daun. Volume metana kumulatif selama 28 hari pada campuran serasah daun dengan inokulum serasah daun menggunakan digester AMPTS II yaitu 2666,80 NmL. Hal tersebut lebih baik dibandingkan perlakuan inokulum murni yang hanya menghasilkan gas 2141,17 NmL.

Abstract. Leaf litter, wood branches, stems, and dead plants still store carbon reserves included in organic carbon (C-organic) which can be utilized as a source of energy for microorganisms. Dry leaf litter can be utilized into alternative energy in the form of biogas by anaerobic digestion. One of the suitable materials as a mixture in the anaerobic digestion process is inoculum derived from cow dung. This study used a completely randomized design (CRD) using the AMPTS II tool for Biochemical Methane Potential (BMP) testing. The substrates used were pure inoculum and inoculum with leaf litter. The results showed that the mixing of leaf litter with cow manure inoculum will interact with each other where methanogenic bacteria in the inoculum will get additional energy from leaf litter organic matter. Cumulative methane volume for 28 days in the mixture of leaf litter with leaf litter inoculum using AMPTS II digester is 2666.80 NmL. This is better than the pure inoculum treatment which only produces 2141.17 NmL of gas.

PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil dari sisa material yang sudah tidak digunakan dari aktivitas manusia, tumbuhan maupun hewan baik berupa padatan, cairan atau gas baik dalam industri, rumah tangga, maupun pasar. Limbah di Indonesia sendiri lebih

banyak didominasi oleh limbah organik [1]. Serasah daun menjadi salah satu sampah organik yang belum banyak dimanfaatkan sehingga dapat memicu terjadinya kebakaran yang mengakibatkan kerusakan materil bila dibiarkan atau tidak diolah

lebih lanjut [2]. Serasah daun, ranting kayu, batang, tanaman yang sudah mati masih menyimpan cadangan karbon yang termasuk ke dalam karbon organik (C-organik) yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi bagi mikroorganisme [3].

Serasah daun kering dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif berupa biogas dengan cara digestasi anaerob. Digestasi anaerob merupakan fermentasi tertutup tanpa melibatkan oksigen untuk mengkonversi limbah organik dengan bantuan mikroorganisme anaerobik dan fakultatif menjadi energi ramah lingkungan berupa biogas [4]. Proses digestasi anaerob dapat menggunakan satu bahan baku limbah (*mono-substrat*) atau dapat menggunakan percampuran dari dua bahan baku atau lebih (*co-substrat*) dari limbah yang berbeda [5]. Pencampuran bahan baku dianggap lebih efektif karena lebih banyak menyerap limbah organik dan juga dapat menghasilkan yang lebih optimum dibandingkan hanya menggunakan satu bahan baku [6].

Salah satu bahan yang cocok sebagai bahan campuran dalam proses digestasi anaerob yaitu inokulum yang berasal dari kotoran sapi. Inokulum kotoran sapi cocok sebagai bahan campuran dengan serasah daun karena memiliki C/N rasio sebesar 24 dan dianggap lebih baik dibandingkan dengan limbah kotoran ternak lainnya [7]. Campuran limbah serasah daun kering dengan inokulum kotoran sapi dapat mempengaruhi produksi biogas secara fermentasi anaerob [8].

Automatic Methane Potential System II (AMPTS II) merupakan salah satu instrumen digestor tipe batch untuk mengetahui kinerja digestasi anaerob dalam mengkonversi bahan organik menjadi biogas. AMPTS II memiliki tiga segmen yang meliputi segmen inkubasi sampel, segmen penyerap CO_2 , dan alat pengukur volume gas [9]. Alat ini dapat mengetahui gas bio khususnya gas metana yang dihasilkan dari substrat campuran serasah daun dengan inokulum kotoran sapi.

Permasalahan dalam mengelola sampah atau limbah organik dapat diminimalkan dengan menerapkan pengelolaan sampah terpadu, diantaranya pengolahan sampah menjadi energi (*waste to energy*) sebagai upaya dalam mengurangi jumlah limbah dan juga sebagai antisipasi pergeseran dari penggunaan energi konvensional ke energi alternatif salah satunya dengan

memanfaatkan teknologi digestasi anaerob. Saat ini kebutuhan energi di Indonesia masih bergantung dari energi tak terbarukan yang sulit untuk diperbarui, contohnya gas bumi, minyak bumi dan sebagainya. Data Badan Pusat Statistik tahun 2021 [10] menunjukkan bahwa konsumsi akhir energi di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 4,91 juta terajoule dan diperkirakan terus meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan hal tersebut pemerintah global termasuk pemerintah Indonesia berkomitmen untuk mengembangkan energi yang bersifat *renewable resources* salah satunya dengan teknologi digestasi anaerobik dengan memanfaatkan limbah organik sebagai sumber energi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi serasah daun dengan inokulum kotoran sapi dalam menghasilkan biogas pada digester tipe batch menggunakan AMPTS II yang diharapkan dapat menjadi energi alternatif menggeser penggunaan energi gas bumi yang bersifat *unrenewable resources*.

METODE

Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam digestasi anaerob yaitu menggunakan *Automatic Methane Potential System II* (AMPTS II) dengan beberapa alat lainnya seperti beberapa alat laboratorium, oven, furnace, desikator, blender, jerigen, saringan, dan botol kaca. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah serasah daun, yang dikumpulkan di beberapa titik kawasan kampus Universitas Padjadjaran, Jatinangor dan inokulum kotoran sapi didapat dari Peternakan Sari Rumput Kota Malang.

Preparasi Inokulum dan Serasah Daun

Serasah daun diambil dari beberapa titik di kawasan Universitas Padjadjaran lalu dikumpulkan dan digiling menggunakan blender sampai berbentuk serbuk kemudian disimpan dalam botol. Pengambilan serasah daun dilakukan secara acak tidak memperhatikan jenis, varietas, umur, luas permukaan daun.

Inokulum kotoran sapi diambil dari Peternakan Sari Rumput, Kota Malang lalu dibersihkan dari bahan organik lainnya (sisa pakan, rumput dll.) kemudian disaring ke dalam jerigen. Sebelum

digunakan untuk proses digestasi anaerobik, dilakukan *degass* pada inokulum dengan memanaskannya pada suhu $37 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam agar gas yang tersisa pada inokulum hilang [11].

Perhitungan Total Solid (TS) dan Volatile Solid (VS)

Pengukuran *total solid* (TS) dan *volatile solid* (VS) diperlukan untuk mengetahui seberapa banyak substrat yang digunakan dalam proses digestasi anaerob dan degradasi sumber karbon dalam pembentukan biogas. Perhitungan TS dan VS dengan menghitung kadar air dan kadar abu terlebih dahulu. Pengukuran kadar air menggunakan metode oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Bahan kering selanjutnya dibakar pada suhu 550°C selama 2 jam untuk mendapatkan kadar abu. Kadar air (KA), kadar abu, TS dan VS dihitung mengacu pada persamaan (1), (2), (3), dan (4) sesuai dengan prosedur dari Afrian *et al.* [12].

$$\text{KA} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad \dots (1)$$

$$\text{TS} = (100\% - \text{KA}) \quad \dots (2)$$

$$\text{Abu} = \frac{W_3 - W_4}{W_3} \times 100\% \quad \dots (3)$$

$$\text{VS} = (100\% - \text{Abu}) \quad \dots (4)$$

Keterangan:

W1 = Berat sampel basah (g)

W2 = Berat kering setelah oven (g)

W3 = Berat sampel kering sebelum pengabuan (g)

W4 = Berat abu (g)

Pengujian Biological Methane Potential (BMP-Test)

Setelah perhitungan TS dan VS, substrat dimasukkan ke dalam botol reaktor 500 mL dengan volume kerja 400 mL sesuai dengan kandungan

bahan organik yang didapat dengan perbandingan inokulum : substrat sebesar 4 : 1 [13]. Setelah selesai tutup reaktor lalu dilanjutkan dengan uji *Biochemical Methane Potential* (BMP) menggunakan AMPTS II dengan pengaturan *speed adjusment* : 30%, *mixer on time* : 30 detik, *mixer off time* : 30 detik, dengan suhu $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 28 hari.

Analisis Data

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga kali pengulangan terhadap substrat inokulum murni dan inokulum dengan serasah daun sehingga terdapat total 6 (enam) plot yang diujikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Total Solid (TS) dan Volatile Solid (VS)

Nilai VS merupakan jumlah padatan TS yang dikonversikan menjadi gas pada proses asidifikasi dan metanogenesis dalam fermentasi [14]. Kandungan VS yang besar akan berpengaruh terhadap gas yang dihasilkan dari proses AD. Pada Tabel 1 serasah daun memiliki kandungan VS sebesar 45,65% dari berat basah. Hal tersebut menunjukkan bahwa serasah daun masih banyak mengandung senyawa organik khususnya karbon (C-organik), selulosa (15-20%), hemiselulosa (80-85%) dan lignin [15].

Kandungan dalam serasah daun dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kandungan air yang sudah berkurang karena sudah menguap dipengaruhi oleh suhu dan sinar matahari sehingga kandungan air yang tersimpan menjadi sedikit dan juga dari varietas pohon dimana setiap varietas memiliki luas permukaan daun yang berbeda sehingga dapat mempengaruhi kandungan air didalamnya [16].

Tabel 1. Produktivitas afiliasi di Indonesia dalam publikasi penelitian mengenai xilitol

Parameter	Inokulum	Substrat	Satuan
		Serasah daun	
Kadar air	93,16	48,86	%
Kadar abu	44,62	10,82	%
TS	6,84	51,14	% WW
VS	4,59	45,65	% WW
VS	67,10	89,27	% TS

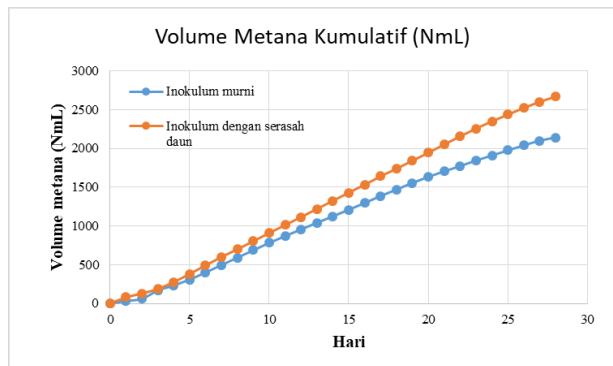
Keterangan: WW adalah bobot basah.

Berbeda dengan inokulum kotoran sapi yang digunakan sebagai bahan campuran. Kandungan VS pada inokulum cenderung lebih sedikit, yaitu hanya 4,59% dari berat basah. Namun, inokulum kotoran sapi memiliki banyak mikroorganisme anaerobik untuk membantu proses degradasi. Beberapa mikroorganisme tersebut dikelompokkan berdasarkan kegunaannya, yaitu berasal dari kelompok fermentatif seperti *Streptococci* sp., kelompok bakteri asetogenik seperti *Methanobacillus* sp., dan kelompok bakteri metana seperti *Methanobacterium* sp. [17].

Percampuran antara serasah daun dengan inokulum kotoran sapi akan saling berinteraksi dimana bakteri metanogen pada inokulum akan mendapatkan energi tambahan dari bahan organik serasah daun. Hal tersebut akan mempengaruhi kandungan gas yang dihasilkan akan lebih optimal [8].

Volume Metana Kumulatif yang Dihasilkan

Volume metana diukur setiap hari selama 28 hari untuk mengetahui grafik perkembangan gas metana yang dihasilkan. Grafik volume kumulatif metana yang dihasilkan disajikan pada Gambar 1. Volume metana kumulatif yang dihasilkan selama 28 hari berdasarkan hasil eksperimen pada inokulum murni yaitu 2141,17 NmL sedangkan pada campuran inokulum dengan serasah daun menghasilkan metana sebesar 2666,80 NmL. Pada perlakuan inokulum murni, hasil yang didapat lebih rendah karena tidak ada sumber energi tambahan bagi mikroorganisme sehingga gas metan yang dihasilkan menjadi rendah. Kurangnya bahan organik penambah menyebabkan bakteri fermentasi asetogenik untuk menyediakan asam volatil dan CO₂ bagi bakteri metanogen menjadi berkurang, sehingga gas yang dihasilkan tidak optimum [18].



Gambar 1. Volume metana kumulatif (NmL)

Berbeda dengan campuran inokulum dengan serasah daun. Gas yang dihasilkan dapat lebih besar karena tersedia energi tambahan bagi mikroorganisme anaerob. Sehingga perombakan bahan organik menjadi gas bio lebih optimal. Penambahan bahan substrat dengan kandungan karbon atau nitrogen yang lebih tinggi dibandingkan bahan baku (kotoran sapi) dapat meningkatkan rasio C/N sehingga dapat meningkatkan produksi metana [19].

Selama proses pembentukan gas, banyak faktor yang mempengaruhi kinerja digestasi anaerob. Beberapa faktor yang menentukan jumlah gas yang dihasilkan diantaranya komposisi bahan baku atau substrat khususnya C/N rasio, pengadukan dalam sistem operasi, derajat keasaman (pH), suhu dan faktor lainnya termasuk kondisi digestor [20].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan percampuran antara serasah daun dengan inokulum kotoran sapi akan saling berinteraksi dimana bakteri metanogen pada inokulum akan mendapatkan energi tambahan dari bahan organik serasah daun. Volume metana kumulatif selama 28 hari pada campuran serasah daun dengan inokulum serasah daun menggunakan digester AMPTS II yaitu 2666,80 NmL. Hal tersebut lebih baik dibandingkan perlakuan inokulum murni yang hanya menghasilkan gas 2141,17 NmL. Saran penelitian selanjutnya dilakukan pengujian mengenai komposisi substrat secara mendalam, mengembangkan skala digestor ke skala semi-continue dan perhitungan lebih lanjut mengenai konversi energi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3. 2021. Capaian kinerja pengelolaan sampah. Online. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- [2] Arisanty, D., M. Z. A. Anis, H. P. N. Putro, M. Muhammin, Syarifuddin. 2020. Kebakaran lahan gambut: Faktor penyebab dan mitigasinya. FKIP Universitas Lambung Mangkurat.
- [3] A'la, M., & Winarsih, M. S. 2021. Pengurangan Jejak Karbon (C) pada Serasah Daun Angsana (*Pterocarpus Indicus*) dan Daun Trembesi (*Samanea Saman*) Melalui Metode Pengomposan Lubang Resapan

- Biopori Inovatif. Lentera Bio, 10(2): 234-244
- [4] Fang, C. 2010. Biogas production from food-processing industrial wastes by anaerobic digestion. *Water Research*, 19, 1083-88.
- [5] Suanggana, D., H. D. Haryono, A. Djafar, dan J. Irawan. 2022. Potensi Produksi Biogas dari Anaerobic Digestion Kotoran Sapi dan Kulit Nanas sebagai Sumber Energi Rice Cooker Biogas. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 1-7.
- [6] Piñas, J. A. V., O. J. Venturini, E. E. S. Lora, & O. D. C. Roalcaba. 2018. Technical assessment of mono-digestion and co-digestion systems for the production of biogas from anaerobic digestion in Brazil. *Renewable Energy*, 117, 447-458.
- [7] Haryati, T. 2006. Biogas: Limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Wartazoa*, 16(3): 160-169.
- [8] Perdana, A. N. C., dan S. Chalimah. 2013. Pendayagunaan limbah serasah di universitas muhammadiyah surakarta menggunakan dua jenis feses untuk produksi biogas skala laboratorium. Doctoral dissertation. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Nwaigwe, K. N., A. Agarwal, & E. E. Anyanwu. 2018. Biogas potentials evaluation of household wastes in Johannesburg metropolitan area using the automatic methane potential test system (Ampts) II. In *Energy Sustainability* (Vol. 51418, p. V001T04A006). American Society of Mechanical Engineers.
- [10] Badan Pusat Statistik (BPS). 2021. Neraca energi Indonesia 2016-2020. Online. <https://www.bps.go.id/publication/2021/12/16/349e26e73429084dc3c0663d/neraca-energi-indonesia-2016-2020.html>.
- [11] Suhartini, S., I. Nurika, R. Paul, & L. Melville. 2021. Estimation of biogas production and the emission savings from anaerobic digestion of fruit-based agro-industrial waste and agricultural crops residues. *BioEnergy Research*, 14(3), 844-859.
- [12] Afrian, C., A. Haryanto, U. Hasanudin, dan I. Zulkarnain, 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 6(1).
- [13] Suhartini, S., H. Sonia, Z. Yue, and J. B. Charles. 2019. Antifoam, dilution and trace element addition as foaming control strategies in mesophilic anaerobic digestion of sugar beet pulp. *Biodeterioration and Biodegradation*, 145: 1-13.
- [14] Simare, E., M., M. A. Sarah, dan A. Husin. 2022. Analisis Produksi Biogas Terhadap Penambahan Kulit Singkong pada Variasi Campuran Limbah Cair Domestik dan Aquadest. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), 110-115.
- [15] Anindyawati, T. 2010. Potensi selulase dalam mendegradasi lignoselulosa limbah pertanian untuk pupuk organik. *Jurnal Selulosa*, 45(02).
- [16] Siarudin, M., dan E. Rachman. 2008. Biomassa lantai hutan dan jatuhannya serasah di kawasan mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4), 329-335.
- [17] Irawan, D., dan A. Khudori, 2015. Pengaruh suhu anaerobik terhadap hasil biogas menggunakan bahan baku limbah kolam ikan gurame. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(1).
- [18] Mago, O. Y. T., M. Y. Nirmalasari, A. D. Kuki, Y. N. Bunga, dan A. Misa. 2020. Pengaruh jenis limbah organik dan waktu retensi terhadap produksi biogas dari kotoran sapi. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(3), 8.
- [19] Rajlakshmi, D. A. Jadhav, S. Dutta, K. C. Sherpa, K. Jayaswal, S. Saravanabupathy, , K. T. Mohanty, & R. C. Rajak. 2023. Co-digestion processes of waste: Status and perspective. In *Bio-Based Materials and Waste for Energy Generation and Resource Management* (pp. 207-241). Elsevier.
- [20] Lubis, M., D. Diananto, dan R. D. Tristanti, 2017. Analisis potensi jumlah pembentukan gas metan dari limbah ternak, limbah buah-buahan, dan eceng gondok. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 17(2).