

Pengaruh Rasio Penambahan Air Terhadap Produksi Biogas dari Sampah Kampus Bina Widya Universitas Riau dengan Metode *Wet Anaerobic Digestion*

Aryo Sasmita¹, Shinta Elystia¹, Robi Mulyadi¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia
Email: aryosasmta@lecturer.unri.ac.id

Received 30 Mei 2022 | Revised 10 Juni 2022 | Accepted 18 Juni 2022

ABSTRAK

Sampah yang dihasilkan dari kegiatan kampus setiap harinya di Universitas Riau memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif berupa biogas. Beberapa penelitian sebelumnya belum menganalisis variasi rasio penambahan air untuk melihat pengaruhnya terhadap produksi biogas. Tujuan penelitian ini mengetahui bagaimana potensi produksi biogas dari sampah Kampus Bina Widya Universitas Riau dan pengaruh variasi rasio penambahan air terhadap produksi biogas yang dihasilkan menggunakan metode *wet biodigester anaerob*. Pada penelitian ini dilakukan variasi rasio penambahan air 50%, 100%, dan 150% terhadap sampah masukan (w/w). Penelitian ini menggunakan Reaktor berukuran 60 L, volume sampah organik sebesar 5 Kg, Penambahan mikroba EM4 sebesar 9% dengan waktu tinggal reaktif selama 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan produksi volume biogas terbesar terdapat dalam perlakuan A2 yaitu campuran sampah organik kampus dan air (100% : 100%) sebesar 14 ml dan produksi biogas per hari tertinggi terdapat pada perlakuan A2 campuran sampah: air (150% : 100%) dan A3 campuran sampah dan air (100%:150%) yaitu sebesar 1,5 ml/hari. Produksi biogas sangat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat yaitu campuran sampah organik dan air. Di mana konsentrasi rasio yang seimbang akan menghasilkan biogas yang lebih banyak.

Kata kunci: Biogas, Sampah Kampus, Sistem Anaerobic digester basah

ABSTRACT

Waste generated from campus activities every day at Riau University has the potential to be used as alternative energy in the form of biogas. Several previous studies have not analyzed variations in the ratio of addition of water to see its effect on biogas production. The purpose of this study was to analysed the potential for biogas production from the Binawidya Campus waste, Riau University and the effect of the ratio of addicted of water to the production of biogas produced using the anaerobic wet biodigester method. In this study, variations in the ratio of the addition of water to 50%, 100%, and 150% of the input waste (w/w). This study used a reactor measuring 60 liter, the volume of organic waste was 5 Kg, the addition of EM4 microbes was 9% with a reactor residence time of 28 days. This research showed that the largest biogas production volume was found in treatment A2, namely a mixture of campus organic waste and water (100%: 100%) of 14 ml and the highest biogas production per day was found in treatment A2, a mixture of waste: water (150%: 100%) and A3. a mixture of waste and water (100%:150%) which is 1.5 ml/day. Biogas production is strongly influenced by the substrate concentration, namely a mixture of organic waste and water. Where a balanced concentration ratio will produce more biogas.

Keywords: Biogas, Campus Garbage, Wet Anaerobic Digester

1. PENDAHULUAN

Besarnya timbulan sampah adalah salah satu permasalahan yang paling umum ada di kota-kota di Indonesia. Sampah timbul dari aktivitas manusia apabila tidak tangani secara benar akan menjadi menyebabkan munculnya permasalahan yang lain bagi manusia dan lingkungan [1]. Sampah adalah produk yang ditinggalkan dengan sengaja untuk dibuang oleh manusia dan proses alam yang tidak memiliki nilai ekonomis. Masalah yang timbul dari pembuangan limbah ini adalah masalah kesehatan, kenyamanan dan pencemaran lingkungan. Sampah ditimbulkan dari berbagai kegiatan seperti industri, perkantoran, rumah tangga, hotel, pusat transportasi, rumah sakit, dan sarana pendidikan [2]. Salah satunya adalah sampah yang berasal dari kampus. Sampah kampus berasal dari aktivitas belajar mengajar dan administrasi seperti kertas, sampah sisa makanan dan kegiatan memasak dari kantin di lingkungan kampus, dan sampah dari halaman seperti daun dan ranting. Semua jenis sampah ini adalah sampah organik yang berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan biogas [3].

Menurut data pusat pangkalan data DIKTI, jumlah mahasiswa, staf dan dosen di kampus Binawidya Universitas Riau tahun 2020 yaitu 38.156 orang dan akan terus meningkat setiap tahunnya. Pengelolaan sampah secara benar dan berkelanjutan perlu dilakukan agar permasalahan sampah dapat terselesaikan dengan baik. Kondisi eksisting yang ada di Kampus Binawidya Universitas Riau, sistem pengelolaan sampah terencana dengan matang dan berkelanjutan, terbukti masih sering ditemukan titik pembakaran sampah di beberapa fakultas, selain itu proses pemilahan pemisahan sampah organik dan anorganik belum telaksana sebagai dasar kegiatan pengelolaan sampah [4].

Untuk mengurangi dependensi pada bahan bakar minyak, pemerintah melalui PP No 5 Tahun 2006 mengutamakan kebijakan pemanfaatan sumber energi pengganti bahan bakar minyak. Dengan memfokuskan pada penggunaan secara luas *renewable resources* sebagai pengganti bahan bakar minyak, diantaranya adalah biogas [5]. Pengolahan sampah organik menjadi biogas telah diterapkan di Indonesia terutama pada masyarakat bidang peternakan menggunakan metode biodigester anaerob [6]. *Biodigester anaerob* mengacu pada proses dimana bahan organik diuraikan secara sinergis oleh konsorsium mikroba dalam lingkungan bebas oksigen untuk menghasilkan metana dan karbondioksida (CO₂), yaitu biogas. *Anaerobic Digestion* dapat diklasifikasikan dalam sistem *Anaerobic Digestion* sistem basah dan kering berdasarkan konsentrasi total padatan (TS) yang digunakan dalam proses pembusukan [7]. Dalam proses basah, sampah dihaluskan dengan penambahan air, konsentrasi sampah yang digunakan dari sedang hingga rendah, dan biasanya menggunakan tangki digester yang tercampur sempurna. Dalam proses kering, konsentrasi sampah lebih tinggi dan reaktor *batch feeding* yang tercampur sempurna digunakan. Masing-masing sistem ini memiliki manfaat dan kendala tersendiri. Temuan paling signifikan yang muncul dari perbandingan sistem basah dan kering diantaranya sistem basah menghasilkan hasil biogas yang lebih tinggi per berat limbah yang diolah dibandingkan dengan sistem kering dan sistem basah memiliki biaya modal spesifik yang lebih rendah per berat limbah yang diolah dan per m³ biogas yang dihasilkan dibandingkan dengan kebanyakan sistem kering [8]. Biogas telah dianggap sebagai sumber energi pengganti yang menjanjikan dan bermanfaat untuk aplikasi berikut: pembangkit panas atau listrik dari biogas yang dibakar, pencairan biogas menjadi metanol dan bahan baku kimia, kompresi biogas untuk digunakan sebagai sumber mobil bahan bakar yang mirip dengan gas alam terkompresi, dan pemurnian biogas untuk dimasukkan ke jaringan distribusi gas [9].

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan sampah organik menghasilkan biogas secara anaerob, namun pada penelitian ini secara khusus menggunakan sampah Kampus Binawidya Universitas Riau. Penguraian sampah organik dengan cara merombak secara anaerob pada rasio penambahan air berbeda bertujuan untuk mengukur besar produksi Metana (CH₄) sebagai biogas yang dihasilkan. Diketahui bahwa penambahan aktivator EM4 optimum berdasarkan penelitian Syafiudin yaitu sebesar 9% dari volume kerja total reaktor [10]. Nilai pH sampel dan waktu hidrolisis berdasarkan penelitian Dhaniswara dan Ayunda adalah 6,8-7,8 dan 21 Hari [11]. Namun, dari semua penelitian diatas belum melakukan variasi rasio pembahan air untuk melihat pengaruhnya terhadap produksi biogas. tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi produksi biogas dari sampah Kampus

Bina Widya Universitas Riau menggunakan metode *wet bioreaktor anaerob* dan pengaruh variasi rasio penambahan air terhadap produksi biogas.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini terdapat 3 buah reaktor berbahan drum plastik ukuran 60 L, pipa pvc, pipa vinil, thermo-barometer, timbangan, batang pengaduk, spatula, gelas ukur 5 L, corong kaca, wadah toples plastik dan tabung reaksi serta *trash bag* ukuran 50x70 cm. Sampah organik berupa kertas, sampah sisa makanan dan daun-daunan yang berasal dari Kampus Bina Widya Universitas Riau, Berat sampah organik 5 Kg, Mikroorganisme pendegradasi yang digunakan adalah *Effective Microorganism-4* (EM-4), dan variasi penambahan air.

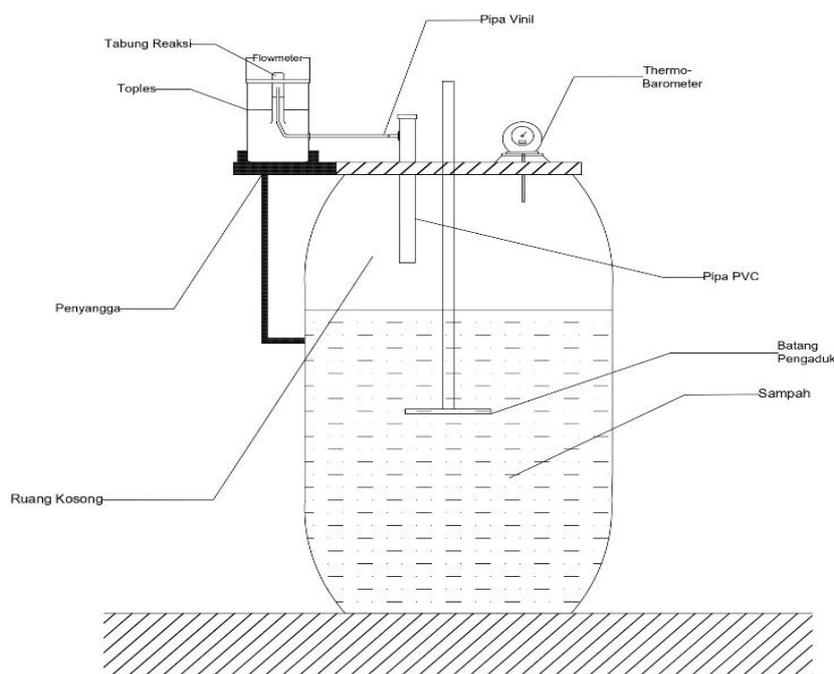
2.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini akan melihat pengaruh variasi rasio penambahan air terhadap sampah organik sebanyak 50%, 100%, 150%, (w/w). Waktu Tinggal Hidrolisis selama 28 Hari [11], pH alami sampel 6,8 – 7,8 [11], Rasio volume mikroorganisme EM-4 9% [10].

2.3 Persiapan Reaktor Penelitian

Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan metode rancangan acak kelompok menggunakan reaktor penelitian. Pada tahap awal dalam persiapan reaktor dilakukan desain reaktor berdasarkan penelitian [12] dengan sedikit modifikasi dibagian alat pengukur volume gas yang diproduksi oleh reaktor.

Setelah dilakukan desain reaktor, maka akan dilakukan pembuatan reaktor dimana reaktor dalam penelitian ini terdiri dari drum plastik ukuran 60 L dengan tutup disegel menggunakan ring sehingga kondisi anaerob pada reaktor tidak terganggu. Dibagian atas reaktor dipasangkan *flowmeter* yang terbuat dari wadah toples berisi air dan tabung reaksi yang terhubung dengan pipa vinil yang terletak didalam reaktor. *Flowmeter* berfungsi untuk mengukur volume gas yang dihasilkan oleh reaktor dengan konsep perubahan volume air sebagai volume gas yang terbentuk. Selain itu, pada bagian atas reaktor juga dipasangkan thermometer dan barometer untuk mengukur suhu dan tekanan reaktor.



Gambar 1 Desain Reaktor Biodigester Anaerob

2.4 Penelitian Utama

Perlakuan utama pada penelitian ini adalah variasi rasio penambahan air 50%, 100%, dan 150% terhadap sampah masukan (w/w). Pembuatan biogas dari sampah organik Kampus Bina Widya UR dengan stater EM-4 yaitu ada 3 variasi dalam rasio penambahan air yang berbeda yaitu A1 (100% : 50%), A2 (100% : 100%) dan A3 (100% : 150%). Adapun komposisi sampah masukan berdasarkan persen komposisi sampah Kampus Bina Widya sehingga setelah dilakukan perhitungan maka sampah masukan terdiri dari sampah sisa makanan, daun-daunan, kertas, dan sampah organik lain dengan berat total 5 kg.

Tabel 1. Reaktor Penelitian

Kode Reaktor	Variasi Sampah : Air	Isi reaktor
A1	100% sampah (w) : 50% air (v)	5 Kg air : 2,5 L air
A2	100% sampah (w) : 100% air (v)	5 Kg air : 5 L air
A3	100% sampah (w) : 150% air (v)	5 Kg air : 7,5 L air

Sebelum dimasukkan kedalam reaktor, akan dilakukan uji kadar air terhadap sampah untuk mengetahui kadar air sampah yang akan mempengaruhi banyaknya air yang akan ditambahkan pada setiap variasi. Selanjutnya akan dilakukan pengukuran pH awal sampah organik secara manual menggunakan *pH meter*. Setiap reaktor pada masing - masing perlakuan akan ditambahkan EM-4 sebagai aktivator sebanyak 9% dari total campuran substrat secara *batch* diawal percobaan dan akan dilakukan pengamatan masing – masing sekali dalam 1 hari selama 28 hari, dan setiap reaktor akan dilakukan pengadukan berkala setiap 7 hari sehingga akan disediakan 3 buah reaktor penelitian.

Langkah selanjutnya yaitu pengukuran suhu reaktor menggunakan *Thermometer Digital* setiap hari dan pengukuran volume biogas yang dihasilkan reaktor dengan menggunakan *flowmeter* dengan konsep perubahan volume air pada tabung analog dengan volume gas yang terbentuk. Dilakukan pengukuran temperatur reaktor dan volume biogas yang dihasilkan oleh tiap reaktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH pada reaktor penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kadar pH dari sampah Kampus Binawidya Universitas Riau. Berikut adalah data pH substrat dari sampah sebelum dan sesudah mengalami perombakan *anerob* pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Kadar dan pH Substrat

Waktu Pengamatan	Kelompok Substrat	pH
Sebelum Perombakan Anaerob (Minggu ke-1)	A1	6,8
	A2	6,8
	A3	6,8
Sesudah Perombakan Anaerob (Minggu ke-4)	A1	5
	A2	4,8
	A3	5

Sampah organik kampus yang sudah dicacah mengandung pH yang bersifat netral yaitu 6.8. Nilai ini adalah nilai yang mendukung untuk proses pembentukan biogas. Pada kondisi pH optimum tersebut mempercepat penguraian sampah, meningkatkan efektivitas kineerja mikroba sehingga akhirnya memacu produksi biogas [13]. Dari Tabel 2, terlihat terjadi kondisi pH yang berubah saat minggu pertama hingga minggu ke-4. Pada minggu ke-1 pH berada dalam rentang pH optimum dalam pembentukan biogas. Nilai ini menunjukkan kondisi yang terjadi yaitu hidrolisis optimum, H⁺ dimanfaatkan sebagai katalis reaksi pemutusan ikatan polimer pada polisakarida, lipid maupun protein [14]. Dilanjutkan dengan proses asidogenesis dan asetogenesis. Pada tahapan ini bermacam kelompok

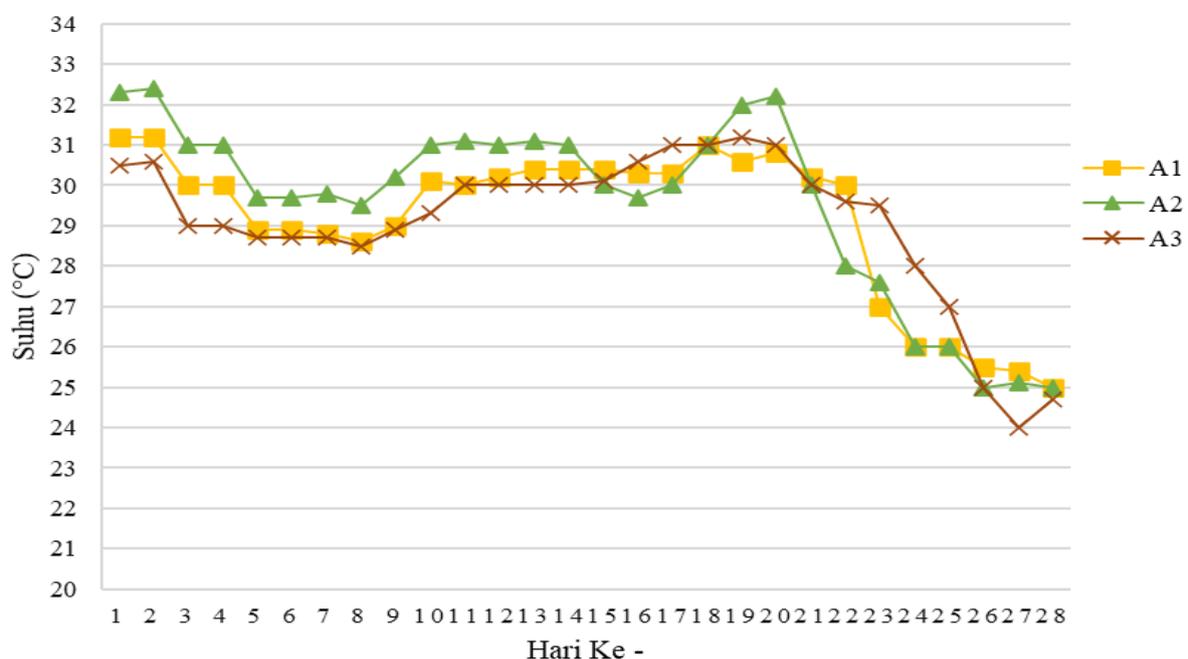
bakteri, sebahagian besar berupa bakteri obligat anaerob dan sebagian lagi bakteri anaerob fakultatif. Turunnya nilai pH dikarenakan asam-asam organik terbentuk, antara lain asam butirat, propionat, dan asetat. Asam organik ini mengatur tahap asidogenesis dan asetogenesis. Kemudian pH cenderung meningkat dikarenakan asam-asam organik tadi, tururai membentuk metana, karbondioksida dan sebagian kecil membentuk NH_3 [14].

Pada penelitian ini setelah minggu ke-4 pH substrat masih berada dalam kondisi asam (pH 5). Menurut penelitian Iriani [15], hal tersebut bisa disebabkan karena pada saat pengukuran pH dilakukan, kemungkinan asam-asam hasil asidogenesis dan asetogenesis belum terurai sempurna oleh bakteri metanogen yang akan mengubah asam-asam tersebut menjadi biogas. Dimana seharusnya pada tahapan metanogenesis berada dalam rentang pH 6,2-8,1.

Nilai pH memberi pengaruh penting pada kualitas sampah organik, contohnya produktivitas enzim oleh pH. Oleh karenanya adanya perubahan pada pH menyebabkan perubahan pada sistem biologis. Bakteri produsen metana sensitif pada pH yang berubah-ubah. Rentang nilai pH optimum pada bakteri methanogenesis adalah antara 6,4-7,4. Namun, pada bakteri yang bukan penghasil metana tal terpengaruh perubahan pH sehingga bekerja secara normal pada rentang pH yang lebih luas yaitu antara 5 hingga 8,5 [16].

Pengamatan Suhu Biogas

Dari hasil pengamatan suhu didalam tangki reaktor biodigester, dapat diperkirakan jenis bakteri dan diketahui perubahan suhu yang terjadi karena variasi penambahan air. Adapun hasil pengamatan suhu biogas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengukuran Suhu Biogas

Gambar 2 memperlihatkan suhu yang bekerja pada tiap tangki digester berada di antara 29-30°C. Suhu tertinggi terjadi pada perlakuan A2 dengan rasio penambahan air dan sampah organik 100% : 100% dengan nilai rata-rata 29.58°C. Suhu tersebut merupakan suhu optimum untuk jenis bakteri *mesophilic*. Suhu sangat berpengaruh dalam pembentukan biogas karena pada setiap tahapan yang dilakukan oleh setiap jenis bakteri yang berbeda membutuhkan kondisi suhu yang berbeda untuk dapat melakukan proses perombakan hingga terbentuknya biogas. Produksi gas terbaik berada pada kondisi

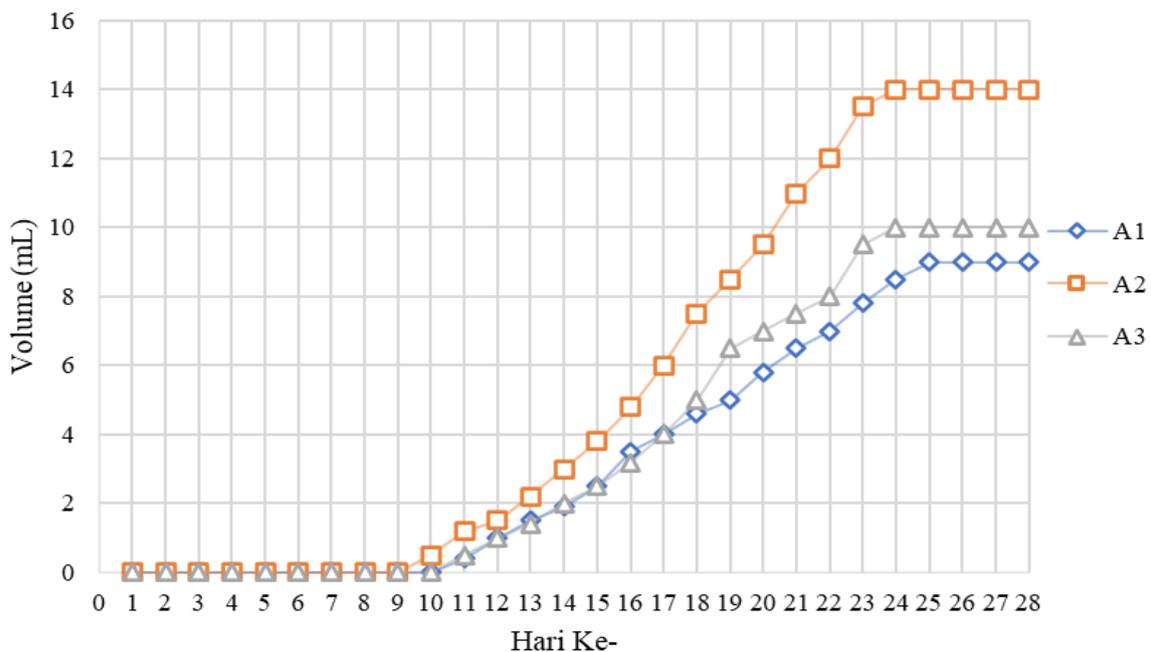
mesofilik, rentang 25-30°C. Diluar suhu tersebut biogas yang diproduksi memiliki nilai karbondioksida (CO₂) yang lebih tinggi dikarenakan pada tahap asidogenesis dihasilkan etanol dan CO₂ dalam jumlah yang banyak, namun CO₂ tidak direduksi oleh bakteri metanogen *hidrogenotropik* menggunakan H₂ dikarenakan suhu yang diperlukan oleh bakteri tersebut tidak sesuai [17].

Pengaruh Rasio Penambahan Air Terhadap Produksi Biogas

Berdasarkan pengukuran potensi produksi biogas pada reactor A1, A2, A3, yang dilakukan dengan selama 28 hari, didapatkan data hasil volume biogas seperti Tabel 3 sehingga diperoleh grafik seperti Gambar 4 dan Gambar 5 dibawah ini.

Tabel 3 Volume biogas yang diproduksi

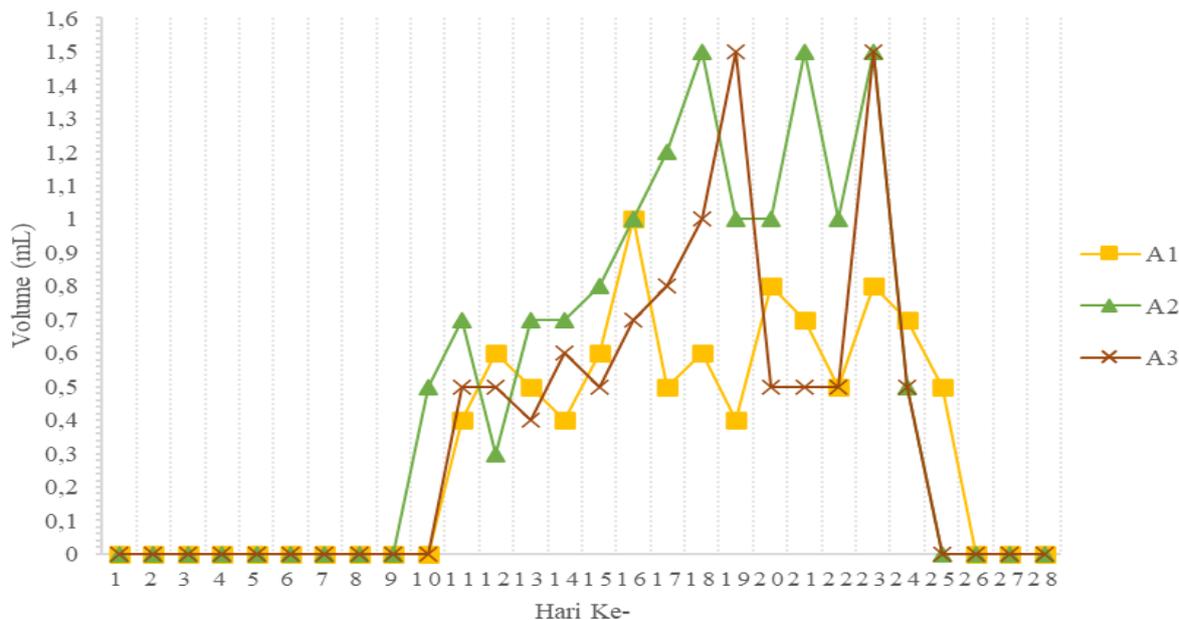
Reaktor	Akumulasi Produksi Biogas (mL)	Produksi Biogas Tertinggi (mL/hari)
A1	9	1
A2	14	1,5
A3	10	1,5



Gambar 3. Grafik akumulasi volume biogas

Dari Tabel 3, Gambar 3, dan Gambar 4 diketahui bahwa produksi biogas dari setiap reaktor dimulai pada pertengahan minggu ke-2 yaitu pada hari ke-11 untuk reaktor A1 dan A3 serta pada hari ke-10 untuk reaktor A2. Sementara itu untuk akumulasi produksi biogas terbesar yaitu pada A2 sebanyak 14 mL terbesar kedua pada reaktor A3, sebesar 10 mL serta yang terkecil adalah perlakuan A1, yaitu sebesar 9 mL. Sedangkan untuk produksi biogas per hari tertinggi terdapat pada perlakuan A2 dan A3 yakni 1,5 mL/hari. Reaktor A2 memiliki akumulasi dan produksi biogas tertinggi dikarenakan reaktor A2 memiliki perbandingan jumlah sampah organik : penambahan yang seimbang dan cukup, yaitu 100 % (w) : 100% (v).

Hal ini sesuai dengan penelitian Ramadhoni dan Wesen [18] dan Fitri dan Dhaniswara [19] yang menyatakan bahwa variabel konsentrasi substrat (sampah) mempengaruhi terhadap produksi biogas dari sampah organik. Semakin seimbang konsentrasi campuran substrat, produksi biogas yang terbentuk juga akan semakin besar. Sedangkan pada konsentrasi substrat campuran yang tidak seimbang, proses tidak berjalan optimum, karena rendahnya proses hidrolisis akibatnya produksi biogas juga semakin kecil.



Gambar 4. Grafik produksi biogas per hari

Volatile Solid sebagai komponen sampah organik yang berpotensi untuk diubah untuk membentuk biogas. Volume air yang lebih besar memicu reaksi hidrolisis yang berfungsi menyederhanakan mengubah senyawa organik kompleks, yang dipakai mikroorganisme penghasil metana. Selain itu, air menghindari peningkatan VFA (*Volatile Fatty Acid*) dengan cara menencarkan reaksi yang berkarakter *self-inhibitor* pada mikroba anaerob. Terlihat dengan jelas jika pada perlakuan A2 dengan konsentrasi substrat (sampah organik : air) yaitu 100%:100% menghasilkan volume biogas yang terbanyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya sehingga dapat diketahui bahwa diperlukan konsentrasi substrat yang optimal dengan jumlah VS dari sampah organik dan jumlah air yang tidak terlalu banyak atau terlalu sedikit [20].

Kondisi anaerob, membuat jumlah bahan organik menjadi berlebih, berakibat pada tingginya konsentrasi VFA terbentuk dari mikroorganisme asetogen, sehingga terjadi penurunan pH. Menurut Bahrin, dkk. [21], pada tahap asidogenesis, turunnya nilai pH berlangsung sangat cepat, bersamaan dengan perubahan senyawa organik membentuk asam lemak volatil. Kondisi ini terbukti dengan data pH akhir pada tiap reaktor pada pH 5. pH tersebut menunjukkan berada pada kondisi yang tidak ideal untuk mikroba metanogen. Begitu juga sebaliknya, jika keberadaan kadar air kurang juga akan berakibat pH reaktor cenderung asam, aktivitas bakteri metanogen menjadi terganggu dan tidak maksimal[17].

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada minggu ke-4 biogas masih diproduksi namun dalam jumlah yang semakin sedikit hingga akhirnya berhenti sehingga volume biogas tidak bertambah lagi. Turunnya biogas yang diproduksi dapat juga diakibatkan adanya berubahnya kondisi abiotic seperti suhu dan pH di reaktor biodigester anaerob. Hal lain adalah jumlah substrat dan bakteri pengurai bahan organik dalam jumlah yang tidak mencukupi [22].

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Terdahulu

Tabel 4 Perbandingan Hasil Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Bahan Substrat	Metode	Hasil
Ramadhoni dan Wesen (2017)	Sampah sayur : Air	Batch Biodigester, Rasio volume sampah sayuran dan air 100 : 50, 100 : 100, 100 : 150, 100 : 200, 100 : 250 EM4 20 mL, 5 Hari	Variasi Rasio 100:100 sebanyak 4.3 mL pada hari ke-5
Dhaniswara dan Ayunda (2017)	Sampah organik, Air dan Kotoran Sapi.	<i>Anaerobic Digestion</i> , variasi : 100%:0%; 75%:25%; 50%:50%; 25%:75%; 0%:100%, dan dengan pelarut air sebanyak 200%. dicacah dan diblender, 21 Hari	Variasi rasio 50% ; 50% sebanyak 189,99 cm ³
Zuliyana dkk, (2015)	Sampah sayuran, Air, Inokulum	<i>Batch Digester</i> botol kaca 500 mL, Rasio Kadar Air Umpan dinyatakan dalam TS (10%,15% dan 20%), 35 Hari	TS 10% menghasilkan 200 mL pada hari ke-30
Penelitian ini (2021)	Sampah organik kampus, Air, EM-4	<i>Batch Biodigester Anaerob</i> , Rasio Penambahan Air (50%,100% dan 150%), EM-4 9%, 28 Hari	Rasio Penambahan Air 100% : 100% menghasilkan 14 mL biogas.

Dapat diketahui dari Tabel 4 diatas bahwa jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan metode dan subtrat yang sama, penelitian ini memiliki hasil yang sama dimana konsentrasi substrat yang seimbang akan menghasilkan produksi biogas paling banyak dibandingkan konsentrasi substrat lain. Pada penelitian ini, akumulasi volume biogas yang dihasilkan lebih sedikit jika dibandingkan dengan beberapa penelitian sebelumnya yakni hanya 14 mL. Hal tersebut dikarenakan perbedaan konsentrasi substrat dan strater yang digunakan. Dimana terlihat pada penelitian yang menggunakan kotoran sapi dan inokulum alami mengasilkan biogas dalam jumlah yang lebih besar dikarenakan kotoran sapi dan inokulum alami memiliki kandungan mikroorganisme pengurai yang lebih banyak dan sudah dalam kondisi aktif sehingga mempercepat dan meningkatkan produksi biogas.

4. KESIMPULAN

Penelitian memberikan hasil yang melihatkan volume biogas terbesar terdapat dalam perlakuan A2 yaitu campuran sampah organik kampus dan air (100% : 100%) sebesar 14 mL dan produksi biogas perhari tertinggi terdapat pada perlakuan A2 campuran sampah: air (150% : 100%) dan A3 campuran sampah dan air (100%:150%) yaitu sebesar 1,5 mL/hari. Produksi biogas sangat dipengaruhi oleh konsentasi substrat yaitu campuran sampah organik dan air. Dimana konsentasi rasio yang seimbang akan menghasilkan biogas yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hariz, A.R., (2018). “Kajian Pengelolaan Persampahan di Lingkungan Kampus”, *Prosiding Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia*, 7(B), pp. 47-52. <https://doi.org/10.32315/ti.7.b047>.
- [2] Kementerian ESDM, (2013). “*Kajian Supplay Demand Energy*”, Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3] Wardana, I.W., & Junaidi, J., (2012). “Sampah Untuk Energi: Kelayakan Pemanfaatan Limbah Organik Dari Kantin Di Lingkungan UNDIP Bagi Produksi Energi Dengan Menggunakan

- Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga”, *Jurnal Presipitasi*, 9(2), pp. 79-83. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v9i2.79-83>
- [4] Wulandari, Darmayanti, L., Asmura, J., (2014). “Studi Karakteristik dan Potensi Pengolahan Sampah di Kampus Bina Widya Universitas Riau”, *JOM FTEKNIK*, 1(2), pp. 1-12.
- [5] Wahyuni, A., Mulidia., Nurhasanah., (2017). “Analisis Kadar Gas Metana (CH₄) dari Limbah Kubis Pada Berbagai Variasi Komposisi dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis”, *PRISMA FISIKA*. 5(2), pp. 68-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.26418/pf.v5i2.20845>.
- [6] Dianawati, M. & Mulijanti, S.L., (2015). “Peluang Pengembangan Biogas Di Sentra Sapi Perah”, *Jurnal Litbang Pertanian*, 34(3), pp. 125-134. DOI: [10.21082/jp3.v34n3.2015.p125-134](https://doi.org/10.21082/jp3.v34n3.2015.p125-134)
- [7] Mirmohamadsadeghi, S., Karimi, K., Zamani, A., Amiri, H., Horváth, I.S., (2014). “Enhanced Solid-State Biogas Production from Lingoncellulosic Biomass by Organosolv Pretreatment”, *BioMed Research International*, 2014 (350414), pp. 1-6. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/35041>.
- [8] Angelonidi, E. and Smith, S.R., (2015). “A comparison of wet and dry anaerobic digestion processes for the treatment of municipal solid waste and food waste”, *Water and Environment Journal*, 29, pp. 549-557. <https://doi.org/10.1111/wej.12130>.
- [9] Liew, L.N., Shi, J., Li, Y., (2012). “Methane production from solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass”, *Biomass and Bioenergy*, 46, pp. 125-132. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.014>.
- [10] Syafiuddin, M.A., Suwandi., Ajiwiguna, T.A., (2018). “Effect Of Em4 (Effective Microorganism) On Biogas Production With Raw Materials Waste Organik Household”, *J. e-Proceeding of Engineering*, 5(3), pp. 5762.
- [11] Dhaniswara, T.K. & Ayunda, M., (2013). “Pengaruh Perlakuan Awal Sampah Organik Terhadapproduksi Biogas Secara Anaerobic Digestion”, *Journal of Research and Technology*, 3(2), pp. 23-31.
- [12] Iswanto, B., Astono, W., Rezi, Y. (2016). “Pengaruh Penambahan Gas Hidrogen Terhadap Peningkatan Gas Metan (CH₄) pada Proses Dekomposisi Sampah Organik”, *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 7(3), pp. 97-106. DOI: <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i1.723>
- [13] Khaerunnisa, G. dan Rahmawati, I., (2017). “Pengaruh pH dan Rasio COD:N Terhadap Produksi Biogas Dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinasse)”. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), pp. 1-7
- [14] Kavuma, C. (2013). “Variation of Methane and Carbon dioxide Yield in a biogas plant”. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [15] Iriani, P., Suprianti, Y., Yulistiani, F., (2017). “Fermentasi Anaerobik Biogas Dengan Aklimatisasi dan Pengkondisian pH Fermentasi”, *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan* 1(1), pp. 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.33795/jtkl.v1i1.16>
- [16] Anugrah, E.T, Nurhasanah, Nurhanisa, M., (2017). “Pengaruh pH dalam Produksi Biogas dari Limbah Kecambah Kacang Hijau”, *Prisma Fisika*, 5(2), pp. 72-76
- [17] Irawan,D. dan Khudori, A. (2015). “Pengaruh Suhu An"erobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah Kolam Ikan Gurame”, *Jurnal TURBO*, 4(1), pp. 17-22
- [18] Romadhoni, H.A. dan Wesen, P., (2017). “Pembuatan Biogas Dari Sampah Pasar”. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 6(1), pp. 59-64.
- [19] Fitri, M.A., & Dhaniswara, T.K., (2018). “Pemanfaatan Kotoran Sapi dan Sampah Sayur Pada Pembuatan Biogas Dengan Fermentasi Sampah Sayuran”, *Journal of Research and Technology*, 4(1), pp. 47–54.
- [20] Zuliyana, Wirawan, S., Budhijanto, W., Cahyono, R. (2015). “Pengaruh Kadar Air Umpan dan Rasio C/N pada Produksi Biogas dari Sampah Organik Pasar”, *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(1), pp. 22-27. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.24526>
- [21] Bahrin, D., Anggraini, D., & Pertiwi, M. B. (2011). “Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik Pasar di Kota Palembang”, *Prosiding Seminar Nasional AVoER*, pp. 284.

- [22] Mujdalipah, S., Dohong, S., Suryani, A., Fitria, A., (2014). “Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap pada Berbagai Konsentrasi Palm Oil-Mill Effluent dan Lumpur Aktif”. *agriTECH*, 34(1), pp. 56-64. DOI: <https://doi.org/10.22146/agritech.9523>