

**POTENSI PENGEMBANGAN BIOGAS DARI SAMPAH
PASAR SEGIRI KOTA SAMARINDA KALIMANTAN
TIMUR**

***POTENTIAL FOR BIOGAS DEVELOPMENT FROM SEGIRI
MARKET WASTE IN SAMARINDA CITY, EAST
KALIMANTAN***

**Edhi Sarwono¹, Budi Nining Widarti², Aji Ery Burhandenny³, Didit
Suprihanto⁴, Hairul Huda⁵, dan Dhea Yolanda⁶**

^{1,2,6}Department of Environmental Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University,

^{3,4}Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University

⁵Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University,

Jl. Sambaliung 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kode Pos 75242, Indonesia

email: e.sarwono@unmul.ac.id

(Received: 12 Juni 2022; Reviewed: 13 Juni 2022; Accepted: 21 Juni 2022)

Abstrak

Sampah Pasar Segiri berpotensi menimbulkan sumber penyakit, bau tidak sedap, dan mengganggu estetika. Tujuan Penelitian ini adalah untuk memprediksi timbulan sampah, potensi volume dan kualitas biogas, perubahan suhu, pH, konsentrasi *volatile solid* pada reaktor serta potensi energi yang dihasilkan. Pelaksanaan prosedur sampling timbulan dan komposisi sampah sesuai dengan SNI 19-3964-1994 selama 8 hari berturut-turut. Perhitungan proyeksi timbulan sampah berdasarkan jumlah pedagang aktif dan kapasitas pasar selama lima tahun. Reaktor yang digunakan untuk memproduksi biogas adalah dengan metode eksperimental volume 120 L menggunakan perbandingan 1:1 untuk sampah pasar yang dicacah dan cairan rumen sapi. Parameter yang diukur adalah suhu, pH, volume biogas, dan nilai *volatile solid*. Rata-rata volume dan berat timbulan sampah Pasar Segiri tahun 2021 sebesar 55,69 m³/hari atau 19.906,60 kg/hari dan sampah yang layak dijadikan bahan biogas sebesar 50,57 m³/hari. Komposisi sampah didominasi oleh sampah organik dengan total 97,67% dan sampah anorganik sebesar 2,33%. Volume biogas yang dihasilkan selama 35 hari sebesar 156,45 mL, potensi energi listrik 1,05 kWh/hari, pH pada rentang 4,79 – 6,3, dan suhu rentang 29,4°C - 31,9°C. Biogas dapat terbakar pada minggu ketiga hingga kelima dengan warna nyala api biru. Proyeksi timbulan sampah Pasar sampai tahun 2025 mencapai 61,31 m³/hari dengan potensi energi listrik yang dihasilkan 1,16 kWh/hari.

Kata Kunci : Biogas, Sampah Pasar, Pasar Tradisional, Timbulan Sampah, Energi Terbarukan

ABSTRACT

The Segiri Market waste has the potential to cause sources of disease, unpleasant odors, and interfere with aesthetics. This study objectives are to estimate waste generation, potential volume and quality of biogas, as well as the potential for energy produced. The implementation of the procedure for sampling waste generation and composition in accordance with SNI 19-3964-1994 for 8 consecutive days. The projected waste generation is based on the number of active traders and market capacity for five years. This study implements experimental method using 120 L volume using a ratio of 1:1 for chopped market garbage and cow rumen fluid. The

parameters are temperature, pH, biogas volume, and volatile solid values. The average volume and weight of waste generation in 2021 is 55.69 m³/day or 19,906.60 kg/day. The estimated biogas material harvested from the waste is 50.57 m³/day. This number is comprised of organic waste and inorganic waste with a total of 97.67% and 2.33% consecutively. The volume of biogas produced for 35 days is 156.45 mL, which equivalent to 1.05 kWh/day of electrical energy. The pH is in the range of 4.79 - 6.3, and the temperature is within 29.4°C - 31.9°C. Biogas can burn in the third to fifth weeks with a blue flame color. The estimated waste generation until 2025 reaches 61.31 m³/day which equivalent to 1.16 kWh /day of electrical energy.

Keywords: Biogas, Market Waste, Tradisional Market, Waste Generation, Renewable Energy

1. PENDAHULUAN

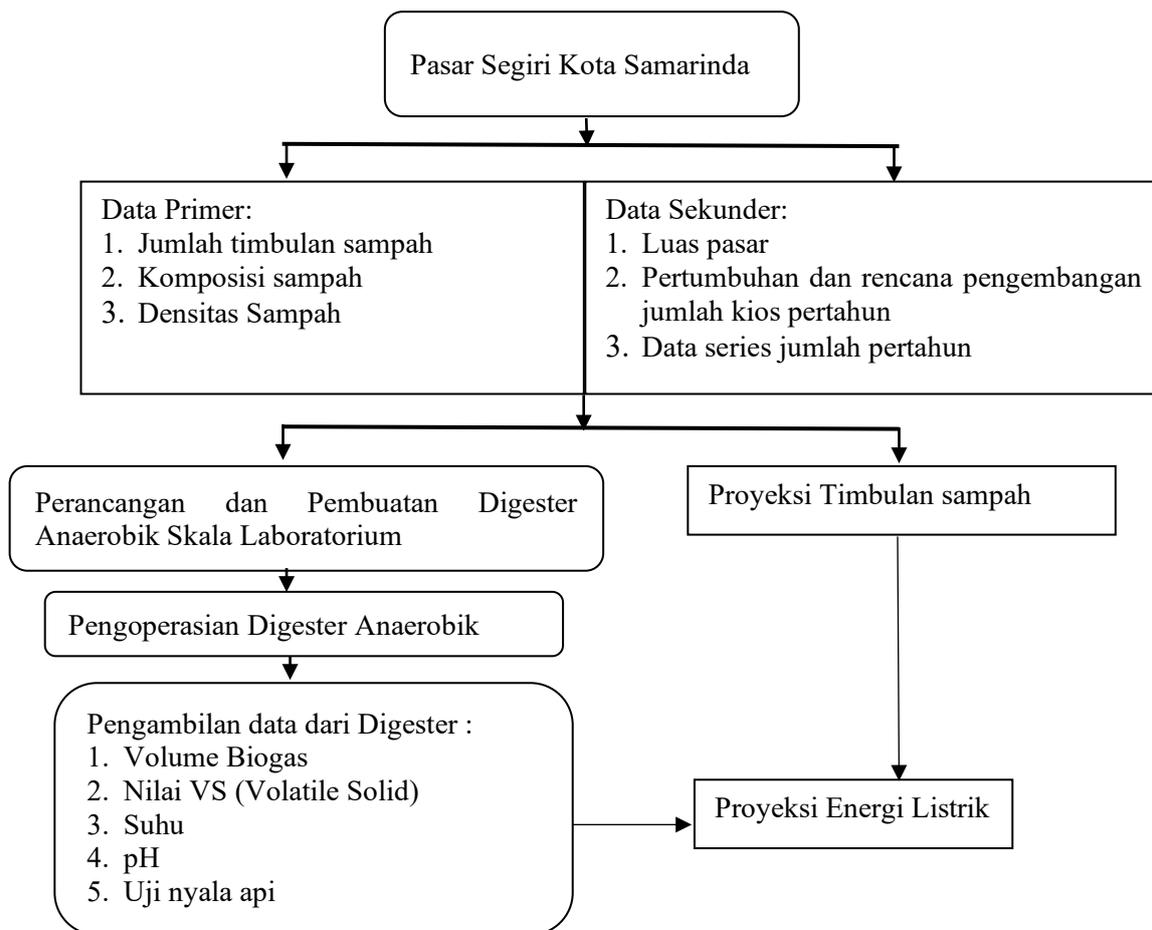
Pasar Segiri merupakan salah satu pasar tradisional terbesar di Kota Samarinda berlokasi di Jalan Pahlawan Kecamatan Samarinda Ulu. Pasar Segiri tidak terhindar dari permasalahan dari adanya peningkatan timbulan sampah yang terus meningkat. Hal ini karena padatnya aktivitas Pasar Segiri yang sudah dimulai dini hari sampai malam hari. Terminal pembongkaran setiap harinya terlihat dipenuhi oleh kendaraan pengangkut, pembongkaran barang, dan pedagang hingga trotoar pasar dijadikan lokasi berjualan. Pengelolaan sampah Pasar Segiri dilakukan dengan pengumpulan dan pengangkutan, dimana hal tersebut tidak mengurangi jumlah sampah yang diangkut ke TPA. Pengelolaan sampah yang baik sebelum diangkut ke TPA akan dapat mengurangi volume sampah yang harus diproses di TPA (Chaerul and Dewi, 2020). Sampah pasar sangat berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi biogas sebagai sumber energi yang terbarukan. Prinsip biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri dari bahan organik yang mengalami proses fermentasi dalam reaktor pada kondisi anaerob yang terdiri dari gabungan gas metana (CH₄), CO₂, dan gas lainnya. Kelebihan dari pemanfaatan biogas ini adalah energi yang relatif murah yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan, serta dapat diperbaharui (Suyitno dkk.,2010). Penelitian ini menggunakan cairan isi rumen sapi sebagai starter yang dicampurkan dengan sampah organik pasar. Pengukuran dan pengujian terhadap biogas yaitu pengukuran pH, suhu, *volatile solid*, dan uji nyala api. Nilai *volatile solid* pada *slurry outlet* dimaksudkan untuk mengetahui jumlah bahan organik yang sudah didegradasi oleh bakteri dan uji nyala api dilakukan untuk mengetahui kandungan metana, apabila biogas mengandung metana lebih dari 50% maka menghasilkan warna api biru (Deublein and Steinhauser, 2008). Biogas dari enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan rumen sapi paling cepat terbakar setelah 3 minggu produksi (Sarwono dkk., 2018).

2. METODOLOGI

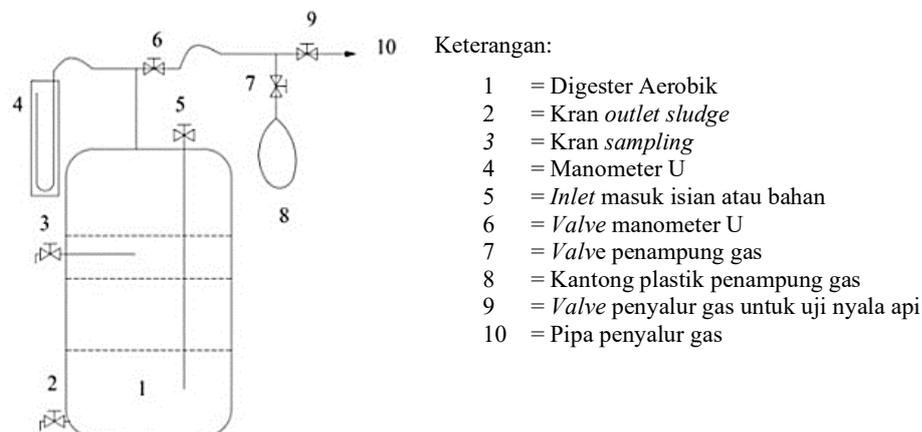
2.1 Tahap Identifikasi Data Awal dan Persiapan Bahan

Tahapan ini mengidentifikasi kebutuhan data yang diperlukan sebagai acuan penelitian timbulan sampah pasar untuk dimanfaatkan menjadi biogas. Pengambilan timbulan sampah dilakukan untuk memperoleh data primer berupa timbulan dan komposisi sampah yang dihasilkan oleh Pasar Segiri tahun 2021. Data sekunder yang diambil dari UPT. Pasar Segiri berupa jumlah pedagang, luas pasar, dan pengelolaan sampah Pasar Segiri. Metode pengambilan sampel timbulan sampah mengacu pada SNI 19-3964-1994. Pengolahan data proyeksi timbulan sampah, berdasarkan data primer volume timbulan sampah dan data sekunder berupa jumlah pedagang selama 5 tahun terakhir. Pada data jumlah pedagang 5 tahun terakhir akan didapatkan persen laju kenaikannya, kemudian persen laju kenaikan tersebut diproyeksikan sampai tahun 2025. Data volume biogas yang dihasilkan dari reaktor biogas dilakukan perhitungan konversi menjadi energi listrik dan diproyeksikan sampai tahun 2025 yang diperkirakan kapasitas pasar telah penuh oleh pedagang. Volume biogas 1 m³ biogas dikonversi menjadi energi maka setara dengan 2,3 x 10⁷ J dan 1 kWh setara dengan 3,6 x 10⁶ J (Sorensen, 2007). Diagram alir penelitian seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan komposisi sampah Pasar Segiri, dilakukan pemilahan sampah yang dapat dijadikan bahan biogas. Sampah yang dapat dijadikan bahan biogas kemudian dicacah 2-4 cm untuk mempercepat proses dekomposisi. Bioaktivator yang digunakan adalah cairan rumen sapi yang didapatkan dari rumah pemotongan hewan Tanah Merah Kota Samarinda. Perbandingan antara sampah organik dan cairan rumen yang digunakan yaitu 50 % : 50 % (v/v), kedua bahan tersebut dicampurkan hingga homogen. Campuran bahan tersebut dimasukkan ke dalam reaktor biogas dengan menyisakan ruang kosong sebesar 20% dari volume reaktor sebanyak 120 L. Reaktor biogas yang digunakan seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Reaktor Biogas

2.2 Tahap Analisis

Tahap analisis pada timbulan sampah Pasar Segiri meliputi perhitungan volume dan berat timbulan sampah serta perhitungan komposisi sampah yang dihasilkan. Perhitungan sampel timbulan didasarkan pada SNI 19-3964-1994. Persamaan yang digunakan untuk menghitung timbulan sampah dalam satuan L/unit/hari dan kg/unit/hari dalam penelitian ini unit yang digunakan adalah pedagang. Volume sampel (m^3 /hari atau L/hari) didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan kotak pengukur. Volume sampah (m^3 /hari atau L/hari) didapatkan dari perhitungan

total angkutan *dump truk* per hari dikalikan dimensi kapasitas *dump truk* tanpa pemadatan. Berat total sampah didapatkan dari perhitungan:

$$\text{Berat sampah (kg)} = \frac{\text{berat sampel (kg)}}{\text{volume sampel (m}^3\text{)}} \times \text{volume sampah (m}^3\text{)} \quad (1)$$

Densitas atau berat jenis sampah merupakan berat sampah yang diukur dalam satuan kilogram dibandingkan dengan volume sampah yang diukur tersebut (kg/m^3), maka rumus yang digunakan:

$$\text{Berat jenis sampah} = \frac{\text{berat sampel (kg)}}{\text{volume sampel (m}^3\text{)}} \quad (2)$$

Presentase komposisi sampah dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$\% \text{ Komponen} = \frac{B_{\text{komponen}}}{\text{BBS}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

B_{komponen} = berat sampah per komponen (kg)

BBS = berat sampah yang diukur dalam bak (kg)

Pada pengolahan data proyeksi timbulan sampah, dari data primer berupa volume timbulan sampah dan data sekunder berupa jumlah pedagang selama 5 tahun terakhir. Data jumlah pedagang 5 tahun terakhir akan didapatkan persen laju kenaikannya, kemudian persen laju kenaikan tersebut diproyeksikan untuk 5 tahun ke depan dengan memperhatikan kapasitas pasar untuk pedagang berjualan. Jumlah pedagang yang didapatkan dapat dikalikan dengan data volume timbulan sampah yang didapatkan.

Analisis parameter biogas yang dilakukan antara lain produksi biogas yang terbentuk tiap harinya yang diperoleh dari kenaikan air pada manometer U dengan persamaan bangun silinder, pengukuran suhu menggunakan termometer, pengukuran pH menggunakan termometer, serta nilai *volatile solid* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Volatile Solid} = \frac{(W_{\text{total}} - W_{\text{volatile}})}{(W_{\text{total}} - W_{\text{dish}})} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

W_{dish} = berat cawan porselen

W_{total} = berat cawan porselen dan sampel setelah dioven (105°C) selama 1 jam

W_{volatile} = berat cawan porselen dan sampel yang telah dioven kemudian difurnace (550°C) selama 1 jam

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Lokasi Penelitian

Pasar Segiri memiliki luas sebesar 54.090 m^2 dengan jumlah pedagang sebanyak 1.376 pedagang aktif. Pengelolaan sampah Pasar Segiri meliputi kegiatan pengumpulan sampah dilakukan langsung dari sumber sampah selanjutnya pemindahan dan pengangkutan. Sampah pada TPS pasar dipindahkan ke *dump truk* oleh petugas kebersihan pasar dengan menggunakan keranjang dan skop. *Dump truk* yang telah penuh langsung diangkut menuju TPA Bukit Pinang Samarinda. *Dump truk* yang digunakan memiliki kapasitas $8,18 \text{ m}^3$ dan $9,62 \text{ m}^3$. Pengangkutan dilakukan setiap hari yang dibagi menjadi 3 waktu dengan jumlah *dump truk* yang berbeda-beda sesuai dengan timbulan sampah yang dihasilkan. Pengangkutan pertama yaitu pada pukul 07.00 sampai 09.00 yang dapat membutuhkan sekitar 4 *dump truk*, pukul 13.00 sampai 15.00 dibutuhkan 1 hingga 2 *dump truk*, dan malam hari sekitar pukul 21.00 yang dikhususkan untuk pengangkutan peti kayu.

3.2 Timbulan Sampah Pasar Segiri

Berdasarkan hasil pengukuran selama 8 hari berturut-turut, didapatkan berat, volume, dan densitas timbulan sampah yang disajikan dalam bentuk tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Rata-Rata Berat dan Volume Timbulan Sampah Pasar Segiri Selama 8 Hari.

Hari	Berat Sampel (kg/hari)	Volume Sampel (m^3 /hari)	Volume sampah (m^3 /hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Densitas (kg/m^3)
Senin (25/10/2021)	198,45	0,5	58,76	23.321,84	396,90

Hari	Berat Sampel (kg/hari)	Volume Sampel (m ³ /hari)	Volume sampah (m ³ /hari)	Berat Sampah (kg/hari)	Densitas (kg/m ³)
Selasa (26/10/2021)	171	0,5	58,76	20.095,92	342,00
Rabu (27/10/2021)	160,99	0,498	58,76	18.995,53	323,27
Kamis (28/10/2021)	157,78	0,497	58,76	18.654,23	317,46
Jumat (29/10/2021)	195,57	0,5	50,57	19.779,95	391,14
Sabtu (30/10/2021)	169,09	0,496	50,57	17.239,68	340,91
Minggu (31/10/2021)	176,3	0,498	50,57	17.902,59	354,02
Senin (01/11/2021)	197,95	0,5	58,76	23.263,08	395,90
Rata-rata	178,39	0,50	55,69	19.906,60	357,70
Total	1427,13	3,99	445,51	15.9252,83	2861,60

Dari tabel 1. dapat dilihat hasil pengukuran timbulan sampah selama 8 hari berturut-turut, rata-rata berat sampel sampah adalah sebanyak 178,39 kg/hari dan volume sampel sampah adalah sebesar 0,5 m³/hari atau 500 L/hari, dengan rata-rata densitas sampah yaitu sebesar 357,70 kg/m³. Rata-rata volume total sampah Pasar Segiri yaitu sebesar 55,69 m³/hari atau 55.689 L/hari. Rata-rata berat total sampah Pasar Segiri yaitu sebesar 19.900,60 kg/hari atau sekitar 20 ton/hari. Rata-rata timbulan sampah yang dihasilkan setiap pedagang yaitu 40,56 L/pedagang/hari dan 14,5 kg/pedagang/hari.

3.3 Proyeksi Timbulan Sampah Pasar Segiri

Merencanakan pengelolaan sampah Pasar Segiri dalam 5 tahun kedepan dibutuhkan data proyeksi timbulan sampah untuk mengestimasi laju pertumbuhan volume sampah pasar. Individu yang digunakan dalam perhitungan proyeksi timbulan sampah pasar Segiri yaitu pedagang sebagai penghasil sampah dari kegiatan pasar. Sehingga pada perhitungan proyeksi jumlah pedagang, akan digunakan selisih dari total jumlah pedagang yang ada. Berikut data jumlah pedagang yang didapatkan dari UPT. Pasar Segiri, beserta laju kenaikan dari tahun ke tahun berikutnya yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Laju Kenaikan Jumlah Pedagang Pasar Segiri

Tahun	Jumlah Pedagang	Selisih	Laju Kenaikan
2015	1140	-	-
2016	1086	-54	-0.04972
2017	1140	220	0.168453
2018	1306	0	0
2019	1428	122	0.085434
2020	1373	-55	-0.04006
2021	1376	3	0.00218
Rata-rata		236	0.023755

Berdasarkan data jumlah pedagang yang didapatkan pada tahun 2015 – 2021 didapatkan laju kenaikan jumlah pedagang sebesar 0,2375 atau 2,375%. Kemudian dengan persen laju kenaikan jumlah pedagang tersebut dilakukan perhitungan proyeksi jumlah pedagang untuk tahun 2022 – 2026 yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Proyeksi Jumlah Pedagang Segiri Tahun 2022 - 2026

Tahun	Jumlah Pedagang	Selisih
2022	1409	-
2023	1442	33

Tahun	Jumlah Pedagang	Selisih
2024	1476	34
2025	1511	35
2026	1547	36

Hasil proyeksi sampah Pasar Segiri selama 5 tahun kedepan didapatkan dengan menggunakan persen laju kenaikan pedagang pasar. Pada tahun 2022 jumlah pedagang Pasar Segiri diperkirakan sebanyak 1.409 pedagang dan tahun 2026 sebanyak 1.547 pedagang. Berdasarkan data UPT. Pasar Segiri tahun 2020 dan 2021, pasar memiliki kapasitas lapak berjualan sebanyak 1.520 yang terdiri dari ruko, kios, dan lahan pedagang kaki lima, sehingga hasil proyeksi jumlah pedagang pada tahun 2026 telah melebihi kapasitas lapak berjualan yang disediakan pasar. Maka perhitungan proyeksi volume timbulan sampah Pasar Segiri dilakukan dari tahun 2022 hingga 2025. Proyeksi volume timbulan sampah dihitung dengan cara mengalikan hasil timbulan sampah yang didapatkan dengan jumlah pedagang Pasar Segiri, dapat dilihat pada Tabel 4.

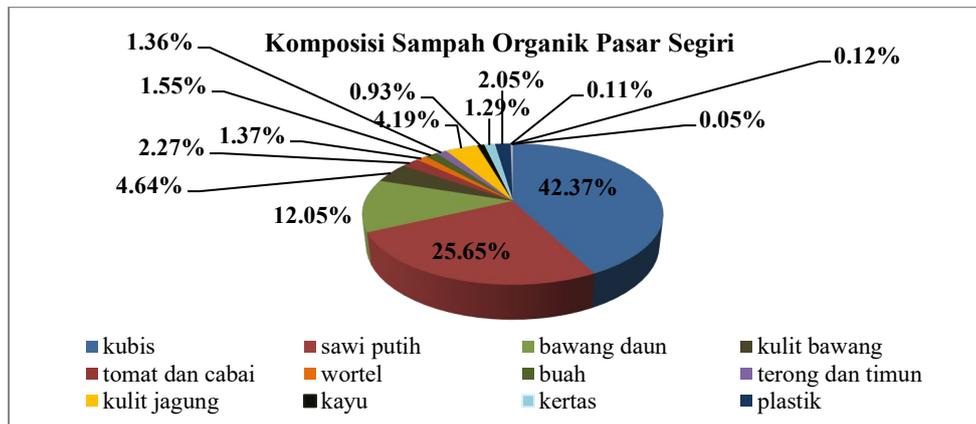
Tabel 4. Proyeksi Volume Timbulan Sampah Pasar Segiri pada Tahun 2022 – 2025

Tahun	Proyeksi Pedagang	Proyeksi Timbulan Sampah (L/hari)	Proyeksi Timbulan Sampah (m ³ /hari)	Proyeksi Timbulan Sampah (m ³ /tahun)
2021*	1373	55.689,75	55,69	20.326,85
2022	1409	57.136,35	57,14	20.854,77
2023	1442	58.493,62	58,49	21.350,17
2024	1476	59.883,15	59,88	21.857,35
2025	1511	61.305,68	61,31	22.376,57

*) Volume timbulan eksisting tahun 2021.

3.4 Komposisi Sampah Pasar Segiri

Berikut merupakan persen komposisi sampah pasar yang terlihat pada Gambar 3



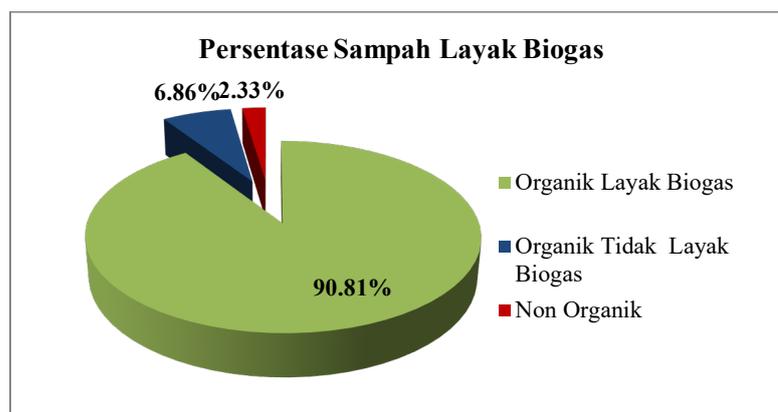
Gambar 3. Grafik Komposisi Sampah Pasar Segiri

Pasar Segiri merupakan pasar induk yang mendatangkan berbagai kebutuhan sehari-hari masyarakat Kota Samarinda, didominasi berbagai jenis sayuran segar. Berdasarkan komposisi sampah, jenis sampah organik yang teridentifikasi antara lain kubis, sawi putih, bawang daun, kulit bawang, tomat, cabai, wortel beberapa jenis buah, terong, timun, dan kulit jagung. Kayu dan kertas ikut menyumbang persentase komposisi sampah organik yaitu sebesar 0,93% dan 1,29%. Sampah plastik merupakan sampah yang mendominasi sampah anorganik yaitu sebesar 2,05%. Sampah plastik yang ditemukan di Pasar Segiri yaitu berupa kantong plastik berwarna kuning, merah, hitam (LDPE), plastik bening (PP), plastik (HDPE) berupa kemasan makan dan minuman ringan, serta karung untuk membungkus

sisanya sayur yang tidak terjual. Sampah logam sebesar 0,11% berasal dari kaleng dan potongan besi, sampah kain sebesar 0,12%, dan styrofoam sebesar 0,05%.

3.5 Pemanfaatan Sampah Pasar Segiri

Kadar air serta kandungan organik yang tinggi pada sampah sayuran dan buah, dapat diolah dalam pengolahan biologis seperti pencernaan anaerobik dengan teknologi biogas daripada teknik lain seperti pembakaran dan pengomposan (Budiyono dkk., 2018). Namun tidak semua sampah organik dipilih untuk menjadi bahan isian biogas. Hal ini didasarkan pada tingkat degradasi, dimana pencernaan bahan tergantung pada kandungan senyawa yang mudah dicerna pada proses anaerobik di dalam digester. Bahan ringan seperti jerami dan partikel kayu dapat menyebabkan lapisan mengambang dan gangguan dinamika fluida. Senyawa polimer plastik dianggap sebagai komponen yang mengganggu pada pencernaan anaerobik (Klinghoffer and Castaldi, 2013). Komposisi sampah Pasar Segiri yang dapat dimanfaatkan untuk biogas seperti terlihat pada Gambar 4.

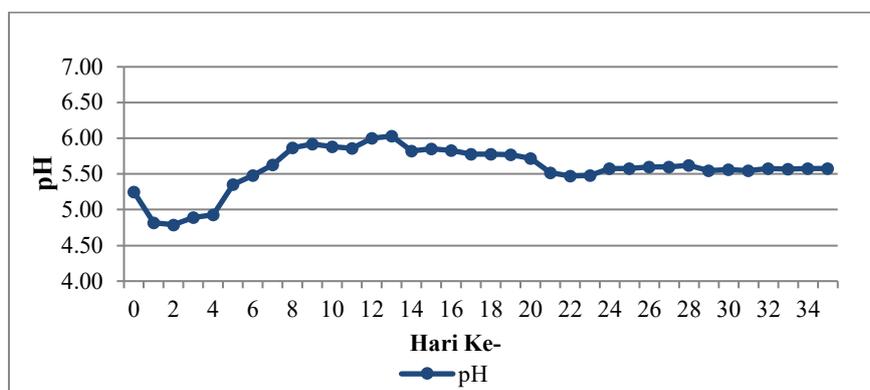


Gambar 4. Presentase Sampah Organik Layak Biogas

Berdasarkan kriteria pemilihan bahan biogas maka terlihat pada diagram terdapat 90,81% yang dikelompokkan ke dalam sampah organik layak biogas yang terdiri dari sampah kubis, sawi putih, bawang daun, tomat, cabai, wortel, buah, terong, timun, dan kulit jagung. Kemudian sampah organik yang tidak layak biogas yaitu terdiri dari kulit bawang, kertas, dan kayu sebesar 2,22% dari keseluruhan komposisi. Kulit bawang, kertas karton, dan plastik merupakan sampah *non-biodegradable* utama (Jalil, Karmaker and Basar, 2021).

3.6 Perubahan pH Pada Bahan Digester Biogas

Nilai pH merupakan faktor penting dalam melakukan uji potensial biogas, hal ini berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dalam proses fermentasi. Nilai pH pembentukan gas metan berkisar antara 5,5 – 8,5 dan interval optimalnya adalah 7,0 – 8,0 untuk kebanyakan bakteri metanogen (al Seadi dkk., 2008) Pada penelitian ini, pengukuran pH dilakukan setiap hari dengan pengambilan sampel bahan digester melalui kran.

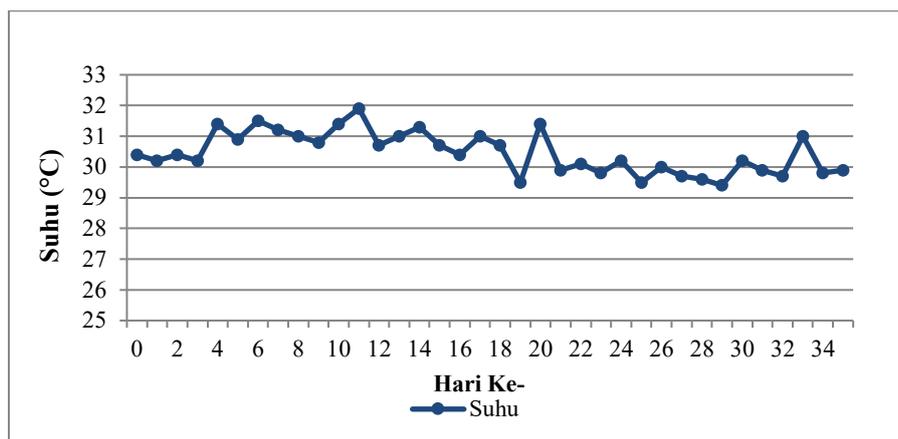


Gambar 5. Pengukuran pH harian Bahan Digester Biogas.

Grafik pH dari bahan digester Pasar Segiri selama penelitian diperoleh nilai yang fluktuatif. Nilai pH berada pada kisaran rentang 4,79 – 6,3 atau pada kondisi asam. Kedua bahan digester yaitu sampah organik Pasar Segiri dan cairan rumen sapi memiliki pH yang rendah, sehingga pada hari ke-0 bahan campuran digester memiliki nilai pH 5,25. Pada hari ke-1 bahan digester mengalami penurunan pH pada rentang 4,79 – 4,93 selama 4 hari. Perubahan nilai pH tersebut menandakan bahwa sedang terjadi proses pengasaman dan perubahan bahan organik. Digester menunjukkan proses dekomposisi sedang berada pada tahap hidrolisis dan asidifikasi. Proses hidrolisis dan asidifikasi menghasilkan asam lemak oleh bakteri pembentuk asam. Pada awal pencernaan, nilai pH akan terus di bawah 6 yang menunjukkan proses pada tahap hidrolisis dan asidifikasi yang berlangsung selama 3 – 5 hari, setelah itu nilai pH akan naik diikuti dengan pertumbuhan gas metan (Praptiwi and Mirwan, 2021) Kenaikan pH pada penelitian mulai terlihat pada hari ke-6 dimana digester memiliki nilai pH 5,63 hingga pH 6,03 pada hari ke-13. Kondisi pH minggu ketiga mengalami penurunan, tetapi masih dalam rentang yang sesuai dengan bakteri pembentuk gas metana yaitu 5,52 – 5,85. Nilai pH yang tidak jauh berbeda pada minggu keempat dan kelima, kondisi pH digester setiap harinya stabil pada rentang 5,52 – 5,60.

3.7 Perubahan Suhu Digester Biogas

Penelitian ini dibiarkan pada kondisi lingkungan atau tidak ada perlakuan khusus berkaitan dengan suhu. Suhu yang tinggi umumnya akan memberikan produksi biogas yang baik, namun suhu tersebut sebaiknya tidak melebihi suhu kamar (Putra dkk., 2017). Berdasarkan hasil penelitian suhu pada bahan digester mengikuti perubahan suhu lingkungan.



Gambar 6. Pengukuran Suhu Harian Digester

Gambar 6. grafik suhu digester cenderung stabil dengan rata-rata suhu 30,46°C dengan suhu maksimal 31,9°C dan suhu minimum 29,4°C. terlihat pada grafik bahwa minggu pertama dan kedua merupakan waktu dimana diperoleh suhu yang tinggi. Pada minggu pertama suhu digester berada pada rentang 30,2 – 31,5 °C dengan rata-rata 30,8 °C. Pada minggu kedua berada pada rentang 30,7 – 31,1 °C dengan rata-rata suhu digester sebesar 31,2 °C.

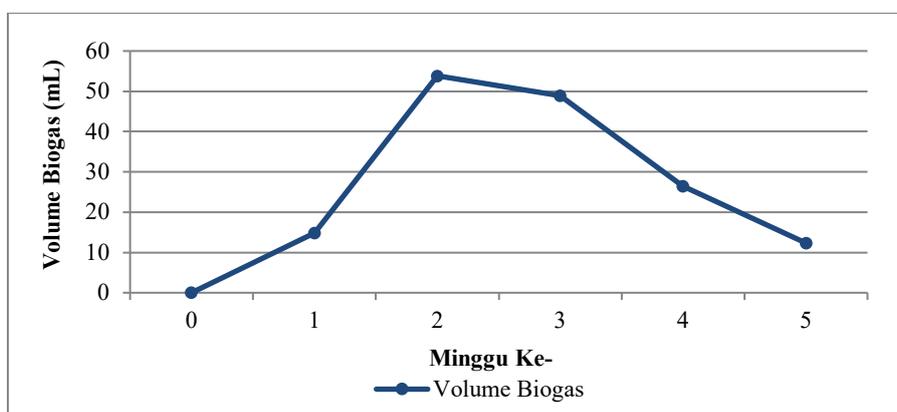
3.8 Produksi Biogas Pasar Segiri

Produksi biogas pada digester merupakan indikasi bakteri metanogenik telah bekerja mengurai bahan organik pada tahapan sebelumnya menjadi biogas khususnya gas metana. Pengukuran produksi biogas dilakukan setiap hari dengan melihat kenaikan cairan pada selang manometer U yang dipasang pada digester.

Tabel 5 Hasil Produksi Biogas Mingguan

Minggu Ke-	Volume Biogas (mL)
0	0,00
1	14,86
2	53,84
3	48,89
4	26,51
5	12,35
Total	156,45

Akumulasi volume biogas selama 35 hari sebanyak 156,45 mL. Produksi biogas dapat lebih dimaksimalkan dengan memperhatikan beberapa faktor, salah satunya ukuran dari substrat. Pada penelitian ini sampah organik Pasar Segiri dicacah dengan ukuran akhir kurang lebih 2-4 cm. Substrat dibuat dalam ukuran kecil dan halus, maka proses pencernaan oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam digester biogas akan lebih cepat, hal ini berhubungan dengan permukaan kontak substrat dengan bakteri-bakteri di dalam digester biogas yang dapat mempengaruhi hasil biogas (Andini dkk., 2021). Grafik hasil produksi biogas mingguan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Akumulasi Volume Biogas per Minggu

Berdasarkan Gambar 7. pada grafik diketahui bahwa digester Pasar Segiri mengalami peningkatan volume sejak minggu pertama sampai pada minggu optimum. Pada minggu pertama menghasilkan gas sebanyak 14,86 mL. Produksi gas yang masih sedikit ini diduga disebabkan karena proses penguraian masih di tahap awal yaitu tahap hidrolisis dan asinogenesis. Kemudian mikroorganismenya pada digester masih berada di fase lag atau fase adaptasi. Rendahnya produksi biogas pada fase lag disebabkan oksigen yang terperangkap di dalam digester selama proses awal pencernaan yang dapat membatasi pertumbuhan anaerobik dan produksi biogas. Kandungan karbon dioksida pada biogas juga masih tinggi (Deepanraj dkk, 2017).

Pada minggu kedua merupakan waktu yang paling banyak menghasilkan biogas yaitu sebesar 53,84 mL. Pada tahap ini didapatkan konsentrasi substrat yang tinggi setelah diubah pada proses sebelumnya, mikroorganismenya mengalami pertumbuhan yang cepat. Peningkatan volume biogas dari hari ke-1 sampai hari ke-14 diduga terjadi karena mikroorganismenya telah berada pada fase eksponensial, di mana pada fase tersebut mikroorganismenya telah berada dalam fase konstan. Volume biogas yang terbentuk dari hari ke-1 sampai hari ke-12 mengalami peningkatan di mana mikroorganismenya dianggap berada dalam fase *metabolic constant activity* (Budiyono dkk., 2018). Hal tersebut menyebabkan tingginya produksi biogas pada penelitian.

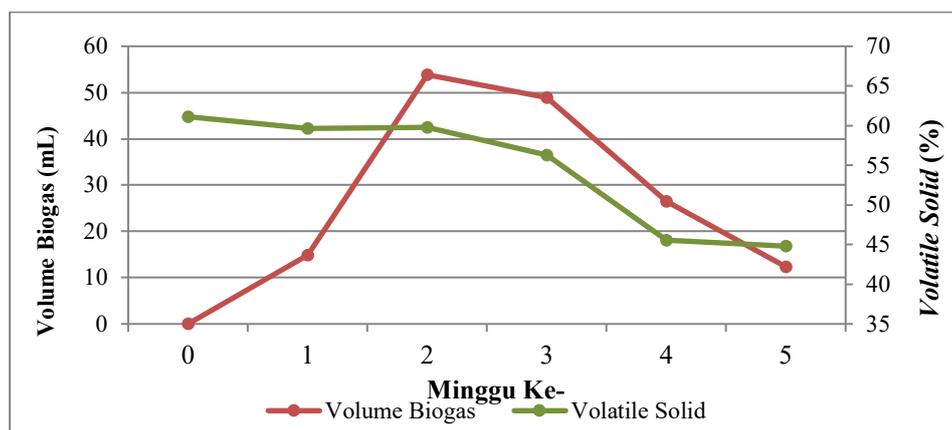
Minggu ketiga dapat dikatakan minggu yang optimum dikarenakan jumlah produksi biogas yang banyak dan kandungan biogas sudah didominasi oleh gas metana, hal ini dapat dilihat dari hasil uji nyala api. Produksi biogas pada minggu ketiga tidak jauh berbeda dengan volume biogas minggu kedua yaitu sebanyak 48,89 mL, namun relatif lebih rendah dibanding dengan minggu kedua. Pada

tahap ini mikroorganismenya berada pada tahap sub puncak, mikroorganismenya mengonsumsi bahan yang mudah terurai dan memilih bahan yang sulit terurai seperti selulosa, semiselulosa, dan lain-lain. Pada fase sub puncak biasanya menghasilkan produksi biogas yang relatif lebih rendah daripada fase puncak (Deepanraj, Sivasubramanian and Jayaraj, 2017)

Digester Pasar Segiri mengalami penurunan produksi biogas secara berangsur-angsur setelah minggu optimum. Pada minggu keempat produksi biogas mengalami penurunan hampir setengah dari produksi minggu sebelumnya, yaitu sebanyak 26,51 mL, hingga pada minggu kelima juga mengalami penurunan produksi biogas dengan hasil yang didapatkan sebanyak 12,35 mL. Penurunan volume biogas tersebut dipengaruhi oleh aktivitas bakteri yang mendegradasi bahan organik menjadi biogas terus berkurang, seiring bertambahnya waktu. Pada minggu keempat dan kelima bakteri telah berada pada fase setelah sub puncak, dimana semua bahan *biodegradable* perlahan habis dan masuk pada tahap fade.

3.9 Konsentrasi Volatile Solid Terhadap Produksi Biogas

Pengujian *volatile solid* dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan organik yang digunakan oleh bakteri selama proses fermentasi bahan campuran digester Pasar Segiri, jumlah *volatile solid* biasanya direpresentasikan dalam bentuk % dengan menggunakan persamaan (4). *Volatile solid* merupakan substrat bagi mikroorganismenya yang bekerja pada tahap awal produksi biogas, penurunan *volatile solid* menunjukkan bahwa terjadi proses degradasi senyawa organik oleh mikroorganismenya (Nisrina and Andarani, 2018). Hubungan konsentrasi *volatile solid* pada substrat dan volume biogas setiap minggunya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Grafik Hubungan Konsentrasi *Volatile Solid* dan Produksi Biogas

Berdasarkan grafik bahwa nilai awal *volatile solid* pada bahan campuran digester Pasar Segiri adalah sebanyak 61,12%. Kemudian pada minggu pertama nilai *volatile solid* berkurang sebanyak 1,50% sehingga menjadi 59,62% diikuti dengan kenaikan volume biogas sebanyak 14,86 mL. Pada minggu kedua substrat mengalami peningkatan nilai *volatile solid* yaitu menjadi 59,79% atau mengalami kenaikan sebanyak 0,16% dengan volume biogas meningkat menjadi 53,84%. Seharusnya nilai *volatile solid* mengalami penurunan karena bahan organik mengalami degradasi oleh bakteri, kenaikan nilai *volatile solid* pada minggu kedua ini diduga pada pengambilan sampel yang kurang homogen sehingga pengujian *volatile solid* menjadi tidak akurat. Selanjutnya minggu ketiga nilai *volatile solid* menjadi 56,31% atau mengalami penurunan sebanyak 3,48% diikuti dengan meningkatnya volume biogas sebanyak 48,8 mL. Nilai *volatile solid* pada minggu keempat mengalami penurunan yang sangat signifikan yaitu sebesar 10,75% atau nilai *volatile solid* menjadi 45,56% dengan volume biogas sebanyak 26,51 mL. Kemudian pada minggu kelima penurunan nilai *volatile solid* hanya sebesar 0,75% atau menjadi 44,81%, hal ini dapat terlihat dari produksi biogas yang sedikit atau menurun dengan volume 12,35 mL.

3.10 Uji Nyala Api Biogas Pasar Segiri

Nyala api merupakan salah satu indikator berhasil atau tidaknya proses fermentasi pada biogas. Spesifikasi gas metan ditandai dengan nyala api yang berwarna biru, gas metan memiliki kadar kalor

yang cukup tinggi, jika hasil fermentasi dapat terbakar maka kemungkinan mengandung 45% gas metan (Wati, Ahda dan Handayani, 2014)

Selama pengujian nyala api kantong plastik penampung gas harus diberi tekanan, apabila biogas mengandung banyak mengandung gas metana, maka gas akan terbakar dan berwarna biru, sebaliknya apabila gas tidak terbakar menandakan kandungan pada biogas masih didominasi oleh karbon dioksida (CO₂) atau gas lainnya dibandingkan gas metana. Hasil uji nyala yang dilakukan setiap 7 hari pada digester selama 5 minggu.

Tabel 6. Uji Nyala Api Biogas Pasar Segiri

Minggu Ke-	Uji Nyala Api
1	Tidak Menyala
2	Tidak Menyala
3	Menyala Warna Biru
4	Menyala Warna Biru Kemerahan
5	Menyala Warna Biru



Gambar 9. (a) Hasil uji nyala api minggu ke- 3, (b) Hasil uji nyala api minggu ke-4, (c) Hasil uji nyala api minggu ke-5

3.11 Potensi Energi Listrik dari Volume Biogas

Penentuan potensi energi dari biogas pada penelitian ini didasarkan pada volume timbulan sampah dan volume biogas yang didapatkan selama penelitian. Total volume timbulan sampah yang didapatkan yaitu sebanyak 55,69 m³/hari dengan komposisi sampah layak biogas sebesar 90,81%, maka jumlah sampah yang dapat dimanfaatkan menjadi biogas adalah sebanyak 50,57 m³/hari. Proses pembuatan biogas pada penelitian ini dilakukan selama 35 hari. Volume sampah Pasar Segiri yang digunakan pada digester adalah sebanyak 48 L atau sebanyak 1,37 L/hari dengan total volume biogas yang didapatkan yaitu sebanyak 156,45 mL atau 4,47 L/hari. Maka dengan sampah organik sebesar 50,57 m³/hari dapat menghasilkan volume biogas sebesar 164.812,25 mL/hari atau 0.16 m³/hari.

Tabel 7. Potensi Energi dari Biogas Sampah Pasar Segiri

Tahun	Volume Sampah Layak Biogas (m ³ /hari)	Volume Biogas yang Dihasilkan (m ³ /hari)	Potensi Energi Listrik (kWh/hari)
2021	50,57	0,165	1,05
2022	51,89	0,169	1,08
2023	53,12	0,173	1,10
2024	54,38	0,177	1,13
2025	55,67	0,182	1,16

Tahun 2025 merupakan potensi maksimal biogas dari pemanfaatan sampah Pasar Segiri, dengan volume sampah sebanyak 55,679 m³/hari maka volume biogas yang dihasilkan sebesar 0,182 m³/hari dengan potensi energi listrik sebesar 1,16 kWh.

Energi listrik yang dihasilkan dapat dikatakan kecil, hal ini disebabkan karena produksi biogas pada saat penelitian selama fermentasi 35 hari hanya sebanyak 156,45 mL. Penelitian Ivonianti (2019) biogas dari sampah pasar dan starter kotoran sapi selama fermentasi 25 hari adalah sebanyak 16,52 liter dengan volume total bahan adalah 132 liter. Dalam penelitiannya dilakukan pengadukan dengan interval 2 jam sekali selama 15 menit, jika tanpa adanya pengadukan dapat mengakibatkan sebagian massa bakteri mengumpul di lapisan bawah, sedangkan substrat untuk didekomposisi sering mengumpul di lapisan atas dan degradasi berlangsung sedikit. Selain itu, beberapa padatan mengapung ke atas permukaan membentuk lapisan kerak yang membuat gas sulit keluar. Pengadukan dapat menjadi salah satu penyebab sedikitnya produksi biogas pada penelitian ini. Pengadukan pada penelitian ini sangat terbatas karena tidak adanya instrumen pengaduk pada digester, selama penelitian pengadukan dilakukan dengan cara mengguncang digester. Dalam mengaplikasikan biogas dalam skala besar, hal yang harus dipertimbangkan kembali yaitu kapasitas dan jenis aliran digester. Kapasitas digester diharapkan mampu menampung timbulan sampah organik yang dihasilkan pasar dan dapat menggunakan jenis digester kontinu sebagai pendukungnya.

4. KESIMPULAN

Rata-rata volume dan berat timbulan sampah yang dihasilkan Pasar Segiri adalah 55,69 m³/hari atau 19.906,60 kg/hari. Pasar Segiri memiliki pedagang sebanyak 1.376 orang, timbulan sampah yang dihasilkan setiap pedagang 40,56 L/pedagang/hari atau 14,5 kg/pedagang/hari. Komposisi sampah pada Pasar Segiri didominasi oleh sampah organik dengan total 97,67%, dari sampah organik tersebut terdiri dari sampah sayuran dan buah sebesar 95,45%, kertas sebesar 1,29% dan kayu sebesar 0,93%. Komposisi sampah anorganik terdiri dari sampah plastik sebesar 2,05%, logam sebesar 0,11%, kain sebesar 0,12%, dan *styrofoam* sebesar 0,05%.

Hasil proyeksi timbulan sampah Pasar Segiri tahun 2022 yaitu sebesar 57,14 m³/hari atau sebesar 20.854,77 m³/tahun dan pada tahun 2025 yaitu sebesar 61,31 m³/hari atau sebesar 22.376,57 m³/tahun. Berdasarkan komposisi sampah Pasar Segiri, sampah organik layak biogas sebesar 90,81%, sehingga dari total timbulan sampah Pasar Segiri yaitu 55,69 m³/hari didapatkan volume reduksi sampah yang dapat dimanfaatkan sebagai biogas adalah sebesar 50,57 m³/hari.

Kualitas biogas yang dihasilkan pada penelitian menunjukkan bahwa pada uji nyala selama 2 minggu pertama biogas belum terbakar, kemudian pada minggu ketiga sampai minggu kelima biogas dapat terbakar dengan nyala api berwarna biru yang menandakan jika biogas tersebut mengandung metana. Total produksi volume biogas yang dihasilkan selama fermentasi 35 hari yaitu sebesar 156,45 mL. Volume biogas yang dihasilkan dari volume sampah sebesar 50,57 m³/hari yang menghasilkan biogas sebesar 0,165 m³/hari berpotensi menghasilkan energi listrik sebesar 1,05 kWh/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A. *et al.* (2021) *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021*.
- Budiyono *et al.* (2018) "Production of Biogas from Organic Fruit Waste in Anaerobic Digester using Ruminant as the Inoculum," in *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences. doi: 10.1051/mateconf/201815603053.
- Chaerul, M. and Dewi, T. P. (2020) "Analisis Timbulan Sampah Pasar Tradisional (Studi Kasus: Pasar Ujungberung, Kota Bandung)," *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), pp. 98–106. Available at: <http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index>.
- Deepanraj, B., Sivasubramanian, V. and Jayaraj, S. (2017) "Effect of substrate pretreatment on biogas production through anaerobic digestion of food waste," *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(42), pp. 26522–26528. doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.06.178.
- Deublein, D. and Steinhauser, A. (2008) *Biogas from Waste and Renewable Resources*.
- Jalil, M. A., Karmaker, S. and Basar, S. (2021) "Biogas generation from the wastes of a vegetable market in two types of reactors under daily feed condition," *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, pp. 142–149. doi: 10.12720/sgce.10.2.142-149.

- Klinghoffer, N. B. and Castaldi, M. J. (2013) *Waste to energy conversion technology*. Philadelphia, PA.
- Putra, G. M. D. *et al.* (2017) “Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi,” *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 5(1).
- Nisrina, H. and Andarani, D. P. (2018) “Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan-BPPT,” *Jurnal Presipitasi*, 15(2), pp. 1–9.
- Praptiwi, R. D. and Mirwan, M. (2021) “Pemanfaatan Sampah Organik Pasar Tradisional Dengan Penambahan Kotoran Sapi Dan Kotoran Ayam Sebagai Bahan Energi Alternatif Biogas,” *Jurnal Envirous*, 1(2).
- Sarwono, E., Subekti, F. and Widarti, B. N. (2018) “Pengaruh Variasi Campuran Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dan Isi Rumen Sapi Terhadap Produksi Biogas,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, volume 2, pp. 1–10.
- Seadi, T. *et al.* (2008) *Biogas handbook*. University of Southern Denmark Esbjerg.
- Sorensen, B. (2007) *Renewable Energy Conversion, Transmission, and Storage*. third edition. Gilleleje: AP Publisher.
- Suyitno, Sujono, A. and Dharmanto (2010) *Teknologi Biogas Pembuatan, Operasional dan Pemanfaatan*. 1st edn. Edited by A. S. Suyitno. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Wati, L., Ahda, Y. and Handayani, D. (2014) “Pengaruh Volume Cairan Rumen Sapi Terhadap Berbagai Feses Dalam Menghasilkan Biogas,” *Jurnal Saintek*, 6(1), pp. 43–51.