

## **Kombinasi feses ternak babi dan limbah sayuran untuk optimalisasi produksi biogas**

E. Mamanua, J.E.M. Soputan\*, E.H.B. Sondakh

Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi Manado, 95115

\*Korespondensi (*Corresponding author*): jeanette@unsrat.ac.id

### **ABSTRAK**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas biogas yang dihasilkan dari kombinasi feses babi dan limbah sayuran. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kombinasi feses babi (83 bagian), limbah sayuran (17 bagian) dan air (150 bagian) dengan perbandingan 1:1,5. Limbah sayuran diambil dari pasar. Penelitian ini telah dilakukan di Rumah Potong Hewan, Bailang, Kecamatan Bunaken, Sulawesi Utara. Pada bulan Maret sampai April 2022. Peralatan yang digunakan adalah digester tipe horisontal, meteran, thermometer, indikator pH, kompor biogas, selang, drum bekas dan ember. Model analisis data yang digunakan yaitu analisis deskriptif. pengujian gas dilakukan sebanyak 2 kali, pengujian pertama dilakukan pada hari ke 10 dengan tujuan untuk membuang gas yang ada dalam tong. Pengujian kedua dilakukan pada hari ke 35. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah volume gas, temperature, pH dan aplikasi penggunaan biogas untuk memasak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total volume biogas yang dicapai adalah 126.755 mL, dari data hasil penelitian dapat dilihat rata-rata temperature didalam digester yaitu 29°C. nilai pH adalah 7. Total waktu yang digunakan untuk memasak adalah 23 menit 54 detik. Kesimpulan dari penelitian ini adalah kombinasi 83% feses ternak babi dan 17% limbah sayuran (sawi dan kubis) dengan air 150% pada kisaran temperatur 27-30°C, dan pH 7 dapat menghasilkan biogas sebanyak 126.755 mL, dengan total waktu memasak selama 23 menit 54 detik dan biogas yang digunakan sebanyak 113. 551 mL.

**Kata Kunci:** Biogas, feses babi, limbah sayuran

### **ABSTRACT**

**COMBINATION OF PIG LIVESTOCK WASTE AND VEGETABLE WASTE FOR OPTIMIZATION OF BIOGAS PRODUCTION.** This research was conducted to determine the quality of biogas produced from a combination of pig feces and vegetable waste. The materials used in this study were a combination of pig feces (83 parts), market waste (17 parts), and air (150 parts) with a ratio of 1:1.5. The vegetable waste was taken from market. This research was carried out at the Bailang Slaughterhouse, Bunaken District, North Sulawesi. From March to April 2022. The equipment used is a horizontal-type digester, meter, thermometer, pH indicator, biogas stove, hose, used drums, buckets, grinding machine, and stationery. The data analysis model used is descriptive analysis. gas testing was carried out 2 times, the first test was carried out on the 10th day. The first test aims to get rid of the gas in the barrel. The second test was carried out on day 35. The variables observed in this study were gas volume, temperature, pH, and the application of using biogas for cooking. The results showed that the total volume of biogas achieved was 126,755 mL, from the research data it can be seen that the average temperature in the digester is 29°C. the pH value is 7. The total time used for cooking is 23 minutes and 54 seconds. The conclusion of the study that the combination of 83% pig feces and 17% vegetable waste (green mustard and cabbage) with

150% water at a temperature range of 27-30°C, and pH 7 can produce as much as 126,755 mL of biogas, with a total cooking time of 23 minutes 54 seconds and 113,551 ml of biogas used.

**Keywords:** Biogas, cow faeces, market waste

## PENDAHULUAN

Ternak babi merupakan salah satu produk peternakan yang potensial untuk dikembangkan. Industri babi dapat menawarkan manfaat yang besar sebagai penyedia protein hewani. Dalam mendukung industri peternakan babi, penanganan limbah khususnya feses harus ditangani secara tepat untuk mencegah pencemaran lingkungan.

Terdapat berbagai cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah feses, salah satunya melalui pengolahan menjadi biogas. Menurut Adityawarman *et al.* (2015) bahwa limbah peternakan berupa feses dapat diolah menjadi biogas. Lebih lanjut dinyatakan oleh Adityawarman *et al.* (2015), biogas tergolong sebagai energi yang berasal dari bahan-bahan organik (bahan non fosil) yang umumnya berasal dari berbagai limbah organik seperti, kotoran manusia, sisa-sisa tumbuhan, dan limbah peternakan.

Limbah peternakan seperti feses babi merupakan sesuatu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biogas untuk energi terbarukan. Menurut Suriman *et al.* (2021), feses babi punya potensi sebagai bahan baku biogas karena mempunyai ratio C/N 25. Senyawa yang terpenting dalam produksi biogas adalah gas metan. Produksi gas metan sangat tergantung pada C/N dari substrat yang digunakan. Menurut (Hartono, 2009 dalam Windyasmara *et al.*, 2012), Rasio C/N antara 25 - 30 adalah nilai optimum untuk proses penguraian anaerob. Dengan rasio C/N terlalu tinggi nitrogen akan sangat cepat dikonsumsi oleh bakteri metanogen untuk memenuhi kebutuhan protein dan tidak akan bereaksi lagi dengan karbon yang tersisa. Sebagai hasilnya produksi gas rendah. Sebaliknya apabila rasio C/N

sangat rendah, maka nitrogen dapat dibebaskan dan terkumpul dalam bentuk  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Sampah sayuran termasuk limbah yang dapat menunjang produksi biogas. Limbah sayuran mengandung bahan-bahan organik dengan rasio C/N tergolong tinggi. Rasio C/N limbah sayuran adalah 54. Menurut (Kusmiati, 2003 dalam Rahmawanti dan Dony, 2014), pada umumnya bahan organik segar seperti dedaunan mempunyai rasio C/N 50-60. menurut Ongkowijoyo (2011) sampah sayuran sawi mengandung serat, fosfor, besi, kalium, kalsium, vitamin A, vitamin C, dan Vitamin K. Semua unsur tersebut mempunyai fungsi yang bisa membantu dalam proses pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman sehingga sangat bagus di jadikan sebagai bahan baku pembuatan kompos organik cair. Selain sawi, menurut Wahyuni *et al.* (2017) bahwa sayuran kubis juga sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan biogas karena mengandung kalori 25 kal, protein 1,7 g, lemak 0,2 g, karbohidrat 5,3 g, kalsium 64 mg, fosfor 26 mg, Fe 0,7 mg, Na 8 mg, niasin 0,3 mg, serat 0,9 g, abu 0,7 g, vitamin A 75 SI, vitamin B1 0,1 mg, Vitamin C 62 mg dan air 91-93%, dalam 100 gram. Dalam pembuatan biogas sampah sayuran perlu adanya penambahan kotoran ternak agar supaya dapat menunjang kadar metan dari sampah sayuran dan dapat menghasilkan biogas yang baik. Menurut Maryani (2016), tanpa penambahan kotoran sapi pada pembuatan biogas sampah sayuran, biogas yang dihasilkan memiliki kadar metan yang minim dan mendekati zero. Oleh karena itu perlu adanya perlakuan khusus antara limbah sayuran yang dikombinasikan dengan feses ternak babi untuk pembuatan biogas.

## MATERI DAN METODE PENELITIAN

### Tempat dan waktu pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Potong Hewan, Bailang, Kecamatan Bunaken, Sulawesi Utara. Pada bulan Maret sampai April 2022. Feses babi diambil dari Desa Warembungan dan Desa Tinoor. Sampah diambil dari Pasar Karombasan

### Materi penelitian

#### Bahan:

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah feses babi berasal dari feses babi fase starter, grower, dan finisher, dan limbah sayuran (sayuran sawi dan kubis) serta air.

#### Alat:

Satu unit penghasil biogas tipe horizontal mengacu pada Soputan (2012) yang terdiri dari:

1. Satu unit drum digester dan 1 unit drum penampung gas.
2. Selang berdiameter  $\frac{3}{4}$  cm panjang 3 m.
3. Meteran, thermometer batang air raksa  $100^{\circ}\text{C}$ , indikator pH, selang plastik untuk mengalirkan gas, ember plastik dan kompor.
4. Mesin pencacah sampah organik

### Metode penelitian

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah perbandingan limbah ternak babi, limbah sayuran dan air 1:1,5 yakni terdiri dari 83 bagian feses, 17 bagian sampah), 150 bagian air.

### Variabel penelitian

#### 1. Volume Gas

Volume gas yang dihasilkan, diukur setiap hari. Cara pengukuran dilakukan dengan cara mencatat langsung dari jumlah gas yang tertampung pada tabung penampungan gas dengan menggunakan rumus silinder (Soputan, 2012).

#### 2. Temperatur

Pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan

thermometer berskala celcius. Pengukuran temperature dilakukan setiap hari meliputi pengukuran bagian dalam dan diluar digester (Soputan, 2012).

#### 3. pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH indicator (Soputan, 2012).

#### 4. Aplikasi penggunaan biogas untuk memasak (Soputan, 2012).

Pada tahap akhir dilakukan percobaan biogas untuk memasak dan mencatat waktu dan penggunaan biogas. Pengujian biogas dilakukan sebanyak 2 kali.

### Analisa data

Penelitian ini menggunakan analisis deskriptif. Analisis deskriptif yaitu suatu bentuk penelitian yang ditunjukkan untuk mendeskripsikan fenomena-fenomena yang ada, baik fenomena alamiah maupun fenomena buatan manusia. Fenomena itu bisa berupa bentuk, aktifitas, karakteristik, perubahan hubungan, kesamaan, dan perbedaan antara fenomena yang satu dengan fenomena yang lainnya (Nasution, 2017).

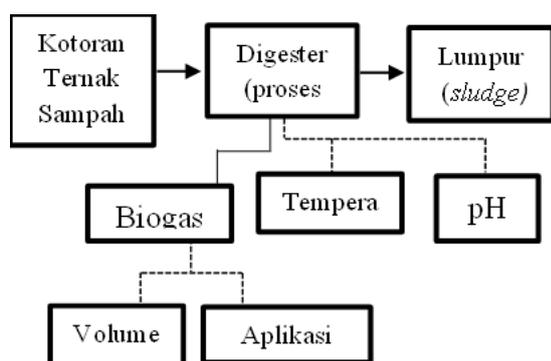
### Prosedur penelitian

1. Pembuatan isian dengan mencampurkan kotoran ternak segar yaitu feses babi dan limbah sayuran yang sudah digiling dengan air, perbandingan 1:1,5. Aduklah kotoran sampai merata sambil membuang benda-benda keras yang mungkin ikut tercampur.
2. Masukkan isian yang telah siap kedalam tabung pencernaan melalui pipa pemasukkan isian. Pada pengisian pertama, kran pengeluaran gas yang ada pada alat pencernaan sebaiknya tidak disambungkan dulu ke pipa. Kran tersebut dibuka agar udara dalam alat pencernaan terdesak keluar sehingga proses pemasukan lumpur kotoran lebih mudah. Pemasukan isian dihentikan setelah tabung pencernaan penuh, yang ditandai dengan keluarnya buangan dari pipa buangan. Setelah tabung pencernaan penuh, kran pengatur gas yang ada pada tabung pencernaan ditutup dan biarkan digester memulai proses fermentasi.

3. Buka kran pengeluaran gas dan hubungkan dengan pipa pemasukan gas tabung pengumpul dengan selang karet atau plastik yang telah disiapkan.
4. Masukkan air ke dalam drum besar tabung pengumpul gas sampai ketinggian sekitar 60 cm.
5. Masukkan pula drum kecil ke dalam drum besar yang telah diisi air.
6. Tutup kran pengeluaran gas tabung pengumpul gas.

Setelah 3-4 minggu, biasanya gas pertama mulai terbentuk yang ditandai dengan terangkatnya drum kecil tabung pengumpul gas. Gas pertama ini perlu dibuang, dengan membuka kran pengeluaran gas tabung pengumpul, karena gas didominasi oleh gas CO<sub>2</sub>. Setelah gas pertama terbuang habis yang ditandai dengan turunnya permukaan drum kecil pengumpul gas ke posisi semula, kran pengeluaran gas ditutup kembali. Beberapa hari kemudian terjadi kenaikan tong penampungan gas selanjutnya setiap kenaikan perhari diukur dengan menggunakan rumus silinder.

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Pengukuran variabel dilakukan setiap hari sejak pemasukan bahan baku ke dalam digester yaitu pada pagi hari dan sore hari.



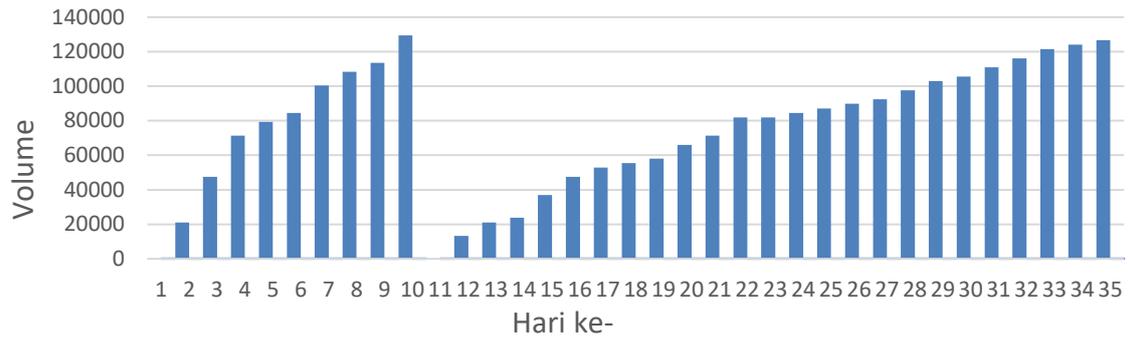
Gambar 1. Skema Alur Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Volume gas

Hasil penelitian pada Gambar 2 menunjukkan volume gas pada hari pertama belum ada perubahan, hal ini terjadi karena adanya proses hidrolisis dan proses pengasaman. Menurut Anggraeni *et al.* (2013) proses hidrolisis berlangsung sekitar 6 sampai 8 jam. Suriman *et al.* (2021) menyatakan bahwa proses hidrolisis terjadi pada suhu 30°C sampai 35°C untuk menjaga keberlangsungan hidup bakteri metan. Hasil pengamatan suhu untuk proses hidrolisis pada penelitian ini yaitu terjadi pada suhu 29°C sampai 30°C, suhu yang diperoleh masih dibawah suhu penelitian seperti yang dilaporkan oleh Suriman *et al.* (2021). Pada hari ke 2 sampai hari ke 5 biogas mulai terbentuk dan membuat tong penampung biogas terangkat setinggi 30 cm dengan volume gas 79.222 mL. Pada hari ke 6 sampai hari ke 10 tong penampung gas mengalami kenaikan sampai titik tertinggi 49 cm dengan volume gas 129.396 mL. selanjutnya terjadi penurunan pada hari ke 10 sampai hari ke 11 karena gas pertama dibuang dengan tujuan untuk menguji apakah gas dapat menyala, kemudian gas mulai terbentuk kembali pada hari ke 12 dan tong penampung gas terus mengalami kenaikan sampai hari ke 35 setinggi 48 cm dengan volume 126.755 mL. Pada penelitian Takarenguang *et al.* (2016), setelah mencapai titik tertinggi pada retensi hari ke 28 sampai ke-31 tong penampung gas mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh penurunan aktivitas bakteri anaerob dengan adanya penurunan bahan organik yang telah mengalami degradasi menjadi komponen lain (Utomo dan Wahyuningsi, 2010).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi feses ternak babi dan limbah sayuran dengan perbandingan 1:1,5 lebih efisien dalam penggunaan waktu memasak dan menghasilkan volume gas yang lebih tinggi dari penelitian Suriman *et al.* (2021), total waktu yang digunakan



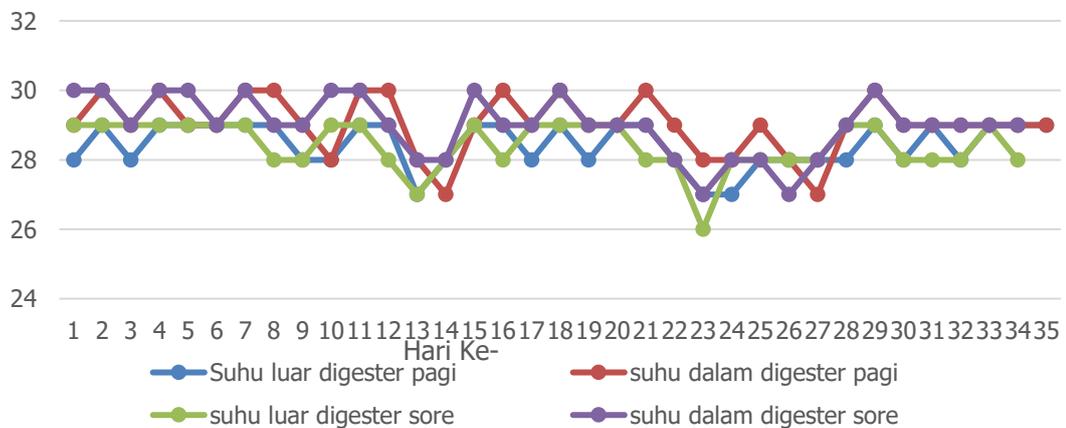
Gambar 2. Produksi Biogas Perhari

untuk memasak 24 menit dan titik tertinggi tong penampung gas 46,3 cm dengan volume 122.266 mL. Hal ini disebabkan oleh bahan utama yang digunakan adalah feses ternak babi, dimana feses ternak babi memiliki C/N yang lebih tinggi dibandingkan feses sapi (Wulandari, 2006).

**Temperatur**

Hasil dari pengambilan data suhu udara di pagi hari pada pukul 09.00 berkisar antara 27-29°C dengan suhu rata-rata 28°C lebih rendah jika dibandingkan dengan suhu udara di sore hari pada pukul 16.00 yaitu berkisar 26-29°C dengan suhu rata-rata 28°C. sedangkan suhu dalam digester pagi dan sore hari berada pada kisaran 27-30°C dengan suhu rata-rata 29°C. Putra *et al.* (2017) menyatakan suhu optimal untuk menghasilkan biogas adalah 28-30°C dimana pada suhu ini bakteri metanogenetik bekerja optimal. Menurut

Ginting (2007), suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30-35°C. Rahim *et al.* (2017) menyatakan bahwa suhu optimal dalam digester untuk proses fermentasi berada pada kisaran suhu 29-31,2°C. Hasil penelitian ini menunjukkan suhu rata-rata dalam digester sudah mencapai suhu optimal. Data yang diperoleh dapat dilihat bahwa perubahan suhu yang terjadi didalam digester sangat mempengaruhi tahapan pembentukan metan yang ada, kenaikan suhu didalam digester yang terjadi menunjukkan adanya proses dekomposisi bahan organik yang akan membentuk gas metan, karbon-dioksida, dan sejumlah gas lainnya. Menurut Dharma dan Bustomi (2017), proses fermentasi anaerob sangat peka terhadap perubahan suhu, penurunan suhu yang terjadi akan



Gambar 3. Temperatur Harian

mempengaruhi produksi biogas dan memperlambat kinerja bakteri metanogen. Bakteri metanogenik sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan penurunan 1–2°C dapat menurunkan produksi biogas secara signifikan (Aftab *et al.*, 2014).

**Derajat keasaman (pH)**

Data hasil pengukuran pH yang menggunakan kertas pH indikator menunjukkan nilai pH yang muncul dari awal sampai selesai penelitian yaitu 7, dari angka tersebut menunjukkan bahwa kondisi pH ini layak untuk fermentasi sehingga dapat membantu pertumbuhan mikroba dalam pembentukan biogas. Menurut Anugrah *et al.* (2017), pH optimum untuk produksi biogas adalah 7. Apabila Nilai pH di bawah 6,5 maka aktifitas bakteri metanogen akan menurun dan jika nilai pH di bawah 5,0, maka fermentasi akan terhenti (Khaerunnisa dan Rahmawati, 2013). Menurut Rusdiyono *et al.* (2017), nilai pH yang tinggi akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO<sub>2</sub> sebagai produk utama.

**Aplikasi penggunaan biogas**

Hasil penelitian mengenai aplikasi penggunaan biogas disajikan pada Tabel 1. Tabel tersebut memperlihatkan ada berapa banyak gas yang terpakai dan berapa lama waktu yang diperlukan untuk memasak.

Dalam penelitian ini telah dilakukan pengujian gas sebanyak 2 kali, uji coba gas pertama dilakukan pada hari ke 10 dengan ketinggian tong yang mencapai 49 cm dengan volume tong yaitu 129.396 mL, pada pengujian ini gas belum menyala, karena gas yang ada di dalam tong penampungan masih tercampur dengan berbagai macam gas seperti hidrogen sulfida, kandungan air, kandungan karbondioksida dan gas masih tercium seperti bau belerang (Simamora dan Salundik, 2006).

Uji coba gas kedua dilakukan pada hari ke 35 dengan ketinggian tong yang mencapai 48 cm dengan volume gas 126.755 mL. pengujian dilakukan dengan menggunakan kompor khusus untuk biogas, nyala api yang dihasilkan sangat bagus dan kualitasnya baik ditunjukkan dengan api yang berwarna biru terang, hal ini sama dengan yang dinyatakan Kurniawan *et al.* (2016) bahwa nyala api yang berwarna biru menunjukkan kadar metan yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan gas lainnya. Hasil pengamatan untuk mendidihkan 2 liter air membutuhkan waktu selama 16 menit dengan gas yang terpakai sebanyak 66.018 ml. untuk menggoreng telur membutuhkan waktu 2 menit 54 detik dan gas yang terpakai sebanyak 21.125 mL, sedangkan untuk

Tabel 1. Volume biogas dan waktu memasak

Jenis Kegiatan	Banyak Bahan	Biogas (mL)	Waktu (menit)
Memasak Air	2 liter	66.018	16
Goreng Telur	1 butir	21.125	2.54
Masak Mie Instan	1 Bungkus	26.407	5
Total		113.551	23.54

Tabel 2. Perbandingan Penggunaan Biogas, Minyak Tanah dan Kayu Bakar

Bahan Bakar	Volume air (L)	Waktu (menit)	Volume bahan bakar	Harga
Biogas	2	16	66.018 mL	-
Minyak Tanah	2	12	250 mL	3.750
Kayu Bakar	2	10	500 g	1.150

memasak mie instan membutuhkan waktu 5 menit dengan gas yang terpakai sebanyak 26.407 mL. Jumlah waktu yang terpakai selama proses memasak adalah 23 menit 54 detik dengan total gas digunakan sebanyak 113.551 mL. Gas yang masih tersisa dalam tong sebanyak 13.203 mL. Banyaknya penggunaan gas dan lama nyala api yang digunakan untuk memasak tergantung dari besar atau kecilnya kran pengeluaran gas dibuka. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan untuk memasak air 2 liter menggunakan biogas ternyata lebih lama (16 menit), dibandingkan dengan menggunakan minyak tanah (12 menit) dan kayu bakar (10 menit). Soputan (2012) menyatakan bahwa waktu yang lebih lama dengan menggunakan biogas, dapat disebabkan oleh lubang kompor biogas yang digunakan kecil. Kompor minyak tanah lebih cepat waktu memasaknya dari pada penggunaan biogas, hal ini dapat disebabkan juga lubang kompor lebih besar. Penggunaan kayu bakar adalah yang tercepat dari pada menggunakan biogas dan minyak tanah. Hal ini dapat disebabkan sebaran panas lebih luas. Hasil aplikasi penggunaan biogas untuk memasak lebih lama dibandingkan dengan minyak tanah dan kayu bakar, sama seperti yang dilakukan Takarenguang (2015), menggunakan biogas dengan waktu 16 menit, minyak tanah dengan waktu 15 menit 34 detik dan kayu bakar dengan waktu 11 menit 13 detik.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa penggunaan biogas ternyata lebih efisiensi jika dibandingkan dengan minyak tanah dan kayu bakar. Penggunaan biogas yang terpakai untuk mendidihkan 2 liter air yaitu 66.018 mL, sedangkan untuk mendidihkan 2 liter air menggunakan minyak tanah adalah 250 mL dengan harga minyak tanah Rp 3.750, dan kayu bakar sebanyak 500 g dengan harga kayu bakar Rp 1.150.

### KESIMPULAN

Kombinasi 83% feses ternak babi dan 17% limbah sayuran (sawi dan kubis)

dengan air 150% pada kisaran temperatur 27-30°C, dan pH 7 dapat menghasilkan biogas sebanyak 126.755 mL, dengan total waktu memasak selama 23 menit 54 detik dan biogas yang digunakan sebanyak 113.551 mL.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman A.C., S. Salundik, dan L. Cyrilla. 2015. Pengolahan limbah ternak sapi secara sederhana di Desa Pattalassang Kabupaten Sinjai Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 3(3): 171-177.
- Iqbal K., T. Aftab, J. Iqbal, S. Aslam, dan R. Ahmed. 2014. Production of biogas from an Agro-industrial waste and its characteristics. *Journal of Scientific Research*, 6(2): 347-357.
- Anggraeni P., Z. Addarajah, D.D. Anggoro. 2013. Hidrolisis selulosa *ecceng gondok* (*Eichhornia crassipe*) menjadi glukosa dengan katalis arang aktif tersulfonasi. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3): 63-69
- Anugrah E.T., N. Nurhasanah, dan M. Nurhanisa. 2017. Pengaruh pH dalam produksi biogas dari limbah kecambah kacang hijau. *Prisma Fisika*, 5(2): 72-76.
- Dharma U.S., dan H. Bustomi. 2017. Pengaruh temperatur digester sistem kontinyu terhadap produksi biogas berbahan baku blotong. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(2).
- Ginting N. 2007. Penuntun Praktikum: Teknologi Pengolahan Limbah Peternakan. Departemen Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Khaerunnisa G., dan I. Rahmawati. 2013. Pengaruh pH dan rasio COD:N terhadap biogas dengan bahan baku limbah industri alkohol (Vinasse).

- Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, 2(3):1– 7.
- Kurniawan W., H. Herpandi, S. Lestari. 2016. Uji potensi biogas dari limbah jeroan ikan patin (*Pangasius sp.*) dan campuran kiambang (*Salvinia molesta*) secara anaerob batch. Jurnal Teknologi Hasil Perikanan, 5(1): 43-51.
- Maryani S. 2016. Potensi Campuran Sampah Sayuran Dan Kotoran Sapi Sebagai Penghasil Biogas. Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nasution L.M. 2017. Statistik Deskriptif. Hikmah, 14(1): 49-55.
- Ongkowijoyo I. 2011. Pengaruh Ekstrak Sawi Hijau (*Brassica lapa L.*) Terhadap Sifat Fisikokimia dan Sensoris Beras Instan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Katolik Soeijapranata Semarang.
- Putra G.M.D., S.H. Abdullah, A. Priyati, D.A. Setiawati, dan S.A. Muttalib. 2017. Rancang bangun reaktor biogas tipe portable dari limbah kotoran ternak sapi. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, 5(1): 369-374.
- Rahim I.R., T. Haryanto, dan K.S Jufri. 2017. Efektifitas Pemanfaatan Biogas Serbuk Gergaji dan Limbah Ternak Sebagai Sumber Energi Alternatif. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Hasanuddin.
- Rahmawanti N., dan N. Dony. 2014. Pembuatan pupuk organik berbahan sampah organik rumah tangga dengan penambahan activator EM 4 di Daerah Kayu Tangi. Ziraah Majalah Ilmiah Pertanian, 39(1): 1-7.
- Rusdiyono A.P., M.R. Kirom, dan A. Qurthobi. 2017. Perancangan alat ukur konsentrasi gas metana dari anaerobic baffled reactor (ABR) semi-kontinyu dengan substrat susu basi. E- Proceeding of Engineering Vol.4 No.1 ISSN: 2355-9365.
- Simamora S., dan S.W. Salundik. 2006. Membuat Biogas; Pengganti Bahan Bakar Minyak & Gas dari Kotoran Ternak. AgroMedia. Jakarta.
- Soputan J.E.M. 2012. Pola Integrasi Ternak Babi dengan Tanaman Ubi Jalar yang Berwawasan Lingkungan di Minahasa. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.
- Suriman D.K.P., J.E.M. Soputan, J.A.D. Kalele, V.R.W. Rawung. 2021. Kombinasi feses sapi dan babi sebagai sumber biogas. Zootec, 41(1):181-188
- Takarenguang E., J.E.M. Soputan, V.R.W. Rawung, J.A.D. Kalele. 2016. Pemanfaatan limbah babi bibit sebagai penghasil biogas. Jurnal Zootec, 36(1): 113-122.
- Utomo S., dan V. Wahyuningsih. 2010. Dosis campuran limbah sapi dengan limbah babi terhadap produksi gasbio. Jurnal Agrisains, 1: 7-14
- Wahyuni A., M. Muliadi, dan N. Nurhasanah. 2017. Analisi kadar gas metana (CH<sub>4</sub>) dari limbah kubis pada berbagai versi komposisi dengan metode spektrofotometri. Jurnal Prisma Fisika, 5(2):68-71.
- Windyasmara L., A. Pertiwinigrum, dan L.M. Yusiati. 2012. Pengaruh jenis kotoran ternak sebagai substrat dengan penambahan serahan daun jati (*Tectona Grandis*) terhadap karakteristik biogas pada proses fermentasi. Buletin Peternakan, 36(1): 40-47.
- Wulandari D. 2006. Biomass Energi Center for Research on Engineering Application in Tropical. Bogor: LPPM-IPB.