



## PENGARUH FERMENTASI LIMBAH RUMEN SAPI DAN RAGI TERHADAP PERFORMA KOMPOR BIOGAS

Husnawati Yahya<sup>1</sup>, Aulia Rohendi<sup>1</sup>, Filza Annisa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, Indonesia, Kode Pos: 23111

*e-mail:* [Filzaannisaa@gmail.com](mailto:Filzaannisaa@gmail.com)

### **Abstract**

*This study aims to examine the effect of fermenting cow rumen waste and yeast on biogas stove performance. This study uses a quantitative approach with experimental methods starting with the stages of designing, assembling, testing the design results, observing and processing data. In this study, to get good biogas results, it was carried out in a 2:1 ratio of water mixed with yeast and cow's rumen. The fermentation process takes 8 to 31 days, during which the cow's rumen needs to be stirred regularly to prevent solid particles from settling at the bottom of the digester.*

**Keywords:** *Biogas, cow rumen, yeast, design, assembly, test results, observation and data processing.*

### **A. PENDAHULUAN**

Krisis energi menjadi salah satu permasalahan yang tidak hanya terjadi di Indonesia tetapi juga di beberapa negara seperti Venezuela dan Brazil. dengan seiring berjalannya waktu pertumbuhan penduduk semakin meningkat, sehingga kebutuhan energi juga semakin meningkat (Asari & Widodo, 2015). Apabila energi pada kehidupan manusia kurang, maka akan menjadi persoalan yang sangat kompleks dan mendasar, hal tersebut dikarenakan seluruh manusia perlu adanya energi bahan bakar, listrik, dan seluruh alat elektronik yang memerlukan listrik (Dalimunthe & Rosyidin, 2016).

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Penggunaan Energi Terbarukan, pemerintah telah mendorong upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan layak dari segi teknologi, ekonomi, dan juga lingkungan (Renilaili, 2019). Agar tidak hanya fokus pada bahan bakar fosil maka direncanakannya "waste to energy" untuk mengelola sumber energi alternatif yang

ramah terhadap lingkungan seperti biogas, yang mana biogas merupakan salah satu sumber yang dapat dihasilkan dengan mengelola limbah organik dari hewan seperti limbah rumen ternak yang dapat menghasilkan sumber energi yang alternatif.

Menurut penelitian Mustaqim, Farid, & Sugara (2006) biogas adalah hasil dari proses fermentasi anaerobik (tertutup) kotoran ternak (sapi) yang menjadi gas campuran. Kotoran sapi sangat berpotensi dalam memenuhi kebutuhan biogas, karena biogas dapat menggantikan bahan bakar. Metana (CH<sub>4</sub>) merupakan salah satu unsur gas yang menentukan kualitas biogas. Sistem produksi biogas juga memiliki banyak keuntungan seperti: pengurangan pencemaran dan juga sebagai pembangkit listrik dan pemanas.

Gas metana (CH<sub>4</sub>) berasal dari kotoran ternak yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Adapun limbah rumen sapi dari rumah potong hewan bisa digunakan menjadi starter biologis untuk mempercepat proses fermentasi fases sapi dalam menghasilkan dan mengembangkan produksi gas metana pada biogas. Saat memproduksi biogas biasanya menghasilkan gas 89% dalam jangka waktu yang lama akan tetapi untuk membantu laju kecepatan terbentuknya biogas maka digunakan starter, salah satu penambahan starter yang digunakan adalah ragi.

Menurut Agusman, Rifky, & Buono (2017) ragi (*yeast*) adalah jamur yang tidak memiliki kemampuan membentuk miselium dan memiliki bentuk sel tunggal yang berkembang biak melalui tunas pada tahapan tertentu dalam siklus hidupnya. Kebanyakan ragi bersumber dari mikroorganisme jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Ragi juga dapat menghasilkan gas yang terbentuk selama fermentasi, yaitu gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Dari hasil penelitian sebelumnya kotoran sapi yang diberi penambahan starter ragi akan meningkatkan jumlah bakteri metanogenik, yang mana pada saat jumlah bakteri bertambah akan menyebabkan proses anaerob lebih cepat sehingga biogas dapat terbentuk lebih cepat. Maka dari itu latar belakang di atas dapat disimpulkan bahwasanya kotoran sapi yang diberi starter ragi akan meningkatkan jumlah bakteri metanogenik yang dapat mempercepat proses, sehingga biogas dapat terbentuk lebih cepat dibandingkan tanpa diberi campuran ragi.

Pada penelitian sebelumnya (Basri) penambahan cairan rumen biasanya dapat meningkatkan produksi gas metana dalam biogas. Volume cairan rumen sapi yang dihasilkan pada kotoran sapi, kambing, dan kerbau lebih besar daripada kotoran kuda yang tidak berpengaruh nyata. Produksi biogas dari kotoran kuda tertinggi sampai terendah yaitu 226,56 cm<sup>3</sup>, kotoran sapi 71,40 cm<sup>3</sup>, kotoran kerbau 28,28 cm<sup>3</sup>, dan yang terendah kotoran kambing yaitu 2,13 cm<sup>3</sup>. Meningkatnya produksi biogas pada awal proses fermentasi disebabkan oleh fakta bahwa mikroorganisme dalam fermentor pada tahap awal masih segar seperti pada rumen, dan pada waktu berikutnya zat nutrisi yang tersedia jumlahnya semakin berkurang.

## **B. METODOLOGI PENELITIAN**

Pembuatan kompor biogas dilakukan di ruang terbuka di Gp. Limpok, Kota Banda Aceh. Penelitian akan dilakukan pada bulan Oktober - November 2021. pada pengambilan sampel akan dilakukan di rumah Potong Hewan (RPH) Gampong Pande, Kec Kuta Raja, Kota Banda Aceh.

Drum plastik 90 liter, Selang Air, Pipa Paralon, Plastik Bening, Lem Paralon, Lakban, Kompor, Gergaji, Cutter, Rumen sapi, Ragi, dan Air.

### ***Proses pengumpulan rumen***

- Pada proses awal, jika limbah rumen sapi masih bercampur rumput atau bahan lainnya maka harus dibersihkan terlebih dahulu, lalu ditampung rumen sapi di wadah penampung sementara. Wadah sementara ini digunakan untuk menghomogenkan bahan masukan.
- Lalu rumen sapi dimasukkan ke dalam digester. Pada saat proses pemasukan kran tetap dinyalakan, hal tersebut untuk mengeluarkan udara yang ada didalam digester.
- Dalam menghasilkan bakteri anaerob pada proses fermentasi maka perlu dilakukan penambahan starter yang dicampur air sampai digester terisi.

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan efek rumen sapi yang baik, maka dilakukan perbandingan 2:1 air yang diberi campuran ragi dan rumen. Proses

fermentasi memakan waktu 7 hingga 31 hari, selama itu rumen sapi perlu diaduk secara teratur. Tujuan pengadukan adalah untuk mencegah partikel padat total yang mengendap di dasar digester, karena jika terlalu padat partikel tersebut akan menghalangi aliran udara yang terbentuk di dasar digester, sehingga dapat menghasilkan produksi biogas yang kurang optimal (Mustaqim, Farid, & Sugara, 2006)

### ***Proses Pembuatan Biogas***

Menurut Mustaqim, Farid, & Sugara (2006) proses pembuatan biogas dari limbah rumen sapi meliputi beberapa tahapan, antara lain:

- Masukkan bahan yang akan difermentasi ke dalam digester biogas melewati lubang pengisian (inlet), kemudian proses produksi biogas akan dilakukan didalam digester.
- Bahan dibiarkan selama 31 hari didalam digester dengan selingan pengadukan sehari sekali untuk menghasilkan gas yang baik.
- Setelah 31 hari dilakukannya fermentasi dan gas yang dihasilkan sudah terbentuk dipenampung biogas, maka gas yang dihasilkan dapat di uji dengan menghubungkan gas ke tungku dan dinyalakan.

### ***Tahap Perakitan Digester***

Kegiatan ini akan dilaksanakan pada 2 tahapan yaitu tahap awal (tahap persiapan), dan tahap uji coba digester. Pada tahap kegiatan awal dijelaskan sebagai berikut:

#### **1. Tahap Awal (persiapan)**

Pada tahap ini mengumpulkan semua alat dan bahan yang akan digunakan, dan mempelajari konsep yang akan dirancang sebelum dilakukannya perakitan. Pada tahap perakitan digester biogas di bagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

#### **- Tahapan Perakitan Digester Biogas**

##### **a. Digester Biogas**

Digester biogas pada penelitian ini menggunakan drum plastik, yang mana drum plastik berfungsi sebagai digester untuk tempat pencampuran limbah rumen, ragi dan

air. Rancangan digester dilengkapi dengan jalur pengisian kotoran sapi, dan saluran pengeluaran gas. Tinggi drum plastik dengan tutup 82 cm dengan diameter 42 cm.

#### b. Desain Penampung Biogas

Penampung biogas merupakan suatu wadah untuk menampung gas yang dihasilkan. Penampung biogas pada penelitian ini menggunakan plastik bening yang berukuran 60 cm x 100 cm.

#### c. Desain Tabung Kontrol Gas

Tabung kontrol gas berfungsi sebagai pengontrol apabila tekanan gas yang dihasilkan melebihi kapasitas, hal tersebut juga untuk mencegah terjadinya peledakan pada penampung biogas. Ukuran tinggi dari tabung kontrol gas pada penelitian ini adalah 12 cm dan lebarnya 4 cm.

### **Uji Coba Produk**

Tahap uji coba produk adalah sebagai berikut:

- a. Uji kebocoran digester.
- b. Uji biogas yang dihasilkan selama 31 hari fermentasi.

Pada uji kebocoran reaktor biogas dilakukan dengan cara memasukkan air ke dalam reaktor hingga penuh untuk memastikan tidak adanya kebocoran pada digester.

### **Waktu Pengambilan Data**

Menurut Mustaqim, Farid, & Sugara (2006) pengambilan data bertahap ini di bagi menjadi 4 tahap, yaitu:

1. Tahap 1 setelah 7 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
2. Tahap 2 setelah 14 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
3. Tahap 3 setelah 21 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
4. Tahap 4 setelah 28 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
5. Tahap 4 setelah 31 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu:

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan, termasuk peralatan pembuatan biogas.
2. Tahap 2 setelah 14 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
3. Tahap 3 setelah 21 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
4. Tahap 4 setelah 28 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.
5. Tahap 4 setelah 31 hari akan dihitung tekanan gas yang dihasilkan.

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu:

1. Siapkan semua peralatan yang akan digunakan, termasuk peralatan pembuatan biogas
2. Mengukur dan menghitung semua yang ada didalam penelitian, termasuk:
  - Mengukur uji nyala api.
  - Mengukur laju kecepatan debit.
  - Mengukur tekanan gas yang dihasilkan.
  - Menghitung lama nya waktu nyala api..

### ***Pelaksanaan Penelitian***

Pelaksanaan dari penelitian ini adalah:

- a. Pada percobaan pertama, kran gas dihidupkan
- b. Lalu kran akan ditutup, karena pada pembuangan pertama hanya udara yang ada di dalam reaktor yang keluar.
- c. Aplikasikan pada kompor dan melihat apakah menghasilkan api yang baik dan tidak berbau atau tidak.
- d. Setelah itu, gunakan *stopwatch* untuk mengukur lamanya gas yang keluar dari pertama api menyala hingga api padam.

### ***Analisis Data***

#### ***Pengamatan uji nyala api***

Menurut (Basri) nyala api yang lebih besar tanpa padam menunjukkan uji positif. Spesifikasi gas metan akan menunjukkan nyala api berwarna biru. Gunakan *stopwatch* untuk menghitung durasi nyala api. Pada pengamatan uji nyala api maka harus di aplikasikan ke kompor untuk melihat gas yang dihasilkan, apabila gas tersebut nyala api biru itu menunjukan hasil penelitian yang positif.

### **Volume biogas ( $m^3$ )**

Menurut Putra, Abdullah, Priyati, Setiawati, & Muttalib (2017) pengukuran volume gas yang dihasilkan dapat dilihat dari perubahan ketinggian tangki pengumpul.

$$V = \pi r^2 \cdot t$$

Dimana :

V = Volume biogas ( $m^3$ )

r = Jari-jari drum penampung (m)

t = Selisih tinggi drum penampung (m)

## **C. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini penulis akan memaparkan hasil penelitian peforma kompor biogas menggunakan bahan rumen sapi dan ragi.



**Gambar 1.** Produksi Biogas

Gambar 1. diatas adalah hasil produksi biogas pada hari terakhir, Pada produksi biogas ini starter yang digunakan sangat berpengaruh dalam jumlah produksi biogas yang dihasilkan. Starter yang digunakan mengandung bakteri *Saccharomyces cerevisiae*

atau ragi yang mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub> (Renilaili, 2019), dan bakteri *Methanosarcina Sp* yang berperan dalam proses pembentukan biogas (Fithry, 2010).

Menurut Hadi (1981) produksi biogas pada waktu siang dan malam berbeda, karena suhu bahan fermentasi yang dapat berubah-ubah. Hal ini juga dipengaruhi oleh siklus hidup bakteri yang sangat bergantung pada faktor lingkungan. Penambahan starter ragi memang sangat berpengaruh pada proses pembuatan biogas, dan semakin lama waktu fermentasi, maka semakin banyak biogas yang dihasilkan. Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwasanya ada intraksi yang positif antara waktu fermentasi dengan penambahan starter ragi terhadap hasil produksi biogas.

#### a. Hasil Uji Tekanan Gas

##### 1. Manometer

Manometer adalah alat untuk mengukur tekanan pada biogas. Dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini adalah bentuk dari manometer sederhana yang dirakit pada pengujian ini :



**Gambar 2.** Manometer

Manometer ini dibuat dengan diberi air zat warna untuk mengetahui tekanan biogas yang dihasilkan selama proses berlangsung dalam satuan cm yang dikonversikan menjadi satuan tekanan Psi (Putra, 2017). Bila manometer diberi tekanan gas dalam wadah, maka air yang ada didalam wadah akan naik hingga



mencapai tekanan tertentu. Berdasarkan penelitian hasil pengukuran tekanan gas dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

**Tabel 1.** Pengukuran Tekanan Gas

Hari	Pengujian starter ragi	
	Cm	Psi
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	3,0	0,042
6	3,0	0,042
7	3,0	0,042
8	4,5	0,064
9	4,5	0,064
10	5,0	0,071
11	5,5	0,078
12	5,8	0,082
13	6,5	0,092
14	6,5	0,092
15	6,5	0,092
16	7,0	0,099
17	8,0	0,113
18	8,0	0,113
19	8,0	0,113
20	8,0	0,113
21	9,0	0,128
22	9,0	0,128
23	9,4	0,133
24	9,8	0,139
25	9,8	0,139
26	9,8	0,139

27	10,0	0,142
28	10,0	0,142
29	10,0	0,142
30	10,5	0,149
31	10,5	0,149

Pada pengujian ini gas mulai terlihat pada hari kelima dengan tekanan gas sebesar 0,042 Psi dan tekanan tertinggi yang dihasilkan pada pengujian ini mencapai 0,149 Psi, Hal ini diduga oleh temperatur yang ada didalam digester dan juga starter yang digunakan mengandung bakteri yang kuat dalam menghasilkan biogas. Menurut Renilaili (2019) bakteri fermentasi yang ada pada starter yaitu bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan *Methanosarcina sp* yang mana berperan penting dalam pembentukan biogas dan juga lamanya waktu proses fermentasi, karena semakin lama waktu fermentasi maka tekanan yang dihasilkan semakin tinggi.

Laju kecepatan debit gas dari hasil pembentukan biogas selama 31 hari dijelaskan pada perhitungan sebagai berikut:

Pada perhitungan debit gas diketahui jari pada digester (r) 21 cm dan tinggi (t) pada digester 82 cm. volume limbah rumen dan ragi  $\frac{3}{4}$  dari digester, sedangkan ruang tersedia untuk volume ruang tekanan adalah  $\frac{1}{4}$  dari digester.

$$t = 82 \cdot \frac{1}{4} = 20,5 \text{ cm.}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas alas digester} &= \pi r^2 \\ &= \frac{22}{7} \times (21)^2 \\ &= 131,88 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume digester} &= \text{Luas alas} \times \text{tinggi} \\ &= 131,88 \times 20,5 \\ &= 2703,54 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

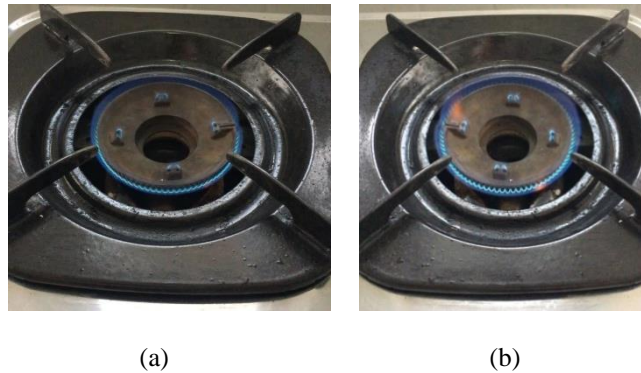
Tekanan gas awal adalah  $P_1 = 0,042$  Psi dan tekanan akhir  $P_2 = 0,149$  Psi, maka kecepatan debit gas nya adalah:

$$V = \frac{P2.V1}{P1} = \frac{0,149 \cdot 2703,54}{0,042} = 9.591,13 \text{ cm}^3$$

$$V = \frac{V2}{31} = \frac{9.591,13}{31} = 309,3 \text{ cm}^3/S$$

### **Pengamatan Uji Nyala Api**

Pengamatan uji nyala api ini dilakukan untuk membuktikan adanya gas metan dan mengetahui besar atau kecilnya nyala api yang dihasilkan. Biogas yang dihasilkan dari reaktor dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dengan menggunakan kompor yang telah di sambungkan dengan selang pada bagian kran inlet. Nyala api hasil biogas ini dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



**Gambar 3.** (a) nyala api kecil (b) nyala api besar

Pada gambar diatas terlihat jelas bahwa nyala api yang ditimbulkan oleh kompor biogas berwarna biru, hal ini sama dengan nyala LPG yang mana mengandung gas metana dan juga gas karbon dioksida. Menurut Putra (2017) Uji positif pada nyala api ini dapat ditandai dengan nyalanya api berwarna biru. Pada tahap percobaan api besar api yang dihasilkan berwarna biru dengan campuran api berwarna kuning, sedangkan pada saat percobaan nyala api kecil warna api sudah stabil dengan mengeluarkan api berwarna biru secara merata, hal tersebut terjadi karena gas metana yang dihasilkan sudah homogen secara stabil. Dari hasil pengamatan uji nyala api dapat dilihat bahwa semakin banyak cairan rumen dan ragi yang dipakai pada proses pembuatan biogas maka biogas yang terbentuk juga semakin banyak.

Hasil biogas pada penelitian ini digunakan untuk memasak nasi dan merebus air. Pada percobaan pertama dimulai dari merebus air, pada percobaan ini menggunakan

dua tahap, yaitu uji nyala api kecil dan uji nyala api besar dengan ukuran volume 1.000 ml atau 1 teko. Pada percobaan selanjutnya yaitu percobaan untuk memasak nasi dengan takaran 2:1. Pada percobaan ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu beras dikukus terlebih dahulu sampai air setengah menyusut, lalu lanjut memasak nasi dan dibutuhkan waktu selama 51 menit sampai nasinya matang.

**Tabel 2 Waktu Yang Dibutuhkan Pada Percobaan**

No.	Percobaan	Waktu yang dibutuhkan Agar bahan uji matang
1	Merebus air (Api Besar)	8 menit 3 detik
2	Merebus air (Api Kecil)	11 menit 59 detik
3	Memasak nasi	51 menit 1 detik

Dapat dilihat pada tabel diatas waktu yang dibutuhkan untuk merebus air dengan api besar sampai mendidih memakan waktu 8 menit 3 detik, merebus air dengan api kecil membutuhkan waktu sampai 11 menit 59 detik, sedangkan untuk memasak nasi membutuhkan waktu 51 menit 1 detik. Untuk total keseluruhan biogas yang digunakan selama 71 menit 3 detik atau 1 jam 11 menit 3 detik. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Amaru (2006) yang menyatakan bahwa biodigester dengan kapasitas penyimpanan gas 2,5 m<sup>3</sup> dapat dimanfaatkan untuk tungku masak selama 4-5 jam.

Menurut Wati dan Prasetyani (2011) suhu ruangan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan kecepatan reaksi dalam pembentukan biogas. Proses produksi biogas dapat terjadi dalam dua rentang suhu, yaitu suhu mesofilik (25-45°C) dan rentang suhu termofilik (56-60°C). Pada variabel suhu ruang bakteri yang bekerja adalah bakteri mesofilik. Penelitian ini dilakukan di tempat yang suhu ruangnya diatas rata-rata sehingga dalam waktu yang telah ditentukan sudah dapat menghasilkan biogas.

#### D. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Dari hasil rancangan diperoleh dimensi biodigester dengan tinggi 82 cm dan jari-jari 21 cm, hal tersebut menghasilkan kapasitas yang besar untuk menampung 10 kg rumen sapi dan 40 liter air dengan campuran starter ragi.
2. Kualitas Biogas akan lebih baik apabila kadar methan (CH<sub>4</sub>) lebih tinggi.
3. Makin besar volume cairan isi rumen sapi dan ragi yang dipakai sebagai starter, serta makin lama waktu fermentasi maka gas metan yang terbentuk semakin banyak, hal ini berarti nilai kalor biogas akan semakin tinggi.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk merebus air dengan suhu api besar yaitu memakan waktu 8 menit 3 detik, pada percobaan dengan api kecil memakan waktu 11 menit 59 detik, Sedangkan untuk memasak nasi membutuhkan waktu 51 menit sampai nasinya matang.
5. Biogas yang digunakan selama penelitian ini dapat digunakan selama 71 menit atau 1 jam 11 menit 3 detik.

Adapun saran dan masukan dalam penelitian ini adalah:

1. Dalam melakukan pengujian biogas harus lebih berhati-hati dalam membuka selang agar gas yang dihasilkan tidak terbuang.
2. Untuk kedepannya waktu untuk fermentasi harus lebih lama sedikit, agar dapat menghasilkan gas yang lebih banyak dan bisa digunakan lebih lama.
3. Untuk kedepannya dapat mencoba metode fermentasi dengan bahan dan starter yang lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agusman, D., Rifky, R., & Buono, A. K. (2017). Pengaruh Starter Ragi dalam Proses Pembentukan Biogas Limbah Buah. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 2 (2502), M37–M43.

- Arora, S.P. (1995). *Pencernaan Mikroba pada Ruminansia*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Basri, K.A. (2019) *Potensi dan Pemanfaatan Rumen Sapi Sebagai Bioaktivator*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
- Basri, KA. dkk. (2019). Rancang Bangun Reaktor Biogas Skala Rumah Tangga (*Design The Biogas Reactor Household Scale*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 5(1).
- Dalimunthe, Y. K., & Rosyidan, C. (2018). Keterkaitan Harga Minyak Indonesia Dengan Harga Minyak Dunia Melalui Koefisien Korelasi. *Petro*, 5(1), 22– 27.
- Dwi Irawan, Dkk. 2016. Pengaruh EM4 (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro.
- Fithry, Y. (2010). Pengaruh Penambahan Cairan Rumen Sapi Pada Pembentukan Biogas dari Sampah Buah Mangga dan Semangka. Tesis, Program Pasca Sarjana. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Gamayanti, Kuntj N., Pertiwinigrum, Anwar., Mira, Y.L. (2012). Pengaruh Penggunaan Limbah Cairan dan Lumpur Gambut Sebagai Starter dalam Proses Fermentasi Metanogenik. *Buletin Peternakan* Vol.36 No.1: 32-39.
- Harahap, F.M.(1978). *Teknologi Gas Bio*. Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung.
- Herringshaw, Brian. 2009. *A Study of Biogas Utilization Efficiency Highlighting Internal Combustion Electrical Generator Units*. Ohio: The Ohio State University.
- Hobson, P. N. (1988). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Science Publisher Ltd. England.
- Koopmans, A. (1998). *Trend In Energy Use. Expert Consultation On Wood Energy, Climate And Health*. 7 – 9 October, 1998, Phuket, Thailand.
- Kunaepah, U.(2008). Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Anti Bakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Linda Wati, Yuni Ahda, Dezi Handayanti, 2014. Pengaruh Volume Rumen Sapi

Terhadap Berbagai Feses Dalam Menghasilkan Biogas. Eksakta Vol. 1 Tahun XV Februari 2014.

- Meynell, P.J., (1976). *Metahne: Planning a Digester. Great Britain: Prism Press.*
- Mu'anah, Margana, C. C. E., & Priyati, A. (2017). Characteristic Study of Cow Dung Digester Based on Water Composition and Kinetics of Methane Gas for Biogas Production. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 5(1), 285–295.
- Mustaqim, Farid, A., & Sugara, S. (2006). *Kemampuan Produksi Biogas Pada Digester Berbahan Fiberglass Berukuran 120 L.*
- Ningsih, dkk. (2014). Pengaruh Penambahan Beberapa Cairan Rumen Terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Sapi (The Influence of Addition Some of Rumen Liquid to biogas Production from Cow's Manure). Universitas Negeri Padang.
- Padmono, D. (2005). Alternatif Pengolahan Limbah Rumah Potong Hewan- Cakung. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(1) : 303 – 310.
- Pratama, N. N. (2018). *Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Kotoran Sapi Di Pt. Greenfields Indonesia.*
- Putra, D. Dkk. (2017). Rancang Bangun Reaktor Biogas Tipe Portable Dari Limbah Kotoran Ternak Sapi. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 5(1).
- Putro, S. (2017). Penerapan Instalasi Sederhana Pengolahan Kotoran Sapi Menjadi Energi biogas di Desa Sugihan Kecamatan Bendosari Kabupaten Sukoharjo. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 10(2). 178-188.
- Subagyo Rachmat, RW. (2017). Pembuatan Biogas Dengan Variasi Starter Ragi dan Kotoran Sapi Berbahan Baku Sampaha Organik. *Jurnal sjme kinematika*. 2(1).
- Ramli, H. (2015). Produksi Biogas Limbah Isi Rumen Sapi Asal Rumah Pemotongan Hewan (RPH). *Jurnal Bionature*. 16(2).
- Reni. (2014). Enceng Gondok Sebagai Biogas Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Tekno*. 11(1), April 2014.
- Ritonga, Abdul Mukhlis., Masrukhi. (2017). Optimasi Kandungan Metana (CH<sub>4</sub>) Biogas Kotoran Sapi Menggunakan Berbagai Jenis Adsorben. *Jurnal Rona Teknik*

- Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman. Renilaili, R. (2019). Analisa Hasil Biogas Menggunakan Isi Rumen Sapi Sebagai Starter. *Jurnal Tekno*, 16(1), 38-4
- Sagagi BS, Garba B, dan Usman NS. (2009). Studies on biogas production from fruit and vegetables waste. *Bajopas*, vol 2(1) : 115 – 118.
- Susilowati E. (2009). Uji Potensi Pemanfaatan Cairan Rumen Sapi untuk Meningkatkan Kecepatan Produksi Biogas dan Konsentrasi Gas Metan dalam Biogas. Thesis. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Syamsuri, Suheni, Wulandari, Y., & Aziz. (2016). Pengaruh Penambahan Nutrisi Rumen, Urea & NaOH. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan IV*, 192–200.
- Tilman, A. D., H. Hartadi., S. Reksohadiprodjo., S. Prawirokusuma dan S. Lebdosoekojo. (1998). Ilmu Makanan Ternak Dasar. Gajah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- Undang - Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Penggunaan Energi Terbarukan.
- Veziroglu, T.N. 1991. Hydrogen Technology for Every Needs of Human Settlement. *Int. Journal Hydrogen Energy*, 12:99.
- Viktor R, Shajin S, Roshni RM, dan Asha SR. Augmentative invention of biogas from the agronomic wastes using facultative anaerobic bacterial strain. *In-ternational Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol 3(4) : pp. 556 – 564.
- Werner U., Stochr V. and N. Hees. 2004. Biogas Plant in Animal Husbandry : Application of the Dutch Guesllechaft Fuer Technische Zusemmernarbeit (GTZ) GnbH.
- Yenni , Yommi Dewilda, Serly Mutia Sari. (2012). *Uji Pembentukan Biogas Dari Substrat Sampah Sayur dan Buah Dengan Ko Substrat Limbah Isi Rumen Sapi*. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 9 (1) :26-36 (Januari 2012). ISSN 1829-6084.
- Yuniarti, D. P., Hatina, S., & Efrinalia, W. (2018). Pengaruh Jumlah Ragi Dan Waktu. *Jurnal Redoks*,3(2).
- Yulistiawati. E.2008. Pengaruh Suhu dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran, Skripsi. Program Strata I Institut Pertanian Bogor.Bogor.