

**PENGARUH PERBANDINGAN KOMPOSISI CAMPURAN KOTORAN SAPI DAN AIR
DALAM PRODUKSI BIOGAS DENGAN TEKNOLOGI BIODIGESTER**

***COMPARISON EFFECT OF COW DUNG AND WATER COMPOSITION IN BIOGAS
PRODUCTION WITH BIODIGESTER TECHNOLOGY***

Adi Prayoga⁽¹⁾, Gilang Handi Wibowo⁽²⁾, Muhammad Lasin⁽³⁾, Lathifa Putri Afisna^{*(4)}, Selamet Riski Amiludin⁽⁵⁾

(1), (2), (3), *(4), (5) Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, Indonesia

adi.118170099@student.itera.ac.id
gilang.118170091@student.itera.ac.id
muhammad.118170025@student.itera.ac.id
putri.afisna@ms.itera.ac.id
selamet.118170072@student.itera.ac.id

Abstrak

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab krisis kebutuhan energi pada saat ini. Biogas dihasilkan dari proses pemecahan bahan limbah organik yang melibatkan aktivitas bakteri anaerob dalam kondisi anaerobik dalam suatu digester. Kelebihan dari biogas sendiri dibanding dengan bahan lain adalah sifatnya yang ramah lingkungan serta dapat diperbaharui. Salah satu parameter yang dapat mempengaruhi proses produksi biogas adalah tingkat pengenceran serta kandungan bahan organik didalam campuran biogas yang ada pada digester. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sistem kerja instalasi alat pembuatan biogas dari kotoran sapi, mengetahui secara ilmiah proses produksi biogas, mengetahui tekanan gas pada digester, nyala api, suhu digester dan keasaman pH yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental, berdasarkan percobaan yang dilakukan dengan 2 (dua) variasi (kotoran : air), yakni variasi 1:1 dan 1:2. Kemudian diukur parameter-parameter penelitian yaitu tekanan gas, nyala api, suhu digester dan keasaman pH. Pengamatan dilaksanakan selama 14 hari. Pada percobaan yang dilakukan diperoleh hasil gas metana dimana perbandingan kotoran sapi dengan air merupakan faktor penting dalam memproduksi gas metana. Dari hasil biogas pada variasi 1:1 dengan 1:2 gas yang paling banyak di hasilkan pada variasi 1:2. Pada derajat keasaman perbandingan 1:1 memiliki nilai pH netral dan 1:2 mendekati nilai pH netral. pH tersebut, berdampak pada bakteri yang menghasilkan biogas.

Kata Kunci : biogas, tekanan gas, suhu digester, nyala api, ph

Abstract

Biogas is a renewable energy source that can answer the current energy crisis Biogas is produced from the process of breaking down organic waste materials, which involves the activity of anaerobic bacteria under anaerobic conditions in a digester. The advantage of biogas itself compared to other materials is that it is environmentally friendly and can be renewed. One of the parameters that can affect the biogas production process is the level of dilution and the content of organic matter in the biogas mixture in the digester. The purpose of this study was to study the working system of the installation of biogas production equipment from cow dung; to know scientifically the biogas production process; to determine the gas pressure in the digester; the flame; the digester temperature; and the acidity of the resulting pH. This research was conducted using an experimental method based on experiments conducted with two (two) variations (dirt: water), namely 1:1 and 1:2 variations. Then the research parameters were measured, namely gas pressure, flame, digester temperature, and pH acidity. Observations were carried out for 14 days. In the experiments conducted, the results showed methane gas where the ratio of cow dung to water is an important factor in producing methane gas. From the results of biogas in the variation of 1:1 with 1:2, the most gas was produced in the variation of 1:2. At a ratio of 1:1, acidity has a neutral pH value and 1:2 is close to a neutral pH value. This pH has an impact on the bacteria that produce biogas.

Keywords: biogas, gas pressure, digester temperature, flame, pH

I. Pendahuluan

Di era industri 4.0, sumber energi terbarukan sudah mulai dicari dan dipakai karena menjadi kebutuhan serius masyarakat Indonesia. Meskipun bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam terus menyumbang sebagian besar pasokan energi dunia, mereka masih jauh dari kebutuhan masyarakat. (Haryanto, 2014).

Sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan adalah dua kategori utama. Salah satu sumber energi terbarukan atau alternatif yang dapat membantu permasalahan energi saat ini adalah biogas. Fakta bahwa biogas dapat diperbarui dan ramah lingkungan membedakannya dari sumber daya lainnya (Wahyuni, 2015).

Pengenceran dan jumlah bahan organik dalam campuran biogas di dalam digester merupakan dua faktor yang mempengaruhi proses produksi biogas. Potensi biomassa yang melimpah di Indonesia menjadikannya sumber bahan baku yang layak untuk pembuatan biogas. Contoh biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi pengganti biogas adalah campuran kotoran sapi dan air.

Seekor sapi mampu menghasilkan 7-9 kg kotoran setiap hari, menurut Budiyanto (2011). Wilayah Sumatera dan Kalimantan yang terkenal dengan peternakan sapi dapat menyediakan limbah kotoran sapi yang dapat diolah menjadi biogas skala besar dan kecil sebagai alternatif pengganti gas alam.

Biogas dibuat ketika bahan organik terurai dalam proses fermentasi anaerobik, menghasilkan metana yang mudah terbakar sebagai produk akhir (CH_4). Dimungkinkan untuk membuat biogas untuk keperluan rumah tangga dan komersial. Masyarakat yang terisolasi tanpa akses listrik PLN diharapkan dapat menciptakan sumber listrik sendiri dengan memanfaatkan biogas sebagai bahan bakar (Yahya et al., 2018).

Berbagai limbah organik, termasuk limbah biomassa, menjadi sumber biogas ini. Bahan organik yang dibutuhkan dikirim ke biodigester, di mana digunakan sebagai energi selama proses pencernaan anaerobik untuk membuat biogas dari kotoran hewan. Metode ini sangat bagus untuk menciptakan energi alternatif. Ini mengurangi efek penggunaan bensin. Kondisi anaerob diperlukan agar bahan organik dapat terurai (tanpa oksigen). Pada hari keempat atau kelima setelah biodigester mencapai puncaknya dan terisi penuh, biogas dihasilkan. (Putra, 2019).

Secara teori, produksi biogas menggunakan teknologi biodigester cukup sederhana; semua

yang diperlukan adalah pengenalan substrat (kotoran hewan) ke dalam saluran pencernaan anaerobik. Dengan mendaur ulang kotoran ternak untuk membuat produk sampingan seperti biogas dan pupuk organik, biodigester dapat membantu kemajuan sistem pertanian (B.Satata, 2016).

Metana (CH_4) dan karbon dioksida merupakan mayoritas biogas (CO_2). Ada konsentrasi jejak beberapa gas, seperti hidrogen (H_2), hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), nitrogen (N), dll. Konsentrasi metana mempengaruhi berapa banyak energi dalam biogas (CH_4). Kandungan energi (nilai kalor) biogas meningkat dengan kandungan metana; di sisi lain, nilai kalor menurun dengan kandungan metana (CH_4) (Mujahidah et al., 2013).

Dari beberapa penjelasan di atas maka dapat dituliskan beberapa tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sistem kerja instalasi alat pembuatan biogas dari kotoran sapi, mengetahui secara ilmiah proses produksi biogas, mengetahui tekanan gas pada digester, nyala api, suhu digester dan keasaman pH yang dihasilkan.

Biogas

Penguraian sampah organik secara anaerobic adalah komponen dasar biogas (terisolasi dari udara luar). Gas yang dihasilkan terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida yang mudah terbakar. Parameter yang mempengaruhi mikroorganisme memiliki dampak yang signifikan terhadap laju fermentasi anaerobik. Variabel tersebut antara lain suhu luar, kadar pH, lama fermentasi, kadar air, dan bahan pengisi (Asmiarti, 2019).

Feces Sapi

Pencernaan sapi menghasilkan bahan limbah yang dikenal sebagai kotoran sapi. Bergantung pada makanan yang dikonsumsi sapi, kotoran sapi bisa berwarna dari hijau hingga hitam. Kotoran sapi biasanya memiliki warna yang lebih dalam jika terkena udara. Biasanya kotoran sapi digunakan sebagai pupuk.

Kotoran sapi kering digunakan sebagai bahan bakar di banyak negara di dunia. Kotoran sapi jarang dimanfaatkan karena merupakan bahan yang dibuat terutama dari kotoran ternak. Kotoran hewan, seperti kotoran sapi, dapat dimanfaatkan untuk membuat biogas selain digunakan sebagai pupuk organik (Fitrah et al., 2018).

Manfaat Biogas

Biogas memang pilihan yang tepat untuk dijadikan sebagai energi alternatif. Biogas tidak

hanya murah, tetapi juga sangat ramah lingkungan. Limbah biogas yang dihasilkan selama proses produksi biogas juga dapat didaur ulang. Produk sampingan biogas, yang biasa disebut dengan lumpur mengandung banyak unsur hara yang dapat digunakan sebagai pupuk bagi tanaman (Karlina, 2017).

Faktor Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi terhadap pembentukan biogas yaitu suhu, nilai Ph, bahan baku.

1. Suhu

Kisaran suhu optimal untuk pemecahan anaerobik adalah 5 °C hingga 55 °C. Suatu spesies bakteri mesofilik melakukan proses penguraian pada suhu antara 5 °C dan 40 °C (bakteri yang cukup aktif). Sementara itu, bahan organik jenis bakteri termofilik dihancurkan pada suhu antara 40 °C dan 55 °C (bakteri sangat aktif). Kedua jenis bakteri tersebut masih dapat berfungsi secara efektif pada suhu sekitar 40 °C. Wilayah mesofil sering menjadi tempat proses penguraian, yang tidak memerlukan banyak masukan energi. 33 derajat Celcius adalah suhu ideal untuk seluruh prosedur (Yuniar et al., 2017).

2. Nilai derajat keasaman (pH)

Dampak pH pada aktivitas mikroba di lingkungan. pH ideal untuk bakteri anaerob adalah antara 6,2 dan 7,6, sedangkan nilai pH yang sangat baik adalah antara 6,6 dan 7,5. PH media awalnya berdiri di 6, dan kemudian naik menjadi 7,5. Jika pH larutan antara 8 dan 9, digester dianggap stabil. pH memiliki batas bawah 6,2. larutan sudah berbahaya di bawah pH tersebut, bakteri yang menghasilkan biogas tidak lagi aktif.

3. Bahan baku

Unsur karbon (C) untuk pembentukan gas metana dapat berasal dari limbah peternakan, limbah pertanian, limbah organik dari sayuran, buah - buahan dan campuran lainnya Ini memiliki potensi yang berbeda dalam menghasilkan biogas. Unsur nitrogen (N) dibutuhkan oleh bakteri untuk membentuk sel. Rasio terbaik unsur karbon dan nitrogen untuk pembentukan biogas adalah 30. Rasio C/N limbah mendekati 12, sedangkan rasio C/N kotoran kuda dan babi 25 lebih tinggi dibandingkan sapi dan kerbau, hanya 18.

Penelitian ini bertujuan mempelajari sistem kerja instalasi alat pembuatan biogas dari kotoran sapi, serta mengetahui secara ilmiah proses produksi biogas, tekanan gas, nyala

api, suhu digester dan keasaman pH.

II. Metode Penelitian

Pendekatan eksperimental digunakan dalam strategi penelitian ini. Rancangan acak kelompok dengan dua literasi masing-masing untuk pada setiap percobaan, yaitu:

1. 1:1, yaitu 4,5 liter air dengan 4,5 kg kotoran sapi.
2. 1:2, yaitu 4,5 liter air dengan 9 kg kotoran sapi.

Setiap perlakuan yang dilakukan diulang sebanyak 2 kali kemudian, diambil data setiap hari untuk mengetahui dan mengukur parameter-parameter sudah ditentukan.

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dimulai pada tanggal 20 April 2022 dan dilaksanakan dirumah kediaman mahasiswa yang bertempat tinggal di Kec. Jati Agung Kab. Lampung Selatan.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

Alat :

1. Galon
2. Selang penghubung
3. Alat ukur manometer U
4. Tali pengikat (karet)
5. Kran
6. Plastik
7. Pentil ban
8. Thermogun
9. Kertas lakmus

Bahan :

1. Kotoran sapi yang tidak tercampur dengan kotoran lainnya (4,5 kg)
2. Air (4,5 L)

2.3 Prosedur Penelitian

1. Pencampuran kotoran sapi yang masih segar dengan air.
2. Pengadukan kotoran sapi yang telah dicampur air hingga merata sampai menjadi lumpur.
3. Pengisian digester dengan campuran kotoran sapi dengan air.
4. Tunggu 1-2 hari hingga campuran kotoran sapi dengan air pada digester menghasilkan biogas yang kemudian biogas dialirkan melalui lubang pipa *inlet* yang langsung terhubung dengan tempat penampungan (reaktor).
5. Setelah reactor terisi dengan biogas, selanjutnya dilakukan pengambilan data.

2.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah waktu observasi.

Variabel tetap merupakan variabel yang menetap dan tidak berubah. Dalam penelitian ini variabel tetapnya adalah jumlah limbah kotoran sapi dan air.

Variabel terikat adalah variabel yang menjadi perhatian utama peneliti. Dalam penelitian ini variabel terikatnya adalah tekanan dan pH keasaman yang dihasilkan.

2.5 Uji Fungsional Alat

Langkah awal penelitian sembari pengambilan data dilakukannya pengujian alat terlebih dahulu. Setelah terjadi fermentasi pada alat dengan sample yang digunakan yang menghasilkan tekanan, kemudian tekanan diukur menggunakan manometer U dengan tingkat ketelitian tinggi, karena tekanan yang dihasilkan dari proses fermentasi rendah untuk pengambilan data. Pada saat persiapan pengujian alat dilapangan, dilakukan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan salah satunya adalah reaktor. Pengisian reaktor dengan sample yaitu air dan limbah kotoran sapi dengan perbandingan 1:1, kemudian tunggu 1-2 hari hingga sample berfermentasi, hingga menghasilkan gas metana yang dibutuhkan. Gas metana yang dihasilkan dialirkan melalui pipa yang terhubung dengan valve yang berguna sebagai output gas metana dan melihat nyala api. gas metana dapat menghasilkan api dan menyala dengan baik.

2.6 Pengambilan Data Tekanan Gas Pada Digester

Pengambilan data pada tekanan gas metana yang dihasilkan dengan alat manometer U. Manometer digunakan karena gas yang dihasilkan kecil sesuai sample yang digunakan. Tekanan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{total} = P_0 + \rho \times g \times h \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- P_{total} = Tekanan (Pa)
- P_0 = Tekanan Atmosfer
- ρ = Massa Jenis Atmosfer
- g = Gravitasi
- h = Selisih ketinggian

2.7 Mengetahui Kadar pH

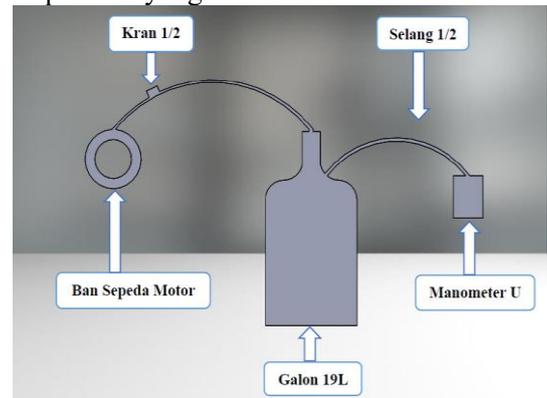
Cairan yang sudah dicampur antara kotoran

sapi dengan air dengan perbandingan 1:1 dan 1:2 akan mempengaruhi sifat asam dan basanya. Alat ukur pH dengan menggunakan kertas lakmus digunakan untuk mencari sifat asam dan basa pada campuran kotoran sapi dengan air

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Performa Alat

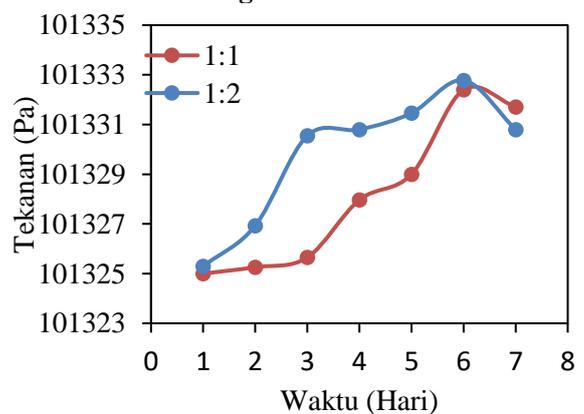
Pengujian pada performa alat yang dibuat, dapat dilakukan sambil mengambil data. Pada saat kotoran sapi sudah dimasukan pada digester pada saat itu kita melakukan pengecekan pada alat agar tidak terjadi kebocoran dan dapat menghasilkan gas dengan sempurna, agar didapat data yang sesuai.



Gambar 1. Skema Alat Digester

Pada gambar 1 merupakan skema dari alat Digester yang berfungsi ntk memproduksi dan menampung biogas. Hasil dari biogas yang didapat tiap hari dapat dipantau dengan menggunakan manometer U sebelum keseluruhan gas tersebut dipindahkan ke penampungan gas yang sudah dihasilkan.

3.2 Tekanan Pada Digester



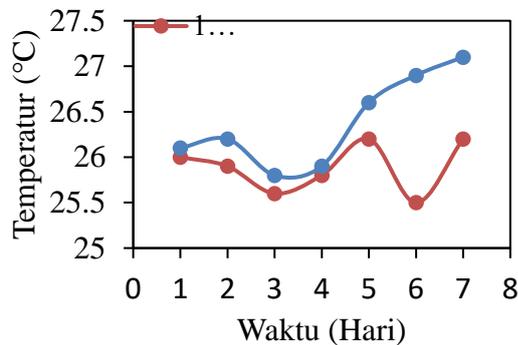
Gambar 2. Grafik Tekanan Pada Digester

Gambar 2 merupakan gambar dari hasil penelitian yang didapatkan berupa tekanan (Pa) dalam 14 hari. Variasi pengujian yang dilakukan pada perbandingan kotoran sapi dengan air yaitu 1:1 dan 1:2. Tekanan yang dihasilkan dapat

diukur dengan alat ukur Manometer U.

Pada penelitian variasi 1:1 didapat hasil biogas pada hari 1 hingga hari 7, di dapat tekanan gas paling besar ada di hari ke 6 yaitu sebesar 101332.4 Pa. Penelitian 1:2 didapat hasil biogas pada hari 1 hingga hari 7, di dapat tekanan gas paling besar ada di hari ke 6 yaitu sebesar 101326.93 Pa. Dapat disimpulkan bawah banyaknya kotoran sapi mempengaruhi hasil dari gas metana sehingga biogas yang didapat lebih banyak. Hasil biogas dari kotoran sapi menunjukkan bahwa semakin banyak kotoran sapi, semakin banyak biogas yang dihasilkan, menurut sumbernya (Nikolas et al., 2021).

3.3 Temperatur Digester

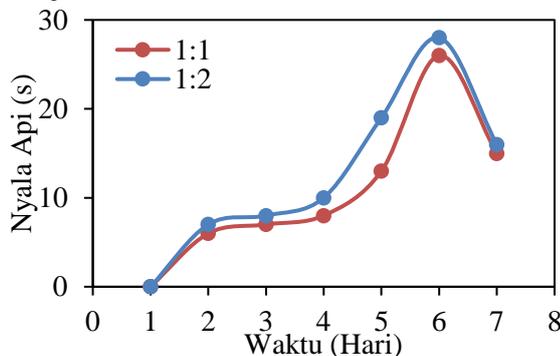


Gambar 3. Grafik Temperatur Pada Digester

Gambar 3 menjelaskan temperatur pada di gester, dimana suhu yang didapat 25°C sampai 27.5°C . menurut refrensi (Yuniar et al., 2017) menyatakan bakteri yang aktif pada suhu 5°C sampai 40°C yaitu jenis bakteri mesofil. Hal ini bisa dikatakan dari temperatur yang didapat bisa dikatakan digester berkerja dengan baik.

3.4 Nyala Api

Dapat dilihat pada gambar 4 merupakan nyala api yang di dapat pada saat pengambilan data setiap hari. Didapat durasi nyala api paling lama pada hari ke 6 perbandingan 1:2 selama 28 detik. Sedangkan pada perbandingan 1:1 di dapat selama 26 detik.



Gambar 4. Grafik Lamanya Api Menyala

Hasil nyala api yang di dapat yaitu berwarna

biru hal ini menunjukkan telah terbentuknya produksi gas metana (CH_4), pada umumnya biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan gas yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen (H_2).



Gambar 5. Nyala Api 1:2



Gambar 6. Nyala Api 1:1

3.5 Derajat Keasaman (pH)

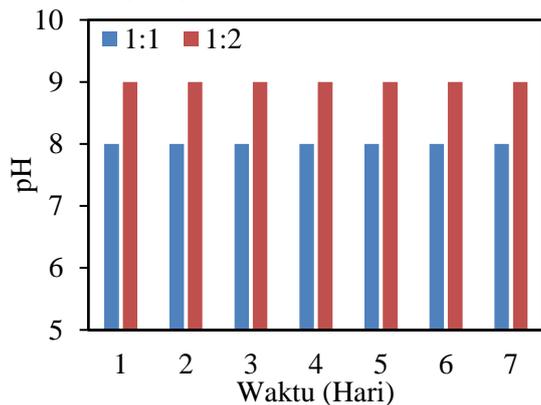
Derajat keasaman pH adalah suatu faktor pendukung dalam perkembangan mikroba untuk membentuk suatu gas pada biogas. pH optimum untuk pertumbuhan mikroba yang terdapat pada digester. Metode terbaik pada biogas dalam menentukan nilai pH dimana komposisi biogas rentang pada pH 6 sampai 8. Nilai optimum untuk fermentasi anaerob yaitu 5,5 sampai 8,5.



Gambar 7. Parameter Nilai pH

Grafik perbandingan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai pH perbandingan 1:1 di hari 1 sampai 7 memiliki nilai pH netral, sedangkan nilai pH perbandingan 1:2 di hari 8 sampai 14 mendekati nilai pH netral. Menurut refrensi

(Yuniar et al., 2017) nilai pH digester dikatakan stabil jika pH larutan antara 8 dan 9.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai pH

IV. KESIMPULAN

Teknologi biodigester yang meliputi tabung reaktor, penampung gas metana, kran sebagai penutup, manometer U sebagai pengukur, dan selang sebagai penyalur gas digunakan dalam penelitian ini. Pencampuran kotoran sapi dengan air yang menghasilkan tekanan gas tertinggi saat dihasilkan gas metana adalah 1:2.

Nilai temperatur pada digester dari hari 1 sampai hari ke-14 didapat nilai suhu 25°C sampai 27.5°C. Nyala api gas metana yang dihasilkan selama percobaan didapat terlama menyala dihari ke-6 perbandingan 1:2 dan nyala api berwarna biru.

Nilai pH yang dihasilkan pada digester 1:1 dari hari 1 hingga hari ke-7 didapat nilai pH sebesar 8, sedangkan pada digester 1:2 dari hari 7 hingga hari ke-14 didapat nilai pH 9.

Keberhasilan kinerja alat digester sangat berpengaruh pada data yang akan didapatkan dan dapat menghasilkan biogas dalam jumlah yang lebih banyak. Berikut juga menjadi saran untuk kedepan supaya dapat membuat alat digester yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmiarti. (2019). Kualitas Bahan Biogas dan Biogas dari Feses Sapi dan Limbah Kulit Nanas (Ananas comosus L, Sapi dan Limbah Kulit Nanas (Ananas comosus L, Merr) dengan C/N Rasio yang Berbeda. 4–24.
- B.Satata, (2016). Pemanfaatan Kotoran Sapi Sebagai Sumber Biogas. *Jurnal Udayana Mengabdikan*, 15(2), 150–158.
- Budiyanto, Krisno. 2011. Tipologi Pendayagunaan Kotoran Sapi dalam Upaya Mendukung Pertanian Organik Sumpangsari Kecamatan Poncokusumo Kabupaten Malang. *Jurnal GAMMA* 7(1) 42-49.
- Budiyono, dkk. (2013). “Pengaruh Metode Fermentasi, Komposisi Umpan, pH Awal, dan Variasi Pengenceran Terhadap Produksi Biogas dari Vinasse”. *Jurnal Penelitian Kimia*. 9. 2. 1-12.
- Fitrah, M. F., Wiryono, B., DP, G. M., & Asmawati, A. (2018). Analisis Persentase Penambahan Pupuk Kandang (Kotoran Sapi) Dan Limbah Tahu Dalam Pembuatan Biogas. *Jurnal Agrotek UMMat*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.31764/agrotek.v5i1.247>
- Hariyanto, A. 2014. *Energi Terbarukan*. Bandar Lampung. Bab V : 195-246.
- Karlina, K. (2017). *Pengujian parameter fisis biogas dari komposisi kotoran sapi dan limbah eceng gondok menggunakan reaktor dengan pengaduk*.
- Mujahidah, Mappiratu, & Sikanna, R. (2013). Kajian Teknologi Produksi Biogas Dari Sampah Basah Rumah Tangga. *Journal of Natural Science*, 2(1), 25–34.
- Nikolas, N. S., Saragih, G. M., & Hadrah, H. (2021). Optimasi Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dan Rumput Gajah (Pennisetum purpureum). *Jurnal Daur Lingkungan*, 4(1), 29. <https://doi.org/10.33087/daurling.v4i1.67>
- Putra, L. E. S. (2019). *Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Menjadi Energi Alternatif Biogas Skala Rumah Tangga Di Dusun Gangsan Kabupaten Trenggalek*. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/178726>
- Wahyuni, S. 2013. *Biogas Energi Alternatif Pengganti BBM, Gas, Listrik*. PT. Agro Media Pustaka. Jakarta Selatan. 117 hlm.
- Yahya, Y., Tamrin, & Triyono, S. (2018). Biogas Production from a Mixture of Chicken Manure, Cow Dung, and Mini Elephant Grass with Batch System. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 6(3), 151–160.
- Yuniar, M. I., Notosudjono, D., & Wismiana, E. (2017). Studi Potensi Pemanfaatan Sampah Melalui Perencanaan Biodigester Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Di Kota Bandung. *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–11. <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikelektro/article/view/1010>