

# PERBANDINGAN KUALITAS BIOGAS DARI BERBAGAI JENIS FESES TERNAK YANG DIPRODUKSI DENGAN DIGESTER PORTABLE

## COMPARISON OF BIOGAS QUALITY OF VARIOUS TYPES OF ANIMAL FESES PRODUCED WITH A PORTABLE DIGESTER

Yendri Junaidi\*<sup>1</sup>, Luki Amar Hendrawati<sup>2</sup>, Riyanto<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Penyuluh Peternakan dan kesejahteraan hewan, Jurusan Peternakan, Politeknik Pembangunan Pertanian Malang,

<sup>2</sup> Program Agribisnis Peternakan, Jurusan Peternakan, Politeknik Pembangunan Pertanian Malang

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

### ABSTRAK

Penggunaan energi oleh sektor transportasi yang mencapai lebih dari 30 persen dari total penggunaan energi nasional yang hampir seluruhnya (92%) bersumber dari bahan bakar minyak (BBM) selain masalah pada pasokan BBM juga berdampak buruk bagi lingkungan, sehingga harus ada upaya dalam mencari energi alternatif baru terbarukan, salah satunya adalah biogas. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kualitas biogas dari berbagai feses ternak seperti feses, sapi perah, sapi potong, kambing, domba, ayam broiler, ayam petelur dan feses keclinci. Pengamatan meliputi nilai pH dan temperatur harian, lama waktu pembentukan gas dalam masa fermentasi, lama produktivitas gas dari pembentukan gas pertama kali serta lama nyala api dalam dari hasil pembentukan gas harian. Biogas di produksi menggunakan digester portable dengan total waktu pengamatan selama 30 hari masa fermentasi dan produksi gas. Hasil Penelitian menunjukkan rata-rata nilai pH yang didapatkan dalam waktu 30 hari dari pH 6,2- pH 8. Temperatur rata-rata hasil pengamatan berada di angka 23-36 °C. Hasil uji ANOVA pada pada masing masing pengamatan yaitu pada lama pembentukan gas, lama produktifitas gas dan lama nyala api di dapatkan hasil yang signifikan yaitu f hitung <0,05. Hasil uji lanjut Tukey'S B pada masing-masing pengamatan di dapatkan hasil terbaik pada limbah feses sapi perah dengan data lama pembentukan gas (11,2 ± 1,3) hari, lama produktifitas gas (10,8± 1,9) dan lama nyala api adalah (20,6± 1,9) menit.

**Kata kunci:** Feses, Biogas, alternatif, energi, kualitas

### ABSTRACT

*The use of energy by the transportation sector which reaches more than 30 percent of the total national energy use which is almost entirely (92%) comes from fuel oil (BBM) in addition to problems with fuel supply it also has a negative impact on the environment, so efforts must be made to find alternative energy. new renewables, one of which is biogas. This study aims to determine the quality of biogas from various animal*

*feces such as feces, dairy cows, beef cattle, goats, sheep, broilers, laying hens and small animal feces. The observations included daily pH and temperature values, the length of time for gas formation during the fermentation period, the length of gas productivity from the first gas formation and the length of the internal flame from the daily gas formation. Biogas is produced using a portable digester with a total observation time of 30 days during fermentation and gas production. The results showed that the average pH value obtained within 30 days was from pH 6.2 to pH 8. The average temperature observed was 23-36 OC. The results of the ANOVA test on each observation, namely the duration of gas formation, the duration of gas productivity and the duration of the flame, obtained significant results, namely f count <0.05. Tukey'S B continued test results for each observation obtained the best results on dairy cow feces with data on the length of gas formation (11.2 ± 1.3) days, long gas productivity (10.8 ± 1.9) and duration of flame fire was (20.6 ± 1.9) minutes.*

**Keywords:** *Feces, Biogas, alternatives, energy, quality*

## PENDAHULUAN

Energi adalah kebutuhan dasar manusia yang setiap waktu mengalami peningkatan konsumsi. Salah satu energi tersebut adalah minyak bumi, penggunaan minyak bumi Dunia dari waktu ke waktu semakin meningkat sehingga mengakibatkan harga minyak mentah semakin melonjak pesat. Hal tersebut sangat membebani negara-negara pengimpor impor minyak khususnya negara Indonesia. Di Indonesia minyak dan gas bumi masih merupakan sumber energi utama. Konsumsi BBM yang terus menerus akan mengakibatkan cadangan minyak akan semakin menipis apabila tidak diimbangi upaya untuk mencari energi alternatif (Saputro & Dewi Artanti Putri, 2009) . Menurut (Susilowati, 2009) bahwa proporsi penggunaan energi oleh sektor transportasi yang mencapai lebih dari 30 persen dari total penggunaan energi nasional yang hampir seluruhnya (92%) bersumber dari bahan bakar minyak (BBM) selain masalah pada pasokan BBM juga berdampak buruk bagi lingkungan, sehingga harus ada upaya dalam mencari energi alternatif baru terbarukan. Menurut sumbernya emisi

gas CO<sup>2</sup> berasal dari pembakaran batubara (50,1%), gas bumi (26%) dan minyak bumi (23,9%) (Widyastuti et al., 2013)

Salah satu sumber energi alternatif adalah biogas. Gas ini berasal dari berbagai macam limbah organik seperti sampah biomassa, kotoran manusia, kotoran hewan dapat dimanfaatkan menjadi energi melalui proses anaerobik digestion. Pembuatan biogas dari kotoran hewan, khususnya sapi, kambing, domba, unggas, kelinci ini berpotensi sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan, karena selain dapat memanfaatkan limbah dari ternak, sisa dari pembuatan biogas ini yaitu berupa slurry yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman (Recebli et al., 2015). Berbagai cara perlakuan telah banyak diterapkan untuk mengolah limbah yang dihasilkan tersebut, seperti perlakuan fisik, kimia dan biologi.

Perlakuan biologi yang biasanya digunakan untuk pengolahan limbah padat adalah proses an-aerobik. Proses anaerobik dilakukan di dalam sebuah tangki pencerna (digester), dengan keuntungan antara lain adalah pengurangan masa or-  
ganik,

menghasilkan biogas sebagai sumber energi substitusi bahan bakar minyak. Proses anaerobik adalah proses mikrobiologi. Mikroorganisme anaerobik membutuhkan unsur karbon (C) sebagai sumber utama energi dan pembentukan karbon sel, untuk menghasilkan asam lemak volatil, gas metan (CH<sub>4</sub>) dan CO<sub>2</sub> (Kukić et al., 2010).

Tujuan dari penelitian ini adalah melihat kualitas biogas dari berbagai feses ternak seperti feses sapi perah, sapi potong, kambing, domba, ayam broiler, ayam petelur dan feses keclinci. Pengamatan meliputi nilai pH dan temperatur harian, lama waktu pembentukan gas dalam masa fermentasi, lama produktivitas gas dari pembentukan gas pertama kali serta lama nyala api dalam dari hasil pembentukan gas harian. Biogas di produksi menggunakan digester portable dengan total waktu pengamatan selama 30 hari masa fermentasi dan produksi gas.

## METODE PENELITIAN

### Materi Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah feses segar dari berbagai ternak yaitu feses sapi peranakan ongol, peranakan FH, feses kambing, feses domba, feses ayam broiler, feses ayam petelur dan feses kelinci. Semua sampel dikoleksi dari berbagai instansi ternak di Politeknik Pembangunan Pertanian Malang. Adapun alat produksi gas yang digunakan adalah digester biogas portable tipe silinder (*floating drum*).

### Metode Penelitian

**Produksi gas.** Digester tipe *floating drum* kapasitas 20 liter sebanyak 35 unit dibagi menjadi 7 kelompok perlakuan yaitu dengan 5 ulangan dari masing-

masing perlakuan. Kelompok Perlakuan 1 (feses sapi peranakan ongol), Kelompok perlakuan 2 (feses sapi peranakan FH), Kelompok perlakuan 3 (feses kambing), Kelompok perlakuan 4 (feses domba), Kelompok perlakuan 5 (feses ayam broiler), Kelompok perlakuan 6 (feses ayam petelur) dan Kelompok perlakuan 7 (feses kelinci). Tiap digester diisi *slurry* sebanyak 16 liter dan difermentasi selama 30 hari. Digester hanya diisi satu kali selama periode penelitian. Bahan dicampur dan diaduk sampai homogen dan selanjutnya tidak ada pengadukan. *Slurry* yang sudah homogen selanjutnya dimasukan ke dalam digester dan ditutup rapat. Selanjutnya di analisis beberapa komponen pengamatan seperti pH, temperatur digester, waktu pembentukan pertama kali, produktivitas gas dalam satu siklus pengisian *slurry* dan lama nyala api dalam satu hari pembentukan gas.

**pH.** Pengukuran pH menggunakan pH meter digital portable yang dicelupkan pada *slurry* yang diambil dari dalam digester.

**Temperatur.** Temperatur lingkungan diukur dengan menggunakan termometer. Temperatur gas diukur dengan termometer batang yang dipasang pada tutup digester.

**Pembentukan gas pertama kali.** Kecepatan pembentukan gas diukur secara deskriptif dengan menampung gas pada balon udara, perubahan diameter balon udara di jadikan sebagai acuan pembentukan gas dalam digester dan di catat mulai terbentuk maksimal pada hari keberapa dari 30 hari lama fermentasi.

**Produktivitas gas.** Volume gas (V) diukur dengan mengukur kenaikan

bejana tutup digester (t) menggunakan pengukur, pengukuran dilakukan setiap hari dihitung dari gas pertama kali terbentuk sampai tekanan bejana tidak lagi menunjukkan kenaikan. Produktivitas gas harian dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

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

V = volume gas (l)

$$\pi = 22/7$$

r = jari-jari lingkaran

t = tinggi silinder

**Lama nyala api dalam satu hari pembentukan gas.** Setiap hari gas di tampung dalam balon plastik, kemudian ujung keran di bakar dengan mengitung lama nyala api pada ujung keran

#### Analisis Data

Data dianalisis menggunakan bantuan program *Software SPSS.26*. Analisis pertama yaitu menguji data apakah terdistribusi secara normal atau tidak dengan menggunakan metode normalitas, selanjutnya setelah di uji normalitas data di analisis menggunakan metode *one way ANOVA*. Apabila berbeda nyata secara signifikan maka di uji lanjut dengan menggunakan uji Tukey's B.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pembuatan, Pengisian dan Fermentasi limbah feses dalam digester portable.

Produksi biogas dengan menggunakan digester portable sudah sering di lakukan, dalam penelitian ini menggunakan digester portable (Gambar 1) yang di buat sendiri menggunakan limbah galon bekas.

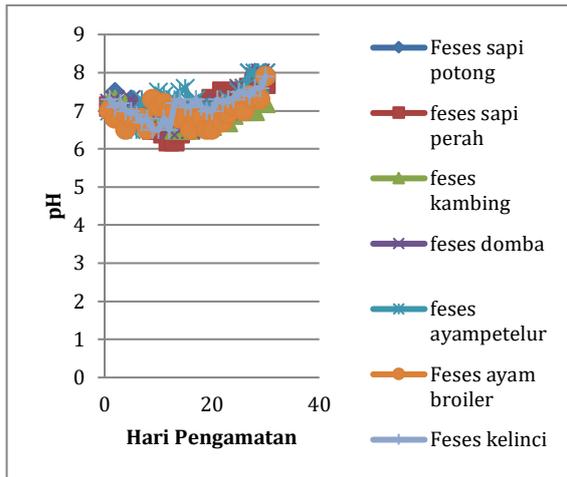


Gambar 1. Proses pembuatan, pengisian, fermentasi dan nyala api sampel feses dalam digester portable

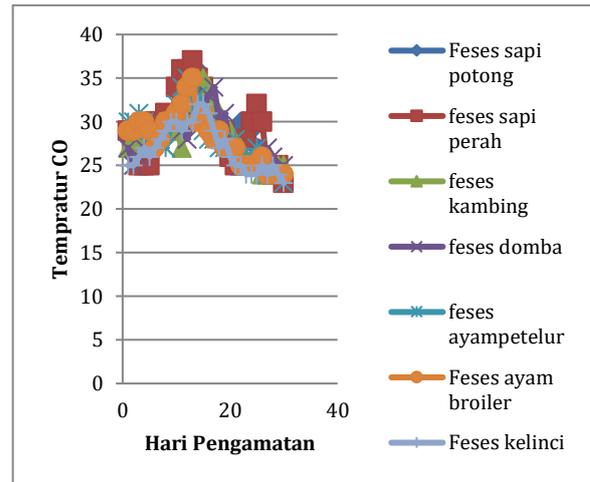
Reaktor ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya (1) digester yang digunakan sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana, (2) penampung gas yang dapat bergerak menggunakan balon (3) lubang inlet yang berfungsi sebagai tempat pemasukan bahan limbah kotoran ternak (4) lubang outlet sebagai tempat pengeluaran limbah yang telah selesai digunakan. Menurut (Umam, 2019) bahwa digester portable dari galon bekas sangat praktis digunakan karena teknologi ini bisa di moving seperti tabung gas elpij

### pH

Proses anaerobik yang ideal berjalan pada pH sekitar 6,5-7,6 (Rittmann dan McCarty, 2001; Alkhalidi et al., 2019) dengan pH optimal berkisar antara 7-7,2 (Polpra-sert, 1995). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pH masing-masing perlakuan berada pada kisaran pH ideal yaitu pH 6,20- pH 8 dengan rincian seperti (Gambar 2). Kondisi pH ini berpengaruh pada pertumbuhan mikrobia anaerobik dalam menghasilkan biogas terutama metan. Melihat kondisi pH maka pertumbuhan mikroorganisme di dalam digester berlangsung optimal.



Gambar 2. Perubahan pH *slurry* harian selama produksi biogas dari tiap kelompok perlakuan



Gambar 3. Perubahan temperatur biogas harian tiap kelompok perlakuan

### Temperatur

Umumnya terdapat dua kisaran temperatur yang terdapat pada produksi metan, yaitu mesofilik (25-44<sup>0</sup>C) dan termofilik (50-65<sup>0</sup>C) (Hobson *et al.*, 1984). Temperatur lingkungan tempat penelitian berlangsung, yaitu pagi 26,25 siang 30,6 dan sore 30,15<sup>0</sup>C, berada dalam kondisi mesofilik yang ideal tetapi kurang optimal karena temperatur optimal adalah 35-40<sup>0</sup>C (Shuler dan Kargi, 2002), sehingga proses degradasi bahan organik, pembentukan asam organik dan pembentukan metan kurang maksimal. Temperatur biogas disajikan pada (Gambar 3). Temperatur biogas berbeda di antara perlakuan, karena selain dipengaruhi oleh temperatur lingkungan juga dipengaruhi oleh aktifitas mikroorganisme dan gas metan yang dihasilkan. Pada tahap pembentukan asam, bakteri mengubah glukosa menjadi asam asetat menghasilkan energi sebesar 4 mol ATP/mol glukosa (Mosey dan Fernandes, 1984). Gas metan yang dihasilkan mempunyai energi sebesar 35,8 kJ/l pada STP (Rittmann dan McCarty, 2001).

### Analisis lama Pembentukan gas pada masing-masing jenis limbah feses

Untuk mengetahui tingkat normalitas data maka data di uji menggunakan uji normalitas. Hasil uji (tabel 1) menunjukkan bahwa semua data terdistribusi secara normal, karena nilai signifikansi Shapiro-Wilk >0,05. Nilai Shapiro-Wilk pada feses sapi potong (0,928), sapi perah (0,421), kambing (0,814), domba (0,076), ayam petelur (0,314), ayam broiler (0,826) dan kelinci (0,086). Setelah dilakukan uji normalitas, selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk melihat perbedaan signifikansi antar perlakuan. Berdasarkan hasil uji ANOVA didapatkan nilai signifikansi data <0,05 (0,000<0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa lama waktu pembentukan gas pada ke-tujuh sampel tersebut berbeda secara signifikan.

Tabel 1. Lama Pembentukan gas pada masing-masing jenis limbah feses

	Feses						
	Sapi Potong	Sapi perah	Kam-bing	Domba	Ayam petelur	Ayam broiler	Kelinci
Lama Pembentukan Gas (Hari)	12,8±	11,2±	17,4	16,6±	9,2	10,4	14,4
	1,9	1,3	±1,1	0,5	±0,8	±1,8	±1,5

Karena data berbeda secara signifikan selanjutnya data dilakukan uji lanjut menggunakan uji Tukey's B, dengan hasil uji yang didapatkan adalah; 1) Lama waktu pembentukan gas feses ayam petelur, broiler dan sapi perah secara signifikan adalah sama. 2) lama waktu pembentukan gas feses ayam broiler, sapi perah dan sapi potong secara signifikan adalah sama. 3) data lama waktu pembentukan gas feses sapi potong dan kelinci secara signifikan adalah sama. 4) lama waktu pembentukan gas feses kelinci dan domba secara signifikan adalah sama. 5) lama waktu pembentukan gas feses domba dan kambing secara signifikan adalah sama. Berdasarkan hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa yang paling cepat menghasilkan gas metana dalam digester portable adalah limbah feses ayam petelur (9,2 hari), ayam broiler (10,4 hari), sapi perah (11,2 hari) dan sapi potong (12,8 hari). Hasil penelitian (Dong et al., 2018) menyebutkan bahwa lama pembentukan gas pada hari ke 7 sampai hari ke 15 ini tergolong sangat baik karena proses hidrolisa, asidogenik dan metanogenik berlangsung secara sempurna. Penelitian (Noresta et al., 2013; Recebli et al., 2015) yang membandingkan lama pembentukan anatar feses ayam dan sapi perah mendapatkan hasil penelitian bahwa gas pada feses ayam dan gas pada feses sapi terbaik terbentuk antara hari ke 10-15 dengan jumlah gas 33,92 mg.

#### **Analisis lama produktifitas gas dalam satu siklus pengisian.**

Tabel 2 menunjukkan Data uji normalitas data menunjukkan data hasil uji lama produktivitas gas dalam satu siklus pengisian digester portable menunjukkan terdistribusi secara normal karena nilai signifikansi Shapiro-Wilk >0,05. Nilai Shapiro-Wilk pada feses

sapi potong (0,492), sapi perah (0,928), kambing (0,421), domba (0,056), ayam petelur (0,314), ayam broiler (0,314) dan kelinci (0,086). Setelah dilakukan uji normalitas, selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk melihat perbedaan signifikansi antar perlakuan. Berdasarkan hasil uji ANOVA didapatkan nilai signifikansi data <0,05 (0,001<0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa lama produktifitas gas dalam satu siklus pengisian digester portabel dari ke-tujuh sampel tersebut berbeda secara signifikan.

**Tabel 2. Lama produktifitas gas dalam satu siklus pengisian**

	Feses						
	Sapi Potong	Sapi perah	Kam -bing	Dom -ba	Ayam petelur	Ayam broiler	Ke-linci
<i>Lama</i>	12,0 ±	10,8±	8,8±	8,2±	9,2	8,8	10,2±
<i>Produktivitas Gas (Hari)</i>	1,5	1,9	1,3	1,7	±0,8	±0,8	1,3

Karena data berbeda secara signifikan maka data diluji lanjut menggunakan uji Tukey's B, dengan hasil uji yang didapatkan seperti: 1) Lama produktifitas gas dalam satu siklus pengisian digester portabel dengan limbah feses domba, kambing, ayam broiler, ayam petelur, kelinci dan sapi perah secara signifikan adalah sama. 2) Lama produktifitas gas dalam satu siklus pengisian digester portabel dengan limbah feses kelinci, sapi perah dan sapi potong adalah sama. Berdasarkan hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa yang banyak produktifitas gas dalam satu siklus pengisian digester portabel adalah feses kelinci (10,2 hari), sapi perah (10,8 hari) dan sapi potong (12,4 hari). Tingkat produktifitas gas dalam digester biogas sangat dipengaruhi oleh C/N rasio. Menurut C/N rasio pada feses kelinci 25 C/N, sapi perah 30 C/N dan sapi potong 33 C/N , sehingga daya

produksi gas menjadi lebih lama di bandingkan dengan feses ayam, kambing dan domba. Menurut (Hadiyanto, 2013) bahwa C/N rasio yang baik untuk biomas isian biogas adalah C/N rasio dengan minimal 30, C/N rasio 30 akan mampu menghasilkan 96,64% metan dan 2,94% CO<sup>2</sup>. (Matin et al.,2016) menambahkan bahwa C/N 30-35 akan mampu menghasilkan lebih dari 30 ml/ gtTS, C/N 31 menghasilkan power density yang optimum sebesar 1,278 mW/m<sup>2</sup> karena rasio C/N 30 merupakan nilai yang optimal dalam proses hidrolisa dan asidogenik

**Analisis lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas**

Dalam mendapatkan nilai daya tahan nyala api terbaik data juga di uji menggunakan uji normalitas, uji ANOVA dan uji lanjut Tukey’S B. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa semua data terdistribusi secara normal, karena nilai signifikansi Shapiro-Wilk >0,05. Nilai Shapiro-Wilk pada feses sapi potong (0,858), sapi perah (0,758), kambing (0,056), domba (0,314), ayam petelur (0,314), ayam broiler (0,814) dan kelinci (0,421). Setelah dilakukan uji normalitas, selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk melihat perbedaan signifikansi antar perlakuan.

**Tabel 3. Lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas**

	Feses						
	Sapi Po-tong	Sapi perah	Kam-bing	Dom-ba	Ayam petelur	Ayam broiler	Ke-linci
<i>Lama Nyala Api (Menit)</i>	20,8 ±3,1	20,6 ±1,9	16,6 ± 0,8	16,2 ±0,8	9,2±0,8	9,6 ±1,1	14,8 ±1,3

Berdasarkan hasil uji ANOVA didapatkan nilai signifikansi data <0,05 (0,000<0,05) sehingga dapat disimpulkan bahwa lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari

produksi gas pada ke-tujuh sampel tersebut berbeda secara signifikan.

Karena data berbeda secara signifikan maka data diluji lanjut menggunakan uji Tukey’s B, dengan hasil uji yang didapatkan seperti: 1) lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas limbah feses ayam petelur dan ayam broiler secara signifikan adalah sama. 2) lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas limbah feses kelinci, domba dan kambing secara signifikan adalah sama. 3) lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas limbah feses sapi perah dan potong secara signifikan adalah sama. Berdasarkan hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa lama daya tahan nyala api dalam waktu satu hari produksi gas yang lama di hasilkan dari feses sapi perah (20,6 menit) dan sapi potong (20,8 menit). Wahyuni & MP, (2011) menyatakan bahwa biogas dapat menyalakan bunga api dengan energi 6400 –6600 kcal/m<sup>3</sup>. Kandungan 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan energi 0,62 liter minyak tanah, 0,46 liter elpiji, kemudian 0,52 liter minyak solar, 0,08 liter bensin dan 3,5 kg kayu bakar.

**KESIMPULAN**

Bahwa berdasarkan hasil uji normalitas di dapatkan semua data terdistribusi secara normal baik pada pengamatan lama pembentukan gas, lama produktifitas gas dan lama nyala api. Rata-rata nilai pH yang diapatkan dalam waktu 30 hari dari pH 6,2- pH 8. Temperatur rata-rata hasil pengamatan berada di angka 23-36 °C. Hasil uji ANOVA pada pada masing masing pengamatan yaitu pada lama pembentukan gas, lama produktifitas gas dan lama nyala api di dapatkan hasil yang signifikan yaitu f hitung <0,05.

Hasil uji lanjut Tukey'S B pada masing-masing pengamatan di dapatkan hasil terbaik pada limbah feses sapi perah dengan data lama pembentukan gas ( $11,2 \pm 1,3$ ) hari, lama produktifitas gas ( $10,8 \pm 1,9$ ) dan lama nyala api adalah ( $20,6 \pm 1,9$ ) menit.

## SARAN

Perlu di adakan penelitian lanjutan terkait kualitas biogas dengan pencampuran dari dua atau tiga jensi feses dari berbagai ternak tersebut, untuk melihat apakah ada pengaruh kualitas biogas dari berbagai campuran feses masing-masing ternak

## DAFTAR PUSTAKA

- Alkhalidi, A., Khawaja, M. K., Amer, K. A., Nawafleh, A. S., & Al-Safadi, M. A. (2019). Portable biogas digesters for domestic use in Jordanian Villages. *Recycling*, 4(2), 21.
- Hadiyanto, A. (2013). Peningkatan Kualitas Biogas Dengan Pengaturan Rasio Nutrisi Dan Ph. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 2(2), 143–147
- Kukić, S., Bračun, B., Kralik, D., Burns, R. T., Rupčić, S., & Jovičić, D. (2010). Comparison between biogas production from manure of laying heners and broilers. *Poljoprivreda*, 16(1), 67–72.
- Matin, H. H. A., Syafrudin, S., & Nugraha, W. D. (n.d.). *Pengaruh C/n Ratio Pada Produksi Biogas Dari Limbah Sekam Padi Dengan Metode Solid State Anaerobic Digestion (Ss-ad)*. Diponegoro University.
- Mosey, F.E. and X.A. Fernandes. 1984. Mathe-matical modelling of methanogenesis in cernaan *in vitro bagasse*. Prosiding. Seminar Pemanfaatan Limbah Tebu untuk Pakan Ternak. Puslibangnak. Deptan. Grati.
- Noresta, F., Nadiaty, J. Y., & Faizal, M. (2013). Pengaruh Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Produksi Biogas dari Kotoran Ayam. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1).
- Polprasert, C. 1995. Organic Waste Recycling. Environmental Engine, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. John Willey and Sons.
- Recebli, Z., Selimli, S., Ozkaymak, M., & Gonc, O. (2015). Biogas production from animal manure. *Journal of Engineering Science and Technology*, 10(6), 722–729.
- Rittman, B.E. and P.L. McCarty. 2001. Environ-mental Biotechnology : Principles and Appli-cations. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York.
- Saputro, R. R., & Dewi Artanti Putri, D. A. (2009). *Pembuatan biogas dari limbah peternakan*.
- Susilowati, E. (2009). *Uji potensi pemanfaatan cairan rumen sapi untuk meningkatkan kecepatan produksi biogas dan konsentrasi gas metan dalam biogas*. Universitas Gadjah Mada.
- Shuler, M.L. and F. Kargi. 2002. Bioprocess Engineering. Second ed. Prentice-Hall, Inc., USA.
- Dong, X., Chen, W., qi Li, J., & Zhang, S. (2018). Research on biogas fermentation raw materials. *E3S Web of Conferences*, 53, 1030.
- Umam, K. (2019). Pemberdayaan Masyarakat Peternak Melalui Program Debest (Desa Bebas Feses) Menjadi Biogas Dan Pupuk Organik Kandang Di Desa Serading. *Jurnal Warta Desa*, 1(3).

- Wahyuni, S., & MP, S. E. (2011).  
*Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah (Revisi)*. AgroMedia.
- Widyastuti, F. R., Purwanto, P., & Hadiyanto, H. (2013). Potensi Biogas Melalui Pemanfaatan Limbah Padat Pada peternakan Sapi Perah Bangka Botanical Garden Pangkalpinang. *METANA*, 9(02).