

## **Biogas Starter Aplikasi *Indigenous* Air Limbah Cucian Garam Pada Substrat Kotoran Sapi Dan Tongkol Jagung Varietas Madura**

**Abdus Salam Junaedi\*(1), Haryo Triajie(2), Harfa Chandra Puspita Sari(3), Nur Hamidah Laili(4)**

1Program Studi Manajemen Sumberdaya Periaran, Fakultas Pertanian,  
Universitas Trunojoyo Madura, Jln. Raya Telang, Po Box 2 Kamal Bangkalan Madura. 69162

[abdus.salamj@trunojoyo.ac.id](mailto:abdus.salamj@trunojoyo.ac.id) (1), [haryotriajie@trunojoyo.ac.id](mailto:haryotriajie@trunojoyo.ac.id) (2), [harfatiac@gmail.com](mailto:harfatiac@gmail.com) (3),  
[hamidalaili06@gmail.com](mailto:hamidalaili06@gmail.com) (4)

### **ABSTRAK**

Biogas merupakan campuran beberapa gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keanekaragaman spesies bakteri *indigenous* yang dapat diisolasi dari air limbah cucian garam dan aktivitas selulotiknya, pengaruh pemberian biogas starter dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura serta lama waktu fermentasi terhadap produksi biogas; dan persentase gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan di akhir proses fermentasi biogas. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Acak Faktorial (RAF), dengan memberikan perbandingan komposisi substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura, yaitu 1:0, 1:1, 1:2. Selain itu, juga dilakukan perbandingan lama waktu fermentasi, yaitu 1, 2, 3, dan 4 minggu. Prosedur kerja dalam penelitian ini meliputi isolasi, identifikasi, skrining, peremajaan dan pembuatan kultur stok isolat bakteri *indigenous* air limbah cucian garam, pembuatan biogas starter, preparasi substrat, inokulasi biogas starter dan fermentasinya pada substrat, serta analisis karakteristik gas pada produk biogas yang dihasilkan di akhir proses fermentasi. Hasil akhir kegiatan penelitian ini adalah terdapat 9 jenis bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam yang berhasil diisolasi, dikarakterisasi, dipurifikasi, dan 7 jenis bakteri yang mempunyai kemampuan dalam menghidrolisis komponen selulase dalam media uji Carboxy Methyl Cellulose Agar. Pemberian biogas starter dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura serta lama waktu fermentasi terhadap produksi biogas. Persentase gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan di akhir proses fermentasi berkisar antara 50-65% dengan hasil terbaik yang diperoleh dari perbandingan variasi pemberian substrat kotoran sapi dan tongkol jagung sebesar 1:1 pada waktu fermentasi 3 minggu.

**Kata Kunci:** Biogas Starter, Bakteri *Indigenous*, Limbah Cucian Garam

### **ABSTRACT**

Biogas is a mixture of several gases that can be used as an alternative energy source. The purpose of this study is to determine the diversity of *indigenous* bacterial species that can be isolated from salt washing wastewater and their cellulotic activity, the effect of biogas starter with a combination of cow dung and corn cobs, Madura variety, as well as the length of time of fermentation on biogas production; and the percentage of methane gas (CH<sub>4</sub>) produced at the end of the biogas fermentation process. The research design used was factorial randomized (RAF), by providing a comparison of the substrate composition of cow dung and corn cobs Madura varieties, namely 1: 0, 1; 1, 1: 2. In addition, a comparison of the length of fermentation time was also carried out, namely 1, 2, 3, and 4 weeks. The work procedure in this research includes isolation, identification, screening, rejuvenation and culture of *indigenous* bacterial isolates of salt washing wastewater, making biogas starter, substrate preparation, inoculating biogas starter and its cementation on the substrate, as well as analyzing the gas characteristics of the biogas products produced in end of the fermentation process. The end result of this research activity is that there are 9 types of *indigenous* bacteria from salt washing wastewater that have been isolated, characterized, purified, and 7 types of bacteria that have the ability to hydrolyze cellulase components in the Carboxy Methyl Cellulose Agar test media. Provision of starter biogas with a combination of cow dung substrate ratio and Madura variety of corn cobs and fermentation time to biogas production. The percentage of methane gas (CH<sub>4</sub>) produced at the end of the fermentation process ranges from 50-65% with the best results obtained from the ratio of variations in the substrate of cow dung and corn cobs of 1: 1 at 3 weeks fermentation.

**Keywords:** Biogas Starter, *Indigenous* Bacteria, Salt Washing Waste

## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Saat ini kebutuhan energi yang bersifat primer semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi. Hal ini menandakan bahwa pemenuhan kebutuhan energi oleh suatu negara di era modern ini merupakan hal yang mutlak dan penting untuk mendukung setiap kegiatan ekonomi (Ula dan Affandi, 2019) Keterbatasan sumberdaya energi nasional (minyak dan gas bumi) ternyata menimbulkan dampak pada berbagai bidang kehidupan masyarakat, tanpa terkecuali masyarakat yang terdapat di Pulau Madura. Hal ini menuntut pengembangan sumber energi alternatif lain yang jumlahnya cukup melimpah dan ramah lingkungan (Dewi dan Kholik 2018), tentunya dengan mengedepankan kekayaan sumberdaya dan nilai-nilai kearifan lokal yang terdapat di Pulau madura. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi yang dapat diperbarui yang berasal dari komponen hayati seperti biogas untuk pemenuhan sumberdaya energi nasional gas secara mandiri di Pulau Madura. Biogas merupakan campuran beberapa gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang dapat diperbarui dan dihasilkan melalui proses fermentasi anaerob. Biogas memiliki keunggulan yang komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lain. Keunggulan tersebut antara lain sebagai bahan bakar mesin, sebagai pembangkit tenaga listrik, maupun bahan bakar untuk keperluan memasak yang ramah lingkungan (Efriza, 2009). Oktavia (2016) menambahkan bahwa hasil samping biogas dapat diolah menjadi pupuk organik baik dalam bentuk padatan maupun cairan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Palallo *et al.* (2018) menyatakan bahwa pembuatan biogas dapat berasal dari kotoran hewan, limbah cair, dan limbah padatan. Salah satu hewan ruminansia yang dapat menghasilkan kotoran dalam jumlah melimpah adalah sapi. Berdasarkan data statistik tahun 2019, Indonesia memiliki sapi potong sebanyak 17.119.000 ekor sapi potong dan 51.000 ekor sapi perah (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian, 2019). Apabila setiap ekor sapi dalam setiap harinya menghasilkan rata-rata 7 kg kotoran, maka kotoran yang dihasilkan di Indonesia dari dua jenis sapi tersebut adalah 120,190 ton kotoran sapi kering per hari (Budiyanto, 2011). Sayangnya, kebanyakan kotoran sapi di beberapa daerah di Pulau Madura hanya ditumpuk sebagai limbah atau sebatas digunakan sebagai pupuk kandang di lahan pertanian oleh peternak konvensional. Padahal, kotoran sapi yang melimpah tersebut memiliki kandungan unsur hara yang tinggi dan energinya berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku penghasil biogas. Hal ini dikarenakan dalam proses pembuangannya, kotoran sapi sering bercampur dengan urin dan gas seperti CH<sub>4</sub> dan NH<sub>3</sub> (Sucipto, 2009). Di samping itu, salah satu jenis komponen limbah organik yang saat ini jumlahnya melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal di Pulau Madura adalah limbah tongkol jagung. Hal ini disebabkan oleh sekitar 30% luasan areal jagung di Jawa Timur berada di Pulau Madura (Amzeri, 2018). Kebanyakan petani jagung di Pulau Madura hanya menggunakannya sebagai campuran pakan ternak dan pembuatan pupuk organik. Beberapa petani bahkan hanya menimbunnya di pinggir sawah dan dibakar (Departemen Pertanian, 2011). Hal inilah yang menjadi agenda rutin sehingga menjadi tradisi yang susah sekali dihilangkan, terutama di kalangan petani jagung di Pulau Madura. Kecenderungan ini disebabkan oleh minimnya pengetahuan dan informasi yang diterima, sehingga petani jagung di Pulau Madura belum mengetahui fungsi dan peruntukan tongkol jagung sebagai salah satu penghasil energi alternatif biogas masa depan. Selain dikenal sebagai penghasil limbah kotoran sapi dan tongkol jagungnya, Pulau Madura juga dikenal dengan sebutan pulau garam. Hadi dan Ahied (2017) menegaskan bahwa Pulau Madura identik dengan produksi garam dalam skala regional Jawa Timur maupun secara nasional. Madura merupakan produsen garam terbesar se-Jawa Timur dan nasional. Ratusan ton garam yang diproduksi oleh masyarakat

dan beberapa home industry atau perusahaan setiap harinya, menjadikan Pulau Madura sebagai produsen aktif, pengeksport, dan pengolah garam baik di wilayah Jawa Timur maupun nasional. Adanya kepentingan untuk dapat memanfaatkan limbah cucian garam yang melimpah dari aktivitas produksi garam yang terdapat di Pulau Madura menjadikan hal yang menarik untuk dikaji. Sebab dalam proses pembuatan biogas, umumnya dilakukan penambahan mikroba yang dapat mempercepat proses penguraian komponen limbah yang digunakan sebagai bahan baku. Produk yang sering kali digunakan adalah produk EM4 (produk pertanian) yang dipercaya dapat membantu proses penguraian komponen organik dari substrat atau limbah yang digunakan. Penelitian terbaru, yang dilakukan oleh Insani (2018) menunjukkan tentang penggunaan Effective Microorganime EM-5 sebagai starter penghasil biogas pada limbah tongkol jagung yang merupakan campuran mikroorganime perombak yang terdiri dari bakteri, Actinomycetes, kapang, dan khamir. Penelitian ini masih terdapat kekurangan, karena tidak mengungkapkan secara jelas asal dari mikroorganime yang disebut sebagai EM-5 dan juga tidak menyatakan secara detail spesies mikroorganime yang dimaksud. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka inovasi yang ditawarkan adalah aplikasi biogas starter berbahan dasar bakteri indigenous dari sampel air limbah cucian garam sebagai agen penghidrolisis komponen organik atau substrat berupa kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura, sekaligus sebagai media pelarut substrat untuk proses produksi biogas. Beberapa penelitian sebelumnya, masih menggunakan komponen air biasa sebagai bahan pelarutnya. Pelarut air yang berasal dari limbah cucian garam ini dijadikan sebagai acuan untuk menghasilkan kuantitas biogas yang melimpah dalam waktu yang relatif lebih cepat bila dibandingkan dengan menggunakan air biasa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman spesies bakteri indigenous yang diisolasi dari air limbah cucian garam; pengaruh pemberian biogas starter dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura serta lama waktu fermentasi yang digunakan; dan persentase gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan di akhir proses fermentasi. Penelitian ini penting untuk dilakukan karena kedua limbah yang digunakan memiliki rasio C/N yang rendah sehingga menyebabkan biogas yang dihasilkan lebih besar dengan total solid dari kotoran sapi yang dapat menghasilkan 58-68% gas metana. Adapun sisa residu yang dihasilkan dari proses produk biogas tersebut lebih sedikit. Pemanfaatan kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura menjadi biogas dapat mengurangi kapasitas limbah organik yang jumlahnya semakin banyak serta dapat menjadi energi alternatif baru masa depan.

## **2. Perumusan Masalah**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis bakteri *indigenous* yang berasal dari air limbah cucian garam yang berhasil di isolasi, dikarakterisasi serta dipurifikasi; mengetahui jenis bakteri yang mempunyai kemampuan dalam menghidrolisis komponen selulase dalam media uji *Carboxy Methyl Cellulose Agar*; mengetahui pengaruh dari pemberian *biogas starter* dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung serta kombinasi formulasi yang terbaik dari perlakuan tersebut.

## **3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman spesies bakteri indigenous yang diisolasi dari air limbah cucian garam; pengaruh pemberian *biogas starter* dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura serta lama waktu fermentasi yang digunakan; dan persentase gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan di akhir proses fermentasi.

## **4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari pelaksanaan kegiatan penelitian ini yaitu guna memanfaatkan kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura menjadi biogas dapat mengurangi kapasitas limbah

organik yang jumlahnya semakin banyak serta dapat menjadi energi alternatif baru masa depan.

## II. METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Kelautan dan Perikanan meliputi Laboratorium Bioteknologi Kelautan dan Perikanan sebagai tempat kegiatan isolasi bakteri *indigenous* air limbah cucian garam dan pembuatan *biogas starter* serta Laboratorium Pengelolaan Sumberdaya Perikanan sebagai tempat skrining, peremajaan, perbanyak isolat bakteri *indigenous* air limbah cucian garam; preparasi dan pengujian *biogas starter* pada substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas madura. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-Desember tahun 2020.

### Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan RAF (Rancangan Acak Faktorial) 4x3, yaitu 4 perlakuan untuk lama waktu fermentasi (1, 2, 3, dan 4 minggu) dan 3 perlakuan untuk perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung (1:0, 1:1, dan 1:2).

### Bahan dan Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain bioreaktor anaerobik skala laboratorium volume 5 L berbahan kaca, pipa, penjepit, penampung gas, barometer, *gas chromatography*, botol kultur, neraca analitik (SHIMADZU), cawan Petri, spatula, *pipet volume*, *pipetor*, gelas Beaker (IWAKI PYREX®), gelas ukur 100 mL (HERMA) dan 1000 mL, jarum ose, bunsen, tabung reaksi, rak tabung reaksi, kapas, *aluminium foil*, selotip, *cling wrap*, kertas coklat, kertas label, koran bekas, *Erlenmeyer* (IWAKI PYREX®), autoklaf (OSK 6500 AUTOCLAVE OGAWA SEIKI CO., LTD), kompor listrik (Rommeisbacher), *magnetic stirrer*, *water bath* (Julabo TW8), *Incubator* (Heraeus), *vortex*, *Laminar Air Flow (LAF)* (ESCO®), *UV-Vis spectrophotometer*, *cufet*, *colony counter* (GALAXY 230). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain air limbah cucian garam, kotoran sapi varietas Madura, tongkol jagung varietas Madura, media *Nutrient Broth* (NB), media *Nutrient Agar* (NA), akuades, alkohol 70%, spirtus, isolat muni bakteri *indigenous* air limbah cucian garam.

## III. HASIL PENELITIAN

### Isolasi bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam

Terdapat dua macam hasil pewarnaan Gram bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*), yaitu bakteri Gram positif yang ditandai dengan warna ungu pada sel bakteri dan Gram negatif yang ditandai dengan warna pink atau merah pada sel bakteri setelah ditetesi dengan larutan tandingan atau safranin pada serangkaian uji pewarnaan Gram. Selain dilakukan uji pewarnaan Gram juga dilakukan pengamatan terhadap bentuk dan ukuran sel mikroskopis koloni bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*). Bentuk dan ukuran sel mikroskopis yang ditemukan berkisar antara bentuk bulat dan batang dengan variasi besaran ukuran yang bermacam-macam. Berikut disajikan hasil pewarnaan Gram dan pengamatan sel mikroskopis koloni bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*) pada Tabel 2.

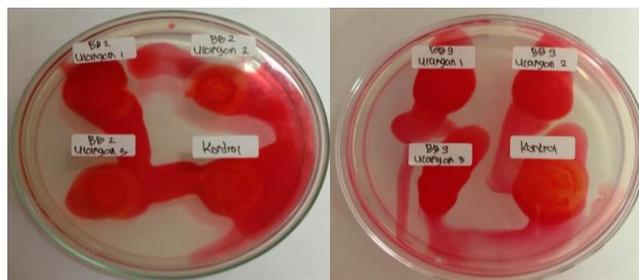
**Tabel 2.** Hasil pewarnaan Gram dan pengamatan mikroskopis koloni bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*)

No.	Jenis Bakteri	Gram	Bentuk	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )
1	BB1	Negatif	Coccus	1,4
2	BB2	Positif	Bacil	1,5
3	BB3	Positif	Bacil	2,6

4	BB4	Negatif	Coccus	3,5
5	BB5	Positif	Bacil	1,6
6	BB6	Positif	Coccus	2,3
7	BB7	Negatif	Coccus	4,2
8	BB8	Positif	Bacil	2,1
9	BB9	Negatif	Bacil	1,6

### Skrining bakteri *indigenous* air limbah cucian garam

Sebelum dilakukan pengujian pengaruh pemberian *biogas starter* terhadap substrat kotoran sapi dan tongkol jagung, dilakukan kegiatan skrining terhadap kemampuan pelarutan bahan organik menggunakan media CMC Agar (*Carboxy Methyl Cellulose*). Skrining bakteri selulolitik dilakukan dengan cara menuangkan congo red 0,1% ke dalam cawan petri yang berisi seluruh koloni bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*), kemudian dibiarkan selama 10 menit dan dibilas dengan menggunakan NaCl 1 M. Isolat bernilai positif bila mampu mendegradasi selulosa yang ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni bakteri. Menurut Anand *et al.* (2009), *congo red* akan berikatan secara nonkovalen dengan polisakarida yang memiliki ikatan beta-1,4 glikosida, dalam hal ini polisakarida yang terkandung dalam media CMC Agar. Produk degradasi tersebut berupa gula sederhana monosakarida dan tidak terjadi ikatan kompleks dengan *congo red*. Sedangkan warna merah menunjukkan sisa selulosa yang tidak terdegradasi sehingga terjadi pembentukan selulosa congo red. Zona bening yang terbentuk dapat dilihat dengan cara melakukan pencucian menggunakan NaCl 1 M. Larutan *Congo red* merupakan garam natrium dari benzidinediazo-bis-1-naphtylamine-4 asam sulfonat ( $C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$ ) sehingga pewarna ini akan larut dan tercuci oleh NaCl. Dengan demikian, zona bening yang terbentuk akan tampak jelas. Zona bening yang terbentuk kemudian diukur, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai indeks selulolitik (IS) dengan membandingkan nilai diameter zona bening dan nilai diameter koloni bakteri (Shajahan *et al.*, 2017). Hasil skrining disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 3.



**Gambar 1.** Diameter zona bening pada jenis bakteri 2 (foto kiri: tampak) dan jenis koloni bakteri 9 (foto kanan: tidak tampak)

**Tabel 3.** Hasil pengukuran zona bening bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*) (1 ose bakteri diinokulasikan pada media CMC Agar)

Jenis bakteri	Ulangan	Diameter zona bening	Diameter bakteri	Indeks selulolitik
Bakteri jenis 1	1	1,7	0,9	0,88
	2	1,9	0,7	1,71
	3	1,8	0,8	1,25
	Kontrol	1,8	1,1	0,63
Bakteri jenis 2	1	2,1	1,2	0,75
	2	1,8	1,2	0,5
	3	2	1,1	0,81
	Kontrol	1,8	1,3	0,38

Bakteri jenis 3	1	1,8	1,1	0,63
	2	1,7	1,1	0,54
	3	1,5	0,5	2
	Kontrol	-	-	-
Bakteri jenis 4	1	-	0,3	0
	2	-	0,2	0
	3	-	0,3	0
	Kontrol	1,8	0,9	1
Bakteri jenis 5	1	1,6	0,6	1,66
	2	0,8	0,3	1,66
	3	0,7	0,5	0,4
	Kontrol	1,9	1,2	0,58
Bakteri jenis 6	1	1,6	1,3	0,23
	2	1,9	1,3	0,46
	3	2,1	1,3	0,61
	Kontrol	1,6	1	0,6
Bakteri jenis 7	1	2,2	1	1,2
	2	2,3	1	1,3
	3	-	-	-
	Kontrol	1,9	1,3	0,46
Bakteri jenis 8	1	2,8	1,3	1,15
	2	2,2	1,4	0,57
	3	2	0,9	1,22
	Kontrol	2,1	0,3	6
Bakteri jenis 9	1	-	0,7	0
	2	-	0,7	0
	3	-	0,5	0
	Kontrol	2,2	1,7	0,29

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa masing-masing bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*) mempunyai indeks selulolitik yang berbeda. Skrining yang dilakukan menggunakan metode inokulasi bakteri *indigenous* dari air limbah cucian garam (*bittern*) secara langsung pada media CMC Agar sehingga diketahui bahwa koloni bakteri *indigenous* jenis 1 merupakan koloni bakteri yang potensial dalam melakukan aktivitas selulolitik dibandingkan dengan jenis koloni bakteri *indigenous* yang lainnya. Adapun koloni bakteri *indigenous* jenis 4 dan 9 tidak mampu menghasilkan aktivitas selulolitik. Besarnya zona bening di sekitar koloni pada media padat dengan kemampuan organisme tersebut dalam mendegradasi selulosa kristalin pada media cair berbeda disebabkan karena perbedaan kecepatan pertumbuhan setiap isolate pada media padat dan cair. Selain itu, setiap bakteri selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase yang berbeda-beda tergantung dari gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan (Meryandini, 2009).

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diperoleh simpulan bahwa :

1. Terdapat 9 bakteri *indigenous* yang berhasil diisolasi, dikarakterisasi, dan dipurifikasi pada media pertumbuhan Nutrient Agar (NA).
2. Terdapat 7 bakteri *indigenous* yang berhasil diketahui kemampuan aktivitas selulolitiknya.
3. Pemberian biogas starter dengan kombinasi perbandingan substrat kotoran sapi dan tongkol jagung varietas Madura serta lama waktu fermentasi terhadap produksi biogas berpengaruh terhadap produksi biogas dengan persentase gas metana (CH<sub>4</sub>) yang dihasilkan di akhir proses fermentasi berkisar antara 50-65%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amzeri, A. 2018. Tinjauan perkembangan pertanian jagung di Madura dan alternatif pengolahan menjadi biomaterial. *Jurnal Ilmiah Rekayasa*, 11 (1): 74-86.
- Antriana, N. 2014. Isolasi bakteri asal saluran pencernaan rayap pekerja (*Macrotermes* spp.), *Saintifika*, 16 (1): 18-28.
- Bharathiraja, B., Sudharsana, T., Jayamuthunagai, J., Praveenkumar, R., Chozhavendhan, S., Iyyappan, J. 2018. Biogas production-A review on composition, fuel properties, feed stock and principle of anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90: 570-582.
- Dewi, G. S. dan Purnomoadi, A. 2014. Produksi dan laju produksi gas metan pada biogas dari feses sapi Madura Jantan yang mendapatkan pakan untuk produksi yang berbeda. *Animal Agriculture Journal*, 3 (4): 538-543.
- Dewi, R. P. dan Kholik. M. 2018. Kajian potensi pemanfaatan biogas sebagai salah satu sumber energi alternatif di wilayah Magelang. *Journal of Mechanil Engineering* 2 (1): 08-14.
- Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian. 2019. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan, Livestock and Animal Health Statistics* 2019. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian RI.
- Hadi, W. P. dan Ahied, M. 2017. Kajian ilmiah produksi garam di Madura sebagai sumber belajar kimia. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 2 (2): 1-8.
- Insani, M. D. 2018. Degradasi Anaerob Sampah Organik dengan Bioaktivator Effective Microorganism-5 (EM-5) untuk Menghasilkan Biogas. *Tesis*. Pendidikan Biologi, Pascasarjana Universitas Negeri Malang, Malang.
- Junaedi, A.S. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Diazotrof Pelarut Fosfat Penghasil Hormon Pertumbuhan Indole Acetic Acid (IAA) dari Akar Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Miller var. *tymoti*). *Tesis*. Universitas Airlangga, Surabaya.
- Oktavia, I. dan Firmansya, A. 2016. Pemanfaatan teknologi biogas sebagai sumber bahan bakar alternatif di sekitar wilayah operasional PT. Pertamina EP asset 2 Prabumulih Field. *Jurnal Resolusi Konflik, CSR, dan pemberdayaan*, 1 (1): 32-36.
- Palallo, F., Ardi, M., dan Yusuf, G. 2018. The potency of livestock waste into renewable energy (biogas) in palipu district tana toraja regency. *Journal of Physics: Conference Series* 1028 (012010).
- Santosa, I. 2014. Pembuatan garam menggunakan kolam kedap air berukuran sama. *Spektrum Industri*, 12 (1): 1-112.
- Shajahan, S., Moorthy I.G., Sivakumar, N., dan Selvakumar, G. 2017. Statistical modeling and optimization of cellulose production by *Bacillus licheniformis* NCIM 5556 isolate from the hot spring, Maharashtra, India. *Journal of King Saud University*, 29: 302-310.
- Ula, T. dan Affandi. 2019. Dampak konsumsi energi terbarukan terhadap pertumbuhan ekonomi: studi di Asia Tenggara. *Journal of Economics Science*, 5 (2): 26-34
- Zahidah, D. dan Shovitri, M. 2013. Isolasi, karakterisasi, dan potensi bakteri aerob sebagai pendegradasi limbah organik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2 (1): 2337-3520.

Accepted Date	Revised Date	Decided Date	Accepted to Publish
23 Desember 2023	03 Januari 2024	18 Februari 2024	Ya