

## Penanganan kembali slurry keluaran digester biogas dengan substrat awal manure sapi perah dan biji pepaya untuk meningkatkan produksi metan

### *Handling of digested slurry from bio-digester with initial substrate dairy cow manure and papaya seed*

Nain Ufidiyati, Ibnu Adib Fuady, Sutaryo Sutaryo\*, Agung Purnomoadi

Departemen Peternakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Kampus drh. R. Soejono  
Koesoemowardojo, Tembalang-Semarang 50275

\*Corresponding author: [soeta@lecturer.undip.ac.id](mailto:soeta@lecturer.undip.ac.id)

#### ARTICLE INFO

**Received:**

12 June 2023

**Accepted:**

26 July 2023

**Published:**

30 October 2023

**Kata kunci:**

Biogas,  
Co-substrat  
Slurry  
Metana

#### ABSTRAK

Co-substrat biji pepaya (BP) dengan manure sapi perah (MSP) mengakibatkan kenaikan kandungan bahan organik (BO) dan belum semua BO bisa tercerna dengan baik pada digester kontinyu. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengolahan kembali slurry keluaran digester biogas dengan substrat awal MSP dan BP sebagai substrat biogas terhadap produksi metana. Penelitian menggunakan bahan MSP, BP, digester tipe batch dengan rancangan acak lengkap. Perlakuan terdiri atas R1 (100% MSP), R2 (95% MSP dan 5% BP non germinasi) dan R3 (95% MSP dan 5% BP germinasi) dengan 5 ulangan. Data dianalisis menggunakan analysis of variance. Variabel yang diamati: produksi metana, nilai pH, reduksi bahan kering (RBK) dan reduksi bahan organik (RBO). Produksi metana menunjukkan hasil berbeda nyata ( $P < 0,05$ ), yaitu: 5,28; 7,19 dan 6,26 l/l pada R1, R2 dan R3. Keterbatasan waktu tinggal substrat pada digester kontinyu menyebabkan belum semua BO pada R2 dan R3 tersebut bisa dicerna dengan baik dan masih tertinggal pada slurry.

#### ABSTRACT

*Co-substrate of papaya seeds (PS) with dairy cow manure (DCM) resulted an increase of organic matter (OM) content and not all OM could be digested properly in the continuous digester. This research was conducted to measure methane production of slurry that study. The experiment used MSP, BP, NaOH, batch type digester with completely randomized design. The treatments were R1 (100% DCM), R2 (95% DCM and 5% PS non germination) and R3 (95% DCM and 5% PS germination) with 5 replications. Data were analysed using analysis of variance. The observed variables were methane production, pH value, dry matter reduction (DMR) and OM reduction (OMR). Methane production showed significantly different ( $P < 0.05$ ), namely: 5.28; 7.19 and 6.26 l/l for R1, R2 and R3. The limited hydraulic retention time of substrate in continuous digester caused not all of the OM in R2 and R3 to be properly digested and is still left in the slurry. The decrease methane production of R3 than R2 was due to better nutrient content of R2 so that it was digested better while in the continuous digester. The higher DMR, OMR and methane production in R2 and R3 than R1 indicate that the use of BP as a co-substrate with DCM can increase the OM content and its quality and some of OM is still left in the slurry. kontinyu menyebabkan belum semua BO pada R2 dan R3 tersebut bisa dicerna dengan baik dan masih tertinggal pada slurry.*

**Keywords:**

Biogas  
Co-substrate  
Digested slurry,  
Methane.



## PENDAHULUAN

Budidaya ternak sapi perah selain menghasilkan susu dan daging, juga menghasilkan limbah dalam jumlah yang besar. Sapi perah dengan bobot badan 610 kg dapat menghasilkan manure sebanyak 2226,5 kg per tahunnya (Noorollahi et al., 2015). Apabila tidak dikelola dengan baik maka limbah ternak mempunyai peran yang tinggi terhadap terjadinya pencemaran lingkungan, termasuk pada tanah dan air, serta emisi berbagai jenis gas ke atmosfer (Khusna et al., 2017). Sektor peternakan berkontribusi pada emisi gas rumah kaca yang berdampak pada pemanasan global. Hal ini karena fermentasi limbah peternakan menghasilkan CH<sub>4</sub> yang merupakan gas rumah kaca dengan pengaruh lebih besar apabila dibandingkan dengan CO<sub>2</sub> (Mustikaningrum et al., 2021). Limbah peternakan berupa kotoran yang dihasilkan dari suatu kegiatan usaha peternakan seperti limbah padat dan cairan, gas, ataupun berupa sisa pakan (Widhowati & Budiono, 2014). Adapun limbah tersebut dapat memberikan nilai tambah bagi peternak dan lingkungan apabila diolah dengan baik.

Biogas merupakan produk penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerob yang menghasilkan gas. Kandungan dari biogas yakni metana (CH<sub>4</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), oksigen (O<sub>2</sub>), dan uap air (Widhiyanuriyawan & Hamidi, 2013). Proses produksi biogas menggunakan limbah peternakan dan by-product industri pertanian akan menghasilkan bahan sisa. Bahan sisa tersebut berupa cairan dan endapan yang harus dikeluarkan secara rutin untuk menghindari endapan padat yang dapat mengganggu dalam proses pembentukan biogas (Wahyudi & Hendraningsih, 2020). Sisa dari proses pembuatan biogas dapat dimanfaatkan kembali, hal ini disebabkan oleh terbatasnya waktu tinggal substrat di dalam digester biogas, sehingga belum semua bahan organik dimanfaatkan dengan optimal oleh bakteri anaerob di dalam digester biogas (Muanah et al., 2019).

Produksi metana per ton manure sapi perah (MSP) sebagai substrat tunggal relatif rendah. Hal ini dikarenakan tingginya kadar air, kadar abu dan kadar serat yang berakibat pada rendahnya pencernaan bahan organik pada

MSP (Li et al., 2021). Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi metana dari MSP adalah penggunaan co-substrat MSP dengan biji pepaya (BP). Penggunaan biji pepaya germinasi dan tanpa germinasi dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan bahan organik (BO) berupa protein dan serat dari substrat biogas.

Biji pepaya dipilih karena memiliki ketersediaan yang melimpah namun pemanfaatannya kurang maksimal, serta memiliki kandungan nutrisi berupa protein kasar sebesar 21,7%; lemak kasar 22,9%; serat kasar 38,7%; dan abu 10,8% (Sugiharto et al., 2021). Perkecambahan atau germinasi merupakan kegiatan pengolahan untuk meningkatkan nilai gizi dari BP. Perkecambahan dapat meningkatkan protein dan menurunkan kandungan lemak (Sugiharto et al., 2021). Menurut (Desai et al., 2017) perkecambahan biji pepaya dapat terjadi setelah 7-9 hari penanaman. Kandungan zat antinutrisi berupa tannin dan fitat juga dapat dikurangi dengan melakukan proses perkecambahan (Sharma & Gujral, 2020).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengolahan kembali slurry keluaran digester biogas dengan substrat awal MSP dan BP tergerminasi dan tanpa germinasi sebagai substrat biogas terhadap produksi metana, reduksi bahan kering (RBK), reduksi bahan organik (RBO) dan pH slurry keluaran digester. Evaluasi ini dilakukan karena keterbatasan waktu tinggal substrat di dalam digester kontinyu, dengan demikian belum semua BO pada substrat awal bisa dicerna secara optimal sehingga slurry yang keluar diduga masih berpotensi menghasilkan gas metana.

## MATERI DAN METODE

### Desain Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-Juli 2022 di Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro Semarang. Analisis kandungan nutrisi slurry dilaksanakan di Laboratorium Produksi Ternak Potong dan Perah serta Laboratorium Ilmu Nutrisi Pakan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Materi yang digunakan berupa alat yang terdiri dari digester tipe batch dengan kapasitas 500 g sebanyak 15 buah, timbangan analitik dengan kapasitas 2.000 g dan ketelitian 0,1 g;

oven, tanur, alat pengukur gas, pipa selang, keran, freezer, refrigerator, penyumbat karet, aluminium crimp dan botol kaca. Penelitian menggunakan slurry keluaran digester kontinyu (Ilustrasi 1).

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang diterapkan terdiri dari R1 (100% MSP), R2 (95% MSP dan 5% BP non germinasi) dan R3 (95% MSP dan 5% BP germinasi). Substrat tersebut digunakan sebagai substrat pada digester kontinyu. Pelaksanaan pada penelitian menggunakan digester kontinyu, setiap harinya digester kontinyu diisi dengan substrat sebanyak 236,8 g setelah sebelumnya dikeluarkan slurry dari dalam digester kontinyu pada jumlah yang sama. Pada hari ke 40-45 atau setelah penelitian dengan digester kontinyu berjalan selama 2 kali hydraulic retention time (HRT) (dua kali lama waktu tinggal limbah di dalam digester kontinyu), slurry hasil keluaran digester kontinyu ditampung, dihomogenkan dan dimasukkan ke digester tipe batch (Gambar 1) kapasitas 500 ml sebanyak 200 g (Møller et al., 2014).



Ilustrasi 1. Digester type kontinyu (Istiadi et al., 2020).

Keterangan:

1. Digester type kontinyu
2. Sumbat karet
3. Saluran pemasukan substrat
4. Salurang penggeluaran slurry
5. Saluran pengeluarana biogas
6. Motor pengerak
7. Pengaduk
8. Selang teflon
9. Larutan NaOH 4%
10. Botol kaca volume 500 ml
11. Kran
12. Tedlar gas bag

Digester type batch ditutup menggunakan karet penyumbat dan dikunci menggunakan aluminium crimp, kemudian di flushing dengan gas nitrogen selama 2 menit yang bertujuan untuk menciptakan kondisi anaerob pada digester type batch. Tahap berikutnya, digester type batch dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 35 oC dan pengamatan produksi methana dilakukan selama 30 hari. Pengamatan produksi metana dilakukan secara berkala dan pada hari ke-30 digester type batch dibongkar, sampel slurry dikeluarkan dari dalam digester type batch dan diamati nilai pH, RBK dan RBO-nya.



Gambar 1. Digester type batch yang digunakan pada penelitian ini

### Germinasi Biji Pepaya

Pembuatan tepung BP germinasi dilakukan dengan prosedur Sugiharto et al. (2021) dengan sedikit modifikasi. Pembuatan tepung BP germinasi dilakukan melalui pengumpulan BP yang didapatkan dari pasar Mranggen, Demak. Kemudian BP dicuci hingga bersih dan dipisahkan dari kulit arinya. Biji yang sudah terpisah dari kulit arinya dimasukkan ke dalam ember yang berisi air dan dipilih biji yang tenggelam. Biji pepaya yang tenggelam kemudian direndam dengan air hangat dengan suhu awal 40°C selama 24 jam (skarifikasi). Biji kemudian ditiriskan dan ditanam menggunakan media botol yang sudah diberi lubang dan kapas basah pada bagian bawah serta diberi penutup kapas basah pada bagian atas. Setelah itu, BP dimasukkan pada plastik hitam dan digantung diluar ruangan. Perkecambaham diamati setelah 7 hari penanaman. Biji yang sudah menjadi kecambah dengan panjang 0,1-0,3 cm dipilih lalu dikeringkan. Kecambah yang sudah kering lalu dihaluskan selama 10 menit menggunakan blender merk Miyako selama 5 menit hingga menjadi tepung dan dimasukkan ke

dalam plastik zip atau toples plastik dan ditutup rapat serta disimpan di tempat yang kering.

Pembuatan tepung BP non germinasi dilakukan dengan metode yang sama namun tanpa melalui proses penanaman. Langkah penggilingan BP ini dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan saat pengisian pada digester mengingat digester biogas yang digunakan berupa digester skala laboratorium. Kandungan nutrisi BP germinasi dan non-germinasi dapat dilihat pada Tabel 1.

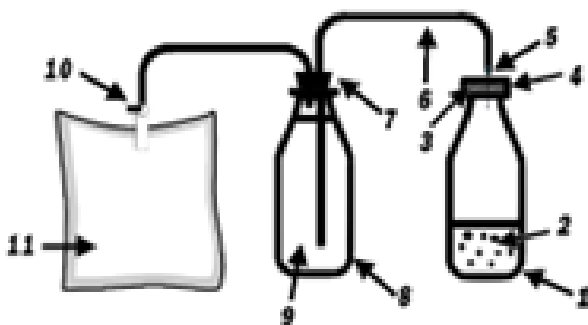
Tabel 1. Kandungan nutrisi tepung biji pepaya

Kandungan Nutrien	Tepung Biji Pepaya Non Germinasi (%)	Tepung Biji Pepaya Germinasi (%)
Protein Kasar	21,38	24,34
Lemak Kasar	23,3	21,32
Serat Kasar	37,22	39,68
Acid Detergent Fibre (ADF)	36,85	42,41
Neutral Detergent Fiber (NDF)	56,58	60,83
Lignin	5,23	6,08
Hemiselulosa	19,42	18,42
Selulosa	16,4	19,71
Bahan Kering (BK)	87,48	90,37
Bahan Organik (BO)	83,04	86,08

### Variabel Penelitian

#### Pengukuran Gas Metana

Produksi metana dari digester tipe batch diukur secara periodik dengan cara melewati biogas melalui botol infus 500 ml yang berisi larutan NaOH 4% (Merck®, cat no: 1064981000, Merck KGaA, Darmstadt, Germany) (Sutaryo et al., 2023) (Ilustrasi 2) yang berfungsi untuk menyerap CO<sub>2</sub> (Gelegenis et al., 2007).

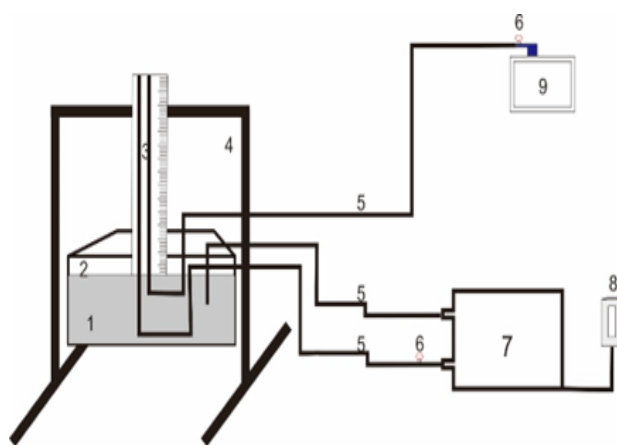


Ilustrasi 2. Proses penampungan metana pada digester tipe batch (Sutaryo et al., 2023). Syringe dihubungkan dengan digester batch hanya pada saat pengukuran produksi metana saja.

Keterangan:

1. Digester tipe batch
2. Substrat
3. Sumbat karet coklat
4. Aluminium krim
5. Hypodermic syringe
6. Selang Teflon
7. Sumbat karet hitam
8. Botol kaca 500 ml
9. Larutan NaOH 4%
10. Kran
11. Tedlar gas bag

Gas metana ditampung dengan tedlar gas bag (Hedetech-Dupont, HedeTech Co., Ltd. Xigang district, Dalian, Liaoning, China) berukuran 1 L dan diukur volumenya secara periodik dengan metode water displacement method (Ilustrasi 3) (Sutaryo et al., 2020).



Ilustrasi 3. Peralatan untuk mengukur volume metana (Sutaryo et al., 2020).

Keterangan

1. Air
2. Wadah air
3. Gelas ukur
4. Sandaran gelas ukur
5. Selang teflon
6. Kran
7. Pompa air
8. Stop kontak
9. Tedlar gas bag



### Analisis pH

Pengukuran pH slurry pada digester menggunakan digital pH meter (Ohaus® ST300 pH meter, Ohaus Corporation, Parsippany, NJ, USA). Sebelum melakukan pengujian, pH meter dikalibrasi dengan menggunakan buffer pH 7, lalu dibilas dengan aquades. Sampel slurry dimasukkan ke dalam gelas beaker 100 ml. Alat ukur pH meter dicelupkan ke dalam sampel hingga pH meter menunjukkan angka yang stabil.

### Analisis Reduksi Bahan Kering dan Bahan Organik

Reduksi bahan kering dan bahan organik dianalisis dengan cara memanaskan sampel menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 7 jam dan dilanjutkan dengan mengkeringkan sampel pada suhu 550°C selama 7 jam untuk mengetahui kadar abu (APHA, 1995). Penghitungan reduksi bahan kering dan bahan organik dihitung menurut Divyabharathi et al. (2017).

### Analisis Proksimat

Analisis protein dilakukan menurut metode Kjeldahl. Analisis lemak kasar dilakukan dengan metode Soxhlet (Shin & Park, 2015). Analisis kandungan neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) dan lignin menggunakan metode (Van Soest et al., 1991). Seluosa dihitung dari ADF dikurangi acid detergent lignin (ADL), hemiselulosa dihitung dari NDF dikurangi ADF dan ADL diasumsikan sebagai lignin (Møller et al., 2014).

### Analisis Data

Data dianalisis statistik dengan menggunakan analysis of variance (ANOVA) satu arah pada taraf signifikansi 5%. Apabila terdapat pengaruh perlakuan yang nyata ( $P < 0,05$ ) maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Produksi Metana

Data produksi metana dari slurry keluaran digester biogas ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil analisis statistik diketahui bahwa penggunaan biji pepaya sebagai substrat berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap produksi metana dalam satuan l/l volume digester. Hasil

produksi metana perlakuan R1, R2 dan R3 berturut-turut adalah 5,28; 7,19; dan 6,26 l/l volume aktif digester. Penelitian dari Sutaryo et al, (2022) mendapatkan hasil produksi metana dari slurry keluaran digester biogas dengan co-substrat awal berupa MSP dan Pistia stratiotes sebesar 3,68-4,86 l/kg substrat. Penelitian lain dari Oje-Adetule et al. (2023) yang mengevaluasi produksi metana dari slurry dengan substrat awal mahkota nanas dan MSP memberikan hasil produksi metana sebesar 76,36-95,56 l/kg BO dan 3,83-6,38 l/kg slurry.

Produksi metana yang berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) antar perlakuan pada penelitian ini disebabkan adanya peningkatan kandungan nutrisi dan kandungan BO co-substrat awal pada perlakuan R2 dan R3. Peningkatan kandungan nutrisi pada perlakuan R2 dan R3 meningkatkan produksi gas metana karena bahan organik tersebut cukup untuk memenuhi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme di dalam digester. Riau et al. (2021) menyatakan bahwa penggunaan silase jagung sebagai co-substrat dengan limbah peternakan akan menyediakan nutrient yang cukup untuk kebutuhan mikroorganisme yang dapat meningkatkan produksi metana.

Hasil produksi gas metana tertinggi pada R2 yaitu sebesar 7,17 l/l digester. Peningkatan gas metana pada perlakuan R2 diakibatkan kandungan BO substrat tersebut belum sepenuhnya bisa dimanfaatkan dengan baik oleh mikroorganisme anaerob pada digester kontinyu dan masih tertinggal pada slurry yang dihasilkan. Lebih rendahnya produksi metana pada R3 dibanding R2, disebabkan kandungan nutrisi substrat awal pada R3 lebih baik dibanding R2 sehingga mikroorganisme anaerob mempunyai kemampuan yang lebih baik dalam mencerna BO pada substrat sewaktu masih di dalam digester kontinyu dan berakibat pada kualitas dan kuantitas BO yang tertinggal pada slurry menjadi lebih rendah. Menurut Guares et al. (2021) bahwa produksi gas metana dipengaruhi oleh reduksi bahan organik dan kualitas substrat yang digunakan. Proses terbentuknya gas metana diawali dengan tahap hidrolisis yaitu penguraian senyawa polimer menjadi monomer, senyawa monomer tersebut dirombak menjadi CO<sub>2</sub>, asam lemak rantai pendek dan alkohol pada tahap asidogenesis, tahap selanjutnya adalah asetogenesis yang merupakan tahap

Tabel 2. Produksi gas metana, nilai pH, reduksi bahan kering dan reduksi bahan organik

Per-lakuan	Produksi Metana (l/l digester)	pH	Reduksi BK (%)	Reduksi BO (%)
R1	5,28	6,86	25,67	25,51
	1,11 <sup>a</sup>	0,03 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup>	0,80 <sup>a</sup>
R2	7,19	7,14	30,53	30,82
	0,95 <sup>b</sup>	0,00 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,74 <sup>b</sup>
R3	6,26	7,1	28,77	30,33
	0,67 <sup>ab</sup>	0,01 <sup>c</sup>	1,13 <sup>c</sup>	1,15 <sup>b</sup>

<sup>abc</sup> Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ( $P < 0,05$ ).

pembentukan asam asetat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>, asam asetat yang dihasilkan akan diubah menjadi gas metana pada tahap metanogenesis.

Menurut Sutaryo et al. (2022) kandungan nutrisi pada substrat yang baik kualitasnya akan dapat merangsang aktivitas mikroorganisme selama biokonversi bahan organik menjadi biogas. Faktor lain yang mempengaruhi tinggi rendahnya gas metana yang dihasilkan adalah lama waktu fermentasi atau HRT dan kandungan bahan organik pada substrat. Penggunaan HRT yang singkat berakibat pada terbatasnya waktu bagi mikroorganisme untuk mencerna BO pada substrat sehingga belum semua BO pada substrat tercerna dengan baik. Hal ini sesuai dengan pendapat Orhorhoro et al. (2016) bahwa HRT yang pendek menghasilkan produksi metana yang rendah karena kurangnya waktu bagi mikroorganisme untuk mencerna substrat.

### Nilai pH

Berdasarkan analisis statistik, didapatkan hasil perlakuan penggunaan BP sebagai co-substrat dengan MSP memberikan hasil berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) (Tabel 2) terhadap nilai pH slurry setelah difermentasi selama 30 hari. Hasil pada perlakuan R1, R2 dan R3 masing-masing 6,86; 7,14 dan 7,10. Nilai tersebut masih dalam batas normal menurut Alfa et al. (2014) yang menyatakan bahwa pH digester yang optimal adalah 6,6-7,8. Peningkatan nilai pH terjadi pada perlakuan yang diberi tepung biji pepaya non germinasi dan germinasi (R2 dan R3). Penggunaan BP yang mengandung protein tinggi sebagai co-substrat MSP dapat meningkatkan konsentrasi amonia pada slurry keluaran digester biogas. Hal tersebut terjadi karena selama proses pembentukan gas metana, terjadi proses

degradasi senyawa nitrogen terutama protein dan urea dan akan menghasilkan amonia. Apabila konsentrasi amonia yang dihasilkan meningkat hal tersebut dapat menyebabkan kenaikan nilai pH. Hal ini sesuai pendapat Yenigün & Demirel (2013) bahwa tingginya NH<sub>3</sub> yang bersifat basa dapat meningkatkan nilai pH. Nilai pH dapat mempengaruhi produksi gas metana, karena nilai pH dapat berpengaruh terhadap perkembangan mikroba anaerob yang terdapat dalam digester. Hal ini sesuai pendapat Saputra et al. (2018) bahwa pertumbuhan mikroba anaerob dipengaruhi oleh nilai pH pada substrat yang digunakan.

### Reduksi Bahan Kering

Berdasarkan Tabel 2, dapat dilihat RBK menunjukkan hasil yang berbeda nyata antar perlakuan ( $P < 0,05$ ). Nilai rata-rata RBK yaitu pada R1 25,67, R2 sebesar 30,53, dan R3 sebesar 28,77%. Reduksi bahan kering cenderung meningkat, hal ini seiring dengan peningkatan kualitas bahan kering pada substrat yang meningkat pada perlakuan R2 dan R3. Menurut Mardalena (2015) faktor yang dapat memengaruhi reduksi bahan kering yaitu ketersediaan substrat dan pengaruh suhu, semakin baiknya kualitas substrat maka bakteri dapat mencerna substrat secara lebih baik.

### Reduksi Bahan Organik

Reduksi BO yang didapatkan memberikan hasil yang berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) antar perlakuan (Tabel 2). Nilai rata-rata RBO yaitu pada R1 sebesar 25,51; R2 sebesar 30,82; dan R3 sebesar 30,33%. Nilai ini lebih rendah dari penelitian (Mahardhika et al., 2022) dimana RBO pada digester kontinu dengan substrat berupa rumput gelagah dan MSP berkisar antara 27,52-37,17%. Nilai yang lebih rendah tersebut dikarenakan pada penelitian ini menggunakan slurry yang merupakan keluaran dari digester kontinu.

Bahan organik merupakan sumber makanan bagi bakteri anaerob, semakin banyak kandungan BO yang mudah larut dalam air akan memudahkan proses konversi BO menjadi biogas (Darwin et al., 2016). Semakin tinggi RBO berpengaruh terhadap banyaknya BO yang dicerna. Rajput (2018) menyatakan bahwa semakin tinggi persentase RBO, menunjukkan semakin banyak BO yang dapat dicerna oleh bakteri, sehingga semakin tinggi pula produksi gas metana yang dihasilkan. Reduksi BO memiliki

kaitan dengan RBK karena dalam bahan kering terkandung BO. Banyaknya kadar BO yang terdapat dalam substrat dapat mengakibatkan bakteri memiliki kelebihan makanan sehingga kadar BO pada slurry akan tinggi dan dapat menyebabkan terjadinya endapan (Istiadi et al., 2020).

### KESIMPULAN

Penggunaan tepung biji pepaya non germinasi dan tepung biji pepaya germinasi sebagai co-substrat dengan manure sapi perah sebagai substrat digester kontinyu memberikan hasil produksi metana yang lebih tinggi dibanding kontrol dari slurry yang dihasilkan. Pengoptimalan hasil produksi metana dari substrat dilakukan dengan pengolahan slurry secara anaerob sebelum digunakan sebagai pupuk organik.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan pada Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro yang telah mendanai penelitian ini sesuai dengan Surat Keputusan Dekan No:41/UN7.5.5.2/HK/2022.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alfa, M. I., Adie, D. B., Igboro, S. B., Oranusi, U. S., Dahunsi, S. O., & Akali, D. M. (2014). Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. *Renewable Energy*, 63, 681–686. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.09.049>
- APHA. (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Waste Water*. American Public Health Association.
- Darwin, D., Yusmanizar, D., Ilham, M., Fazil, A., Purwanto, S., Sarbaini, S., & Dhiauddin, F. (2016). Aplikasi thermal pre-treatment limbah tanaman jagung (*Zea mays*) sebagai co-substrat pada proses anaerobik digesti untuk produksi biogas. *Jurnal Agritech*, 36, 79–88. <https://doi.org/10.22146/agritech.10687>
- Desai, A., Trivedi, A., Panchal, B., & Desai, V. (2017). Improvement of papaya seed germination by different growth regulator dan growing media under net house condition. *International Journal of Current Microbiology*, 6(9), 1–7.
- Divyabharathi, R., Angeeswaran, R., Jagadeeshkumar, K., & Pugalendhi, S. (2017). Characterization and batch anaerobic digestion study of banana wastes. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 2307–2315. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.331>
- Gelegenis, J., Georgakakis, D., Angelidaki, I., & Mavris, V. (2007). Optimization of biogas production by co-digesting whey with diluted poultry manure. *Renewable Energy*, 32(13), 2147–2160. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2006.11.015>
- Guares, S., A., Lima, J., D., & Oliveira, G., A. (2021). Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electrical energy and biofertilizer. *Biomass and Bioenergy*, 150, 106–107. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106107>
- Istiadi, M., Sutaryo, S., Purnomoadi, A., Soedarto, J., & Tengah, J. (2020). The effect of co-substrat tapioca industry by-product and dairy cow feces on pH value, methane production and volatile solid reduction. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 8(2), 53–59. <http://dx.doi.org/10.23960/jipt.v8i2.p53-59>
- Khusna, A., Rahayu, N. S., Utami, W. S., & Lusi, N. (2017). IbM Pemanfaatan teknologi tepat guna pembuatan briket limbah kotoran ternak ruminansia. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 35–38. <https://doi.org/10.25047/j-dinamika.v2i1.450>
- Li, Y., Zhao, J., Krooneman, J., & Euverink, G. J. W. (2021). Strategies to boost anaerobic digestion performance of cow manure: Laboratory achievements and their full-scale application potential. *Science of the Total Environment*, 755(1), 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142940>
- Mahardhika, E. A., Hikmah, V. M., Sutaryo, S., & Purnomoadi, A. (2022). The effect anaerobic co-digestion Kans grass (*Saccharum spontaneum*) and dairy cow manure on biogas digester performance. *Cellulose*, 27, 13–94.
- Mardalena, M. (2015). Evaluasi serbuk kulit nenas sebagai sumber antioksidan dalam ransum kambing perah peranakan etawah secara in-vitro. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 8(1), 14–21. <https://doi.org/10.22437/jiip.v18i1.2654>
- Møller, H. B., Moset, V., Brask, M., Weisbjerg M. R., & Lund P. (2014). Feces composition and manure derived metanae yield

- from dairy cows: influence of diet with focus on fat supplement and roughage type. *Atmospheric Environment*, 94, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.05.009>
- Muanah, M., Karyanik, K., Muliatiningsih, M., Suwati, S., & Dewi, E. S. (2019). Pembuatan pupuk organik padat dari ampas biogas (bio-slurry) kotoran sapi di Desa Peresak Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 3(1), 139–143. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v3i1.1295>
- Mustikaningrum, D., Kristiawan, K., & Suprayitno, S. (2021). Emisi gas rumah kaca sektor pertanian di Kabupaten Tuban: inventarisasi dan potensi aksi mitigasi. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 9(2), 155–171. <https://doi.org/10.14710/jwl.9.2.155-171>
- Noorollahi, Y., Kheirrouz, M., Farabi-Asl, H., Yousefi, H., & Hajinezhad, A. (2015). Biogas production potential from livestock manure in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 748–754. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.190>
- Oje-Adetule, B. T., Sutaryo, S., Pratama, D. W., & Purnomoadi, A. (2023). Babatope. *Livestock Research for Rural Development*, 35(1), 1–11.
- Orhorhoro, O. W., Orhorhoro, E. K., & Ebunilo, P. O. (2016). Analysis of the effect of Carbon/Nitrogen (C/N) ratio on the performance of biogas yields for non-uniform multiple feed stock availability and composition in Nigeria. *IJISSET-International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 3(5), 119–126. [www.ijiset.com](http://www.ijiset.com)
- Saputra, A. A. & V. C. (2018). Effect of thermal pretreatment on chemical composition, physical structure dan biogas production kinetics of wheat straw. *J. Environ. Manage*, 221, 45–52. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.011>
- Riau, V., Burgos, L., Camps, F., Domingo, F., Torrellas, M., Antón, A., & Bonmatí, A. (2021). Closing nutrient loops in a maize rotation. Catch crops to reduce nutrient leaching and increase biogas production by anaerobic co-digestion with dairy manure. *Waste Management*, 126, 719–727. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.04.006>
- Saputra, F., Sutaryo, S., & Purnomoadi, A. (2018). Pemanfaatan limbah padat industri tahu sebagai co-subtrat untuk produksi biogas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7, 117–121.
- Sharma, B., & Gujral, H. S. (2020). Modifying the dough mixing behavior, protein & starch digestibility and antinutritional profile of minor millets by sprouting. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153, 962–970.
- Shin, J. M., & Park, S. K. (2015). Comparison of fat determination methods depending on fat definition in bakery products. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 972–977. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.04.011>
- Sugiharto, S., Pratama, A. R., & Yudiarti, T. (2021). Growth performance of broiler chickens fed on sprouted-papaya seed based diets. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 9(1), 62–64. <https://doi.org/10.1080/23144599.2021.1992960>
- Sutaryo, S., Sempana, A. N., Mulya, R. M., Sulistyanningrum, D., Ali, M. S., Damarjati, R. I., Purbowati, E., Adiwinarti, R., & Purnomoadi, A. (2022). Methane production of pistia stratiotes as a single substrate and as a co-substrate with dairy cow manure. *Fermentation*, 8(12), 1–9. <https://doi.org/10.3390/fermentation8120736>
- Sutaryo, S., Sempana, A. N., Prayoga, I., Chaniaji, F. G., Dwitama, S. D., Sugandi, N. F., Purnomoadi, A., & Ward, A. J. (2023). Increased methane yield from dairy cow manure by co-substrate with *Salvinia molesta*. *Asia-Pacific Journal of Science and Technology*, 32(2007), 2147–2160. <https://www.tci-thaijo.org/index.php/APST/index>
- Sutaryo, S., Sempana, A. N., S. Lestari, C. M., & Ward, A. J. (2020). Performance comparison of single and two-phase biogas digesters treating dairy cattle manure at tropical ambient temperature. *Tropical Animal Science Journal*, 43(4), 354–359. <https://doi.org/10.5398/tasj.2020.43.4.354>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wahyudi, A., & Hendraningsih, L. (2020). Biogas fermentasi limbah peternakan. UMM Press.
- Widhiyanuriyawan, D., & Hamidi, N. (2013). Variasi temperatur pemanasan zeolite alam-NaOH untuk pemurnian biogas. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6, 1–94.
- Widhowati, D., & B. E. Y. (2014). Analisis usaha



pembuatan pupuk organik cair dengan bahan baku urin sapi perah. VITEK: Bidang Kedokteran Hewan, 4, 1-13.

Yenigün, O., & Demirel, B. (2013). Ammonia inhibition in anaerobic digestion: A review. In *Process Biochemistry* (Vol. 48, Issues 5-6, pp. 901-911). <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.04.012>