Terbit *online* pada laman web jurnal : http://inomet.ft.unand.ac.id

INoMeT: Jurnal Inovasi Rekayasa Mekanikal dan Termal

| ISSN (Online) 3025-2598 |

Artikel Penelitian

Uji Potensi Biogas Campuran Limbah Kol dan Sawi Putih

Iskandar Ridwan [a], Endri Yani [a], Eldy Naufal Lubis [a], Zulkifli Amin [a]

[a] Universitas Andalas, Padang,25166, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:
Diterima Redaksi: 09 Desember 2024
Revisi Akhir: 23 Desember 2024
Diterbitkan *Online*: 30 Desember 2024

KATA KUNCI

Biogas
Digester
Starter
Limbah Kol
Sawi Putih

KORESPONDENSI

E-mail: endriyani@eng.unand.ac.id

A B S T R A C T

Cabbage and chicory are vegetables with relatively high water content, making them prone to rapid decay. Decayed cabbage and chicory are usually left to accumulate as waste or processed into compost. However, the management of this waste is still not optimal.

This study explores the potential of cabbage and chicory waste as biogas producers. The cabbage and chicory waste are ground and mixed with cow dung and EM4 as a starter. Five different mass variations of cabbage and chicory were chosen: 100% cabbage, 25% cabbage and 75% chicory, 50% cabbage and 50% chicory, 75% cabbage and 25% chicory, and 100% chicory. The mass of the starter was kept constant, with 2.5 kg of cow dung and 300 ml of EM4.

The study results show that the digester with a 50% cabbage and 50% chicory mass variation produced the highest biogas volume, 6.565 liters, during the 30-day testing period.

1. PENDAHULUAN

Kol dan sawi putih merupakan tanaman hasil pertanian yang sejenis. Kol adalah sayuran yang memiliki struktur daun yang menutupi daun yang lainnya sehingga membentuk krop, dengan kandungan air yang cukup tinggi yaitu besar dari 90% [1]. Sama halnya dengan kol, struktur daun sawi putih juga membentuk krop dengan kadar air sebesar 94,5% [2]. Karena kandungan air pada kol dan sawi putih yang tinggi, menyebabkan kedua sayuran ini mudah mengalami pembusukan, sehingga menjadi limbah yang menumpuk.

Saat ini, limbah kol dan sawi putih masih belum dikelola dengan baik. Pengolahan limbah kol dan sawi putih biasanya untuk pembuatan pupuk kompos. Namun pengolahannya masih belum optimal. Berdasarkan karakteristik kol dan sawi putih yang mudah membusuk, maka campuran kedua limbah organik ini sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan utama dalam pembuatan biogas.

Penelitian untuk melihat potensi biogas pada limbah pertanian telah pernah dilakukan oleh beberapa orang peneliti. Penelitian untuk mengetahui potensi produksi biogas dari bahan baku kol, bayam dan kangkung dalam *biodigester anaerob* dilakukan oleh Daniel Anshelmus [3]. Pada penelitiannya, Daniel Anshelmus menyimpulkan bahwa kol dapat menghasilkan biogas, namun biogas yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan bayam. Marcelino juga melakukan penelitian tentang

https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.41-46.2024
Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved

potensi biogas dari beberapa jenis sawi yaitu sawi hijau, sawi putih dan sawi daging [4]. Hasil penelitiannya menunjukkkan bahwa ketiga jenis sawi dapat menghasilkan biogas. Penelitian mengenai limbah kulit pisang (*musa paradisiaca*) untuk menghasilkan biogas dengan menggunakan kotoran sapi dan EM4 (*Effective Microorganism 4*) sebagai *starter* dilakukan oleh Fikri Hamdani [5]. Fikri menyimpulkan bahwa kulit pisang tidak mempunyai potensi untuk menghasilkan biogas. EM4 juga digunakan sebagai starter pada penelitian potensi limbah kulit kakao sebagai penghasil biogas, dimana penelitian ini dilakukan oleh Rafben Defli Andika [6]. Hasilnya menunjukkan bahwa EM4 berpengaruh terhadap produksi biogas.

Kotoran sapi dapat menjadi starter alami dalam produksi biogas karena kotoran sapi mengandung gas metana yang dapat mempengaruhi proses produksi biogas. EM4 merupakan bakteri fermentasi bahan organik yang terbuat dari hasil seleksi alami mikroorganisme fermentsi dan sintetik di dalam tanah yang dikemas dalam medium cair, yang dapat juga digunakan sebagai starter penghasil biogas.

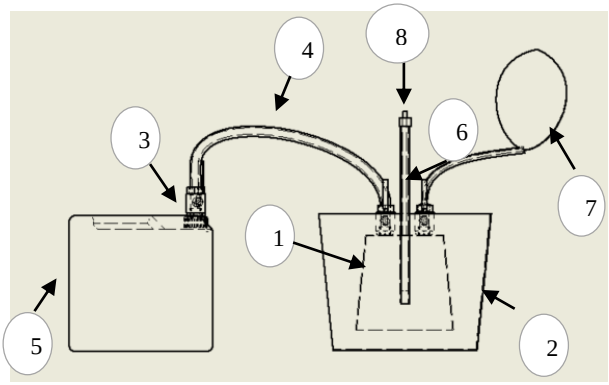
Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi limbah kol dan sawi putih dalam menghasilkan biogas dengan campuran kotoran sapi dan EM4. Parameter yang ingin diamati pada penelitian ini adalah volume, komposisi, dan kualitas biogas yang terbentuk.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilihat potensi limbah kol dan sawi putih dalam menghasilkan biogas. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan massa limbah kol dan sawi putih. Kotoran sapi dan EM4 ditambahkan sebagai starter.

Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui rasio C/N dan kandungan air pada kol dan sawi putih. Kemudian limbah kol dan sawi putih diuji sebagai bahan utama penghasil biogas dengan menambahkan kotoran sapi dan EM4 dengan variasi massa isian.

Pengujian biogas ini harus memperhatikan beberapa aspek seperti, pemilihan bahan, pemasangan rangkaian alat pengujian, serta pengkondisian digester. Digester yang digunakan dalam penelitian ini adalah digester terapung (*floating drum*) yang dimodifikasi dalam skala laboratorium.



Gambar 1. Rangkaian Digester Terapung

Digester yang digunakan pada penelitian ini ada 5 unit, sesuai dengan variasi massa limbah kol dan sawi putih yang ditentukan. Rangkaian digester terapung dapat dilihat pada Gambar 1.

Keterangan gambar:

1. Ember plastik berukutan 8 liter digunakan sebagai digester terapung
2. Ember plastik ukuran 20 liter sebagai alat penunjang *storage*.
3. Kran penghubung rangkaian untuk mengisolasi kebocoran saluran gas.
4. Selang HDPE penyalur gas.
5. Drum PVC 20 liter sebagai digester.
6. Pipa aluminium yang dipasang pada wadah penampung gas
7. Balon penampung sebagai *storage* tambahan ketika gas yang dihasilkan melebihi kapasitas digester terapung.
8. *Aluminium stand* sebagai penahan posisi indikator agar tetap stabil dan menjaga akurasi saat pengukuran level kenaikan volume gas.

Limbah kol dan limbah sawi putih sebagai bahan utama biogas dicacah hingga halus. Bahan isian pada digester uji menggunakan campuran limbah kol dan sawi putih, kotoran sapi, EM4, air, dan batu kapur dengan variasi massa disetiap digester. Ada 5 variasi bahan isian digester biogas yang digunakan dalam proses produksi biogas. Perbedaan kelima

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.41-46.2024

variasi terletak pada perbedaan massa limbah kol dan limbah sawi putih yang digunakan pada setiap digester, sementara massa kotoran sapi dan EM4 yang berfungsi sebagai bahan tambahan dan katalisator berjumlah tetap. Massa total bahan utama yang digunakan adalah 5 kg dengan variasi massa yang digunakan adalah 100% limbah kol, 75% limbah kol dan 25% sawi putih, 50% limbah kol dan 50% sawi putih, 25% limbah kol dan 75% limbah sawi putih, dan 100% limbah sawi putih. Massa bahan campuran yang digunakan sama untuk setiap digester yaitu 2,5 kg kotoran sapi dan 300 ml EM4. Pada hasil pengujian (gambar 2 – 5), variasi massa pengujian pada masing-masing digester disingkat dengan D100K untuk digester dengan variasi massa 100% limbah kol, D75K25SP untuk variasi massa 75% limbah kol dan 25% sawi putih, D50K50SP untuk variasi massa 50% limbah kol dan 50% sawi putih, D25K75SP untuk variasi massa 25% limbah kol dan 75% limbah sawi putih, dan D100SP untuk variasi massa 100% limbah sawi putih.

Setelah bahan isian siap, maka semua bahan dimasukkan ke dalam digester. Jika gas telah terbentuk, maka posisi *floating drum* pada tabung pengumpul akan bergerak naik. Gas yang terbentuk tersebut masih bercampur dengan udara sehingga gas mudah meledak apabila langsung digunakan. Gas yang dihasilkan 4 hari pertama harus dibuang terlebih dahulu dengan menutup kran pengeluaran gas lalu membuka selang pada kran pengeluaran gas pengumpul. Setelah gas pertama habis dengan kembalinya posisi *floating drum* ke posisi semula, selang gas pengumpul dipasang kembali. Selama proses pembentukan biogas, isian digester perlu diaduk dengan cara menggoyangkan digester sehingga bahan isian tercampur kembali agar proses dekomposisi terjadi secara optimal dan untuk menghindari terbentuknya endapan.

Pengujian yang pertama dilakukan adalah pengujian untuk mengetahui rasio C/N, yang bertujuan untuk mengetahui rasio karbon dan nitrogen pada limbah kol, limbah sawi putih, kotoran sapi, dan EM4. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Buangan Padat Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Uji rasio C/N dilakukan dengan menggunakan persamaan 1.

$$\text{C/N} = \frac{X1X2+Y1Y2+Z1Z2}{X2+Y2+Z2} \quad (1)$$

Selanjutnya dilakukan pengujian kadar kering. Kadar kering dapat diketahui dengan menghitung kadar air dari bahan baku yang akan digunakan. Pengujian ini juga dilakukan di Laboratorium Buangan Padat Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Kadar kering dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2 dan 3.

$$\%\ \text{kadar kering} = 100\% - \%\ \text{kadar air} \quad (2)$$

$$\%\ \text{kadar air} = \frac{massa\ sampel\ yang\ hilang\ (105°C)}{massa\ sampel\ awal}\ x\ 100\% \quad (3)$$

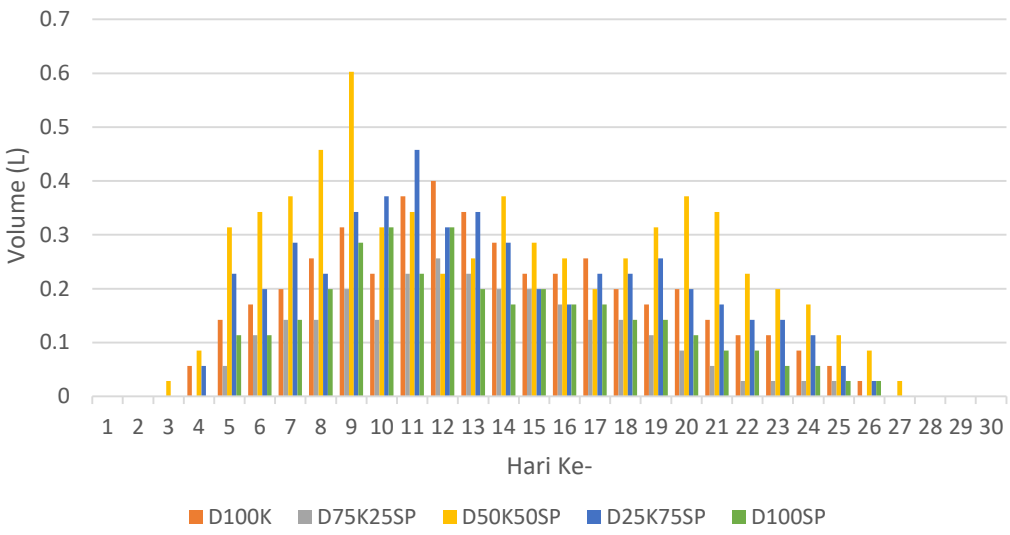
Beberapa parameter yang diamati pada penelitian ini adalah:

1) Volume
   Volume gas dari awal hingga akhir proses pengujiann diamati dengan melihat kenaikan *floating drum* yang dilakukan setiap hari selama 30 hari.
2) Komposisi
   Biogas yang telah dihasilkan akan diuji untuk melihat komposisinya. Pengujian dilakukan pada hari ke-30.
3) Warna Api
   Warna api dilihat dengan melakukan uji nyala. Uji nyala dilakukan untuk mengetahui kualitas gas yang dihasilkan dengan cara menyulut gas dengan api.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Produksi Harian Biogas

Produksi harian biogas adalah jumlah gas yang terbentuk setiap harinya yang dapat diukur melalui ketinggian *floating drum*. Volume gas yang terbentuk selama pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Produksi Harian Biogas

Berdasarkan Gambar 2, hari pertama dan kedua belum terlihat adanya produksi gas pada semua digester uji. Biogas baru mulai terbentuk pada hari ketiga pada digester 50% kol & 50% sawi putih. Hal ini dikarenakan variasi campuran 50% kol & 50% sawi putih ditambah campuran starter kotoran sapi dan EM4 mengalami dekomposisi lebih cepat dibandingkan dengan digester lain. Digester yang lain mulai berproduksi pada hari berikutnya yaitu hari keempat.

Volume gas pada setiap digester berbeda setiap harinya. Dari grafik dapat dilihat bahwa produksi gas optimum terjadi pada digester uji 50% kol & 50% sawi putih dengan volume gas 0,603 L pada hari ke-9. Sementara untuk variasi massa yang lain, produksi gas optimum terjadi pada hari yang berbeda dengan volume gas yang berbeda pula. Perbedaan produksi gas tiap digester disebabkan karena variasi campuran bahan utama yang dicampurkan dengan co-substrat kotoran sapi dan EM4. Proses pembusukan tiap variasi campuran akan berbeda seiring dengan perbedaan massa setiap variasi substrat.

Pada penelitian ini, rasio C/N tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan produksi gas harian karena rasio C/N masing-masing digester nilainya hampir sama yaitu pada digester 100% kol memiliki nilai rasio C/N 19,9, digester 75% kol & 25% sawi putih memiliki nilai rasio C/N 19,86, digester 50% kol & 50% sawi putih memiliki nilai rasio C/N 19,8, digester 25% kol & 75% sawi putih memiliki nilai rasio C/N 19,74, dan digester 100% sawi putih memiliki nilai rasio C/N 19,69.

Sesuai dengan awal produksi gas yang berbeda, maka proses berakhirnya produksi gas setiap digester juga berbeda. Proses produksi gas terakhir terjadi pada hari ke-27 yaitu pada digester 100% kol. Berakhirnya proses pembentukan gas menandakan bahwa campuran substrat berupa limbah kol dan limbah sawi putih serta penambahan cosubstrat berupa kotoran sapi dan EM4 sudah tidak mengalami reaksi kimia lagi.

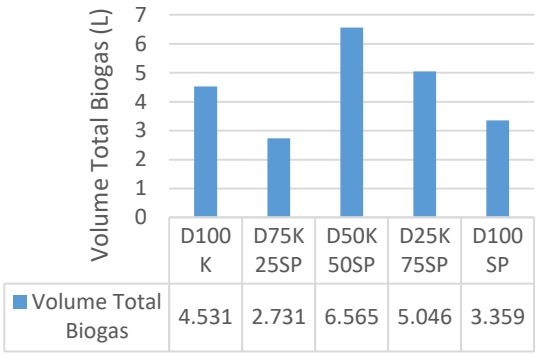
Rata-rata produksi biogas harian yang paling tinggi dihasilkan oleh digester dengan variasi bahan utama 50% kol & 50% sawi dengan produksi gas rata-rata sebesar 0,219 l/hari. Sementara rata-rata produksi biogas harian pada digester 100% kol adalah 0,153 l/hari, digester 75% kol & 25% sawi adalah 0,09 l/hari, digester 25% kol & 75% sawi adalah 0,168 l/hari, dan digester 100% sawi adalah 0,112 l/hari.

3.2. Volume Total Gas yang Dihasilkan

Proses pembentukan gas terjadi akibat adanya fermentasi campuran antara kol dan sawi sebagai substrat dan kotoran sapi dan EM4 sebagai co substrat. Gas tersebut diukur menggunakan *floating drum* yang dapat dilihat kenaikannya setiap hari

 https://doi.org/10.25077/inomet.2.2.41-46.2024

pada waktu tertentu dengan selang waktu 24 jam selama 30 hari. Hasil akhir total gas yang diproduksi selama 30 hari akan menjadi indikator pengaruh variasi massa substrat, yaitu kol dan sawi, terhadap volume total biogas yang dibentuk. Volume total dari masing-masing variasi substrat dapat dilihat pada Gambar 3.



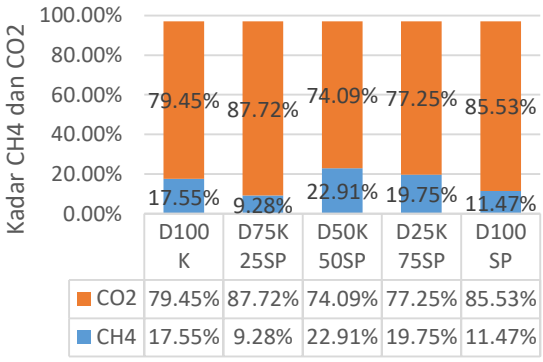
Gambar 3. Grafik Volume Total Biogas

Volume total biogas pada setiap digester uji memiliki nilai yang berbeda-beda. Jumlah volume total yang terbentuk menandakan bahwa proses fermentasi pada masing-masing digester berjalan dengan baik. Perbedaan yang terjadi diakibatkan perbedaan variasi massa substrat setiap digester, yaitu variasi massa kol dan sawi.

Volume total biogas yang tertinggi di produksi oleh digester dengan variasi substrat 50% kol dan 50% sawi. Hal ini terjadi dikarenakan campuran 50% kol dan 50% sawi ditambah co-substrat kotoran sapi dan EM4 terfermentasi dengan baik sehingga gas yang dihasilkan paling banyak dibandingkan digester lain.

3.3 Pengujian Komposisi Biogas

Uji komposisi biogas dilakukan terhadap gas yang telah di produksi selama 30 hari pada masing-masing digester uji. Pengujian komposisi biogas bertujuan untuk mengetahui kadar CH_4(metana) dan CO_2 yang terkandung pada biogas. Pengujian komposisi biogas dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer yang berada di Laboratorium Air, Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Andalas. Pengujian dilakukan dengan menguji gas yang telah di produksi masing-masing digester dengan mengabsorbsi menggunakan cairan absorban, yaitu alkohol 96% sebanyak 50 ml. Hasil pengujian komposisi biogas dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kadar CH_4 dan CO_2

Berdasarkan Gambar 4 kadar CH_4 (metana) yang paling tinggi terdapat pada digester uji dengan variasi massa substrat 50% kol dan 50% sawi putih dengan nilai 22,91%, dan kadar CH4 yang paling rendah terdapat pada digester uji dengan variasi massa substrat 75% kol dan 25% sawi putih dengan nilai 9,28%.

3.4 Pengujian Nyala Api

Pengujian nyala api dilakukan pada setiap digester uji untuk menguji kualitas api, dengan melihat warna api yang dihasilkan ketika gas masing-masing digester disulut dengan api. Warna api masing-masing digester yang telah disulut dengan api dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian Nyala Api pada Masing-masing Digester

Pada saat dilakukan pengujian nyala api, api tidak langsung menyala dengan sempurna ketika gas di sulut dengan sumber api. Namun ketika api didekatkan dengan katup keluar gas, maka nyala api akan semakin besar dan ketika sumber api dijauhkan, maka nyala api akan meredup. Hal ini terjadi karena kadar gas metana (CH_4) yang terkandung pada setiap digester masih tergolong kecil dibandingkan kadar gas metana ideal yang terkandung pada biogas komersial yaitu 55-65% sehingga dapat menghasilkan warna nyala api yang ideal yaitu biru.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa digester yang berisi substrat 75% kol & 25% sawi putih, dan digester yang berisi 100% sawi putih memiliki nyala api yang berwarna merah. Sedangkan 3 digester yang lain memiliki nyala api yang berwarna biru kemerahan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Limbah kol dan limbah sawi putih yang dicampurkan dengan kotoran sapi dan EM4 sebagai starter berpotensi menghasilkan biogas. Y_1 Variasi massa 50% limbah kol dan 50% limbah sawi putih memiliki potensi yang lebih besar untuk diolah menjadi biogas dibandingkan dengan variasi massa yang lain.
2. Variasi massa antara limbah kol dan limbah sawi putih mempengaruhi produksi biogas.
3. Kadar gas metana (CH_4) yang terkandung dalam masing-masing digester bervariasi sesuai dengan variasi massa masing-masing digester
4. Pengujian nyala api memperlihatkan nyala api yang berwarna merah dan biru kemerahan, sesuai dengan kadar gas metana yang terkandung dalam digester.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. Moreb, A. Murphy, et al, *Cabbage*. INC, 2020. doi: 10.1016/B978-0-12-812780-3.00003-9.

[2] J. Perović *et al.*, "Chicory (Cichorium intybus L.) as a food ingredient – Nutritional composition, bioactivity, safety, and health claims: A review," *Food Chem.*, vol. 336, February 2020, pp. 127676, 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127676.

[3] Anshelmus, D, "Produksi dan Karakteristik Biogas dari Bahan Baku Kol Bayam dan Kangkung dalam Biodigester Anaerob," Universitas Islam Riau, vol. 10, pp. 6, 2021.

[4] M. A.S., V. M.S, and Dwi Ana Anggorowati, "Karakteristik Produk Biogas Dari Berbagai Jenis Limbah Sayur Sawi," vol. 03, no. 02, pp. 30–36, 2022.

[5] F. Hamdani, "Uji Eksperimental Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca*) Sebagai Starter Feses Sapi Dan EM4," 2021.

[6] R. D. Andika, "Potensi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma Cacao*) Sebagai bahan Penghasilkan Biogas mengggunakan Starter *Effective Microorganisme* (EM4)," 2017.

NOMENKLATUR

C/N	nilai rasio C/N yang diinginkan
X_1	nilai rasio C/N limbah kol
X_2	massa limbah kol yang digunakan (g)
Y_1	nilai rasio C/N limbah sawi putih
Y_2	massa sawi putih yang digunakan (g)
Z_1	nilai rasio C/N EM4
Z_2	massa EM4 yang digunakan (g)