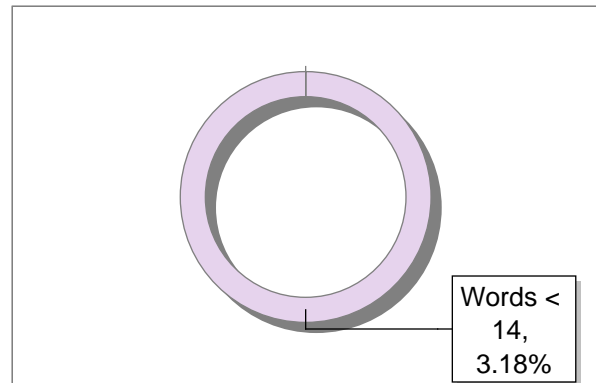
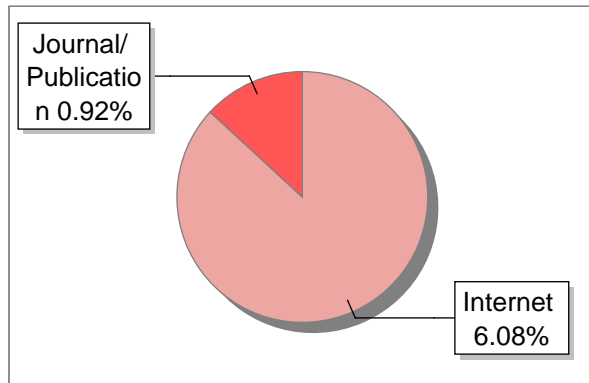
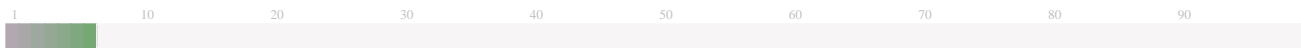


Submission Information

Author Name	Totok Eka Suharto
Title	Artikel-Biogas-Adi-dkk-ATJ
Paper/Submission ID	1544971
Submitted by	tunggal.pribadi@staff.uad.ac.id
Submission Date	2024-03-19 07:54:34
Total Pages	9
Document type	Article

Result Information

Similarity **7 %**



Exclude Information

Quotes	Excluded
References/Bibliography	Excluded
Sources: Less than 14 Words %	Not Excluded
Excluded Source	0 %
Excluded Phrases	Not Excluded

Database Selection

Language	Non-English
Student Papers	Yes
Journals & publishers	Yes
Internet or Web	Yes
Institution Repository	Yes

A Unique QR Code use to View/Download/Share Pdf File



DrillBit Similarity Report

7

SIMILARITY %

11

MATCHED SOURCES

A

GRADE

A-Satisfactory (0-10%)**B-Upgrade (11-40%)****C-Poor (41-60%)****D-Unacceptable (61-100%)**

LOCATION	MATCHED DOMAIN	%	SOURCE TYPE
1	www.mdpi.com	3	Internet Data
2	jurnal.radenfatah.ac.id	1	Internet Data
3	adoc.pub	1	Internet Data
4	docplayer.net	<1	Internet Data
5	adoc.pub	<1	Internet Data
6	coek.info	<1	Internet Data
7	adoc.pub	<1	Internet Data
8	adoc.pub	<1	Internet Data
9	media.unpad.ac.id	<1	Publication
10	repository.unair.ac.id	<1	Publication
11	www.dx.doi.org	<1	Publication



AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN : 2599-0799 (print) ISSN : 2598-9480 (online)

Accredited SINTA 3: No.225/E/KPT/2022

**PENGARUH PRETREATMENT BAHAN KIMA DAN BIOLOGI
TERHADAP AKUMULASI VOLUME BIOGAS DARI LIMBAH
MAKANAN**

*The Effect of Chemical and Biological Pretreatment on the Accumulation of Biogas Volume
from Food Waste*

Adi Permadi¹, Ibdal Satar², Totok Eka Suharto³, Aulia Nur Rahma³, Ahmad Fatwa Zufar³,
Abdul Aziz³

¹Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad
Dahlan, Jalan Ringroad Selaatan, Kragilan, Bantul, DIY, 555191

²Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan,
Jalan Ringroad Selaatan, Kragilan, Bantul, DIY, 555191

³Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Jalan
Ringroad Selaatan, Kragilan, Bantul, DIY, 555191

*E-mail: adi.permadi@che.uad.ac.id

Info artikel: Diterima 03 Desember 2022, Direvisi 10 Februari 2023, Disetujui 05 maret 2023

ABSTRACT

In daily activities can produce garbage commonly called household waste. Food waste is included in household waste that has an impact on the environment. Household food waste has the potential to release methane gas into the environment causing damage to the earth's ozone layer because it includes greenhouse gases that can cause climate change. The increasing impact of food waste requires serious efforts to deal with the processing of household food waste. One of the efforts to overcome this is to mix household waste with cow dung to make biogas. In addition, it is also an effort to reduce fossil energy sources with renewable energy sources from biogas. This study aims to knowing the influence of chemical pretreatment (Ethanol, NaOH, and HCl) and Biology (EM-4 enzyme) at concentrations of 8%, 10% and 12% on the accumulation of biogas from food waste (rice and vegetables) produced for 30 days. While the pre-treatment results using chemicals (ethanol, HCl and NaOH) and biological materials (EM-4 enzymes) at concentrations of 8%, 10% and 12% provide a larger volume of biogas accumulation for 30 days, compared to raw materials. biogas that does not get pre-treatment. From this study, the pretreatment of biogas raw materials using 10% NaOH provided the highest accumulation of biogas volume (70 ml) in 30 days compared to other pretreatments.

Keywords: Volume accumulation of biogas, food waste, chemical and biological pretreatment.

ABSTRAK

Dalam aktivitas sehari-hari dapat menghasilkan sampah yang biasa disebut sampah rumah tangga. *Food waste* termasuk dalam limbah rumah tangga yang berdampak pada lingkungan. Limbah makanan rumah tangga berpotensi melepaskan gas metana ke lingkungan yang menyebabkan kerusakan lapisan ozon bumi karena termasuk gas rumah kaca yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Meningkatnya dampak limbah makanan membutuhkan upaya serius untuk menangani pengolahan limbah makanan rumah tangga. Salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan mencampurkan limbah rumah tangga dengan kotoran sapi untuk membuat biogas. Selain itu juga sebagai upaya pengurangan sumber energi fosil dengan sumber energi terbarukan dari biogas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *pretreatment* kimia (Ethanol, NaOH, dan HCl) dan Biologi (enzim EM-4) pada konsentrasi 8%, 10% dan 12% terhadap akumulasi biogas dari sisa makanan (padi dan sayuran) yang dihasilkan selama 30 hari.. Sedangkan hasil pre-treatment menggunakan bahan kimia (etanol, HCl dan NaOH) dan bahan biologis (enzim EM-4) pada konsentrasi 8%, 10% dan 12% memberikan volume akumulasi biogas yang lebih besar selama 30 hari, dibandingkan dengan bahan baku biogas yang tidak mendapatkan pre-treatment. Dari penelitian ini, *pretreatment* bahan baku biogas menggunakan NaOH 10% memberikan akumulasi volume biogas (70 ml) tertinggi dalam 30 hari dibandingkan *pretreatment* lainnya.

Kata kunci: Akumulasi volume biogas, sisa makanan, *pretreatment* kimia dan biologis.

PENDAHULUAN

Energi memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Selain itu, hampir setiap aktivitas manusia saat ini sangat bergantung pada energi. Penggunaan energi tak terbarukan yang berlebihan dapat menimbulkan masalah krisis energi (Riyanta et al., 2017). Penggunaan sumber energi seperti bahan bakar dari bahan baku fosil merupakan bahan bakar yang tidak mudah didaur ulang dan membutuhkan proses yang lama untuk membuat bahan bakar tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya sumber energi alternatif baru yang terbarukan (Ukpai & Nnabuchi, 2012). Salah satu teknologi energi yang memenuhi persyaratan tersebut adalah teknologi biogas.

Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang banyak dikembangkan oleh para ilmuwan. Biogas dapat menggunakan

banyak substrat sebagai bahan baku dan dapat diterapkan secara universal (Mirmohamadsadeghi et al., 2021). Biogas terdiri dari metana (45-70%), karbon dioksida (24-40%), dan komponen lain seperti: nitrogen, oksigen, hidrogen, dan hidrogen sulfida dalam jumlah yang kecil (Shirzad et al., 2019). Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memproduksi biogas, yaitu kandungan limbah dan ketersediaannya yang mudah didapat.

Salah satu limbah yang berpotensi untuk dijadikan biogas adalah limbah industri makanan yang berasal dari proses pengolahan limbah. Limbah yang dihasilkan adalah limbah organik berasal dari sayuran, biji-bijian, daging, tepung, saus, kecap, bumbu, rempah-rempah (Dewi et al., 2019). Limbah makanan direkomendasikan sebagai bahan baku untuk *anaerobic digestion*

karena berpotensi menghasilkan metana yang tinggi (Zhang et al., 2013). Kandungan limbah makanan sebesar 7-31% TS diperkirakan menghasilkan 0,44-0,48 m³ CH₄/kg VS. Kandungan makromolekul dan berbagai unsur organik dalam limbah makanan cocok untuk pertumbuhan mikroorganisme *anaerobic* (Zhang et al., 2014). Pada penelitian ini menggunakan proses *Anaerobic digestion*.

Anaerobic digestion adalah teknologi untuk mengubah sampah organik menjadi biogas (Hagos et al., 2017). *Anaerobic digestion* adalah proses biologis tanpa adanya oksigen yang membantu mikroorganisme untuk memecah senyawa organik kompleks menjadi metana (50-80%) dan karbon dioksida (30-50%) (Lora Grando et al., 2017). Proses *Anaerobic digestion* terdiri dari beberapa tahapan yaitu, hidrolisis, asidogenesis, actogenesis dan metanogenesis. Laju produksi biogas tergantung pada rasio bahan baku terhadap inokulum (F/I), suhu, pH, rasio karbon-nitrogen (C/N), total padatan (TS), dan cairan volatil (Shitophyta et al., 2017).

Bahan baku untuk produksi biogas mungkin mengandung bahan yang tidak dapat terurai, sulit terurai, dan senyawa penghambat. Oleh karena itu, perlu adanya pretreatment atau inovasi lainnya untuk memfasilitasi penguraian secara biologis (Patinvoh et al., 2017). Proses pretreatment yang dapat diterapkan dalam meningkatkan produksi biogas dapat dikelompokkan menjadi perlakuan mekanis,

termal, kimiawi, dan biologis. Pretreatment gabungan melibatkan penggunaan lebih dari satu metode pretreatment dan beberapa penelitian melaporkan kombinasi pretreatment fisik (mekanik, termal) dengan bahan kimia (asam, alkali, ozon) memberikan hasil yang menarik (Salihu et al., 2016).

Shah et al (2018) telah mempelajari pengaruh reagen kimia seperti NaOH, KOH, dan Ca(OH)₂ pada berbagai konsentrasi untuk menghilangkan lignin dari substrat berbagai limbah pertanian. Hasil yang diperoleh menunjukkan penghilangan lignin dari biomassa limbah pertanian mengalami peningkatan sebanding dengan kenaikan konsentrasi reagen alkali. Namun pada penggunaan konsentrasi alkali yang tinggi dilaporkan memberikan efek negative pada hasil biogas bersih. Secara umum perolehan akumulasi biogas yang menggunakan treatment kimia diperoleh 2 kali lebih tinggi dari yang tidak menggunakan treatment kimia. Hasil yang optimal ditunjukkan pada perlakuan 2 % KOH yang menghilangkan lignin secara signifikan dan menaikkan perolehan biogas.

Penggunaan pretreatment alkali merupakan cara efektif meningkatkan kelarutan bahan organik dalam limbah makanan. Dapat dikatakan sebagai teknologi kunci dalam hidrolisis bahan organik kompleks seperti lemak dan minyak menjadi monomer sederhana (Linyi et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pretreatment bahan kimia (Etanol,

NaOH, dan HCl) dan Biologi (enzim EM-4) pada konsentrasi 8 %, 10 % dan 12 % terhadap akumulasi volume biogas limbah makanan (nasi dan sayur) yang dihasilkan selama 30 hari.

BAHAN DAN METODE

Persiapan Bahan Baku

Limbah makanan yang digunakan berupa sisa nasi dan sayuran yang didapatkan dari pasar Godean, Yogyakarta. Cairan yang digunakan ialah cairan rumen sebagai inoculum dapat diperoleh dari Rumah Pemotongan Hewan di daerah Godean, Yogyakarta.

Pretreatment Kimia dan Biologi

Proses pertama kali pada *pretreatment* dengan mengkecilkan limbah makanan dengan seukuran partikelnya sebesar 1-2 mm dengan menggunakan alat *crusher food processor*. Pencampuran antara substrat dengan reagen kimia berupa HCl dengan 8% w/w, 10% w/w, dan 12 % w/w. Penggunaan pretreatment alkali yang dilakukan pada suhu ruang normal, dengan proses perendaman limbah makanan dan reagen selama 24 jam. Pada *pretreatment* biologi dilakukan dengan cara menambahkan bahan EM-4 dengan skala variasi 8% w/w, 10% w/w, dan 12 % w/w. Proses penambahan EM-4 mampu meningkatkan keefisienan mikroorganismenya, pada EM-4 mengandung 90% bakteri

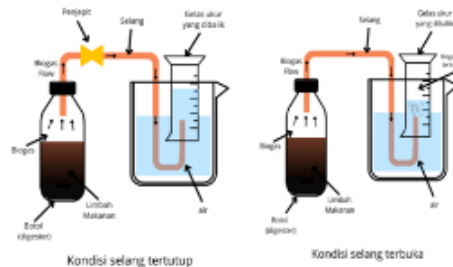
Lactobacillus sp. yang mampu mempercepat degradasi bahan organik.

Produksi Biogas

Proses selanjutnya dengan mengumpukan bahan baku yang sebelumnya telah dipretreatmentkan ke digester 1 L dengan perbandingan kadar air dengan rasio 1 :1 (air : limbah makanan). Proses pembuatan biogas memerlukan waktu selama 30 hari atau 1 bulan, dengan volume total sebanyak 600 mL.

Metode Analisis

Pengukuran volume biogas dilakukan dengan menggunakan metode *water displacement* dan pengukuran dilakukan selama 2 hari secara berturut-turut. Metode yang digunakan terlihat seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian peralatan pengukuran biogas

Pengukuran pH dilakukan dengan pH meter pada awal dan akhir produksi biogas.

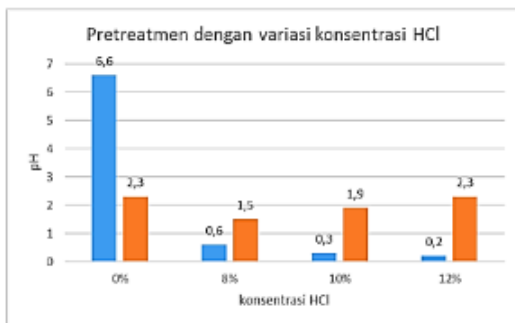
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan pH

Nilai pH pada produksi biogas akan optimum pada rentang 6,8 hingga 7,6. Jika nilai pH terlalu tinggi atau rendah akan berakibat proses pembentukan gas metana terganggu

karena mikroorganismenya dalam biogas tidak dapat melakukan proses pencernaan yang efisien (Shitophyta et al, 2021).

Berdasarkan gambar (2) dapat dilihat bahwa dengan penambahan HCL terjadi penurunan pH pada tiap konsentrasi 8 %, 10 % dan 12 % dibandingkan pada kondisi awalnya. Hal ini mengindikasikan adanya konsentrasi HCL yang besar pada digester mempengaruhi mikroorganismenya metanogenik terganggu sehingga proses pencernaan melambat bahkan berhenti sama sekali. Penambahan konsentrasi HCL pada awal proses menyebabkan nilai pH pada digester semakin rendah (0,2 – 0,6).. Namun pada pH akhir proses, pH awal yang semakin rendah justru memberikan nilai pH yang semakin tinggi. Hal ini mengindikasikan penambahan HCL memiliki pengaruh proses pembentukan gas metan yang lebih baik walaupun pembentukan gas metan ini tidak signifikan karena jauh dari kondisi pH optimum produksi biogas.

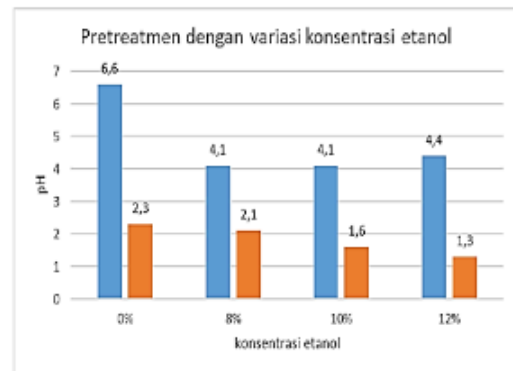


Gambar 2. Diagram pH terhadap konsentrasi HCL

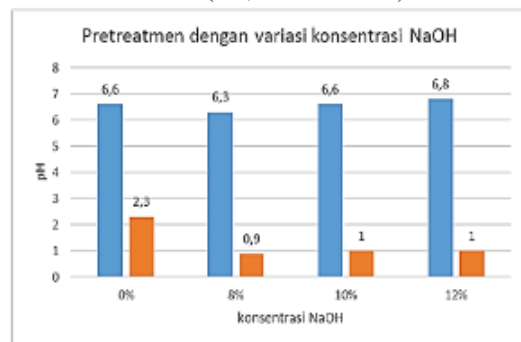
Pada gambar (3) menjelaskan bahwa penambahan etanol pada awal proses

menyebabkan nilai pH 4,3-4,4 pada digester. Penurunan pH terus terjadi hingga hari ke-30 pada rentang 1,3 – 2,3. Penambahan konsentrasi Etanol akan menyebabkan nilai pH akhir semakin rendah. Sehingga konsentrasi etanol yang lebih baik dalam hal ini tidak terlalu tinggi.

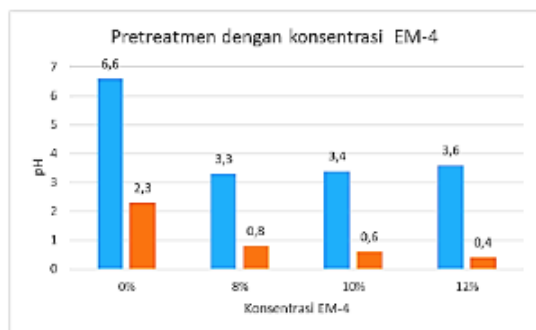
Selanjutnya pada gambar (4), menjelaskan bahwa penambahan NaOH pada digester akan memberikan nilai pH awal pada kondisi yang mendekati pH optimum untuk proses metanogenesis. Namun pada nilai pH diakhir proses di peroleh nilai pH yang sangat rendah.



Gambar 3. Diagram pH terhadap variasi konsentrasi Etanol (8%, 10% dan 12%)



Gambar 4. Diagram pH terhadap variasi konsentrasi NaOH (8%,10% dan 12%)



Gambar 5. Diagram pH terhadap variasi konsentrasi EM-4 (8%,10% dan 12 %)

Pada gambar (5), menjelaskan bahwa dengan penambahan larutan EM-4 pada awal proses mengakibatkan penurunan pH pada rentang 3,3-3,6. Sedangkan pada akhir proses, nilai pH akan semakin rendah lagi. Berdasarkan pengamatan terhadap pH, penambahan HCl, Etanol dan EM-4 dengan konsentrasi 8 %, 10 % dan 12% akan memberikan nilai pH awal yang jauh dari nilai pH optimum untuk proses metanogenesis. Sedangkan pada penambahan NaOH dengan konsentrasi 8 %, 10 % dan 12 % memberikan nilai pH yang mendekati atau berada pada nilai pH optimum untuk proses metanogenesis.

Perbandingan Akumulasi Volume Biogas

Pada gambar (6) ditampilkan nilai akumulasi produksi biogas selama 30 hari untuk penambahan HCl 0%, 8%, 10%, dan 12%. Pengukuran produksi biogas dengan menggunakan pretreatment HCl dimulai pada hari ke-2 untuk semua konsentrasi Selanjutnya

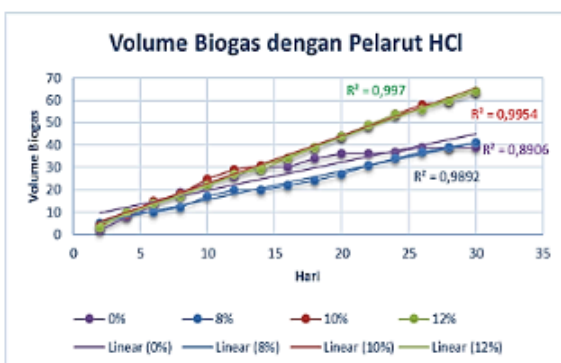
produksi biogas meningkat pada hari-4 dan mencapai nilai puncak pada hari ke-30. Akumulasi volume biogas pada hari ke-30 adalah 39 ml (0%) untuk biogas kontrol (tidak diberikan penambahan HCl), 41 mL (HCl 8%), 64 mL (HCl 10%), dan 64 mL (HCl 12%). Pada pretreatment dengan HCl, biogas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 10% dengan rata-rata akumulasi biogas sebesar 35,5 mL. Hasil ini menunjukkan bahwa pretreatment HCl dapat meningkatkan jumlah volume Biogas dibandingkan dengan kontrol (0%).

Pada gambar (7) ditampilkan nilai akumulasi produksi biogas selama 30 hari dengan penambahan etanol 0%, 8%, 10%, dan 12%. Selanjutnya, produksi biogas meningkat pada hari-4 dan pada hari ke-30 akumulasi semua konsentrasi etanol adalah 39 mL(Etanol 0%), 44 mL (Etanol 8%), 54 mL (Etanol 10%), dan 58 mL (Etanol 12%). Pada pretreatment dengan Etanol biogas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 12% dengan rata-rata akumulasi biogas sebesar 33,8 mL. Dari hasil ini menunjukkan penambahan Etanol dapat meningkatkan jumlah volume Biogas dibandingkan kontrol.

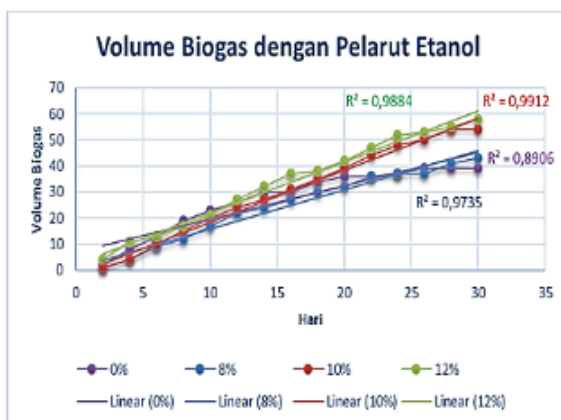
Pada gambar (8) ditampilkan nilai akumulasi produksi biogas selama 30 hari untuk semua konsentrasi NaOH 0%, 8%, 10%, dan 12% Diperoleh akumulasi semua konsentrasi NaOH pada hari ke-30 adalah 39 mL (NaOH 0%), 41 mL (NaOH 8%), 70 mL (NaOH 10%), dan 65 mL (NaOH 12%). Dari hasil ini

penambahan NaOH dapat meningkatkan jumlah volume Biogas dibandingkan dengan kontrol..

Pada gambar (9) ditampilkan nilai akumulasi produksi biogas selama 30 hari untuk penambahan EM-4 0%, 8%, 10%, dan 12%. Akumulasi konsentrasi EM-4 pada hari ke-30 adalah 39 mL (EM-4 0%), 53 mL EM-4 8%), 56 mL EM-4 10%), dan 61 mL (EM-4 12%). Pada pretreatment dengan EM-4 biogas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 12% dengan rata-rata akumulasi biogas sebesar 32 mL.



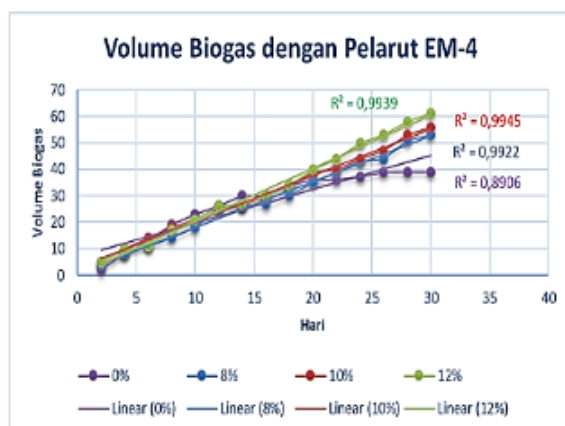
Gambar 6. Grafik akumulasi volume biogas dengan variasi konsentrasi pelarut HCl



Gambar 7. Grafik akumulasi volume biogas dengan variasi konsentrasi pelarut Etanol



Gambar 8. Grafik akumulasi volume biogas dengan variasi konsentrasi pelarut NaOH



Gambar 9. Grafik Volume biogas dengan variasi konsentrasi pelarut EM-4

Dari hasil ini menunjukkan bahwa penambahan EM-4 dapat meningkatkan jumlah volume Biogas dibandingkan dengan kontrol.

Pretreatment secara kimia dan biologi dengan variasi konsentrasi pada penelitian ini berpengaruh terhadap produksi volume biogas. Kecepatan produksi biogas dipengaruhi oleh pH kelarutan yang terkait erat dengan kelangsungan hidup bakteri anaerob. Selain itu kekurangan inoculum juga dapat menyebabkan produksi biogas menjadi rendah. Pada pretreatment

menggunakan NaOH diperoleh akumulasi volume biogas tertinggi dimana hal ini terkait erat dengan kondisi pH awal digester biogas yang mendekati atau berada pada pH optimum.

KESIMPULAN

Nilai pH pretreatment NaOH pada awal proses adalah nilai pH yang paling mendekati atau berada pada nilai pH Optimum produksi biogas. Akumulasi volume biogas tertinggi selama 30 hari terjadi pada pretreatment menggunakan NaOH 10%. Urutan hasil pretreatment akumulasi volume biogas selama 30 hari adalah NaOH > HCl > EM-4 > Etanol.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, M. N., Visca, R., & Mustopa, A. (2019). Pengaruh Penambahan EM (Effective Microorganism) Terhadap Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Makanan. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 25–38.

Hagos, K., Zong, J., Li, D., Liu, C., & Lu, X. (2017). Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(November), 1485–1496.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.184>

Jijai, S., & Siripatana, C. (2017). Kinetic Model of Biogas Production from Co-digestion of Thai Rice Noodle Wastewater (Khanomjeen) with Chicken Manure.

Energy Procedia, 138, 386–392.

liny, C., Yujie, Q., Buqing, C., Chenglong, W., Shaohong, Z., Renglu, C., Shaohua, Y., Lan, Y., and Zhiju, L., (2020), Enhancing degradation and biogas production during anaerobic digestion of food waste using alkali pretreatment, *Environmental Research*, Vol. 188, 109743

Lora Grando, R., de Souza Antune, A. M., da Fonseca, F. V., Sánchez, A., Barrena, R., & Font, X. (2017). Technology overview of biogas production in anaerobic digestion plants: A European evaluation of research and development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 44–53.

Mirmohamadsadeghi, S., Karimi, K., Azarbajjani, R., Parsa Yeganeh, L., Angelidaki, I., Nizami, A. S., Bhat, R., Dashora, K., Vijay, V. K., Aghbashlo, M., Gupta, V. K., & Tabatabaei, M. (2021). Pretreatment of lignocelluloses for enhanced biogas production: A review on influencing mechanisms and the importance of microbial diversity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135

Patinvoh, R.J., Osadolor, O.A., Chandolias, K., Horvarth, I.S., Taherzadeh, M.J., (2017), Innovative pretreatment strategies for biogas production, *Bioresource Technology*, 224, 13-24

Pramanik, S. K., Suja, F. B., Porhemmat, M., & Pramanik, B. K. (2019). Performance and

- kinetic model of a single-stage anaerobic digestion system operated at different successive operating stages for the treatment of food waste. *Processes*, 7(9).
- Riyanta, A. B., Harapan, P., & Tegat, B. (2017). Biogas Kombinasi Ampas Tebu-Kotoran Sapi Sebagai Upaya Konversi Energi Terbarukan. *Jurnal Para Pemikir*, 6, 175–180.
- Salihu, A., and Alam, Md.Z., (2016) , Pretreatment methods of organic wastes for biogas production, *J.Applied Sci*, 16(3), 124-137.
- Shah, T.A., .Ali, S., Afzal, A., and Tabassum, R., (2018), Effect of Alkali pretreatment on lignocellulosic waste biomass for biogas production, *International Journal of Renewable Energy research*, Vol.8, No. 3
- Shirzad, M., Kazemi Shariat Panahi, H., Dashti, B. B., Rajaeifar, M. A., Aghbashlo, M., & Tabatabaei, M. (2019). A comprehensive review on electricity generation and GHG emission reduction potentials through anaerobic digestion of agricultural and livestock/slaughterhouse wastes in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 571–594.
- Shitophyta, L. M., Pernadi, A., Rahmawati, N., & Sembiring,, N.S., (2021), Perbandingan Pretreatment Kimia dan Biologi pada limbah makanan untuk Produksi Biogas. *ITERA*, 6 (2), 297-301
- Shitophyta, L. M. (2020). Model Kinetika Produksi Biogas dari Limbah Makanan. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 15–18.
- Shitophyta, L. M., Maryudi, M., & Budiyo, B. (2017). Comparison of Kinetic Models for Biogas Production From Rice Straw. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(2), 107–111.
- Ukpai, P. A., & Nnabuchi, M. N. (2012). Comparative study of biogas production from cow dung, cow pea and cassava peeling using 45 litres biogas digester. *Pelagia Research Library Advances in Applied Science Research*, 3(3), 1864–1869.
- Zhang, C., Su, H., Baeyens, J., & Tan, T. (2014). Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 383–392.
- Zhang, C., Xiao, G., Peng, L., Su, H., & Tan, T. (2013). The anaerobic co-digestion of food waste and cattle manure. *Bioresource Technology*, 129, 170–176.