

Pengolahan Limbah Makanan Menggunakan Metode Anaerobik Berdasarkan Variasi Temperatur Proses dan Inokulum (Kotoran Sapi dan EM4)

Firda Mahira Alfiata Chusna*, Yolanda Waldatul Marwa, Fauzia Balqis Mujilestari, Rhisyani Suciati, Atiqi Tiya Adani

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan,
Yogyakarta, Indonesia

*) *Corresponding author:* firda.chusna@che.uad.ac.id

(Received: 17 March 2024 • Revised: 26 Mei 2024 • Accepted: 28 Mei 2024)

Abstract

Food waste is a prominent type of organic waste. The production of this type of waste is uncontrolled. Food waste production is closely related to population growth in Indonesia. Food waste increases along with the increase in population. The methods applied to process food waste are still relatively few. Accumulation of waste can cause environmental pollution by producing greenhouse gas emissions. The accumulation of organic waste can pollute the air and environment. The anaerobic digestion process is a process that can process organic waste to be more environmentally friendly and can produce biogas with certain substrate specifications. This research focuses on improving the quality of food waste in reducing the value of chemical oxygen demand (COD). Cow dung and EM4 are different inoculums that help decompose complex organic compounds. After the anaerobic decomposition process lasted for 18 days, the highest COD removal results were obtained with a temperature of 45°C using EM4 inoculum (53.91%). The process that uses cow dung inoculum at a temperature of 30°C has a COD removal value of 32.57%. The results obtained the positive effect of a higher temperature of 45°C and the addition of EM4 in reducing COD values.

Abstrak

Limbah makanan merupakan jenis limbah organik yang jumlahnya besar dan peningkatannya tidak terkontrol. Produksi limbah makanan sangat berhubungan dengan pertumbuhan populasi penduduk di Indonesia, semakin tinggi populasinya maka akan semakin banyak limbah makanan yang dihasilkan. Belum banyak metode yang diterapkan untuk mengolah limbah makanan ini sehingga tidak mencemari lingkungan. Penumpukan limbah dapat menimbulkan pencemaran lingkungan seperti udara dengan menghasilkan gas-gas emisi rumah kaca. Selain pencemaran udara, penumpukan limbah juga akan mencemari lingkungan. Proses peruraian anaerobik merupakan suatu proses yang dapat mengolah limbah organik menjadi lebih ramah lingkungan dan dapat menghasilkan biogas dengan spesifikasi substrat tertentu. Penelitian ini berfokus pada peningkatan kualitas limbah makanan yang ditinjau dari penurunan nilai *chemical oxygen demand* (COD). Penambahan dua inokulum berbeda yaitu kotoran sapi dan EM4 untuk membantu mempercepat proses peruraian senyawa organik kompleks. Setelah proses peruraian anaerobik berlangsung selama 18 hari didapatkan hasil COD removal tertinggi pada proses dengan temperatur 45°C yang menggunakan inokulum EM4, yaitu 53,91%. Proses yang menggunakan inokulum kotoran sapi dan dijalankan pada temperatur 30°C memiliki nilai COD removal sebesar 32,57%. Hasil yang didapatkan menunjukkan efek positif dari temperatur yang lebih tinggi 45°C dan penambahan EM4 dalam menurunkan nilai COD.

Keywords: Anaerobic, inoculum, chemical oxygen demand, food waste

PENDAHULUAN

Karena populasi yang terus bertambah dan wilayah yang terbatas, Indonesia memiliki masalah yang berat dalam pengelolaan sampah. Karena pertambahan populasi dan perubahan nutrisi, sampah berubah dalam hal volume, jenis, dan kualitas. Oleh karena itu, untuk mempengaruhi perubahan perilaku, keuntungan ekonomi, serta kesehatan dan keselamatan masyarakat, pengelolaan sampah secara menyeluruh dan terintegrasi harus dilakukan mulai dari awal sampai akhir. Lebih dari 46% sampah padat yang ada di dunia merupakan sampah atau limbah organik [1]. Limbah makanan diperkirakan akan terus meningkat, menurut World Bank pada tahun 2025 diperkirakan akan ada kenaikan sebesar 2,2 miliar ton. Limbah makanan adalah jenis sampah organik yang mencakup dari sisa biji-bijian (sereal), sayuran, daging, dan ikan. Jika tidak digunakan atau diproses, maka akan mencemari lingkungan dan mengeluarkan aroma yang tidak sedap karena bakteri yang menyebabkan sampah organik membusuk [2]. Kontributor terbesar limbah makanan adalah limbah makanan yang berasal dari rumah tangga dan rumah makan, dengan campuran beberapa jenis makanan yang mengandung karbohidrat, protein, lemak dan kandungan lainnya. Bagi pemerintah pengelolaan sampah berlandaskan asas-asas dalam Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 pasal 2 mengenai Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) yang mengatur asas tanggung jawab negara, asas partisipatif, asas tata kelola pemerintahan yang baik, dan asas otonomi daerah. Selain itu, undang-undang No. 18 Tahun 2008 mengenai Pengelolaan Sampah yang berkaitan dengan besarnya jumlah penduduk Indonesia dan tingkat pertumbuhan yang meningkat sehingga mengakibatkan bertambahnya volume limbah dalam jumlah besar [3].

Peruraian anaerobic merupakan suatu proses pengolahan limbah organik menggunakan cara biologis yang dijalankan dalam kondisi tanpa oksigen [4]. Jika dibandingkan dengan proses biologis yang lain yaitu peruraian secara aerobik, hasilnya menunjukkan bahwa proses peruraian anaerobic memiliki efisiensi lebih tinggi dalam mengolah limbah organik. Dengan kondisi yang sama, proses peruraian anaerobic memiliki efisiensi 10% lebih tinggi dibandingkan peruraian aerobik [5]. Limbah dengan kandungan organik yang tinggi lebih efisien untuk diolah menggunakan proses peruraian anaerobic karena menghasilkan efisiensi COD removal yang tinggi. Teknologi pengolahan secara anaerobik merupakan strategi yang dapat menghubungkan pengelolaan limbah dengan kebijakan ekonomi sirkular, yang bertujuan untuk meningkatkan nilai limbah hayati perkotaan serta dapat menghasilkan sumber energi terbarukan [6]. Kelebihan lain dari proses peruraian anaerobic adalah minimnya pencemaran udara yang dihasilkan karena dilakukan dalam tempat yang tertutup sehingga tidak melepaskan gas-gas langsung ke lingkungan sekitar.

Inokulum merupakan sumber awal mikroorganisme untuk proses peruraian anaerobic. Adanya inoculum aktif akan membantu degradasi senyawa organik yang terdapat dalam limbah [7]. Hasil yang memuaskan dalam pengoperasian reaktor anaerobik memerlukan inoculum yang memberikan keseimbangan dalam komunitas mikroba [8]. Kotoran sapi dan EM4 merupakan jenis inoculum yang sering digunakan dalam membantu proses peruraian anaerobic. EM-4 mengandung 80 genus mikroorganisme, termasuk bakteri dari genus fermentasi *Lactobacillus*, jamur fermentasi, *Actinomycetes*, bakteri pelarut fosfat dan ragi [9]. Kotoran hewan merupakan salah satu inoculum yang sering digunakan dan cocok untuk peruraian anaerobik karena kapasitas buffernya yang tinggi, rasio C/N yang tepat, dan kandungan nutrisi yang melimpah [10]. Penelitian ini membahas variasi inoculum yang memberikan efek positif dalam proses pengolahan limbah makanan dengan peruraian anaerobic. Selain itu temperatur yang digunakan divariasikan 30-45°C guna mendapatkan proses pengolahan yang optimal.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain reactor anaerobik, gasometer, pH meter, bak penampung, gelas ukur 500 ml, erlenmeyer, karet sumbat, cawan porselin, venoject, suntikan, centrifuge tube, penjepit, selang, penyambung T, dan pengaduk kaca. Sedangkan bahan yang digunakan adalah limbah makanan dengan spesifikasi yang dirinci pada Tabel 1, kotoran sapi, EM4 dan aquadest. Variasi masing-masing inoculum terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi limbah makanan

No	Jenis limbah makanan	Massa (gram)
1	Nasi	500
2	Ikan	210
3	Sawi	265
4	Air	750

Tabel 2. Variasi Inokulum

No	Nama Reaktor	Jenis Inokulum	Jumlah Inokulum	Temperatur Proses (°C)
1	Reaktor KS-30	Kotoran Sapi	500 gram	30
2	Reaktor EM-45	EM4	500 ml	45
3	Reaktor EM-30	EM4	500 ml	30

Preparasi Bahan

Substrat yang terdiri dari campuran limbah makanan akan dicampur dan di blender untuk memperkecil ukurannya sebelum dimasukkan ke dalam reactor. Proses penambahan inokulum berada dalam reactor setelah semua bahan telah sesuai.

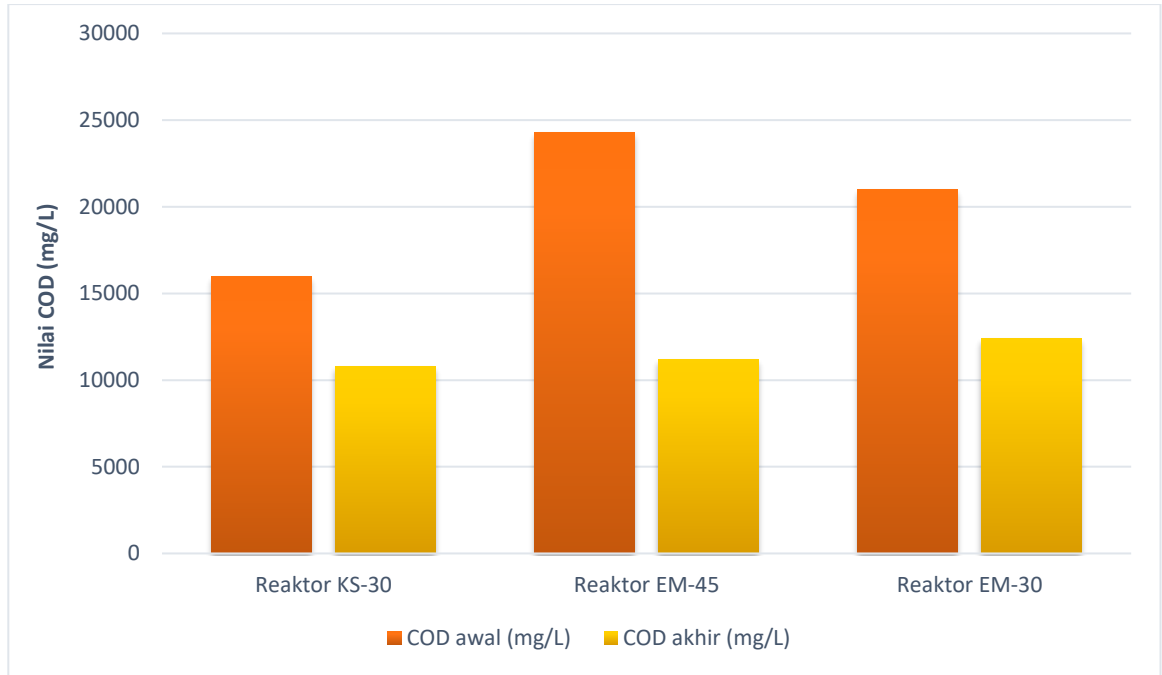
Analisa *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Proses fermentasi dilakukan selama 18 hari di dalam reactor anaerobic. Analisa kualitas limbah dilakukan pada awal dan akhir proses. Nilai COD seringkali digunakan sebagai parameter utama pengujian kualitas air limbah, nilai tersebut bisa dipakai untuk merujuk pada kualitas air limbah atau beban cemaran air limbah [11],[12]. Proses pengukuran COD dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis secara refluks tertutup sesuai SNI 6898.2:2019.

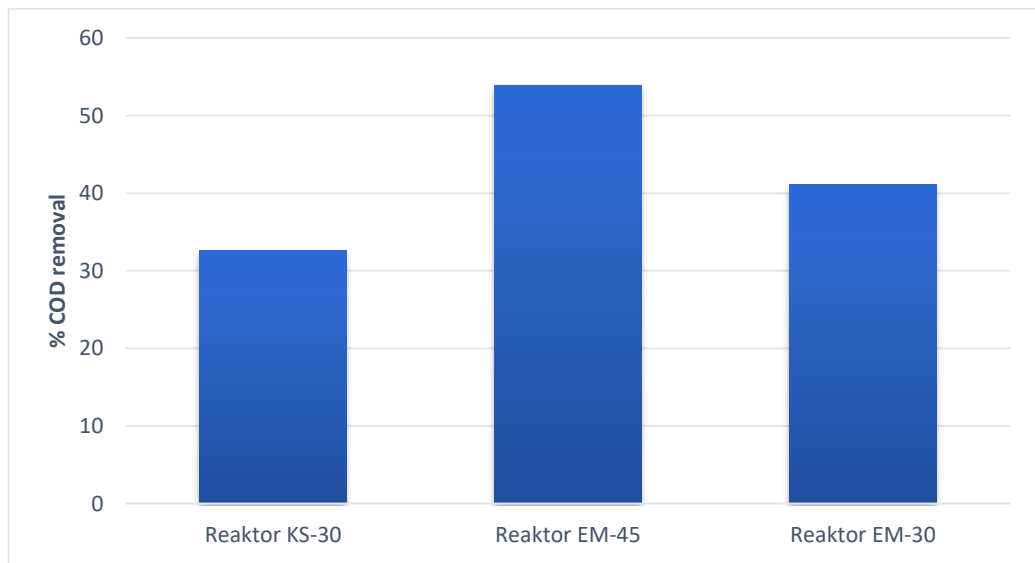
HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek Temperatur Pada COD Removal

Dalam beberapa tahun terakhir, konsep biorefinery mendapatkan perhatian besar, konsep ini didasarkan pada konversi limbah menjadi produk dan energi bernilai tinggi oleh mikroorganismenya. Salah satu metode yang tepat dalam biorefinery adalah proses peruraian anaerobik [13]. Hasil COD removal yang disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2, hasil tertinggi didapatkan pada reaktor dengan EM4 dan dioperasikan pada temperature 45°C, yaitu 53,91%. Sedangkan hasil dari 2 reaktor lainnya yang menggunakan temperature 30°C memiliki nilai COD removal yang cenderung lebih rendah, yaitu 41,08% untuk reaktor dengan penambahan EM4 dan 32,57% untuk reaktor dengan penambahan kotoran sapi. Nilai COD removal ini sedikit lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian serupa yang dijalankan dengan waktu 19 hari dengan capaian COD removal 35,12% [13]. Pengaruh temperature juga menentukan keberhasilan proses peruraian anaerobik. Penelitian lain membuktikan kenaikan temperature antara 37-43°C dapat menstabilkan proses peruraian anaerobik. Pada rentang temperature ini terbukti produksi *Volatile Fatty Acid* (VFA) lebih besar dibanding dengan rentang temperature yang lebih rendah [14]. Bukti lain menunjukkan bahwa proses hidrolisis yang dijalankan selama 6 hari dengan temperature 42°C dapat mempercepat penurunan COD dan dikonversi menjadi VFA [15]. VFA merupakan hasil dari proses hidrolisis yang dapat memverifikasi bahwa senyawa organik kompleks pada substrat telah didekomposisi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Penggunaan rentang temperature mesofilik lebih mudah karena lebih dekat dengan temperature lingkungan sehingga tidak membutuhkan energi lebih untuk menaikkan temperature reaktor. Namun jika dikaji lebih lanjut, aktifitas mikroorganismenya akan lebih optimal jika dijalankan pada temperature termofilik, yaitu lebih dari 42°C. apabila substrat yang digunakan mengandung lignin yang tinggi maka proses dengan temperature termofilik lebih dianjurkan karena dapat berfungsi untuk menghancurkan kandungan lignin didalamnya yang dapat menghambat proses peruraian anaerobik. Limbah makanan merupakan limbah campuran yang didalamnya juga terdapat sayuran dan bahan organik lain yang mengandung lignin [16]. Kita ketahui bahwa hidrolisis limbah padat organik merupakan langkah pembatas laju peruraian anaerobik. Oleh karena itu, pretreatment awal perlu diterapkan untuk mempercepat langkah hidrolisis. Hal ini meningkatkan laju produksi peruraian anaerobik dan metana [17] [18]. Hidrolisis termal terbukti merupakan teknologi yang meningkatkan laju hidrolisis dan disintegrasi substrat dengan penerapan temperatur tinggi [19]. Proses hidrolisis yang berjalan dengan baik akan membantu tahapan selanjutnya yaitu asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Namun perlu diingat bahwa kestabilan proses tidak hanya bergantung pada lajunya tahapan hidrolisis namun juga tahapan selanjutnya yang berjalan dengan baik untuk mengkonversikan VFA menjadi metana (biogas). Tanpa adanya kestabilan proses yang baik akan menyebabkan akumulasi VFA yang mengakibatkan pH limbah semakin turun dan tidak memenuhi baku mutu limbah untuk dilepaskan ke lingkungan.



Gambar 1. Nilai COD Pada Awal dan Akhir Proses



Gambar 2. COD Removal

Efek Penggunaan Inokulum

Proses peruraian anaerobic merupakan proses biologis yang tentunya membutuhkan mikroorganismenya dalam proses pengolahannya. Penambahan inoculum pada proses peruraian anaerobic telah banyak dilakukan. Kita ketahui bahwa inoculum dapat membantu proses fermentasi karena adanya starter mikroorganismenya yang terkandung di dalamnya. Namun beberapa variasi jenis inoculum yang digunakan akan memberikan efek yang berbeda pada substrat yang sama. Pada penelitian ini digunakan kotoran sapi dan EM4 sebagai starter mikroorganismenya. Kotoran sapi banyak digunakan sebagai bagian dari pengelolaan limbah dan produksi biogas. Tidak hanya karena adanya mikroorganismenya, kandungan kotoran sapi yang

merupakan bahan organik juga dapat dimanfaatkan sebagai substrat tersendiri dalam proses anaerobic. Penelitian telah membuktikan bahwa proses anaerobic dari substrat kotoran sapi dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi di berbagai daerah khususnya daerah pedesaan dengan banyak peternakan sapi [20]. Kotoran sapi memiliki karakteristik Total Solid 44,73 g/L, Volatile Solid 35,03 g/L dan *moisture content* 95,52% [21]. Kotoran sapi juga mengandung sebanyak 5,6% mikroorganisme yang termasuk didalamnya bakteri, jamur dan actinomycetes [22]. Kandungan mikroorganisme inilah yang berpotensi untuk bekerja dalam proses peruraian anaerobic. Penelitian lain mendapatkan kesimpulan bahwa penambahan kotoran sapi dapat menghasilkan COD removal 48% dalam proses anaerobic batch jangka pendek [23].

Inoculum merupakan parameter dasar dalam proses anaerobic karena didalamnya terkandung mikroorganisme. Penambahan EM4 pada proses anaerobic terbukti dapat meningkatkan produksi biogas dan menurunkan nilai COD pada limbah [24].f Tidak seperti kotoran sapi yang masih mengandung material organik lain, EM4 hanya mengandung mikroorganisme dan juga air. Sehingga keterlibatannya dalam proses penurunan COD dalam limbah makanan lebih baik dibandingkan dengan kotoran sapi. Pada temperature yang sama, 30°C, limbah makanan yang ditambahkan EM4 memiliki nilai COD removal yang lebih tinggi yaitu 41,08%. Dibandingkan dengan yang ditambahkan kotoran sapi yang nilai COD removalnya sebesar 32,57%. Hasil ini menunjukkan efektifitas EM4 dalam proses pengolahan limbah organik yang berfungsi sebagai inoculum.

KESIMPULAN

Proses pengolahan limbah makanan menggunakan metode peruraian anaerobic merupakan cara yang memiliki banyak keuntungan, selain tidak adanya pencemaran udara yang dihasilkan, metode ini juga dapat meningkatkan efisiensi COD removal jika dibandingkan dengan proses aerobic. Pengaruh temperature cukup signifikan dalam menaikkan COD removal. Sehingga perlu dipertimbangkan untuk mengoperasikan reactor anaerobic dalam temperature mesofilik 42°C atau termofilik 45°C. Penambahan EM4 sebagai starter mikroorganisme juga memberikan efek positif yang menaikkan COD removal dari 32,57% menjadi 41,08%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Hoornweg and P. Bhada-Tata, *What A Waste A Global Review of Solid Waste Management, Urban Development & Local Government Unit World Bank*, 2012. <https://hdl.handle.net/10986/17388>
- [2] N. Hendrasarie and E. RP, "Pelatihan Pembuatan Biogas dari Limbah Rumah Makan dan Tinja," *Abdimas Unwahas : Jurnal Pengabdian Masyarakat Unwahas*, vol. 6, no. 2, pp. 164-170, 2021. <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/ABD/article/view/5687>
- [3] B. Hermanu, "Pengelolaan Limbah Makanan (Food Waste) Berwawasan Lingkungan Environmentally Friendly Food Waste Management," *Jurnal Agrifoodtech*, vol. 1, no. 1, pp. 1-11, 2022. <https://doi.org/10.56444/agrifoodtech.v1i1.52>
- [4] M. H. Masud, M. Rashid, M. N. Hossan and M. M. Ahmed, *Domestic Waste To Energy, Technologies, Economics, and Challenges, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 2023. DOI: 10.1016/B978-0-323-93940-9.00026-8

- [5] A. John and G. A. Kumar, "Reducing COD from Dairy Wastewater to Improve the Quality of Biosolids via Aerobic and Anaerobic Digestion," *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, vol. 10, no. Special issue 1, 2023.
<https://doi.org/10.17762/sfs.v10i1S.347>
- [6] G. Papa, M. Cucina, K. Echchouki, P. D. Nisi and F. Adani, "Anaerobic digestion of organic waste allows recovering energy and enhancing the subsequent bioplastic degradation in soil," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 188, p. 106694, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106694>
- [7] I. M. Sicchieri, . T. C. F. d. Quadros, M. A. Bortoloti, F. Fernandes and E. K. Kuroda, "Selection, composition, and validation of standard inoculum for anaerobic digestion assays," *Biomass and Bioenergy*, vol. 164, p. 106558, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106558>
- [8] R. L. R. Steinmetz , M. P. Mezzari and M. L. B. da Silva , "Enrichment and acclimation of an anaerobic mesophilic microorganism's inoculum for standardization of BMP assays," *Bioresource Technology*, vol. 219, pp. 21-28, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.031>
- [9] Y. Li, Y. Chen and . J. Wu, "Enhancement of methane production in anaerobic digestion process: A review," *Applied Energy*, vol. 240, pp. 120-137, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.243>
- [10] G. K. Kafle and L. Chen, "Comparison on batch anaerobic digestion of five different livestock manures and prediction of biochemical methane potential (BMP) using different statistical models," *Waste Management*, vol. 48, pp. 492-502, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.10.021>
- [11] T. E. Aniyikaiye, T. Oluseyi, J. O. Odiyo and . J. N. Edokpayi, "Physico-Chemical Analysis of Wastewater Discharge from Selected Paint Industries in Lagos, Nigeria," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 7, 2019.
 DOI : 0.3390/ijerph16071235
- [12] M. Tamyiz, "Perbandingan Rasio Bod/Cod Pada Area Tambak Di Hulu Dan Hilir Terhadap Biodegradabilitas Bahan Organik," *Journal of Research and Technology*, vol. 1, no. 1, 2015.
<https://doi.org/10.55732/jrt.v1i1.326>
- [13] B. Tonanzi, A. Gallipoli, . A. Gianico, M. C. Annesini and . C. M. Braguglia, "Insights into the Anaerobic Hydrolysis Process for Extracting Embedded EPS and Metals from Activated Sludge," *Microorganism*, vol. 9, no. 12, 2021.
 DOI: 10.3390/microorganisms9122523
- [14] W. Choorit and P. Wisarnwan, "Effect of temperature on the anaerobic digestion of palm oil mill effluent," *Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 10, no. 3, 2007.
 DOI: 10.2225/vol10-issue3-fulltext-7
- [15] H. H. Ding, S. Chang and Y. Liu, "Biological hydrolysis pretreatment on secondary sludge: Enhancement of anaerobic digestion and mechanism study," *Bioresource Technology*, vol. 244, no. 1, pp. 989-995, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.064>
- [16] F. M. A. Chusna, L. M. Shitophyta and R. T. Evitasari, "Effects of Nutrients Ca and K on Anaerobic Digestion of Food Waste," *CHEMICA Jurnal Teknik Kimia*, vol. 9, no. 1, 2022.
<http://dx.doi.org/10.26555/chemica.v9i1.24538>

- [17] H. H. Ding, . S. Chang and Y. Liu, "Biological hydrolysis pretreatment on secondary sludge: Enhancement of anaerobic digestion and mechanism study," *Bioresource Technology*, vol. 244, no. 1, pp. 989-995, 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.064>
- [18] T. Menzel, P. Neubauer and S. Junne, "Role of Microbial Hydrolysis in Anaerobic Digestion," *Energies*, vol. 13, no. 21, 2020.
<https://doi.org/10.3390/en13215555>
- [19] J.-. M. Choi, . S.-. K. Han and C. Y. Lee, "Enhancement of methane production in anaerobic digestion of sewage sludge by thermal hydrolysis pretreatment," *Bioresource Technology*, vol. 259, pp. 207-213, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.123>
- [20] M. R. Shaibur, H. Husain and S. H. Arpon, "Utilization of cow dung residues of biogas plant for sustainable development of a rural community," *Current Research in Environmental Sustainability*, vol. 3, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100026>
- [21] A. F. A. Hamzah, . M. H. Hamzah, H. C. Man and . N. S. Jamali , "Effect of organic loading on anaerobic digestion of cow dung: Methane production and kinetic study," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16791>
- [22] S. S. Behera and R. C. Ray, "Bioprospecting of cowdung microflora for sustainable agricultural, biotechnological and environmental applications," *Current Research in Microbial Sciences*, vol. 2, 2021.
DOI: 10.1016/j.crmicr.2020.100018
- [23] B. S. U. I. Abubakar and N. Ismail, "Anaerobic digestion of cow dung for biogas production," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 7, no. 2, pp. 169-172, 2012.
https://www.researchgate.net/publication/234162510_Anaerobic_digestion_of_cow_dung_for_biogas_production
- [24] D. Irawan and E. Suwanto, "Pengaruh Em4 (Effective Microorganisme) Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Bahan Baku Kotoran Sapi," *Turbo*, vol. 5, no. 1, pp. 44-49, 2016.
<http://dx.doi.org/10.24127/trb.v5i1.118>