

Pemanfaatan Limbah Mikroorganisme Anaerob Proses Biogas Menjadi Pupuk Organik Padat

Erda Roriza Putri Redina, Niken Febrila Awardani, Ketut Sumada*

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

*Koresponden email: sumadaketut@gmail.com

Diterima: 7 Agustus 2024

Disetujui: 11 September 2024

Abstract

The production process of biogas, which utilizes anaerobic biological processes, not only results in biogas but also produces slurry in the form of microorganism waste over time. The increasing number of anaerobic microorganism processes presents challenges that make it inadvisable to directly dispose of this anaerobic microorganism waste into the environment, as it has the potential to be a pollutant. Environmental management efforts can involve utilizing this waste to create solid organic fertilizer. This is due to the fact that the waste contains essential nutrients for plants, including nitrogen (N), carbon (C), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), copper (Cu), and zinc (Zn). Despite the presence of both macromolecular and micromolecular organic matter, the C-organic content of anaerobic microorganism waste exceeds the minimum standard for solid organic fertilizer C/N ratio of 25, with a value of 49.62. A variety of techniques may be employed to reduce the C-organic content of anaerobic microorganism waste, including aerobic composting. The objective of this research is to ascertain the C-organic (C) and nitrogen (N) content in the solid organic fertilizer produced and to gain insight into the influence of air flow rate (oxygen) (liters/minute) and composting time (days) on the quality of the solid organic fertilizer produced. The findings of the study indicate that an increase in composting time results in a reduction in the C/N ratio, with a stabilization observed during a seven-day composting period, exhibiting a C/N ratio value of 18.05. An increase in the air flow rate results in a notable reduction in the C/N ratio. The greatest reduction, amounting to 65.85%, was observed when an air flow rate of 8.5 L/minute was employed.

Keywords: *biogas, C-organic, waste of anaerobic microorganisms, nitrogen, composting*

Abstrak

Proses produksi biogas yang mempergunakan proses biologi anaerob, disamping dihasilkan biogas juga dihasilkan slurry berupa limbah mikroorganisme. Semakin hari, jumlah mikroorganisme anaerob semakin banyak sehingga menimbulkan permasalahan. Limbah mikroorganisme anaerob ini tidak disarankan untuk dibuang ke lingkungan secara langsung, karena berpotensi sebagai pencemar. Salah satu upaya pengelolaan lingkungan yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah tersebut untuk menjadi pupuk organik padat. Hal ini dikarenakan limbah tersebut mengandung beberapa nutrisi pertumbuhan yang diperlukan tanaman seperti N, C, P, K, Ca, Mg, Cu, dan Zn. Walaupun limbah tersebut mengandung bahan organik makro dan mikro, namun kandungan C-Organik pada limbah mikroorganisme anaerob terlalu tinggi sebesar 49,62 sedangkan standar minimal pupuk organik padat untuk C/N tidak melebihi angka 25. Terdapat berbagai proses penurunan kadar C-Organik pada limbah mikroorganisme anaerob di mana salah satunya dengan melakukan proses pengomposan secara aerob. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan C-Organik (C) dan Nitrogen (N) dari pupuk organik padat yang dihasilkan dan untuk mengetahui pengaruh debit udara (oksigen) (liter/menit) dan waktu pengomposan (hari) terhadap kualitas pupuk organik padat yang dihasilkan. Kesimpulan hasil kajian yaitu semakin lama waktu pengomposan maka nilai rasio karbon terhadap nitrogen sebesar 18,05. Semakin besar laju atau debit udara maka persentase penurunan kadar C/N produk semakin besar yang mana persentase penurunan kadar C/N terbesar adalah 65,85% dengan menggunakan debit udara sebesar 8,5 L/menit.

Kata Kunci: *biogas, C-organik, limbah mikroorganisme anaerob, nitrogen, pengomposan*

1. Pendahuluan

Pupuk organik merupakan suatu bahan yang di dalamnya mengandung unsur karbon (C) dan satu atau lebih unsur hara selain H dan O yang berguna untuk pertumbuhan tanaman. Bahan organik dapat berupa kompos, limbah ternak, limbah pertanian, dan sisa panen [1]. Menurut USEPA, pupuk organik merupakan kompos yang ditambahkan ke dalam tanaman yang berfungsi sebagai sumber unsur nutrisi pertumbuhan tanaman [2]. Secara fisiknya pupuk organik dibedakan dalam bentuk cair dan pellet.

Kekurangan pupuk organik dalam bentuk cair yaitu kering dengan cepat dan mudah tersapu oleh hembusan angin sehingga mengulitkan pengaplikasian pupuk tersebut [3]. Pembentukan pupuk organik padat dari limbah industri dapat diperoleh dengan pengomposan. Pengomposan merupakan salah satu metode pengolahan biosolid untuk menciptakan produk akhir yang dapat dipasarkan dengan mudah ditangani, disimpan, dan digunakan. Pengomposan biosolid air limbah digunakan sebagai alternatif ramah lingkungan untuk stabilisasi penggunaan ulang atau pembuangan biosolid [4].

Pada pengolahan limbah cair, digunakan mikroorganisme anaerob yang digunakan untuk memecah senyawa-senyawa organik kompleks yang berantai panjang menjadi senyawa yang lebih sederhana [5]. Meskipun pengolahan limbah cair menggunakan mikroorganisme anaerob dianggap sebagai salah satu teknologi pengolahan limbah yang paling menguntungkan, terutama dari sudut pandang lingkungan, namun masih menghasilkan produk samping yaitu limbah mikroorganisme anaerob (digestate). Digestate merupakan residu cair yang atau padat setelah proses pengolahan limbah cair menggunakan mikroorganisme anaerob yang dapat digunakan untuk pupuk tanah untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman. Digestate dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian padat dimana mengandung kadar tinggi OM (*organic microorganism*) dan P, serta bagian cair yang mengandung kadar tinggi N dan K. Oleh karena itu, fraksi yang cair lebih berpotensi besar untuk pupuk sedangkan fraksi padat berpotensi untuk mengubah komposisi tanah [6].

Pada proses produksi bioethanol, terdapat hasil samping berupa air limbah yang diolah kembali menjadi biogas. Menurut penelitian yang dilakukan Komala, dkk (2012) jenis mikroba anaerob yang terdapat pada limbah cair pabrik antara lain *Bacillus Licheniformis*, *Desulfomaculum Nigricans*, *Desulfomaculum Ruminis*, *Bacterionema Matruchotii*, *Clostridium Tetani*, *Bacillus Plimyxa*, *Clostridium Sordelli*, *Fusobacterium Aquatile*, *Citrobacter Intermedius*, *Enterobacter Cloacea*, *Bacteroides Putredinis*, *Clastredium Berjerick*, dan *Actinomyces Vicosus*. Proses produksi biogas yang mempergunakan proses biologi anaerob, disamping dihasilkan biogas juga dihasilkan slurry berupa limbah mikroorganisme anaerob. Prinsip dalam pembuatan biogas menjadi biodigester adalah dengan menciptakan suatu sistem kedap udara yang mengandung bakteri metana yang dapat mengolah limbah organik menjadi biogas [7]. Limbah mikrororganisme anaerob tidak disarankan dibuang langsung ke lingkungan karena berpotensi sebagai pencemar.

Salah satu upaya pengelolaan lingkungan yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah tersebut menjadi pupuk organik padat. Hal ini dikarenakan limbah tersebut mengandung nutrisi pertumbuhan yang diperlukan tanaman seperti N, C, P, K, Ca, Mg, Cu, dan Zn [8]. Walaupun limbah tersebut mengandung bahan organik makro dan mikro, namun kandungan C-Organik pada limbah mikroorganisme anaerob terlalu tinggi sebesar 49,62 sedangkan standar minimpal pupuk organik padat untuk C/N tidak melebihi angka 25 [9]. Sehingga apabila limbah mikroorganisme anaerob ini ingin diproses menjadi pupuk organik padat, maka perlu dilakukan proses lanjutan untuk mengurangi kandungan unsur karbon.

Proses pengurangan unsur karbon dapat melalui proses komposting dengan atau tanpa mikroorganisme dengan melibatkan injeksi oksigen (aerob) maupun tanpa oksigen (anaerob). Komposting tanpa penambahan mikroorganisme dengan injeksi oksigen (aerob) dapat dilakukan karena bahan baku yang dikomposting sudah mengandung mikroprganisme juga agar pupuk yang dihasilkan tidak berbau. Selain itu, proses pengomposan secara aerob lebih cepat dibandingkan dengan proses pengomposan secara anaerob [10]. Proses komposting ini akan menambah unsur karbon (C) menjadi gas karbondioksida (CO₂). Terurainya unsur karbon menjadi CO₂ ini mengakibatkan unsur karbon dalam bahan akan berkurang, sehingga nilai C/N nya yang semula tinggi mengalami penurunan hingga standar sesuai SNI yaitu ≤ 25 [11]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Witasari (2021), bahwa pembuatan pupuk kompos dengan bahan baku activated sludge (produk samping anaerobic digester) dengan menggunakan bioactivator EM4 dan 2 jenis proses pengomposan (aerasi dan non-aerasi) dapat menurunkan kandungan rasio C/N hingga 12,20% untk aerasi dan 12,02% untuk non-aerasi. Selama proses pengomposan terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi mutu dan kecepatan pengomposan antara lain waktu pengomposan dan kadar air [12].

Jumlah kadar air dalam kompos semakin menurun jika proses pengomposan semakin lama. Kadar air dalam kompos mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pengomposan dikarenakan suhu kompos dalam tanah mengalami peningkatan karena kandungan air dalam kompos dipergunakan untuk menjaga temperatur kompos. Selama fase pematangan kompos, suhu kompos turun dan terjadi kondensasi senyawa karbon dan polimerisasi [13]. Menurut penelitian yang dilakukan [14] waktu pengomposan berpengaruh terhadap jumlah kadar air dalam kompos. Penelitian ini mempelajari waktu pengomposan dan debit udara dalam pembuatan kompos dari limbah mikroorganisme anaerob terhadap kandungan pupuk kompos yang dihasilkan.

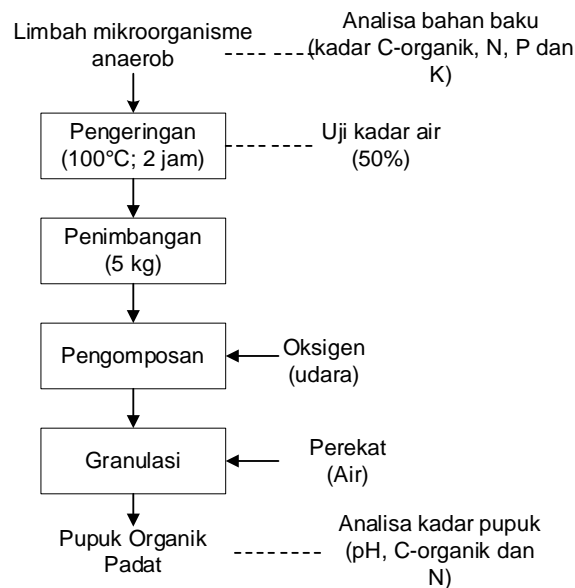
2. Metode Penelitian

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah berupa slurry yang berasal dari biodigester pada produksi biogas. Sedangkan bahan lainnya yaitu udara berasal dari ruangan yang diaerasikan melalui distributor udara yang diperoleh dengan bantuan kompresor.

Metode

Pada penelitian ini terdapat empat tahapan, yaitu pengeringan, penimbangan bahan, pengomposan, dan granulasi. Bahan limbah mikroorganisme anaerob yang akan dilakukan proses pengomposan dilakukan analisa bahan baku dengan uji kadar C-Organik, N, P, dan K. Bahan yang telah diuji dilakukan proses pengeringan menggunakan oven hingga kadar air yang terkandung di dalam bahan sebesar 50% lalu didiamkan hingga suhu ruang. Bahan baku yang sudah dikeringkan kemudian ditimbang sebanyak 5 kg lalu dimasukkan ke dalam bioreactor.



Laju alir udara ke dalam tangki bioreactor dengan debit 2,5; 4; 5,5; 7; dan 8,5 liter/menit. Bahan baku dilakukan composting selama 3, 5, 7, 9, dan 11 hari. Limbah mikroorganisme yang telah dilakukan pengomposan kemudian dikeluarkan dari bioreactor, kemudian dihaluskan untuk mendapatkan partikel halus dan seragam. Pupuk organik padat kemudian dicampur dengan perekat air dengan konsentrasi 5%. Selanjutnya dilakukan granulasi.

3. Hasil dan Pembahasan

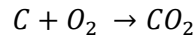
Limbah mikroorganisme anaerob yang akan dilakukan proses pengomposan dilakukan analisa bahan awal terlebih dahulu dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil analisa awal limbah mikroorganisme anaerob

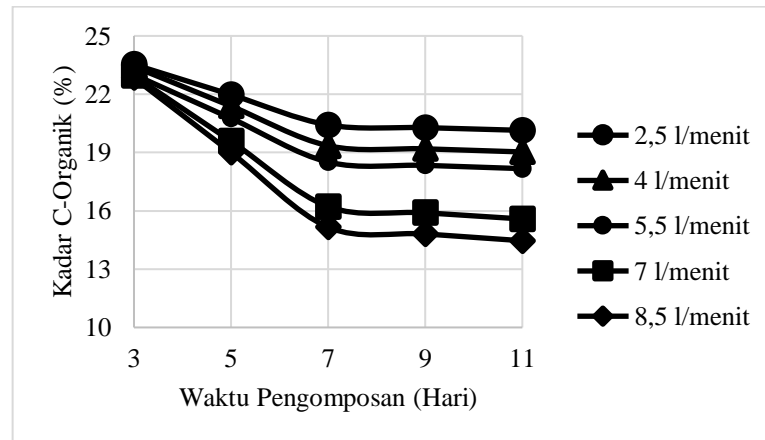
Parameter	Hasil Analisa
C-Organik	30,27%
Nitrogen (N)	0,61%
Rasio C/N	49,62
Phospat (P)	0,74%
Kalium (K)	2,07

Berdasarkan hasil analisa dari tabel 1, rasio C/N limbah mikroorganisme anaerob sebesar 49,62. Nilai rasio C/N limbah mikroorganisme anaerob masih di atas standar pupuk organik padat yaitu sebesar 25. Dengan demikian, limbah mikroorganisme anaerob tersebut perlu diturunkan kadar C-Organik atau menaikkan nitrogen. Dalam hal ini dipilih metode penurunan kadar C-Organik dengan proses pengomposan secara aerob.

Menurut persamaan reaksi :

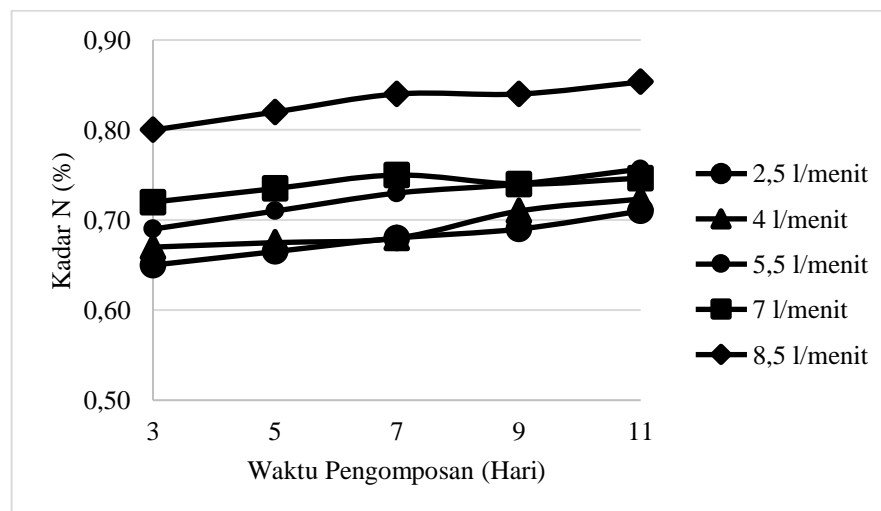


Kadar C-Organik akan menurun akibat proses pengomposan secara aerob yang mengubahnya menjadi gas karbondioksida.



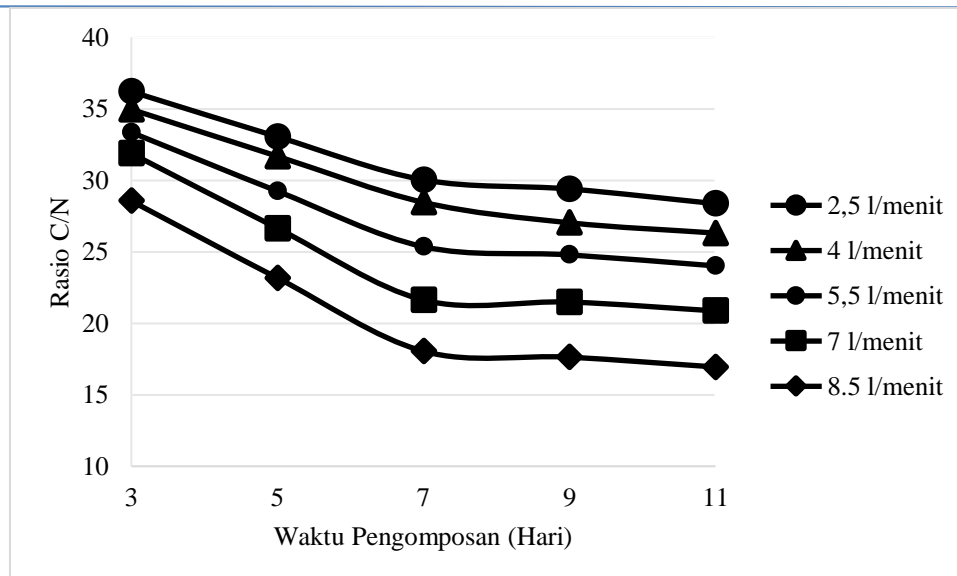
Gambar 1. Hubungan antara kadar C-Organik (%) dengan waktu pengomposan (hari) dengan berbagai variasi debit udara (l/menit)

Berdasarkan **Gambar 1** di atas, menunjukkan bahwa kadar C-Organik dalam pupuk organik padat mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pengomposan. Hal ini sesuai dengan percobaan terdahulu yang dilakukan oleh Ratna (2017), yang menyebutkan bahwa kadar C-Organik dalam pupuk organik padat mengalami penurunan karena C-Organik digunakan oleh mikroba sebagai sumber energi untuk mendegradasi bahan organik [15]. Selama proses pengomposan, kandungan C-Organik pada limbah mikroorganisme akan berikatan dengan oksigen (O_2) yang membentuk gas CO_2 , gas tersebut akan menguap sehingga kadar C-Organik akan berkurang.



Gambar 2. Hubungan antara kadar nitrogen (%) dengan waktu pengomposan (hari) dengan berbagai variasi debit udara (l/menit)

Berdasarkan **Gambar 2** di atas, menunjukkan bahwa kadar nitrogen dalam pupuk organik padat mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu pengomposan. Hal ini sesuai dengan percobaan terdahulu yang dilakukan oleh Ratna (2017), yang menyebutkan bahwa kadar nitrogen mengalami peningkatan seiring dengan lamanya waktu pengomposan [15]. Meningkatnya kadar nitrogen pada masa pengomposan dikarenakan terjadinya proses hilangnya lignin dan selulosa dikarenakan aktivitas mikroorganisme yang terdapat pada proses pengomposan sehingga kadar nitrogen akan meningkat.



Gambar 3. Hubungan antara rasio C/N dengan waktu pengomposan (hari) dengan berbagai variasi debit udara (l/menit)

Berdasarkan **Gambar 3** di atas, menunjukkan bahwa kadar C/N dalam pupuk organik padat mengalami penurunan seiring dengan lamanya waktu pengomposan yang dilakukan. Dengan meningkatnya kandungan oksigen yang terdapat di dalam pupuk organik padat yang menyebabkan kadar C/N dalam pupuk mengalami penurunan. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ratna (2017), yang mana rasio C/N akan mengalami penurunan yang disebabkan oleh menurunnya kadar C-Organik dan meningkatnya kadar nitrogen di dalam pupuk [15]. Hasil pupuk organik padat tersebut juga telah sesuai dengan SNI 7763:2018 yang mana rentang rasio C/N pupuk organik padat sekitar 15-25.

4. Kesimpulan

Semakin lama proses pengomposan, semakin rendah rasio karbon terhadap nitrogen dan rasio C/N stabil pada hari ke-7 pengomposan dengan nilai 18,05. Peningkatan laju atau aliran udara menghasilkan persentase penurunan rasio C/N produk yang lebih tinggi, dengan persentase penurunan terbesar adalah 65,85% ketika menggunakan laju aliran udara 8,5 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa aerasi yang tepat memainkan peran penting dalam mencapai kondisi pengomposan yang optimal dan keseimbangan nutrisi pada produk akhir. Rasio C/N yang seimbang sangat penting untuk keberhasilan penguraian bahan organik dan produksi kompos berkualitas tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Feriyana, W, "Pupuk Organik Sebagai Produk Unggulan Bumdes Mitra Usaha Desa Banjar Rejo Kecamatan Belitang Jaya Ogan Komering Ulu Timur," *Jurnal Inovasi Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (JIPKM)*, vol. 1, 2021 .
- [2] Hartatik, W., Husnain & Widowati. L.R., "Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanamn," *Jurnal Sumber Daya Lahan*, vol.1, pp. 107-120, 2015.
- [3] Wardhana. K.A., "Perekat untuk Pembuatan Pupuk Pelet Pupuk Organik dari Residu Proses Digestasi Anaerobik Lumpur Biologi Industri Kertas," *Jurnal Selulosa*, vol. 4, pp. 69-78, 205.
- [4] Wang, L.L., Nazih, K.S & Yung, T.H., *Handbook Of Enviromental Engineering, Volume 6: Biosolids Treatment Processes*, Totowa, The Humana Press Inc, 2007.
- [5] Kurnia, D.R.D., Permatasari, I & Rafika, Y., "Isolasi Mikroorganisme Anaerob Limbah Cair Tekstil Menggunakan Desikator Sebagai Inkubator Anaerobik," *Jurnal Fluida*, vol. 11, pp. 26-33. 2015.
- [6] Kovacic, D., Dkk, "Digastate Management and Processing Practices : A Rreview," *Applied Sciences*, 2022.
- [7] Komala, S.P., Denny, H & Detia, D., "Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan pada Pengolahan Limbah Cair Karet dengan Sistem Multi Soil Layering (MSL)," *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, vol. 1, pp. 74-88, 2012.
- [8] Mayangsari, H.D., Pembuatan Biodigester Dengan Uji Coba Kotoran Sapi Sebagai Bahan Baku. Laporan Tugas Akhir, 2020.

- [9] Dutta A & Sarkas, S., "Sequencing Batch Reactor for Wastewater Treatment Recent Advances," *Curr Pollution*, vol. 1, pp. 177-190, 2016.
- [10] Meena, A.L., Dkk, "Aerobic vs Anaerobic Composting : Differences and Comparison," *Food and Scientific Reports*, vol. 2, pp. 23-26 , 2021.
- [11] Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Keputusan Menteri Pertanian Indonesia, Jakarta, 2019.
- [12] Afifah, A.S., Dkk, "Pengaruh Waktu Pengomposan dan Komposisi Kompos Sampah Organik Terhadap Laju Pertumbuhan Daun Tanaman Kacang Panjang (*Vigna Cylindrica L.*)," *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, vol.3, pp. 1-7, 2018.
- [13] Witasari, W.S., Dkk, "Pengaruh Jenis Komposter dan Waktu Pengomposan Terhadap Pembuatan Pupuk Kompos dari Activated Sludge Limbah Industri Bioetanol," *Jurnal Teknik Kimia Lingkungan*, vol. 5, pp. 31-40, 2021.
- [14] Subali, B & Ellianawati, "Pengaruh Waktu Pengomposan Terhadap Rasio Unsur C/N dan Jumlah Kadar Air Dalam Kompos," *Prosding Pertemuan Ilmiah XXIV Jateng & DIY*, pp 49-53, 2010.
- [15] Ratna, D.A.P., Samudro, G & Sumiyati, S., "Pengaruh Kadar Air Terhadap Proses Pengomposan Sampah Organik dengan Metode Takakura," *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, vol. 6, pp. 124-128, 2017.