

Pengolahan Limbah Yeast Mud Menjadi Pupuk Organik Padat Menggunakan Metode Composting Aerob

Amelia Putri Kusherawati^{1*}, Clareta Rahmawati Maudy², Ketut Sumada³,
Caecilia Pujiastuti⁴, Srie Muljani⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik & Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 20031010072@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 23 Juni 2024

Disetujui: 30 Juni 2024

Abstract

Bioethanol is one of the alternative materials that can reduce dependence on non-renewable fuel oil. The process of making bioethanol produces by-products in the form of waste. Yeast mud is solid waste from the initial precipitation process of ethanol production. Yeast mud contains organic carbon of 39.33%, total nitrogen as nitrogen compounds of 1.76%, and a C/N ratio of 22. The organic carbon content contained in yeast mud exceeds the 2018 SNI value of a maximum of 32%. This study aims to determine the time needed to produce solid organic fertilizer in accordance with the Indonesian National Standard. The parameters used to determine the quality of solid organic fertilizer produced are C-Organic content, Nitrogen content, and C/N ratio. The method used in this research is aerobic composting with variations in the mass of yeast mud waste (1 kg; 2kg; 3 kg; 4 kg; and 5 kg) and variations in composting time (3; 4; 5; 6; 7 days), as well as an aeration rate of 1.5 l/min. The results showed that the C-Organic content that met the maximum SNI standard of 32% was obtained under the condition of a mass of yeast mud waste of 1 kg with a time of 5 days with a C-Organic content of 31.45% and a mass of yeast mud waste of 2 kg with a time of 7 days with a C-Organic content of 31.96%.

Keywords: *bioethanol, aerobic composting, solid organic fertilizer, yeast mud*

Abstrak

Bioetanol merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang tidak terbarukan. Pada proses pembuatan bioethanol dihasilkan produk samping berupa limbah. Yeast mud merupakan limbah padat dari proses pengendapan awal pembuatan etanol. Yeast mud mengandung karbon organik sebesar 39,33%, total nitrogen sebagai senyawa nitrogen sebesar 1,76%, dan rasio C/N sebesar 22. Kadar karbon organik yang terkandung dalam yeast mud melebihi nilai SNI 2018 yaitu maksimal 32%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menghasilkan pupuk organik padat sesuai dengan Standard Nasional Indonesia. Parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas pupuk organik padat yang dihasilkan yaitu kadar C-Organik, kadar Nitrogen, dan rasio C/N. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu composting aerob dengan variasi massa limbah yeast mud (1 kg; 2kg; 3 kg; 4 kg; dan 5 kg) dan variasi waktu pengomposan (3; 4; 5; 6; 7 hari), serta laju aerasi sebesar 1,5 l/menit. Hasil penelitian menunjukkan kadar C-Organik yang memenuhi standard SNI maksimal 32% diperoleh pada kondisi massa limbah yeast mud 1 kg dengan waktu 5 hari dengan C-Organik sebesar 31,45% dan massa limbah yeast mud 2 kg dengan waktu 7 hari yang dengan kadar C-Organik sebesar 31,96%.

Kata Kunci: *bioetanol, composting aerob, pupuk organik padat, yeast mud*

1. Pendahuluan

Bioetanol menjadi sumber energi pengganti bahan bakar fosil yang diperoleh melalui fermentasi bahan organik oleh mikroba. Sejumlah bahan organik yang biasa digunakan sebagai bahan baku dasar produksi bioetanol antara lain tebu, jagung, singkong, gandum, dan masih banyak sumber lainnya. Sebagian besar produksi bioetanol di Indonesia menggunakan molase atau tetes tebu yang dapat mencapai 450 juta liter produksi bioetanol tiap tahunnya [1].

Limbah pabrik bioetanol dari molase ini memiliki kandungan zat organik yang tinggi dan memiliki dan berpotensi untuk mencemari lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi jumlah zat organik agar sesuai dengan baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Pada proses pengolahan air limbah secara biologi anaerob dihasilkan limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Yeast

mud dihasilkan pada proses fermentasi sebagai limbah padat. Limbah cairnya berupa vinasse yang merupakan produk samping reaksi pada fermentor. Gas karbondioksida (CO_2) sebagai produk samping reaksi di tangki pertumbuhan dan fermentor [2].

Yeast mud merupakan limbah padat yang dikeluarkan dari *Primary Settling* (pengendapan awal) pada pengolahan air limbah. Yeast mud merupakan ragi atau mikroorganisme yang dipergunakan pada proses fermentasi untuk menghasilkan etanol. Yeast mud keluar bersama air limbah hasil fermentasi menuju primary settling berupa slurry. Slurry ini dipisahkan dengan filter press sehingga diperoleh padatan yang disebut yeast mud. Filtratnya yang merupakan air limbah dialirkan ke Biodigester untuk diolah menjadi Biogas [3]. Yeast mud mengandung karbon organik, nitrogen, fosfor, dan kalsium. Komposisi karbon organik sebagai senyawa C-Organik dengan kadar 39,33%. Total nitrogen sebagai senyawa nitrogen memiliki kadar 1,76% dan rasio C/N sebesar 22. Kandungan dari yeast mud ini mendekati batas standar baku pupuk padat organik. Namun, kadar karbon organik yang terkandung dalam yeast mud melebihi nilai SNI 2018 yaitu maksimal 32%.

Salah satu cara menanggulangi limbah bioethanol yaitu mengolah yeast mud menjadi pupuk organik padat dengan menggunakan composting aerob. Pupuk merupakan material yang ditambahkan kedalam tanah baik dari bahan organik atau anorganik. Tujuan penambahan pupuk pada tanah yaitu menggantikan unsur-unsur hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanaman [4]. Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia yang merugikan ekosistem lahan. Biasanya pupuk organik dibuat dari sisa tanaman, tanaman segar, dan bahan organik lainnya [5]. Berdasarkan fasa pupuk dibedakan menjadi 2 jenis yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair. Pupuk organik padat adalah pupuk dari bahan alami yang bentuk akhirnya padat biasanya sukar larut dalam air. Pupuk organik cair adalah pupuk dari bahan alami yang berupa cair biasanya sangat larut dalam air [6]. Pupuk organik memiliki kelebihan dibandingkan pupuk anorganik seperti lebih ramah lingkungan, dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit, membantu mengatasi pencemaran tanah, dan lebih aman bagi manusia untuk jangka panjang [7].

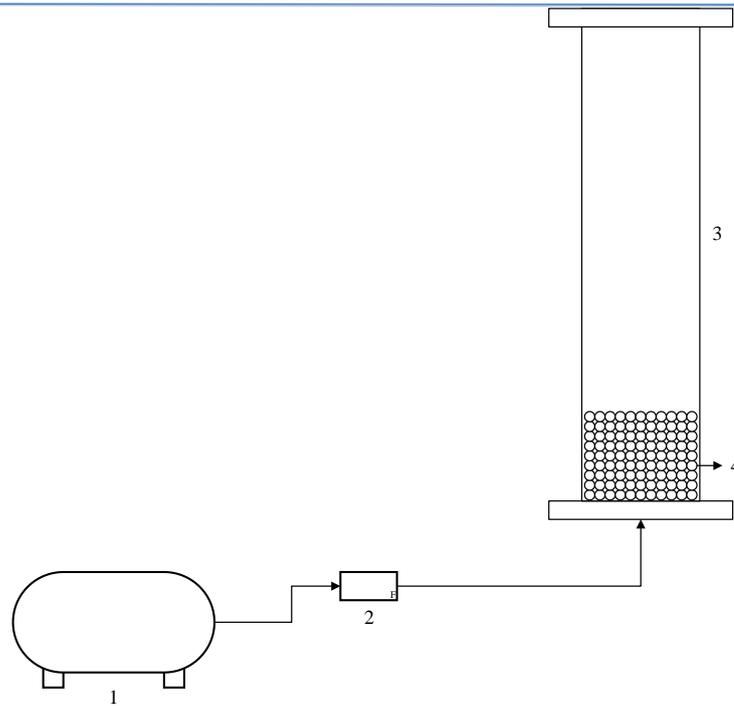
Composting merupakan metode untuk mengkonversikan bahan organik menjadi bahan yang lebih sederhana dengan menggunakan aktivitas mikroba. Proses composting dapat digunakan untuk menurunkan kadar karbon organik. Proses pengomposan terbagi menjadi 2 yaitu composting aerob dan composting anaerob. Pada composting aerob, semakin banyak oksigen yang tersedia, semakin banyak karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan, semakin sedikit metana (CH_4), dan dekomposisi semakin sempurna. Saat aktivitas biologis berlangsung, konsentrasi oksigen turun dan konsentrasi CO_2 meningkat dan kadar karbon organik berkurang. Composting anaerob adalah proses penguraian bahan organik yang dilakukan tanpa adanya oksigen (O_2). Proses ini biasanya terjadi di lingkungan tertutup atau dengan akses oksigen yang sangat terbatas. Composting aerob lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan composting anaerob. Kenaikan suhu tumpukan pada composting aerob hingga 60°C - 70°C yang dapat membantu dalam membunuh benih gulma dan patogen; aerasi meningkatkan laju dekomposisi bahan organik; periode waktu yang lebih singkat untuk persiapan kompos serta intensitas jumlah emisi yang tidak diinginkan berkurang secara jelas [8]. Composting banyak digunakan pada proses pembuatan pupuk organik padat yang dapat diaplikasikan pada tanaman untuk pertumbuhan yang lebih baik dan produktivitas yang tinggi [9]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [10] pupuk organik padat dari limbah yeast mud dapat meningkatkan kesuburan tanah dan kualitas nutrisi tanaman.

Pada penelitian ini yeast mud akan diolah menjadi pupuk organik padat dengan cara metode composting aerob. Metode composting aerob dipilih karena memiliki kelebihan yaitu panas yang dihasilkan mempercepat penguraian sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kadar C-organik, nitrogen, dan rasio C/N pada limbah yeast mud serta hasil akhir pupuk organik padat sesuai dengan SNI & mengetahui pengaruh waktu composting dan massa bahan terhadap kualitas pupuk organik padat.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah yeast mud yang didapatkan dari keluaran limbah bioethanol dari Primary Settling (pengendapan awal) PT. Energi Agro Nusantara. Bahan kedua yaitu udara yang berasal dari sekitar yang didistribusikan dengan bantuan compressor. Bahan ketiga yaitu perekat yang berfungsi sebagai penggabungan partikel kecil menjadi butiran yang lebih besar contoh bahan perekat yaitu tepung tapioka, tanah liat, dan air. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah loyang, oven, timbangan, alu, lesung, biodigester, flowmeter, selang dan compressor.



Gambar 1. Rangkaian Alat Composting Aerob

Keterangan:

1. Compressor
2. Flowmeter
3. Biodigaster
4. Limbah yeast mud

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium limbah Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Tahapan penelitian diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan. Selanjutnya Limbah Yeast mud yang didapatkan dari PT. Energi Agro Nusantara dilakukan pengeringan dengan menggunakan bantuan sinar matahari hingga benar-benar kering. Limbah yeast mud yang telah dikeringkan dilakukan penambahan air hingga kadar air 40%. Kemudian dilakukan proses composting dengan variasi massa limbah yeast mud (1; 2; 3; 4; 5 kg) menggunakan bantuan compressor untuk mendistribusikan udara dari lingkungan ke biodigester dengan variasi lama waktu composting (3; 4; 5; 6; 7 hari). Yeast mud hasil composting kemudian dilakukan granulasi dengan menambahkan perekat berupa larutan tepung tapioka. Kemudian dilakukan uji analisa C-Organik dan nitrogen.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diukur sebagai indikator kualitas pupuk yaitu kadar C- organik, kadar nitrogen, dan rasio C/N. Sebelum limbah yeast mud melalui proses composting dilakukan uji kadar C-Organik dan kadar nitrogen agar mengetahui kandungan awal bahan. Spektrofotometri UV-Vis (Ultraviolet-Visible) merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menentukan kadar C-Organik dalam berbagai sampel, seperti tanah, pupuk, air, dan sedimen. Metode ini didasarkan pada prinsip penyerapan cahaya oleh senyawa organik pada panjang gelombang tertentu. Prinsip kerjanya pertama yaitu preparasi sampel, sampel dikeringkan dan digiling hingga halus. Kedua oksidasi senyawa organik dalam sampel menjadi karbon dioksida CO₂ dengan menggunakan oksidan kuat seperti kalium dikromat dalam suasana asm. Ketiga pengukuran absorbansi Cahaya pada Panjang gelombang tertentu. Terakhir kadar C-Organik dihitung berdasarkan absorbansi yang diukur dan kurva standar yang telah dibuat sebelumnya [11]. Metode analisis yang digunakan untuk menentukan kadar nitrogen yaitu Kjeldahl. Metode Kjeldahl terdiri dari tiga tahapan utama: destruksi, distilasi, dan titrasi.

Pada tahap destruksi, sampel dipanaskan dengan asam sulfat pekat untuk dekomposisi nitrogen. Hasil akhirnya merupakan larutan amonium sulfat. Setelah sampel diuraikan sepenuhnya, larutan hasil destruksi dinetralkan dengan basa kuat dan didistilasi. Ammonium sulfat diubah menjadi amonia (NH₃) dan uap air (H₂O) dengan bantuan uap air dari NaOH. Ammonia ditampung dalam larutan asam borat. Tahap titrasi digunakan untuk mengetahui jumlah ammonia dalam larutan penerima. Jumlah nitrogen dapat dihitung dari jumlah ion ammonia di dalam larutan penerima. Jumlah amonia yang tertangkap dalam larutan

asam borat kemudian ditentukan dengan titrasi menggunakan larutan asam kuat standar. Indikator metil merah digunakan untuk mendeteksi titik akhir titrasi. Jumlah amonia yang tertitrasi digunakan untuk menghitung kadar nitrogen total dalam sampel [12].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Analisa

Bahan baku berupa limbah yeast mud memiliki kandungan C-organik dan Nitrogen. Hasil analisa terhadap kandungan C-Organik dan Nitrogen tersebut disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Analisa Limbah Yeast Mud

Kandungan	Kadar (%)
C-Organik	39,33
Nitrogen	1,76

Karbon organik dan nitrogen merupakan kandungan penting pada pupuk organik padat. Hasil analisa bahan berupa limbah yeast mud menunjukkan kadar c-organik sebesar 39,33% dan nitrogen sebesar 1,76%. Kadar C-organik sebesar 39,33% masih belum memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk pupuk organik padat yaitu maksimal 32%. Oleh karena itu, dilakukan composting aerob pada limbah yeast mud untuk mengurangi kadar C-Organik.

Hasil pengamatan pupuk organik padat dari limbah yeast mud ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perbandingan variasi massa limbah yeast mud dan waktu composting terhadap proses composting. Parameter yang diamati pada pupuk organik padat yang dihasilkan yaitu kadar C-Organik dan Nitrogen sehingga dapat diketahui nilai rasio C/N. Data hasil analisa disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Pupuk Organik Padat

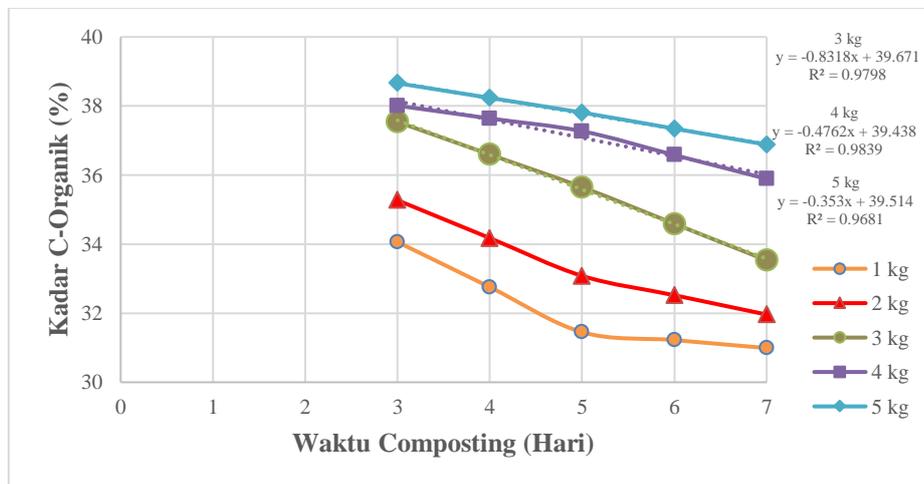
No.	Massa Limbah Yeast Mud (kg)	Waktu Composting (Hari)	Kadar C (%)	Kadar N (%)	Rasio C/N
1.		3	34.06	1.82	18.7143
2.		4	32.755	1.845	17.7534
3.	1	5	31.45	1.87	16.8182
4.		6	31.22	1.9	16.4316
5.		7	30.99	1.9	16.3105
6.		3	35.27	1.81	19.4862
7.		4	34.175	1.83	18.6749
8.	2	5	33.08	1.85	17.8811
9.		6	32.52	1.865	17.4370
10.		7	31.96	1.88	17.0000
11.		3	37.54	1.8	20.8556
12.		4	36.595	1.815	20.1625
13.	3	5	35.65	1.83	19.4809
14.		6	34.59	1.84	18.7989
15.		7	33.53	1.85	18.1243
16.		3	38.01	1.79	21.2346
17.		4	37.64	1.8	20.9111
18.	4	5	37.27	1.81	20.5912
19.		6	36.58	1.815	20.1543
20.		7	35.89	1.82	19.7198
21.		3	38.66	1.77	21.8418
22.		4	38.235	1.775	21.5408
23.	5	5	37.81	1.78	21.2416
24.		6	37.345	1.78	20.9803
25.		7	36.88	1.78	20.7191

Berdasarkan **Tabel 2**, diketahui bahwa terjadi penurunan kadar C-Organik dan kadar Nitrogen yang mengalami peningkatan. Penurunan kadar C-Organik yang terendah terdapat pada massa 5 kg pada hari ke-3, sedangkan penurunan kadar C-Organik tertinggi berada pada massa 1 kg pada hari ke-7. Kadar C-Organik yang sesuai dengan SNI 7763:2018 yaitu 15-32%, sehingga didapatkan nilai yang memenuhi yaitu pada massa 1 kg hari ke-5, 6, dan 7; serta pada massa 2 kg pada hari ke-7. Kadar Nitrogen mengalami

kenaikan sehingga menyebabkan rasio C/N pada pupuk yang dihasilkan mengalami penurunan seiring lamanya waktu composting.

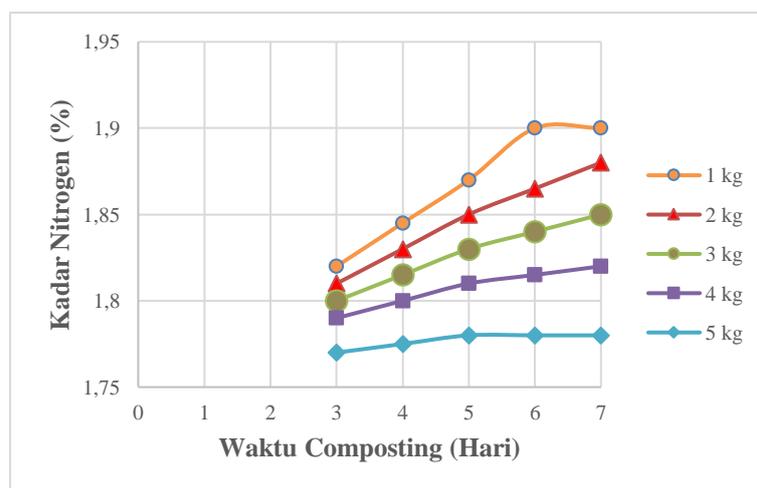
3.2 Pengaruh Waktu Composting terhadap Kadar C-Organik, Nitrogen, dan Rasio C/N

Gambar 2 menunjukkan bahwa kadar C-Organik dalam pupuk organik padat yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [13], yang menyatakan bahwa karbon digunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi untuk metabolismenya. Degradasi bahan organik dengan adanya oksigen menyebabkan mineralisasi bahan organik menjadi karbon dioksida (CO₂).



Gambar 2. Hubungan antara Kadar C-Organik (%) dengan Waktu Composting (Hari) dengan Berbagai Variasi Massa (kg)

Waktu dibutuhkan limbah yeast mud dengan massa 3 kg; 4 kg; dan 5 kg mencapai kadar C-Organik yang sesuai dengan SNI (maksimal 32%) dengan laju aerasi 1,5 liter/menit dapat diketahui melalui persamaan yang dihasilkan oleh tiap grafik. Pada massa limbah yeast mud 3 kg didapatkan persamaan $y = -0.8318x + 39.671$ sehingga waktu yang diperlukan 9,22 hari. Pada massa limbah yeast mud 4 kg didapatkan persamaan $y = -0.4762x + 39.438$ sehingga waktu yang diperlukan 15,62 hari. Pada massa limbah yeast mud 5 kg didapatkan persamaan $y = -0.353x + 39.514$ sehingga waktu yang diperlukan 21,29 hari.

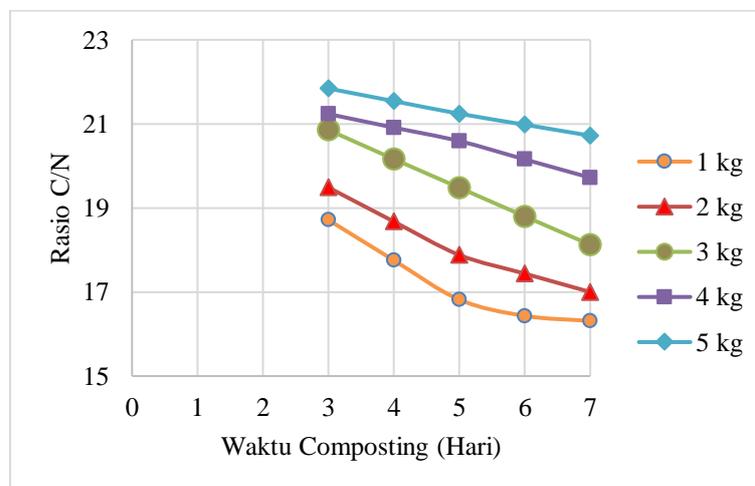


Gambar 3. Hubungan antara Kadar Nitrogen (%) dengan Waktu Composting (Hari) dengan Berbagai Variasi Massa (kg)

Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar nitrogen dalam pupuk organik padat yang dihasilkan mengalami peningkatan yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan berkurangnya komposisi awal bahan (berupa C-Organik) yang berkurang seiring dengan lamanya waktu composting. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh penelitian yang dilakukan oleh [14] menyatakan bahwa pada proses composting, kandungan nitrogen dibutuhkan mikroorganisme untuk pemeliharaan dan pembentukan sel-sel tubuh. Peningkatan kadar nitrogen setelah proses composting dikarenakan terdapat bahan organik yang

terdegradasi lebih besar dari NH_3 serta terjadi proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme sehingga nilai nitrogen meningkat. Pada penelitian yang dilakukan oleh [13] menyatakan bahwa hilangnya nitrogen pada composting disebabkan oleh emisi ammonia. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [15] sebagian besar nitrogen hilang dalam bentuk amonia (NH_3) dan dinitrogen oksida (N_2O). Pada composting aerob, nitrogen organik terurai dan menghasilkan nitrogen amonium melalui amoniasi. Amonium nitrogen mudah lepas dari sistem pengomposan dalam bentuk NH_3 pada kondisi lingkungan bersuhu tinggi (65 hingga 70 °C) dan pH (8,4 hingga 9,0). N_2O yang dihasilkan melalui nitrifikasi dan denitrifikasi pada permukaan dan di dalam tumpukan kompos. Pada proses composting aerob, gas nitrogen (N_2) di udara tidak bereaksi langsung meskipun udara menempati sebagian besar ruang pori dalam tumpukan kompos.

Hal ini dikarenakan molekul gas nitrogen (N_2) relatif inert. Gas nitrogen (N_2) tidak dapat digunakan secara langsung oleh sebagian besar mikroba, tetapi beberapa bakteri khusus dapat mengikat nitrogen di atmosfer (N_2) dan mengubahnya menjadi bentuk yang dapat digunakan seperti amonia (NH_4^+). Peningkatan nitrogen yang dihasilkan pada proses ini tidak terlalu signifikan. Siklus nitrogen pada composting berfokus pada nitrogen organik yang terdapat pada bahan, bukan pada gas nitrogen (N_2) di udara. Nitrogen organik ini mengalami berbagai transformasi (mineralisasi, imobilisasi, nitrifikasi) oleh mikroba untuk pertumbuhannya dan proses composting secara keseluruhan.



Gambar 4. Hubungan antara Rasio C/N dengan Waktu Composting (Hari) dengan Berbagai Variasi Massa (kg)

Gambar 4 menunjukkan bahwa rasio C/N dalam pupuk organik padat yang dihasilkan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu composting. Penurunan C-Organik lebih besar dibandingkan peningkatan nitrogen pada hasil akhir, sehingga rasio C/N mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [13] yang menyatakan bahwa penurunan rasio C/N disebabkan oleh konversi karbon organik menjadi karbon dioksida. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [16], rasio C/N merupakan faktor yang harus seimbang karena nitrogen yang ada dalam substrat diperlukan untuk pertumbuhan mikroba. Apabila rasio C/N terlalu tinggi maka mikroba akan kekurangan nitrogen untuk berkembang biak dan menguraikan bahan organik sehingga proses dekomposisi berjalan lambat. Apabila rasio C/N terlalu rendah menyebabkan terbentuknya gas amoniak, sehingga nitrogen mudah hilang ke udara yang menyebabkan kualitas kompos berkurang.

4. Kesimpulan

Hasil dari penelitian pada Limbah yeast mud yang awal mulanya memiliki kadar C-Organik sebesar 39,33%, kadar nitrogen sebesar 1,76%, dan rasio C/N sebesar 22. Setelah dilakukan composting dengan laju aerasi sebesar 1,5 liter/menit kadar C-Organik yang memenuhi standard SNI maksimal 32% diperoleh pada kondisi massa limbah yeast mud 1 kg dengan waktu 5 hari yang memiliki kadar C-Organik sebesar 31,45% dan massa limbah yeast mud 2 kg dengan waktu 7 hari yang memiliki kadar C-Organik sebesar 31,96%. Semakin lama proses pengomposan berlangsung, semakin banyak karbon yang diubah menjadi energi dan CO_2 oleh mikroorganisme. Hal ini menyebabkan kadar C-Organik dalam kompos terus menurun seiring waktu. Semakin sedikit massa limbah yang akan dilakukan pengomposan maka persentase penurunan kadar C-Organik produk semakin besar. Massa bahan yang sedikit biasanya menghasilkan tumpukan kompos yang lebih longgar sehingga memungkinkan udara untuk lebih mudah mengalir di antara celah-celah bahan organik. Hal ini dapat mengoptimalkan proses pengomposan karena mikroorganisme

pengurai yang berperan dalam pengomposan aerobik mendapatkan oksigen yang cukup untuk bekerja secara optimal.

5. Daftar Pustaka

- [1] V. A. K. Dewi, R. P. Putra, and W. Febry, "Kajian Potensi Vinase Sebagai Bahan Fertigasi di Perkebunan Tebu (*Saccharum Officinarum* L.)," *Sang Pencerah: Jurnal Ilmiah Universitas Muhammadiyah Buton*, vol. 8, no. 1, pp. 187–201, Feb. 2022, doi: 10.35326/pencerah.v8i1.1961.
- [2] E. Alayu and S. Leta, "Brewery sludge quality, agronomic importance and its short-term residual effect on soil properties," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 17, no. 4, pp. 2337–2348, Apr. 2020, doi: 10.1007/s13762-020-02630-2.
- [3] S. B. Onofre, I. C. Bertoldo, D. Abatti, and D. Refosco, "Chemical Composition of the Biomass of *Saccharomyces cerevisiae* - (Meyen ex E. C. Hansen, 1883) Yeast obtained from the Beer Manufacturing Process," *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, vol. 2, no. 2, pp. 558–562, 2017, doi: 10.22161/ijeab/2.2.2.
- [4] I. Suprapti *et al.*, "Penerapan Teknologi Inovasi Pembuatan Pupuk Biosaka di Desa Ellak Laok Kecamatan Lenteng Kabupaten Sumenep," *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, vol. 9, no. 1, pp. 16–21, Apr. 2023, doi: 10.21107/pangabdhi.v9i1.17333.
- [5] B. Wirayuda, K. Jurusan, B. Pertanian, and F. Pertanian, "Effect Of Organic And Anorganic Fertilizers On Growth And Yield Of Sweet Corn Plants (*Zea mays* L. var. *saccharata*)," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 8, no. 2, pp. 201–209.
- [6] T. Purba, *et al.*, *Pupuk dan Teknologi Pemupukan*, Yayasan Kita Menulis, Medan, 2021.
- [7] E. Sutrisno *et al.*, "Program Pembuatan Pupuk Kompos Padat Limbah Kotoran Sapi Dengan Metoda Fermentasi Menggunakan EM4 Dan Starbio Di Dusun Thekelan Kabupaten Semarang," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>
- [8] A. L. Meena and M. Karwal, "Aerobic vs Anaerobic Composting: Differences and Comparison," 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.21424.69125.
- [9] I. Mckenzie, S. Diana, S. Jaikishun, and A. Ansari, "Comparative Review of Aerobic and Anaerobic Composting for the Reduction of Organic Waste," *Agricultural Reviews*, no. Of, Jan. 2022, doi: 10.18805/ag.r-191.
- [10] Tesfahun, W., Zerfu, A., Shumuye, M., Abera, G., Kidane, A., & Astatkie, T. "Effects of brewery sludge on soil chemical properties, trace metal availability in soil and uptake by wheat crop, and bioaccumulation factor". *Heliyon*, vol. 7, no. 1, pp. 1-8, Jan. 2021 doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e05989
- [11] R. Sari, Maryam, and R. A. Yusmah, "Penentuan C-Organik Pada Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Dan Keberlanjutan Umur Tanaman Dengan Metoda Spektrofotometri UV VIS," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 11–19, Jul. 2023, doi: 10.32520/jtp.v12i1.2598.
- [12] D. Amalia and D. R. Fajri, "Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan Analisis Kadar Nitrogen Dalam Pupuk Urea Prill Dan Granule Menggunakan Metode Kjeldahl di PT Pupuk Iskandar Muda", [Online]. Available: <https://ejurnalunsam.id/index.php/JQ>
- [13] D. Assandri, N. Pampuro, G. Zara, A. Bianco, E. Cavallo, and M. Budroni, "Co-composting of brewers' spent grain with animal manures and wheat straw: Influence of two composting strategies on compost quality," *Agronomy*, vol. 11, no. 7, Jul. 2021, doi: 10.3390/agronomy11071349.
- [14] E. Hidayat, A. Afriliana, G. Gusmini, M. Taizo, and H. Harada, "Evaluate of Coffee Husk Compost," *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, vol. 1, no. 1, pp. 37–43, Jun. 2020, doi: 10.46676/ij-fanres.v1i1.8.
- [15] J. Cao, H. Qu, P. Wang, J. Fi, M. Chen, and Y. Chen, "Effects of the Membrane-covered Technology and Superphosphate on the Compost Quality and Nitrogen-containing Gas Emissions during Aerobic Composting," *Biosources*, vol. 17, no. 1, pp. 1781-1793, 2022, doi: 10.15376/biores.17.1.1781-1793
_17_1_1781_Cao_LQWCC_Effects_Membrane_Cover_SuperPO4_Technol_Compost_Quality_19585".
- [16] M. P. Maria *et al.*, "Current advances in the brewery wastewater treatment from anaerobic digestion for biogas production: A systematic review," *Environmental Advances*, vol. 13. Elsevier Ltd, Oct. 01, 2023. doi: 10.1016/j.envadv.2023.100394.