



Pengaruh Waktu dan Metode Fermentasi Terhadap Kandungan C, N, P, K dalam Pupuk Organik Cair dari Limbah Air Kelapa Tua, Limbah Buah-Buahan dan Molase

Effect of Fermentation Time and Method on the Content of C, N, P, and K in Liquid Organic Fertilizer from Old Coconut Water Waste, Fruit Waste, and Molasses

Dionisia Hariani Nada ^{*,1}, Faustina De Yesu Prisila Abi ¹, Anggelinus Nadut ¹

¹ Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: diannada1505@gmail.com

Abstrak. Salah satu isu krusial yang dihadapi sektor pertanian saat ini adalah meminimalisasi dampak lingkungan tanpa memengaruhi hasil pertanian. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan penggunaan pupuk organik cair (POC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu dan metode fermentasi terhadap kandungan unsur hara yaitu karbon, nitrogen, fosfor dan kalium (CNPk) dalam POC dari limbah air kelapa tua, limbah kulit buah-buahan yaitu pisang kepok, nanas dan semangka, serta molase. Metode fermentasi yang digunakan yaitu aerob dan anaerob, dengan waktu fermentasi selama 21 hari. POC yang diperoleh dari hasil fermentasi menggunakan kedua metode tersebut diamati parameter fisiknya berupa aroma dan warna, sedangkan untuk parameter kimianya akan diukur pH, kandungan C-organik, nitrogen, fosfor dan kalium. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan standar pupuk organik berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. Hasil yang diperoleh menunjukkan beberapa parameter yaitu aroma, warna, kadar C-organik dan kadar nitrogen telah memenuhi standar yang berlaku, sedangkan nilai pH, kadar fosfor dan kalium belum memenuhi standar yang berlaku. Rata-rata hasil yang diperoleh memperlihatkan metode fermentasi POC secara aerob memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan metode fermentasi secara anaerob.

Kata kunci: Pupuk Organik Cair, fermentasi aerob, fermentasi anaerob, limbah air kelapa tua.

Abstract. One of the crucial issues facing the agricultural sector today is minimizing environmental impacts without affecting agricultural yields. One of the efforts that can be made to overcome these problems is the use of liquid organic fertilizer (POC). The purpose of this study was to determine the effect of fermentation time and method on the content of nutrients, namely carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium (CNPk), in POC from old coconut water waste, fruit peel waste, namely kepok banana, pineapple, and watermelon, and molasses. The fermentation methods used are aerobic and anaerobic, with a fermentation time of 21 days. POC obtained from fermentation using both methods was observed for its physical parameters in the form of aroma and color, while for chemical parameters, pH, C-organic content, nitrogen, phosphorus, and potassium were measured. The results obtained were compared with organic fertilizer standards based on Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. The results obtained show that several parameters, namely aroma, color, C-organic content, and nitrogen content, have met the applicable standards, while the pH value, phosphorus, and potassium levels have not met the

applicable standards. The average results obtained showed that the aerobic POC fermentation method gave higher results than the anaerobic fermentation method.

Keywords: *Liquid Organic Fertilizer, aerobic fermentation, anaerobic fermentation, old coconut water.*

1. Pendahuluan

Tingginya jumlah penduduk berpengaruh pada meningkatnya kebutuhan pangan. Hal ini menjadi salah satu tantangan bagi sektor pertanian sebagai produsen bahan mentah untuk keperluan pangan. Peningkatan kualitas hasil pertanian tidak lepas dari penggunaan pupuk yang menunjang pertumbuhan tanaman (Liang *et al.*, 2022; Nhu *et al.*, 2018). Namun penggunaan pupuk kimia yang berlebihan menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan dan masalah kesehatan bagi masyarakat selaku konsumen. Sehingga penggunaan pupuk organik merupakan salah satu alternatif untuk membangun sistem pertanian yang ramah lingkungan (Martínez-Alcántara *et al.*, 2016).

Pupuk organik cair (POC) merupakan jenis pupuk dalam bentuk cair yang diperoleh dari penguraian atau fermentasi limbah organik (Novianto *et al.*, 2021; Hamawi *et al.*, 2024). Dalam POC terkandung nutrisi dan mikroorganisme yang dapat membantu proses pertumbuhan tanaman seperti beberapa unsur hara makro yaitu karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Unsur hara makro ini sangat berpengaruh untuk meningkatkan kualitas dan produksi dari tanaman (Muthu *et al.*, 2023). Selain itu penggunaan POC juga tidak merusak tanah walaupun digunakan terus-menerus, mengatasi defisiensi unsur hara dengan cepat dan mampu menyediakan unsur hara dengan cepat (Lubis *et al.*, 2022).

POC diperoleh melalui metode fermentasi dimana melibatkan proses respirasi aerob maupun anaerob yang dilakukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. Perbedaan metode fermentasi memberikan pengaruh terhadap kandungan nutrisi dalam POC (Saputri *et al.*, 2021). Proses fermentasi pada kondisi anaerob tidak memerlukan oksigen atau kedap udara dimana aktivitas bakteri membentuk metana gas metana (CH₄). Sedangkan proses fermentasi aerob terjadi secara biologis menggunakan oksigen (Dini *et al.*, 2020). Selain metode fermentasi, lama waktu fermentasi juga berpengaruh pada nilai pH dan kandungan nutrisi dalam POC (Yulia *et al.*, 2023).

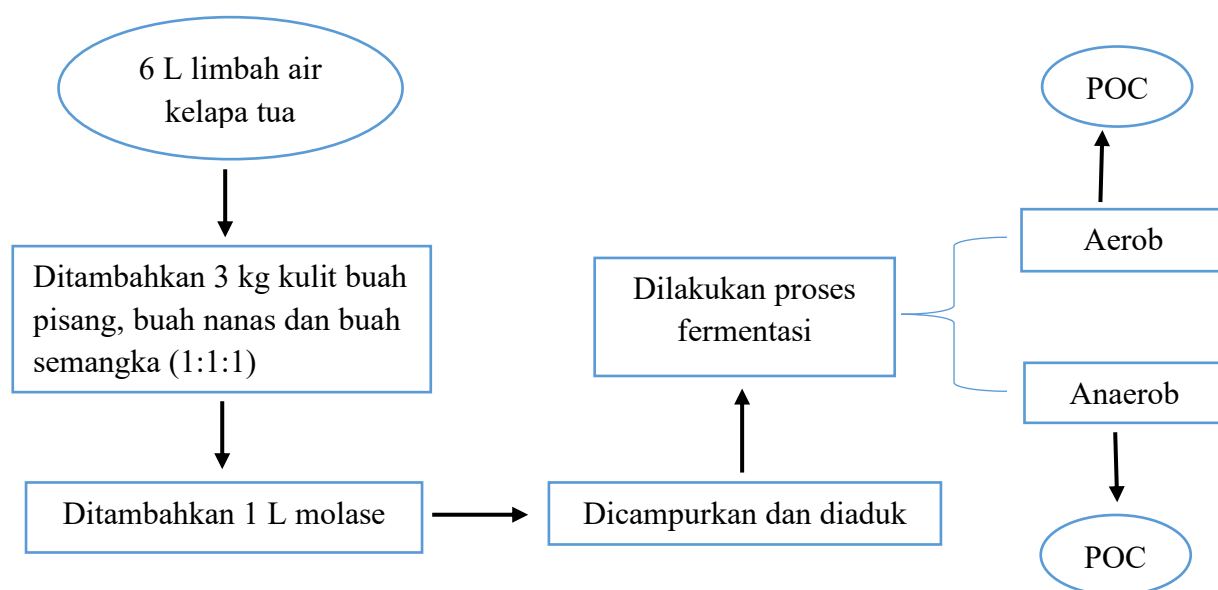
Air kelapa tua merupakan salah satu limbah organik yang sering dibuang begitu saja dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal dalam air kelapa tua terkandung beberapa zat seperti protein, lemak, mineral, karbohidrat, vitamin C, vitamin B kompleks, serta beberapa hormon seperti sitokinin, auksin dan sedikit giberelin (Maharani *et al.*, 2024). Hal inilah yang menyebabkan limbah air kelapa tua dapat digunakan sebagai POC. Darmawan *et al.* (2020) membuat POC dari air kelapa tua dan molase yang diaplikasikan pada tanaman padi. Hasil

menunjukkan bahwa penggunaan POC ini mampu meningkatkan tinggi dan jumlah daun selama 10 minggu waktu pemupukan. Tinggi daun terus meningkat hingga 15% dari awal pemupukan, sedangkan jumlah daun juga terus meningkat hingga 90% dari awal pemupukan. POC juga dapat diperoleh dari hasil fermentasi limbah buah-buahan. Pada hasil fermentasi limbah kulit pisang diperoleh kandungan K, P dan C/N rasio secara berturut-turut 0,29%, 0,14% dan 57%. Hasil fermentasi limbah kulit nanas dan semangka menghasilkan kandungan N, P dan K secara berturut-turut 0,31%, 2,68% dan 0,09% (Fadlurrahman & Azury, 2022).

Beberapa keunggulan dari POC diperkirakan mampu menggantikan pupuk anorganik dalam hal memenuhi nutrisi tanaman. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengkaji pengaruh metode dan waktu fermentasi terhadap sifat fisik dan kimia POC dari perpaduan limbah air kelapa tua yang diperoleh dari buah kelapa yang sudah tua dilihat dari kulit luarnya yang sudah berwarna coklat tua dan daging buah yang lebih keras, serta limbah kulit buah-buahan yaitu kulit pisang kepok, nanas dan semangka yang masih cukup segar atau belum busuk, dan molase. Hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019.

2. Bahan dan Metode

Pembuatan dan proses fermentasi POC dilakukan di laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang. Sedangkan proses analisis dilaksanakan di Laboratorium Pertanian, Universitas Nusa Cendana, Kupang. Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan POC antara lain ember penampung ukuran 20 L, nampan, timbangan analitik, gelas beker dan gelas ukur. Bahan yang digunakan antara lain limbah air kelapa tua, kulit pisang kapok, kulit nanas, kulit semangka dan molase. Proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan POC

Penelitian diawali dengan pembuatan POC dimana 6 L air kelapa tua ditambah 3 kg limbah kulit buah-buahan dan 1 L molase. Proses fermentasi dilakukan dalam dua metode yaitu aerob dan anaerob selama 21 hari. Pada fermentasi hari ke 0, 7, 14 dan 21, sampel diambil, diamati sifat fisik berupa warna dan aroma yang dihasilkan, lalu dilakukan analisis kimia berupa pengukuran pH, analisis kadar C-organik, N-total, fosfor (P) dan kalium (K). Pengukuran pH menggunakan alat pH meter, analisis kadar C-organik menggunakan metode Walkey and Black, analisis kadar N-total menggunakan metode destilasi, analisis kadar P menggunakan spektrofotometer Uv-vis dan analisis kadar K menggunakan spektrofotometer SSA.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Sifat fisik POC

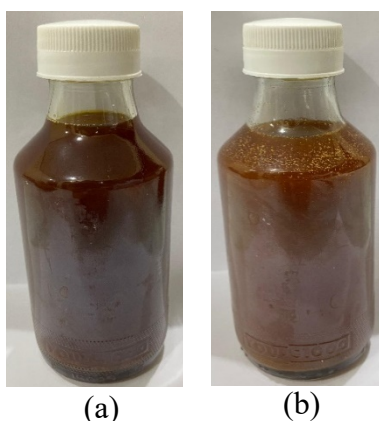
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa baik metode maupun waktu fermentasi berpengaruh pada sifat fisik POC yang dihasilkan. Melalui sifat fisik atau organoleptik dapat diketahui kualitas atau tingkat kematangan dari POC. Uji ini dilakukan oleh tim peneliti sendiri. Sifat fisik berupa warna dan aroma dari POC ditunjukkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Sifat fisik dari POC

Metode Fermentasi	Waktu Fermentasi (Hari)	Warna	Aroma
Aerob	0	Cokelat kehitaman	Beraroma manis seperti kecap
	7	Cokelat kemerahan	Beraroma asam manis khas fermentasi
	14	Cokelat kemerahan	Beraroma asam manis khas fermentasi
	21	Cokelat kemerahan	Beraroma manis seperti madu
Anaerob	0	Cokelat kehitaman	Beraroma manis seperti kecap
	7	Cokelat kemerahan tapi lebih pekat	Beraroma asam manis khas fermentasi
	14	Cokelat kemerahan tapi lebih pekat	Beraroma asam manis khas fermentasi tapi lebih pekat
	21	Merah bata	Beraroma manis yang kuat

Berdasarkan tabel pengamatan ([Tabel 1](#)) dapat dilihat bahwa pada metode fermentasi anaerob POC menghasilkan warna dan aroma yang lebih pekat dibandingkan metode fermentasi aerob. Diketahui bahwa proses fermentasi anaerob tidak terkontaminasi oleh udara sedangkan proses fermentasi aerob sebaliknya. Perubahan warna POC dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi, dimana perubahan warna yang semakin gelap dikarenakan terjadinya reaksi enzimatis. Waktu fermentasi yang semakin lama menyebabkan terurainya karbohidrat menghasilkan gula sederhana, asam organik, air dan energi berupa panas ([Chalisty & Baharudin, 2024](#)). Pada proses

fermentasi aerob dengan bantuan oksigen proses perubahan karbohidrat menjadi karbondioksida dan air menjadi lebih cepat dan lebih sedikit sehingga perubahan warna lebih lambat. Sedangkan pada proses fermentasi anaerob dimana tidak terkontaminasi oksigen, maka proses hidrolisis berjalan lebih cepat menghasilkan energi berupa panas yang menyebabkan warna POC menjadi lebih pekat. Perubahan warna POC dari kedua metode ini dapat dilihat pada [Gambar 2](#) dimana POC dari proses fermentasi anaerob menghasilkan warna merah bata yang lebih pekat dibandingkan POC dari proses fermentasi aerob. Hal ini juga berpengaruh pada aroma POC, namun untuk parameter aroma lebih dipengaruhi oleh asam-asam organik ([Yunilas *et al.*, 2022](#)). Aroma POC pada fermentasi anaerob juga lebih pekat dibandingkan dengan fermentasi aerob sama halnya dengan warna. Proses fermentasi berjalan dengan baik ditandai dengan aroma asam khas fermentasi yang berasal dari asam alkohol atau asam laktat ([Yunilas *et al.*, 2022](#)).

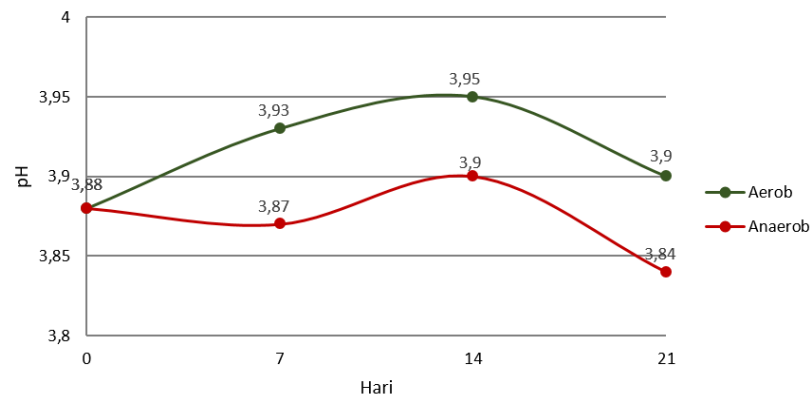


Gambar 2. Tampilan POC setelah 21 hari proses fermentasi (a) aerob, (b) anaerob

3.2 Sifat kimia POC

3.2.1 pH POC

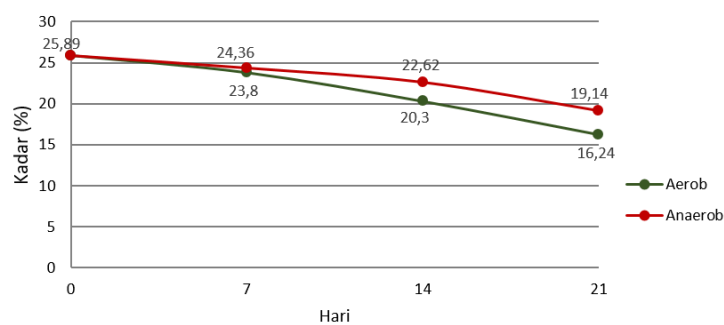
Berdasarkan [Gambar 3](#) dapat dilihat bahwa pH POC pada metode fermentasi aerob lebih tinggi dibandingkan dengan metode fermentasi anaerob. Pada metode fermentasi aerob nilai pH menurun pada hari ke 21, sedangkan pada metode fermentasi anaerob nilai pH menurun pada hari ke 7 dan 21. Penurunan nilai pH dapat diakibatkan oleh aktivitas mikroba dalam merombak bahan organik menjadi asam-asam organik yang bersifat asam ([Sulfianti *et al.*, 2021](#)). Rata-rata pH POC pada metode fermentasi aerob selama 21 hari yaitu 3,91 sedangkan metode fermentasi anaerob yaitu 3,87. Perbedaan nilai pH dari kedua metode ini tidak begitu signifikan dan menunjukkan bahwa POC bersifat asam. Berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dimana rata-rata pH pupuk organik berkisar antara 4-9. Sehingga POC dalam penelitian ini belum memenuhi standar tersebut. Namun semakin lama waktu fermentasi maka akan muncul mikroorganisme yang akan mengonversi asam organik sehingga meningkatkan nilai pH ([Sulfianti *et al.*, 2021](#)).



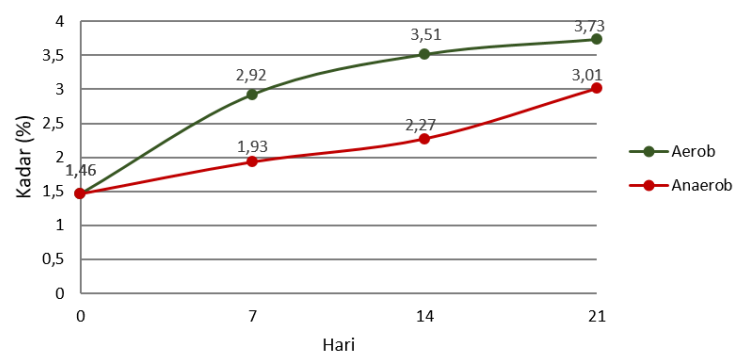
Gambar 3. pH POC

3.2.2 Kadar Karbon

Gambar 4 menunjukkan bahwa kadar C-organik POC pada metode fermentasi aerob maupun anaerob mengalami penurunan seiring berjalannya waktu. Lama waktu fermentasi menurunkan kadar C-organik diakibatkan adanya penggunaan karbon sebagai sumber energi dan hilang dalam bentuk CO_2 sehingga kandungan C-organik semakin lama semakin berkurang (Suwoyo *et al.*, 2021). Kadar C-organik pada metode fermentasi anaerob lebih tinggi dibandingkan metode fermentasi aerob. Hal ini dapat diakibatkan karena pada kondisi anaerob POC lebih sedikit kontak dengan oksigen sehingga lebih sedikit menghasilkan CO_2 . Berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dimana kandungan C-organik yang baik pada pupuk organik yaitu minimal 10%. Sehingga dapat dikatakan bahwa POC hasil penelitian ini memenuhi standar yang berlaku.



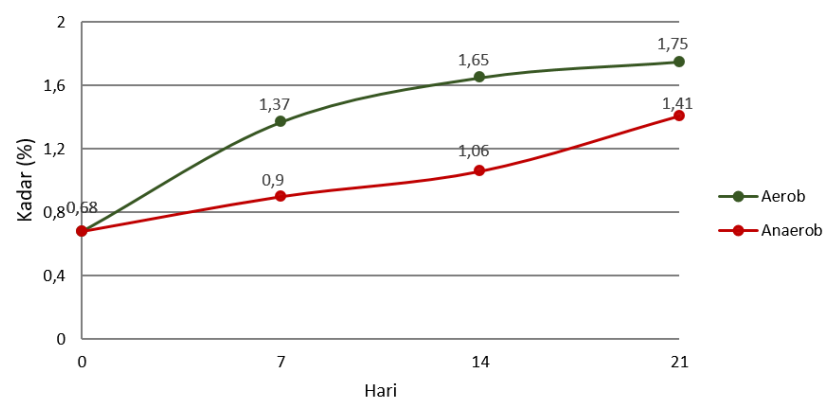
Gambar 4. Kadar C-organik



Gambar 5. Kadar N-total

3.2.3 Kadar Nitrogen

Kadar N POC pada metode aerob maupun anaerob mengalami peningkatan seperti terlihat pada [Gambar 5](#). Namun kadar tertinggi yaitu pada metode aerob dengan rata-rata kenaikan kadar N selama 21 hari waktu fermentasi sebesar 2,90%. Sedangkan rata-rata kenaikan kadar N pada metode fermentasi anaerob selama 21 hari sebesar 2,16%. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu fermentasi berpengaruh pada meningkatnya kadar N, sedangkan perbedaan metode fermentasi berpengaruh cukup signifikan terhadap kadar N dalam POC. Semakin lama waktu fermentasi POC akan berpengaruh terhadap proses dekomposisi yang menghasilkan ammonia dan nitrogen ([Wardah et al., 2021](#)). Proses pengomposan secara aerob berjalan lebih cepat dibandingkan anaerob sehingga menghasilkan energi yang lebih besar ([Saraswati & Praptana, 2017](#)). Berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dimana kandungan N minimal pada pupuk organik sebesar 0,5% yang menunjukkan bahwa POC yang diperoleh dari kedua metode fermentasi pada penelitian ini memenuhi standar tersebut.

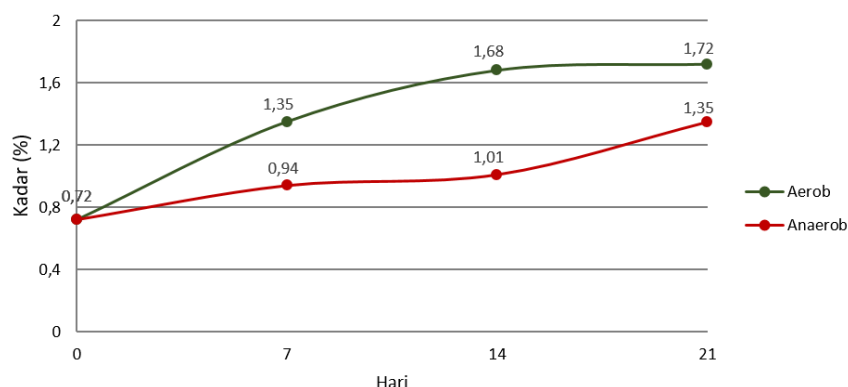


Gambar 6. Kadar fosfor

3.2.4 Kadar Fosfor

Berdasarkan data yang di peroleh pada [Gambar 6](#) dapat dilihat bahwa kadar P semakin meningkat seiring lama waktu fermentasi. Kadar P dapat meningkat karena adanya penurunan kadar karbon organik yang terdekomposisi menjadi CH_4 atau CO_2 dan hal ini sejalan dengan hasil yang diperoleh dimana kadar C organik pada fermentasi aerob lebih rendah dari fermentasi anaerob, namun kadar P lebih tinggi ([Kalemelawa et al., 2012](#)). Selain itu, meningkatnya kadar P juga dipengaruhi oleh kadar N dalam POC yang semakin meningkat, dimana semakin tinggi kadar N maka mikroorganisme yang menguraikan fosfor semakin meningkat pula ([Kurniawan et al., 2022](#)). Pada metode fermentasi aerob rata-rata kadar P selama 21 hari waktu fermentasi sebesar 1,36%, sedangkan metode fermentasi anaerob sebesar 1,01%. Kandungan P dalam bahan-bahan organik yang digunakan dalam pembuatan POC juga berpengaruh pada kadar P dalam POC. Berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dimana kandungan P minimal pada pupuk organik sebesar 2-6% sehingga kadar P dalam POC hasil penelitian ini belum

memenuhi standar tersebut. Namun jika dilihat dari lama waktu fermentasi, kadar P juga semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Maka tidak menutup kemungkinan bahwa kadar P akan semakin meningkat jika semakin lama difermentasi.



Gambar 7. Kadar kalium

3.2.5 Kadar Kalium

Kadar K dalam POC ditunjukkan pada [Gambar 7](#). Semakin lama waktu fermentasi semakin tinggi pula kadar K dalam POC. Kadar K dapat meningkat karena adanya penurunan kadar karbon organik yang terdekomposisi menjadi CH_4 atau CO_2 dan hal ini sejalan dengan hasil yang diperoleh dimana kadar C organik pada fermentasi aerob lebih rendah dari fermentasi anaerob, namun kadar K lebih tinggi ([Kalemelawa et al., 2012](#)). Selain itu peningkatan kadar K juga dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme pengurai senyawa organik mengalami pertumbuhan dan pembelahan secara cepat ([Agnesia & Sulistyaningsih, 2022](#)). Pada metode fermentasi aerob rata-rata kadar K selama 21 hari waktu fermentasi sebesar 1,56%, sedangkan metode fermentasi anaerob sebesar 1,00%. Hal ini menunjukkan bahwa metode fermentasi lebih berpengaruh pada kandungan K dalam POC. Berdasarkan Indonesian Standards No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 dimana kandungan K minimal pada pupuk organik sebesar 2-6% sehingga kadar K dalam POC hasil penelitian ini belum memenuhi standar tersebut. Namun jika dilihat dari lama waktu fermentasi, semakin lama kadar K juga semakin meningkat. Maka sama halnya dengan kadar P, tidak menutup kemungkinan bahwa kadar K akan semakin meningkat jika semakin lama difermentasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa POC dari limbah air kelapa tua, kulit buah-buahan (pisang kepok, nanas dan semangka) dan molase yang difermentasi selama 21 hari secara aerob dan anaerob memenuhi beberapa standar pupuk organik berdasarkan No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 yaitu warna, aroma, kadar C-organik dan nitrogen. Sedangkan nilai pH, kadar fosfor dan kalium belum memenuhi standar. Baik waktu dan metode fermentasi berpengaruh nyata terhadap parameter fisik dan kimia dari POC yang dihasilkan.

Singkatan yang Digunakan

POC	pupuk organik cair
C	karbon
N	nitrogen
P	fosfor
K	kalium

Pernyataan Ketersediaan Data

Data akan tersedia berdasarkan permintaan.

Kontribusi Para Penulis

Dionisia Hariani Nada: konseptualisasi, persiapan, metodologi, kurasi data, penelitian, sumber daya, dan penulisan draf awal. **Faustina De Yesu Prisila Abi:** persiapan, penelitian, sumber daya dan penulisan draf awal. **Anggelinus Nadut:** pengawasan, konseptualisasi, dan sumber daya.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis naskah ini menyatakan tidak ada konflik kepentingan atau kepentingan yang bersaing.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Hibah Dosen Muda belum Ber-Jafung LPPM Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.

Daftar Pustaka

- Agnesia, V., & Sulistyaningsih, T. (2022). Pupuk Organik Cair dari Limbah Sari Kurma Selama Pertumbuhan Tanaman Hidroponik. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 11(3), 278–289. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Chalisty, V. D., & Baharudin, M. (2024). Pengaruh Penambahan Bioaktivator Propionic Terhadap Kualitas Pupuk Organik Cair Urin Sapi dan Limbah Cair Tahu. *Jurnal Sains Peternakan Nusantara*, 4(01), 13–24. <https://doi.org/10.53863/jspn.v4i02.1308>
- Darmawan, R., Dewi, V. G. P., Rizaldi, M. A., Juliastuti, S. R., Gunawan, S., Aparamarta, H. W., & Wiguno, A. (2020). Production of liquid bio-fertilizer from old coconut water and molasses using consortium microbes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012007>
- Dini, Y. M., Zumroturida, A. A., Nurhalisa, S. S., & Saputra, B. H. (2020). Pengelolaan Limbah Domestik Rumah Tangga Menjadi Biokomposter Mikroorganisme Dengan Metode Aerob-Anaerob. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.35970/jppl.v2i1.123>
- Fadlurrahman, M. D., & Aznury M. (2022). Variasi Fungsi Penerapan Ekoenzim dari Limbah Organik: Tinjauan. *Jurnal selulosa*, 12(2), 61–70. <http://dx.doi.org/10.25269/jsel.v12i02.373>
https://www.researchgate.net/publication/371063040_Variasi_Fungsi_Penerapan_Ekoenzim_dari_Limbah_Organik_Tinjauan_Literatur
- Hamawi, M., Akhiriana, E., & Marwatun, S. (2024). Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Bekatul Terhadap Pertumbuhan Selada (*Lactuca sativa* L.) yang dibudidayakan Secara Hidroponik. *Agroteknika*, 7(2), 275–286. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i2.200>
- Kalemelawa, F., Nishihara, E., Endo, T., Ahmad, Z., Yeasmin, R., Tenywa, M. M., & Yamamoto, S. (2012). An evaluation of aerobic and anaerobic composting of banana peels treated with different inoculums for soil nutrient replenishment. *Bioresource Technology*, 126, 375–382.

- <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.04.030>
- Kurniawan, E., Dewi, R., & Jannah, R. (2022). Pemanfaatan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Organik Cair Dengan Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(1), 76. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i1.7251>
- Liang, Q., Shi, X., Li, N., Shi, F., Tian, Y., Zhang, H., ..., & Luo, H. (2022). Fertilizer Reduction Combined with Organic Liquid Fertilizer Improved Canopy Structure and Function and Increased Cotton Yield. *Agronomy*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/agronomy12081759>
- Lubis, N., Wasito, M., Marlina, L., Girsang, R., & Wahyudi, H. (2022). Respon Pemberian Ekoenzim dan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Agrium Jurnal Ilmu Pertanian*, 25(2), 107–115. <https://doi.org/10.30596/agrium.v25i2.10354>
<https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/10354>
- Maharani, D. A. B. A., Sulistiawati, N. P. A., & Astiari, N. K. A., (2024). Effect of Agrodyke and Liquid Organic Fertilizer of Coconut Water Waste on The Results of Siam Orange (*Citrus nobilis* var. *Microcarpa*L.). *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 8(1), 26–31. <https://doi.org/10.22225/seas.8.1.7846.26-31>
- Martínez-Alcántara, B., Martínez-Cuenca, M. R., Bermejo, A., Legaz, F., & Quiñones, A. (2016). Liquid organic fertilizers for sustainable agriculture: Nutrient uptake of organic versus mineral fertilizers in citrus trees. *PLoS ONE*, 11(10), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161619>
- Muthu, H. D., Izhar, T. N. T., Zakarya, I. A., Saad, F. N. M., & Ngaa, M. H. (2023). Comparative Study between Organic Liquid Fertilizer and Commercial Liquid Fertilizer and Their Growth Performances on Mustard Greens. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1135(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1135/1/012002>
- Nhu, N. T. H., Chuen, N. L., & Riddech, N. (2018). The effects bio-fertilizer and liquid organic fertilizer on the growth of vegetables in the pot experiment. *Chiang Mai Journal of Science*, 45(3), 1257–1273. <http://cmuir.cmu.ac.th/jspui/handle/6653943832/64115>
- Novianto, Sumini & Bahri, S. (2021). Pengujian Pemberian Macam Dosis Pupuk Organik Cair (POC) dan NPK Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.). *Agroteknika*, 4(2), 68–74. <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i2.102>
- Saputri, D. A., & Anisya, S. (2024). Ekoenzim Sebagai Pupuk Cair Organik Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Borneo Journal of Biology Education*, 11(1), 36–42. <https://doi.org/10.35334/bjbe.v6i1.5171>
https://www.researchgate.net/publication/383035472_EKOENZIM_SEBAGAI_PUPUK_CAIR_ORGANIK_UNTUK_MENINGKATKAN_PERTUMBUHAN_SAWI_HIJAU_Brassica_juncea_L
- Saraswati, R., & Praptana, R. H. (2017). Percepatan proses pengomposan aerobik menggunakan biodekomposer / acceleration of aerobic composting process using biodecomposer. *Perspektif*, 16(1), 44–57. <https://doi.org/10.21082/psp.v16n1.2017>
- Sulfianti, Risman, & Saputri, I. (2021). Analisis Npk Pupuk Organik Cair Dari Berbagai Jenis Air Cucian Beras Dengan Metode Fermentasi Yang Berbeda. *Jurnal Agrotech*, 11(1), 36–42. <https://doi.org/10.31970/agrotech.v11i1.62>
- Suwoyo, H. S., Tuwo, A., Haryati, Anshary, H., & Mulyaningrum, S. R. H. (2021). The effect of various decomposers on quality of organic fertilizer originated from solid waste of super intensive shrimp pond. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012035>
- Wardah, Budi Utami, K., & Syamsuddin, A. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kualitas Nitrogen, Fospor dan Kalium pada Pupuk Trichokompos Effect of Fermentation Time on the Quality of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium on Tricho Compost Fertilizer. *Jurnal Agriekstensia*, 20(2), 160–168. <https://doi.org/10.34145/agriekstensia.v20i2.1748>
- Yulia, R., Al, M., Irmayanti, & Juliani. (2023). Pengaruh Bioaktivator dan Lama Fermentasi

- Terhadap pH dan Kadar Nitrogen dari Kompos Kulit Ari Biji Coklat. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(1), 4855–4860. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i1.5605>
- Yunilas, Y., Siregar, A. Z., Mirwhandhono, E., Purba, A., Fati, N., & Malvin, T. (2022). Potensi dan Karakteristik Larutan Mikroorganisme Lokal (MOL) Berbasis Limbah Sayur sebagai Bioaktivator dalam Fermentasi. *Journal of Livestock and Animal Health*, 5(2), 53–59. <https://doi.org/10.32530/jlah.v5i2.540>