



Tinjauan Terhadap Parameter Dan Kualitas Kompos Organik Perusahaan Galangan Kapal Dengan Penggunaan Aktivator PROMI Dan *Ecoenzymes*

Marissa Ariny

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Syadzadhiya Qothrunada Zakiyayasin Nisa

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Korespondensi penulis: 21034010048@student.upnjatim.ac.id

Abstract. A shipyard company in Surabaya, which is one of the major industries, generates a large amount of organic waste, including food waste, vegetables, fruits, leaves, and wood. Although this organic waste is a potential source of humus and essential nutrients for the soil, most of it has not been optimally managed. Composting is an effective method to process organic waste into compost, which can reduce the negative impact of toxic compounds and pathogens on the environment. This research aims to evaluate the effectiveness of using two types of activators, namely PROMI and *ecoenzymes*, in accelerating the composting process and improving compost quality in accordance with SNI 19-7030-2004 standards. PROMI activator, which contains various microorganisms such as *Trichoderma Harzianum*, *Pseudokoningii*, and *Aspergillus sp.*, and *ecoenzymes*, which is produced through fermentation of organic materials, were applied to shredded organic waste. The results showed that the use of both activators could accelerate the decomposition process of organic materials and produce high-quality compost within 21 days. With the final measurement results of both composts, both with PROMI and *ecoenzymes* treatment, the same pH and temperature values were obtained, namely pH 7 and temperature 30°C. Parameters such as pH, temperature, colour, smell, and texture of the compost are recorded periodically to ensure the composting process is going well. Thus, the use of PROMI and *ecoenzymes* activators not only increases composting efficiency but also provides a sustainable solution for organic waste management in the shipyard industry.

Keywords: *Ecoenzymes*, PROMI, Composting, Organic Waste

Abstrak. Perusahaan galangan kapal di Surabaya, yang merupakan salah satu industri besar, menghasilkan sejumlah besar sampah organik, termasuk sisa makanan, sayuran, buah-buahan, dedaunan, dan kayu. Meskipun sampah organik ini berpotensi sebagai sumber humus dan nutrisi penting bagi tanah, sebagian besar belum dikelola secara optimal. Pengomposan merupakan metode yang efektif untuk mengolah sampah organik menjadi kompos, yang dapat mengurangi dampak negatif senyawa beracun dan patogen terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan dua jenis aktivator, yaitu PROMI dan *ecoenzymes*, dalam mempercepat proses pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004. Aktivator PROMI, yang mengandung berbagai mikroorganisme seperti *Trichoderma Harzianum*, *Pseudokoningii*, dan *Aspergillus sp.*, serta *ecoenzymes*, yang dihasilkan melalui fermentasi bahan organik, diaplikasikan pada sampah organik yang telah dicacah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kedua aktivator tersebut dapat mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan menghasilkan kompos berkualitas tinggi dalam waktu 21 hari. Dengan hasil akhir pengukuran kedua kompos, baik dengan perlakuan PROMI maupun *ecoenzymes*, didapatkan nilai pH dan suhu yang sama yakni pH 7 dan suhu 30°C. Parameter seperti pH, suhu, warna, bau, dan tekstur kompos dicatat secara berkala untuk memastikan proses pengomposan berjalan dengan baik. Dengan demikian, penggunaan aktivator PROMI dan *ecoenzymes* tidak hanya meningkatkan efisiensi pengomposan tetapi juga memberikan solusi yang berkelanjutan untuk pengelolaan sampah organik di industri galangan kapal.

Kata kunci: *ecoenzymes*, PROMI, komposting, sampah organik

Received April 12, 2024; Accepted Mei 21, 2024; Published Mei 31, 2024

*Marissa Ariny, 21034010048@student.upnjatim.ac.id

PENDAHULUAN

Mengingat perusahaan galangan kapal yang ada di Surabaya merupakan perusahaan besar, tentu saja menghasilkan sampah dalam jumlah besar pula. Sampah adalah limbah padat atau semi padat yang dihasilkan dari kegiatan manusia atau proses alam dan tergolong sampah organik atau anorganik (Setyaningsih, dkk., 2017). Sampah organik yang dihasilkan oleh perusahaan galangan kapal ini terdiri dari sisa makanan, sayuran, buah- buahan, dedaunan, kayu, dll. Sayangnya, sebagian besar sampah organik yang dihasilkan belum dikelola sebaik mungkin.

Banyaknya komponen sampah yang dapat terurai merupakan sumber daya yang potensial sebagai sumber humus, unsur hara makro dan mikro, serta bahan pembenah tanah. Sampah juga dapat menjadi faktor pembatas karena kadar logam berat, senyawa organik beracun, dan patogen. Salah satu cara mengolah sampah organik yang efektif adalah dengan mengolahnya menjadi kompos. Pengomposan dapat mengurangi dampak senyawa organik beracun dan patogen terhadap lingkungan (Nur, dkk., 2018).

Kompos adalah pupuk organik yang dibuat oleh manusia melalui proses pelapukan sisa-sisa bahan organik dari hewan dan tumbuhan. Bahan- bahan ini meliputi daun, jerami, alang- alang, rumput, dedak padi, batang jagung, ranting, serta kotoran hewan, yang semuanya diuraikan oleh mikroorganisme pengurai (Perwitasari, 2017). Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang memiliki banyak manfaat penting dalam berbagai aspek pertanian dan lingkungan. Salah satu kegunaannya yang signifikan adalah kemampuannya untuk mempertahankan struktur tanah, yang berperan penting dalam memastikan tanah tetap subur dengan menyediakan karbon yang diperlukan (D. Wang et al., 2022). Selain itu, kompos juga terbukti dapat meningkatkan hasil produksi pertanian, seperti yang telah ditunjukkan dalam berbagai penelitian (Iswati & Indriyati, 2015; Oyetunji et al., 2022). Manfaat lain dari penggunaan kompos adalah kemampuannya untuk mengurangi pencemaran lingkungan, yang membantu dalam melindungi ekosistem sekitar, serta meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan, memastikan bahwa lahan pertanian dapat terus digunakan dalam jangka panjang tanpa menurunkan kualitasnya (Bao et al., 2022; Rivers et al., 2021). Kompos mengandung berbagai macam hara-hara mineral yang sangat penting dan esensial, yang memainkan peran krusial dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan optimal tanaman (Syafria, 2020). Hara-hara mineral esensial tersebut dihasilkan melalui proses mineralisasi yang berlangsung dengan bantuan mikroorganisme pengurai yang aktif memecah bahan organik dalam kompos (Yuspita et al., 2018).

Pengomposan adalah suatu proses yang melibatkan penguraian bahan-bahan organik melalui cara-cara biologis. Dalam proses ini, mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan mikroba lainnya memainkan peran penting dengan menggunakan bahan organik sebagai sumber utama energi mereka (Isyaturriyadhah et al., 2023). Proses pengomposan yang terjadi secara alami umumnya memakan waktu yang cukup lama untuk selesai. Untuk mengatasi keterlambatan ini dan meningkatkan efisiensi, berbagai teknologi pengomposan telah dikembangkan. Salah satu perlakuan yang paling efektif adalah dengan menggunakan aktivator. Aktivator ini berfungsi mempercepat proses pengomposan, sehingga dapat mempercepat degradasi bahan organik menjadi kompos dalam waktu yang lebih singkat dan dengan hasil yang lebih efisien (Trivana dan Pradhana, 2017; Kurniawan et. al., 2017).

Aktivator adalah substansi yang memiliki kemampuan untuk meningkatkan proses dekomposisi bahan organik, dengan mempercepat atau merangsang reaksi kimia yang terlibat dalam penguraian material organik menjadi bentuk yang lebih sederhana (Harahap dkk., 2015). Saat ini, berbagai jenis aktivator telah menjadi lebih tersedia di pasaran daripada sebelumnya. Beberapa di antaranya mencakup produk seperti tricolant, stardec, EM-4, fix-up plus, orgadec, ecoenzymes, harmony, dan PROMI. Pada penelitian ini aktivator yang digunakan yakni PROMI dan ecoenzymes. PROMI (Promoting Microbes) adalah sebuah formulasi unggul yang dirancang dengan cermat, mengandung berbagai jenis mikroorganisme yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, pelarut hara yang terikat pada tanah, pengendali penyakit tanaman, serta memiliki kemampuan untuk mendegradasi limbah organik yang berasal dari kegiatan pertanian atau perkebunan (Bachtiar., et al. 2019). Mikroba yang dapat di dalam PROMI meliputi beberapa jenis, di antaranya *Trichoderma Harzianium Dt 38*, *Pseudokoningii Dt 39*, *Aspergillus sp.*, serta berbagai macam fungi lainnya (Trivana dan Pradhana, 2017; Kurniawan et. al., 2017).

Sedangkan, *ecoenzymes* merupakan hasil fermentasi dari bahan organik yang kaya akan mikroorganisme. *ecoenzymes* mengandung berbagai jenis enzim seperti protease, lipase, dan amilase. *Eco enzymes* ditemukan oleh seorang peneliti di Thailand pada tahun 2006 dengan memanfaatkan limbah padat organik. *ecoenzymes* seperti cuka yang dihasilkan setelah tiga bulan proses fermentasi menggunakan limbah bahan organik. *Ecoenzymes* dalam bidang botani dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah, fosfor total, dan fosfor yang tersedia, Banyak jenis mikroorganisme yang berbeda dihasilkan selama proses fermentasi alami dalam *ecoenzymes*, terutama bakteri asam laktat (seperti seperti *Lactobacillus* dan *Leuconostoc*) dan ragi (seperti *Pichia* dan *Candida*). Bakteri asam laktat merupakan mikroorganisme probiotik yang paling dikenal untuk mengurangi biokontaminasi (Hemalatha

and Visantini 2020).

Kompos organik memiliki standar kualitas yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), yang menjamin bahwa kualitasnya telah diakui secara nasional. Berdasarkan SNI 197030- 2004, ada beberapa parameter yang harus dipenuhi untuk memastikan kualitas kompos yang dihasilkan dari sampah organik domestik. Salah satu parameter tersebut adalah pH, yang harus berada dalam rentang 6,8 hingga 7,49. Selain itu, suhu kompos tidak boleh melebihi suhu maksimum yang sesuai dengan suhu air tanah, yaitu tidak lebih dari 30°C. Warna kompos yang dihasilkan harus kehitaman, dan aromanya harus menyerupai bau tanah. Semua parameter ini ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional pada tahun 2004 untuk memastikan bahwa kompos yang diproduksi memiliki kualitas yang baik dan aman untuk digunakan (Badan Standarisasi Nasional, 2004). Penggunaan PROMI dan ecoenzymes pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian bioaktivator yang berbeda terhadap kualitas pupuk kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004.

METODE PENELITIAN

Proses pengomposan dilakukan dengan menggunakan dua jenis perlakuan yang berbeda, yaitu menggunakan aktivator PROMI dan ecoenzymes. Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pengomposan ini adalah rumput dan dedaunan kering yang berasal dari sekitar area perusahaan galangan kapal tersebut. Bahan-bahan ini telah dikumpulkan dan dicacah untuk kemudian dimasukkan ke dalam tong komposter, yang bertindak sebagai media atau wadah untuk melakukan proses komposting.

Dalam penggunaan aktivator *ecoenzymes*, campuran larutan tersebut terdiri dari gula sebanyak 250 ml, dosis aktivator *ecoenzymes* sebanyak 20 ml, dan penambahan air sebanyak 730 ml. Setelah itu, campuran larutan tersebut disiramkan secara merata ke dalam tong komposter yang telah diisi dengan cacahan rumput dan dedaunan, dengan memperhatikan kebutuhan kelembaban kompos. Proses pembalikan kompos dan penyiraman aktivator dilakukan secara berkala, yakni setiap 3-4 hari sekali, guna memastikan bahwa kadar air yang diperlukan untuk fermentasi anaerob berjalan dengan baik.

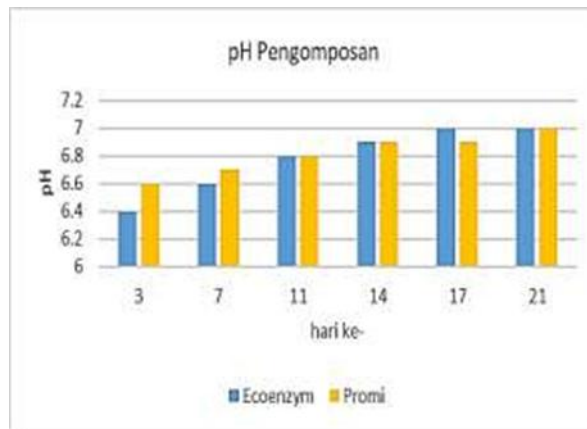
Sementara itu, dalam penggunaan aktivator PROMI, terdapat tiga jenis PROMI yang digunakan, yaitu T, A, dan Pl. Dosis yang diperlukan untuk masing-masing jenis PROMI adalah sebanyak 170 gr atau setara dengan 30 sendok makan. Langkah pertama yang dilakukan adalah mencampurkan PROMI T, A, dan Pl ke dalam bak berisi air sesuai dengan dosis yang ditentukan, kemudian diaduk hingga merata. Selanjutnya, larutan PROMI tersebut disiramkan ke dalam sampah secara merata dan ditumpuk hingga membentuk bedengan. Bedengan

tersebut kemudian ditutup dengan plastik dan dibiarkan selama 3-4 minggu. Proses pengomposan dianggap berhasil jika terjadi penurunan tinggi tumpukan, terasa panas saat disentuh, tidak mengeluarkan bau yang menyengat, tidak terlalu kering, dan sampah mulai melunak.

Baik pengomposan dengan menggunakan aktivator *ecoenzymes* maupun aktivator PROMI, keduanya memiliki durasi yang relatif sama, yaitu selama 21 hari atau kurang lebih 3 minggu. Setiap 3-4 hari sekali, dilakukan pencatatan terhadap data seperti pH, suhu, warna, bau, dan tekstur pada kompos untuk memantau perkembangan proses pengomposan. Pada minggu ketiga, kompos sudah siap untuk dipanen dan digunakan sesuai kebutuhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

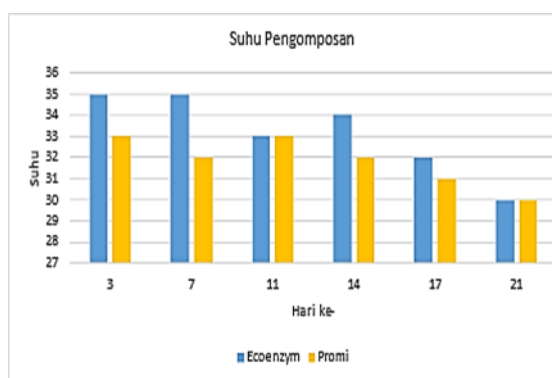
pH dan Suhu



Gambar 1. Grafik perbandingan antara pH kompos dengan PROMI dan pH kompos dengan *ecoenzymes* dalam rentang waktu yang ditentukan (Sumber: Panelis, 2024)

Gambar 1. menunjukkan grafik perbandingan pH dari kompos dengan masing – masing perlakuan berada dalam kategori pH netral. Dari penggunaan kedua aktivator terlihat perbandingan yang jelas bahwa pH kompos dengan aktivator PROMI pada hari ke-3 dan ke-7 jauh lebih cepat tinggi (pH 6,6 - 6,7) dibandingkan kompos dengan aktivator *eco enzymes* (pH 6,4 – 6,6). Pada hari ke-11 dan hari ke-14 pH kedua kompos berada di titik yang sama (pH 6,8 – 6,9). Namun, kompos dengan aktivator *eco enzymes* telah mencapai pH netral 7 pada hari ke-17, sedangkan pH kompos dengan aktivator PROMI masih sama dengan hari ke-14 yakni 6,9. Hasil akhir keduanya pada hari ke-21 didapatkan pH sebesar 7. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), pH kompos yang sesuai SNI berkisar antara 6,80-7,49, ini menandakan bahwa kompos yang digunakan pada penelitian ini telah matang dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Kompos dengan pH yang tinggi dapat memperbaiki kemasaman tanah.

Terjadinya peningkatan pH pada kompos diyakini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang sedang mengalami fase logaritma atau fase pertumbuhan. Pada tahap ini, terjadi proses produksi amoniak dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen. Asam amino yang dihasilkan dari proses aminisasi kemudian dimanfaatkan oleh bakteri heterotrof untuk diubah menjadi amoniak. Selanjutnya, bakteri ini melakukan oksidasi terhadap amoniak menjadi nitrit, yang kemudian akan berubah menjadi nitrat. Apabila dalam sampel kompos terdapat konsentrasi tinggi senyawa nitrat tetapi lingkungan di sekitarnya kekurangan oksigen, maka akan menjadi habitat bagi bakteri anaerob. Bakteri ini akan melakukan reduksi terhadap nitrat menjadi gas nitrogen, yang akan dilepaskan ke atmosfer, sehingga menyebabkan penurunan kadar nitrogen dalam sampel kompos. Proses ini berkontribusi pada degradasi sampah menjadi kompos (Rahmadi, 2015).



Gambar 2. Grafik perbandingan antara suhu kompos dengan PROMI dan pH kompos dengan ecoenzymes dalam rentang waktu yang ditentukan (Sumber: Panelis, 2024)

Suhu merupakan kontrol langsung terhadap indikasi adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi karbon organik yang tersedia pada bahan baku kompos. Pada Gambar 2. menunjukkan bahwa suhu akhir kedua jenis kompos sama yakni 30°C. Suhu akhir dari kompos ini sudah memenuhi standar suhu kompos matang berdasarkan SNI yakni berkisar antara 25-35°C. Peningkatan penurunan suhu teramati dalam perlakuan di mana aktivator PROMI dan ecoenzymes ditambahkan ke dalam kompos. Proses ini terjadi karena bahan organik yang terdapat dalam kompos secara bertahap diuraikan oleh mikroorganisme menjadi berbagai zat, termasuk karbon dioksida, panas, dan uap air. Seiring dengan dekomposisi yang berlangsung, aktivitas mikroorganisme cenderung menurun, menyebabkan suhu secara bertahap mengalami penurunan. Akibatnya, ketika kompos telah mencapai tingkat kematangan yang optimal, suhu kompos mencapai titik di mana suhu stabil secara keseluruhan, menandakan bahwa proses dekomposisi telah selesai dan kompos siap digunakan (Dian et.al. 2017).

Terdapat 3 tahap proses pengomposan yaitu tahap mesofilik, termofilik, dan tahap pendinginan. Tahap pertama dalam proses pengomposan disebut tahap mesofilik, di mana mikroorganisme berkembang dengan cepat dan suhu secara bertahap meningkat. Mikroorganisme mesofilik ini biasanya hidup pada rentang suhu antara 10 hingga 45°C. Selama tahap ini, mikroorganisme tersebut bertanggung jawab untuk mengurangi ukuran partikel bahan baku kompos, yang pada gilirannya mempercepat proses pengomposan secara keseluruhan. Tahap berikutnya adalah tahap termofilik, di mana suhu lingkungan naik signifikan, mencapai bahkan melebihi 60°C. Pada titik ini, mikroorganisme termofilik aktif dan mempercepat dekomposisi selulosa dan hemiselulosa dalam bahan baku kompos. Tahap terakhir dari proses ini adalah tahap pendinginan, di mana jumlah mikroorganisme termofilik mulai menurun seiring dengan berkurangnya nutrisi dalam bahan baku kompos. Dengan menganalisis data ini, dapat disimpulkan bahwa suhu maksimum yang tercapai selama proses pengomposan masih berada dalam rentang suhu mesofilik, yang menunjukkan bahwa tahap termofilik pengomposan belum sepenuhnya tercapai (Subula, 2022).

Bau, Warna dan Tekstur

Bau yang mirip dengan tanah dari kompos muncul karena proses perombakan bahan kompos yang telah mencapai tahap akhir. Aroma ini merupakan hasil dari aktivitas dekomposisi bahan organik oleh mikroba, yang merupakan indikator penting dari kematangan kompos. Baunya yang menyerupai tanah, baik dari kompos yang diperlakukan dengan PROMI maupun ecoenzymes, memenuhi standar kematangan kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004.



Gambar 3. Hasil Akhir Pengomposan Aktivator PROMI

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)



Gambar 4. Hasil Akhir Pengomposan Aktivator *ecoenzymes*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2024)

Selain aroma, perubahan warna juga menjadi petunjuk penting dalam penilaian kematangan kompos. Dapat diketahui dari Tabel 1. bahwa awalnya kompos memiliki warna dasar coklat yang kemudian berubah menjadi coklat kehitaman pada minggu ketiga, terutama setelah ditambahkan aktivator. Perubahan ini menandakan bahwa kompos telah mencapai tingkat kematangan yang diinginkan, seperti tanah. Proses perubahan warna ini disebabkan oleh reaksi oksidasi yang terjadi saat bahan organik diubah menjadi senyawa anorganik dan humus.

Tabel 1. Transformasi Warna pada Uji Pengomposan

Hari Ke -	Warna kompos aktivator <i>ecoenzymes</i>	Warna kompos aktivator PROMI
3	Kecoklatan	Kecoklatan
7	agak hitam kecoklatan	Kecoklatan
11	agak hitam kecoklatan	Agak coklat kehitaman
14	agak hitam kecoklatan	Coklat kehitaman
17	hitam kecoklatan	Coklat kehitaman
21	hitam kecoklatan	Coklat kehitaman

(Sumber: Hasil Pengamatan, 2024)

Selain itu, tekstur kompos juga mengalami perubahan seiring waktu dan dosis aktivator yang ditambahkan. Seperti yang terlihat pada Tabel 2., dialami perubahan mulai dari tekstur yang belum terurai hingga menggumpal, dan akhirnya menjadi gembur, semua ini sesuai dengan standar tekstur yang ditetapkan dalam SNI 19-7030-2004. Perbedaan tingkat perombakan C - Organik menjadi penyebab utama perubahan tekstur ini, menunjukkan tingkat kematangan yang berbeda pada kompos tersebut.

Tabel 2. Transformasi Tekstur pada Uji Pengomposan

Hari Ke -	Tekstur kompos aktivator ecoenzymes	Tekstur kompos aktivator PROMI
3	Sedikit lembab & belum terurai sempurna	Belum terurai sempurna
7	Sedikit lembab & belum terurai sempurna	Lembab, belum terurai sempurna
11	Menggumpal	Mulai menggumpal
14	Menggumpal	Menggumpal
17	Mulai gembur	Menggumpal
21	Gembur	Gembur

(Sumber: Hasil Pengamatan, 2024)

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai kompos, dapat disimpulkan bahwa ecoenzymes dan PROMI adalah dua jenis aktivator yang efektif untuk meningkatkan proses pengomposan sampah organik. Pengomposan merupakan salah satu solusi efektif dalam mengelola sampah organik seperti dedaunan dan rumput kering.

Hasil akhir dari proses pengomposan menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan memenuhi standar kualitas sesuai dengan SNI 19-7030- 2004. pH dari kompos yang dihasilkan setelah perlakuan dengan ecoenzymes maupun PROMI adalah 7, yang merupakan nilai yang baik. Selain itu, suhu kompos yang dihasilkan juga sesuai dengan suhu air tanah, yakni sekitar 30°C. Secara fisik, kompos memiliki warna yang cenderung kehitaman, tekstur yang gembur, dan aroma yang mirip dengan tanah.

Berdasarkan perubahan nilai pH selama proses pengomposan, terjadi peningkatan nilai pH akhir karena aktivitas dari bakteri heterotrof. Bakteri ini mengonversi asam dari bahan organik menjadi amoniak, nitrit, dan nitrat yang kemudian direduksi, sehingga melepaskan gas nitrogen dari kompos dan membantu proses degradasi sampah. Selain itu, suhu kompos juga mengalami penurunan secara bertahap hingga mencapai suhu lingkungan, menandakan bahwa kompos telah matang dan siap digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, B., & Ahmad, A. H. (2019). Analisis kandungan hara kompos Johar Cassia siamea dengan penambahan aktivator PROMI. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 4(1), 68–76.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). Standar Nasional Indonesia spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Badan Standardisasi Nasional.

- Bao, J., Lv, Y., Liu, C., Li, S., Yin, Z., Yu, Y., & Zhu, L. (2022). Performance evaluation of rhamnolipids addition for the biodegradation and bioutilization of petroleum pollutants during the composting of organic wastes with waste heavy oil. *iScience*, 25(6), 104403. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104403>
- Harahap, R. T., Sabrina, T., & Marbun, P. (2015). Penggunaan beberapa sumber dan dosis aktivator organik untuk meningkatkan laju dekomposisi kompos tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(2), 581–589.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016>
- Iswati, A., & Indriyati, L. T. (2015). Pembinaan produksi kompos limbah pertanian dan pemanfaatannya di Kecamatan Tamansari, Kabupaten Bogor. *Agrokreatif Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 52–61. <https://doi.org/10.29244/agrokreatif.1.1.52-61>
- Isyaturriyadhah, Supriyono, Gusni Y., & Devit R. (2023). Biogas, pupuk organik, dan kompos: Praktik pengolahan limbah kotoran sapi. CV Bintang Semesta Media.
- Nur, T., Noor, A. R., & Elma, M. (2018). Pembuatan pupuk organik cair dari sampah organik rumah tangga dengan bioaktivator EM4 (Effective Microorganisms). *Konversi*, 5(2). <https://doi.org/10.20527/k.v5i2.4766>
- Oyetunji, O., Bolan, N., & Hancock, G. (2022). A comprehensive review on enhancing nutrient use efficiency and productivity of broadacre (arable) crops with the combined utilization of compost and fertilizers. *Journal of Environmental Management*, 317, 115395. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115395>
- Perwitasari, T. (2017). Teknik kompos.
- Puspa Ratna, D. A., & Samudro, G. S. S. (2017). Pengaruh kadar air terhadap proses pengomposan sampah organik dengan metode Takakura. *Вестник Росздравнадзора*, 4(1), 9–15.
- Rahmadi, R., Awaluddin, A., & Itnawita. (2015). Pemanfaatan limbah padat tandan kosong kelapa sawit dan tanaman pakis-pakisan untuk produksi kompos menggunakan aktivator EM-4. *Journal Online Mahasiswa FMIPA*, 1(2), 245–253.
- Rivers, E. N., Heitman, J. L., McLaughlin, R. A., & Howard, A. M. (2021). Reducing roadside runoff: Tillage and compost improve stormwater mitigation in urban soils. *Journal of Environmental Management*, 280, 111732. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111732>
- Setyaningsih, E., Astuti, D. S., & Astuti, R. (2017). Kompos daun solusi kreatif pengendali limbah. *Bioeksperimen*, 3(2), 45–51.
- Subula, R., Uno, W. D., & Abdul, A. (2022). Kajian tentang kualitas kompos yang menggunakan bioaktivator EM4 (Effective Microorganism) dan MOL (Mikroorganisme Lokal) dari keong mas. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 4(2), 54–64. <https://doi.org/10.34312/jebj.v4i2.7753>

Syafria, Hardi. (2020). Teknologi pupuk kompos. Amerta Media.

Trivana, L., & Pradhana, A. Y. (2017). Optimalisasi waktu pengomposan dan kualitas pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator PROMI dan orgadec. *Jurnal Sain Veteriner*, 35(1), 136–144. <https://doi.org/10.22146/jsv.29301>

Wang, D., Lin, J. Y., Sayre, J. M., Schmidt, R., Fonte, S. J., Rodrigues, J. L. M., & Scow, K. M. (2022). Compost amendment maintains soil structure and carbon storage by increasing available carbon and microbial biomass in agricultural soil: A six year field study. *Geoderma*, 427, 116117. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116117>

Yuspita, N. L. E., Putra, I. D. N. N., & Suteja, Y. (2018). Bahan organik total dan kelimpahan bakteri di perairan Teluk Benoa, Bali. *Jurnal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), 129–140.