

Desain Perangkat Pengurai Sampah Organik Dengan Teknik Vermicomposting

Komang Arya Naradyah Subadri¹, Hari Nugraha Ranudinata^{2*}, Jasmine Reyna Maharani³, Praditya Arzaqi Anantyo⁴, Dhika Galang Adi Hanggoro⁵, Keisha Zalikha⁶

^{1,2*,3,4,5,6} Universitas Pembangunan Jaya

¹*komang.aryanaradyah@student.upj.ac.id*, ^{*}*hari.nugraha@upj.ac.id*,

³*jasmine.reynamaharani@student.upj.ac.id*, ⁴*praditya.arzaqianantyo@student.upj.ac.id*,

⁵*dhika.galangadi@student.upj.ac.id*, ⁶*keisha.zalikha@student.upj.ac.id*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah organik, khususnya sisa buah-buahan yang sering terbuang, melalui pemanfaatan teknik vermicomposting (pengomposan menggunakan cacing tanah). Latar belakang penelitian ini didasarkan pada meningkatnya volume sampah organik di masyarakat, terutama dari kegiatan komersial seperti gerai penjual jus buah, yang memerlukan pendekatan efektif untuk mengelola limbah organik. Penelitian ini berfokus pada desain, pembuatan, dan pengujian prototipe perangkat pengolah limbah organik menjadi kompos. Perangkat ini dirancang untuk mendukung dekomposisi limbah buah secara efisien melalui mekanisme vermicomposting, dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, efisiensi waktu, dan kemudahan pemeliharaan. Metodologi penelitian mencakup lima tahap utama: identifikasi masalah, perancangan solusi, pembuatan prototipe, pengujian produk, dan evaluasi hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang dikembangkan efektif dalam mengubah limbah organik menjadi kompos ramah lingkungan. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan perangkat inovatif yang mendukung pemanfaatan limbah buah sebagai sumber daya berkelanjutan, serta memberikan solusi praktis bagi masyarakat dalam mengelola limbah organik. Penelitian ini memiliki nilai kebaruan dalam integrasi teknologi sederhana namun efektif untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.

Kata kunci: limbah organik, vermicomposting, perangkat pengurai, komposting.

Abstract

This study aims to develop an innovative solution for managing organic waste, particularly discarded fruit residues, through the application of vermicomposting (composting using earthworms). The research is motivated by the growing volume of organic waste generated in society, especially from commercial activities such as juice vendors, which necessitates effective strategies for organic waste management. This research focuses on the design, fabrication, and testing of a prototype device for converting organic waste into compost. The device is engineered to efficiently facilitate the decomposition of fruit waste through vermicomposting, incorporating considerations of ergonomics, time efficiency, and ease of maintenance. The research methodology comprises five key stages: problem identification, solution design, prototype development, product testing, and result evaluation. The findings demonstrate that the developed device is highly effective in transforming organic waste into environmentally friendly compost. The primary contribution of this research lies in the development of an innovative device that supports the utilization of fruit waste as a sustainable resource while offering practical solutions for communities to manage organic waste. This study

introduces novelty through the integration of simple yet effective technology to promote environmental sustainability.

Keywords: organic waste, vermicomposting, decomposition device, composting.

1 Pendahuluan

Peningkatan jumlah sampah organik di masyarakat telah menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan [1]. Sampah organik, yang berasal dari berbagai aktivitas manusia, seperti rumah tangga, pasar tradisional, hingga industri makanan, memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan secara positif. Namun, sayangnya, sebagian besar sampah organik ini tidak dikelola dengan baik dan berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Salah satu sumber utama sampah organik adalah limbah buah-buahan, terutama dari gerai-gerai penjual jus buah. Limbah ini sering kali dibuang begitu saja tanpa adanya upaya pemanfaatan lebih lanjut [2].

Di TPA, limbah organik mengalami proses pembusukan anaerobik, yang menghasilkan gas metana (CH_4). Gas ini merupakan salah satu gas rumah kaca yang memiliki potensi merusak lapisan ozon dan mempercepat perubahan iklim [3]. Selain itu, gas metana juga bersifat mudah terbakar, sehingga dapat menimbulkan risiko ledakan di TPA jika tidak dikelola dengan baik. Dalam konteks ini, pengelolaan limbah organik menjadi salah satu prioritas utama dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan [4].

Limbah organik dari gerai jus buah memiliki karakteristik yang sangat menarik untuk dimanfaatkan. Menurut penelitian, sekitar 90% sampah yang dihasilkan oleh pedagang jus bersifat organik, dengan tingkat kelembaban mencapai 80% [2]. Hal ini menunjukkan bahwa limbah tersebut memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai bahan baku pertumbuhan biologis bagi tanaman. Contohnya, kulit buah, potongan sayur, dan umbi-umbian yang biasanya dianggap sampah dapat diolah menjadi produk bernilai tambah melalui teknik daur ulang yang tepat. Dengan demikian, pemanfaatan limbah organik tidak hanya membantu mengurangi volume sampah yang masuk ke TPA tetapi juga memberikan manfaat signifikan bagi ekosistem, termasuk kesuburan tanah, kualitas udara, dan kesejahteraan manusia secara keseluruhan [4].

Namun, meskipun potensinya besar, pemanfaatan limbah organik masih jarang dilakukan secara optimal. Salah satu kendala utamanya adalah kurangnya solusi praktis dan efisien untuk mengelola limbah organik dalam skala kecil atau menengah. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi praktis yang dapat mendukung pengolahan limbah organik secara efektif. Salah satu metode yang menjanjikan adalah vermicomposting, yaitu teknik pengomposan menggunakan cacing tanah sebagai agen pengurai [5]. Cacing tanah memainkan peran penting dalam proses dekomposisi limbah organik dengan cara memakan bahan organik dan mengeluarkannya dalam bentuk kotoran yang disebut vermicast. Vermicast ini memiliki kandungan nutrisi yang sangat tinggi, termasuk nitrogen, fosfor, kalium, serta berbagai mikroba fungsional dan enzim yang bermanfaat bagi tanaman [6]. Hasil dari proses ini menghasilkan pupuk organik berkualitas tinggi yang kaya akan unsur hara, mikroba fungsional, enzim, vitamin, serta senyawa organik lainnya yang sangat bermanfaat bagi kesuburan tanah dan tanaman.

Keunggulan vermicomposting dibandingkan teknik komposting konvensional adalah hasil akhirnya yang lebih cepat dan berkualitas tinggi. Selain itu, vermicomposting juga membutuhkan ruang yang lebih kecil dan dapat dilakukan di berbagai lokasi, termasuk di perkotaan [7]. Meskipun

vermicomposting menawarkan banyak keuntungan, penerapan teknik ini secara manual sering kali menghadapi beberapa kendala. Misalnya, proses komposting manual memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar, serta membutuhkan kontrol ketat terhadap kondisi lingkungan seperti kelembaban, suhu, dan ventilasi.

Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini bertujuan untuk merancang perangkat pengurai sampah organik dengan teknik vermicomposting [8]. Perangkat ini dirancang untuk memfasilitasi pengolahan limbah buah menjadi pupuk organik berkualitas tinggi secara efisien, sehingga dapat mengurangi volume sampah organik yang terbuang ke TPA. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan, sekaligus mendukung upaya pelestarian lingkungan melalui inovasi teknologi ramah lingkungan [9].

Selain itu, karakteristik limbah organik dari pasar tradisional dan pedagang jus buah di Indonesia telah diteliti secara mendalam [10]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa limbah organik memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos atau pupuk organik. Namun, pengelolaan limbah organik di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kurangnya infrastruktur dan kesadaran masyarakat [11].

2 Metodologi

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji perangkat pengurai limbah buah dengan teknik vermicomposting yang efisien, ergonomis, dan mudah dioperasikan. Lokasi penelitian dipilih di Tangerang Selatan, Banten, yang merupakan area perkotaan dengan volume sampah organik tinggi, terutama dari gerai jus buah [12]. Metodologi penelitian melibatkan lima tahap utama, yaitu: identifikasi masalah, perancangan solusi, pembuatan prototipe, pengujian produk, dan evaluasi hasil [13].

Pada tahap awal identifikasi masalah, dilakukan wawancara dan observasi terhadap komunitas atau usaha kecil penjual jus buah di Tangerang Selatan [14]. Selanjutnya, dilakukan perancangan solusi desain perangkat komposting untuk menghasilkan ide-ide yang relevan untuk menyelesaikan masalah yang telah diidentifikasi. Proses desain perangkat ini mencakup komponen-komponen seperti wadah pengomposan dengan sistem ventilasi, pengontrol kelembaban dan sistem penyaringan kompos. Tahap berikutnya adalah pembuatan prototipe. Prototipe perangkat ini dirancang untuk memfasilitasi proses vermicomposting dengan menggunakan cacing tanah spesies *Eisenia fetida* sebagai agen pengurai [15]. Tahap selanjutnya adalah pengujian produk kepada masyarakat atau pengguna untuk mendapatkan hasil fungsi perangkat yang digunakan pada kondisi nyata di lapangan.

3 Diskusi

3.1 Identifikasi masalah

Tahap ini bertujuan untuk memahami secara mendalam permasalahan yang dihadapi oleh target pengguna, dalam hal ini pelaku usaha makanan/minuman seperti penjual jus buah, terkait penanganan limbah organik. Selain itu, kondisi penumpukan sampah organik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menjadi salah satu isu utama yang perlu dipecahkan, Dimana sampah organik tersebut merupakan penyumbang terbesar volume sampah di TPA dan memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, termasuk produksi gas metana yang berkontribusi pada perubahan iklim. Selain itu, cairan *leachate*

yang dihasilkan dari pembusukan sampah organik dapat mencemari tanah dan air, sehingga mengancam ekosistem lokal serta kesehatan manusia.

Volume sampah organik yang terus meningkat juga menyebabkan penggunaan lahan TPA semakin meluas, mengurangi ketersediaan lahan untuk kebutuhan lain seperti pemukiman atau pertanian. Kondisi ini diperparah oleh kurangnya infrastruktur yang memadai untuk mengolah dan mendaur ulang sampah organik di tingkat daerah. Infrastruktur pengelolaan sampah yang tidak efektif menjadi faktor utama yang menghambat implementasi solusi berkelanjutan dalam sistem sosial dan ekonomi masyarakat sehari-hari.

Selain itu, minimnya kampanye edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya memilah dan mengolah sampah organik juga menjadi kendala besar. Prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*) belum optimal diterapkan, sehingga partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah organik masih sangat rendah. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2021, hanya sekitar 1,5% dari total sampah organik yang berhasil didaur ulang menjadi kompos, sementara 41% sampah yang dihasilkan bersumber dari rumah tangga. Hal ini menunjukkan perlunya solusi inovatif yang dapat mendorong partisipasi masyarakat dalam mengelola limbah organik.

3.2 Wawancara dengan target user

Untuk memperoleh data yang lebih spesifik, selanjutnya melakukan wawancara dengan salah satu *food tenant* penjual jus buah sebagai representasi target user. Hasil wawancara tersebut menunjukkan bahwa kesadaran masyarakat, termasuk pelaku usaha makanan/minuman, tentang pentingnya pengolahan sampah organik masih rendah. Selain itu, kekhawatiran terhadap aroma pembusukan dan ketidak tahuan tentang manfaat komposting menjadi hambatan utama dalam penerapan teknik komposting ini. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang tidak hanya efektif dalam mengolah sampah organik, tetapi juga mudah dioperasikan dan diterima oleh masyarakat.

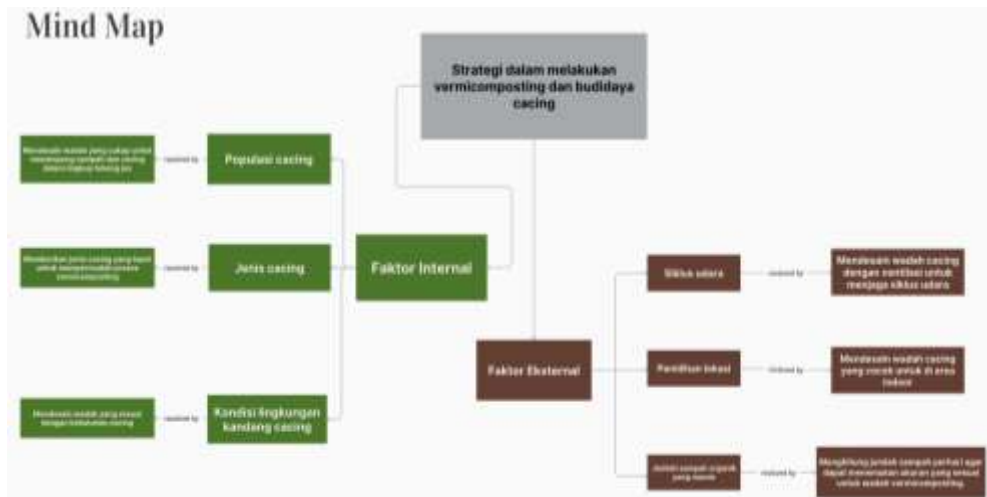
3.3 Solusi

Pada tahap ini, ide-ide solusi melalui pendekatan desain dirumuskan berdasarkan hasil analisis sebelumnya dan *mind map* yang telah dipetakan (Gambar 1). Tujuan utamanya adalah untuk menemukan solusi yang dapat menyelesaikan atau setidaknya memperkecil permasalahan yang ada, berdasarkan pendapat dari target user. Beberapa ide desain yang dikembangkan antara lain:

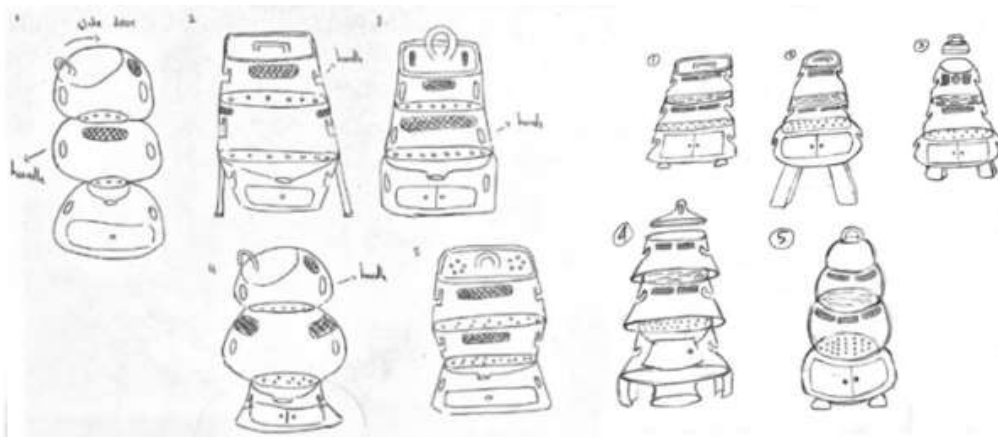
Mendesain wadah vermicomposting dengan ukuran yang sesuai (Gambar 2), perangkat dirancang dengan ukuran yang sesuai untuk menampung sisa makanan organik skala penjual makanan/minuman di lokasi penjual jus buah.

Desain praktis dan ergonomis, wadah vermicomposting dirancang agar praktis, ergonomis, dan tidak menurunkan tampilan visual yang berdampak buruk terhadap nilai bisnis jika diletakkan di area gerai jus buah.

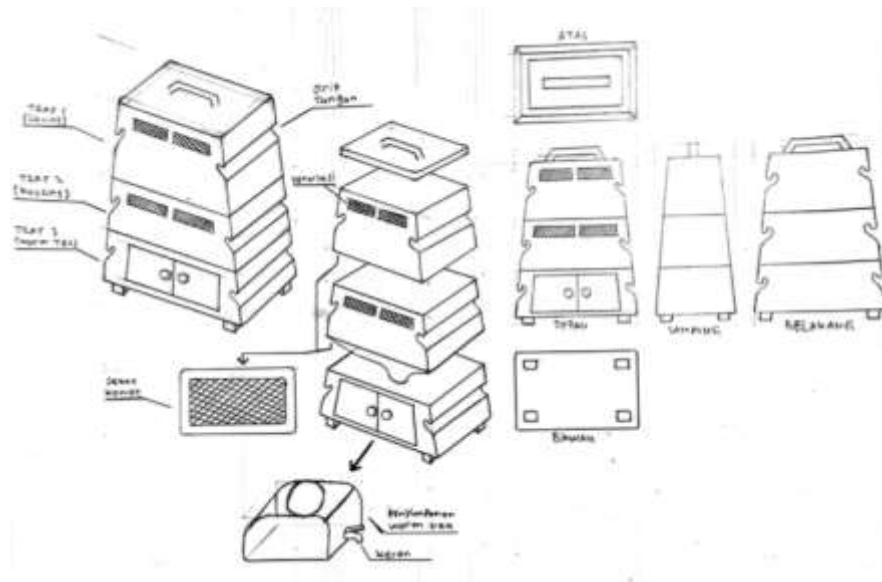
Desain menarik sebagai bagian dari gerai jus buah (Gambar 3 dan 4), wadah dan perangkat dirancang dengan tampilan menarik sehingga dapat berfungsi sebagai bagian dari elemen gerai jus buah dan meningkatkan estetika ruangan. Kemudahan penggunaan, antarmuka perangkat dirancang sederhana agar mudah dipahami oleh pengguna awam.



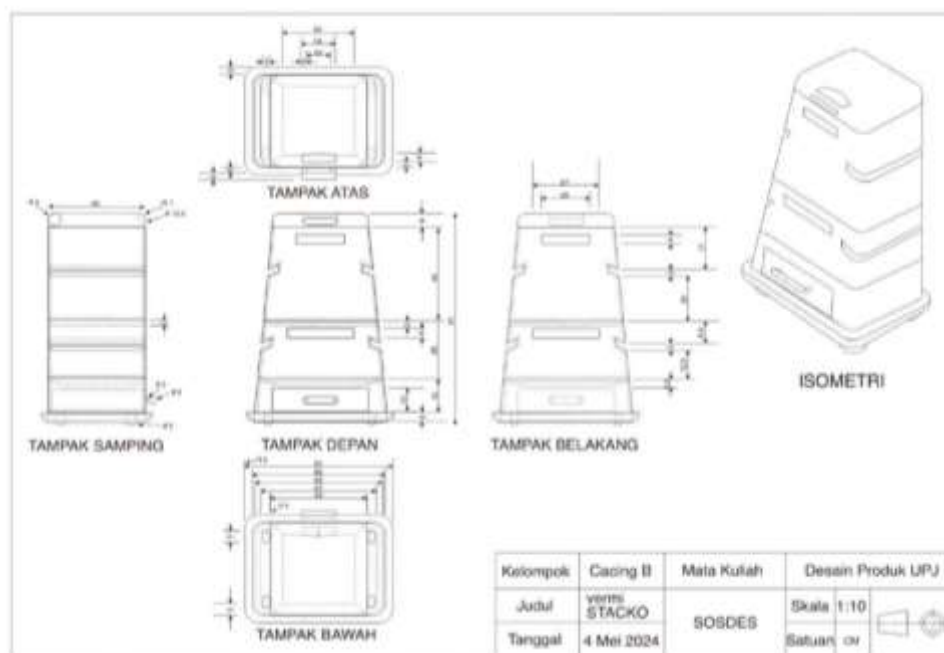
Gambar 1. Mind map factor yang mempengaruhi vermicomposting



Gambar 2. Sketsa Alternatif Vermicomposting



Gambar 3. Sketsa Pengembangan desain vermicomposting



Gambar 4. Desain final vermicomposting

3.4 Prototype Produk

Sebelum melanjutkan ke tahap produksi prototipe, terlebih dahulu melakukan studi material untuk memastikan material yang digunakan sesuai dengan kebutuhan produk. Berikut adalah hasil studi dan evaluasi material yang akan digunakan untuk pembuatan prototipe:

Tabel 1. Studi Material

No	Jenis Material	Sifat Material					Total Penilaian
		Kerapatan	Kekuatan	Ketahanan Air	Ketahanan Suhu	Harga	
1	Plastik ABS	3	3	3	3	1	13
2	Nylon PE	2	2	2	2	2	10
3	PVC board	2	3	3	2	3	13
4	Kayu	2	3	2	2	1	10
5	Acrylic	2	3	3	3	1	12

Keterangan :

1 = Kurang, 2 = Cukup, 3 = Baik

Hasil studi menunjukkan bahwa plastik ABS dan OVC board merupakan material terbaik untuk produk ini. Namun, untuk kebutuhan prototipe, dipilih menggunakan PVC board karena biaya produksi per unit lebih rendah, dapat dibuat untuk jumlah unit prototipe terbatas (satu unit) dan proses pembuatan prototipe dapat dilakukan secara manual, sedangkan plastik ABS memerlukan biaya yang tinggi apabila diproduksi dengan jumlah terbatas dan proses produksi dilakukan dengan menggunakan injeksi molding, meskipun biaya akan lebih rendah jika diproduksi dalam skala massal. Hasil akhir prototipe perangkat vermicomposting dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Prototipe vermicomposting



Gambar 6. Fitur dan komponen prototipe vermicomposting

3.5 Pengujian Produk dan evaluasi hasil

Pada tahap ini, prototipe perangkat vermicomposting dilakukan uji coba penggunaan untuk mengevaluasi efektivitas dan kinerja produk. Uji coba dilakukan selama dua minggu dengan memantau parameter yaitu suhu dan Kelembaban, kelembaban ideal untuk aktivitas cacing untuk melakukan proses komposting adalah 60–70%. Hasil uji coba menunjukkan prototipe memiliki kemampuan yang baik dalam mempertahankan kelembaban optimal, dengan fluktuasi minimal. Sistem drainase pada prototipe dapat berfungsi efektif dalam mencegah kondisi terlalu basah.

Uji coba dengan memantau populasi dan Kondisi Cacing, populasi cacing dihitung pada awal dan akhir periode uji coba. Cacing dalam prototipe terlihat aktif dan sehat, dengan distribusi merata di seluruh media. Kualitas kompos yang dihasilkan memiliki tekstur, warna, dan aroma seperti tanah segar. Analisis awal menunjukkan kandungan nutrisi yang seimbang, meskipun pengujian lebih lanjut diperlukan untuk memastikan kualitas optimal.

Pengujian selanjutnya yaitu efisiensi penguraian limbah organik berupa sisa buah, cacing dapat mengurai sampah organik sekitar 40% dari ukuran tubuh mereka. Efisiensi penguraian cukup baik, meskipun masih ada ruang untuk peningkatan. Dari sisi kenyamanan penggunaan prototipe, proses operasional dinilai mudah digunakan dalam hal penambahan bahan organik dan pemanenan kompos. Secara keseluruhan, prototipe menunjukkan kinerja yang menjanjikan. Namun, penyesuaian minor pada desain, terutama untuk meningkatkan aerasi dan distribusi makanan, dapat lebih mengoptimalkan kinerja sistem vermicomposting ini.

4 Kesimpulan.

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu merancang dan mengembangkan prototipe perangkat vermicomposting yang efisien, ergonomis, dan ramah lingkungan untuk mengolah limbah organik sisa buah pada usaha makanan/minuman, khususnya penjual jus buah. Prototipe perangkat yang dihasilkan mampu mengatasi masalah penumpukan sampah organik dengan mengonversi limbah organik menjadi kompos berkualitas tinggi melalui teknik vermicomposting menggunakan cacing tanah spesies *Eisenia fetida*. Hasil uji coba menunjukkan bahwa prototipe mampu memproses 1 kg sampah organik per hari menggunakan 2 kg cacing, dengan hasil akhir berupa kompos yang memiliki tekstur,

warna, dan aroma seperti tanah segar serta kandungan unsur hara (nitrogen, fosfor, kalium) yang seimbang. Dalam skala yang lebih besar, prototipe dapat dikembangkan untuk dapat mengonversi 50 kg sampah organik menjadi rata-rata 15–20 kg kompos berkualitas tinggi dalam waktu 6 minggu. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat ini memiliki potensi besar untuk mengurangi volume sampah organik yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), sekaligus menghasilkan produk bernilai ekonomi dari hasil composting berupa pupuk organik.

Ketercapaian tujuan penelitian juga didukung oleh desain perangkat yang praktis, ergonomis, dan estetik, sehingga mudah digunakan dan diterima oleh target user. Pengguna awal memberikan tanggapan positif terhadap kemudahan penggunaan perangkat, tampilan visual yang menyerupai elemen gerai jus buah, serta dampak positifnya terhadap lingkungan. Namun, beberapa tantangan seperti fluktuasi kelembaban media, distribusi pakan yang tidak merata, dan kekhawatiran terhadap aroma pembusukan masih memerlukan penyesuaian lebih lanjut. Temuan penelitian ini juga menunjukkan pentingnya edukasi kepada masyarakat tentang teknik vermikomposting dan manfaat pengelolaan sampah organik, karena minimnya pemahaman pengguna menjadi salah satu hambatan utama dalam adopsi teknologi praktisi ini.

Temuan khusus dari penelitian ini adalah bahwa perangkat vermikomposting tidak hanya berfungsi sebagai solusi teknis untuk mengolah limbah organik, tetapi juga memiliki nilai tambah dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*). Selain itu, penggunaan material PVC board untuk prototipe menunjukkan bahwa biaya produksi dapat ditekan tanpa mengorbankan kualitas fungsional perangkat, meskipun material ini masih memerlukan optimasi untuk produksi massal.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa perangkat vermikomposting memiliki potensi besar untuk diimplementasikan secara luas sebagai solusi berkelanjutan dalam mengurangi limbah organik dan mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Dengan pengembangan lebih lanjut dan dukungan dari berbagai pihak, teknologi ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya pengelolaan sampah organik di perkotaan.

5 Referensi

- [1] S. Plazzotta, L. Manzocco, and M. C. Nicoli, "Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 63, pp. 51–59, May 2017, doi: 10.1016/j.tifs.2017.02.013.
- [2] Hapsah, Gusmawartati, and M. Yusuf, "Effect Various Combination of Organic Waste on Compost Quality," *J Trop Soils*, vol. 20, no. 1, pp. 59–65, 2015.
- [3] Haokai Zhao, N. J. Themelis, A. C. (Thanos) Bourtsalas, and W. R. McGillis, "Methane Emissions from Landfills," 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.17326.77120.
- [4] R. Lal, "Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security," *Science*, vol. 304, no. 5677, pp. 1623–1627, Jun. 2004, doi: 10.1126/science.1097396.
- [5] A. M. Yatoo *et al.*, "Vermicomposting: An Eco-Friendly Approach for Recycling/Management of Organic Wastes," in *Bioremediation and Biotechnology*, K. R. Hakeem, R. A. Bhat, and H. Qadri, Eds., Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 167–187. doi: 10.1007/978-3-030-35691-0_8.

- [6] S. U. Rehman, F. De Castro, A. Aprile, M. Benedetti, and F. P. Fanizzi, "Vermicompost: Enhancing Plant Growth and Combating Abiotic and Biotic Stress," *Agronomy*, vol. 13, no. 4, p. 1134, Apr. 2023, doi: 10.3390/agronomy13041134.
- [7] T. Sayara, M. Shadouf, H. Issa, H. Obaid, and R. Hanoun, "Home Composting of Food Wastes Using Rotary Drum Reactor as an Alternative Treatment Option for Organic Household Wastes," *J. Ecol. Eng.*, vol. 23, no. 6, pp. 139–147, Apr. 2022, doi: 10.12911/22998993/147873.
- [8] S. Wahyono, "Daur Ulang Sampah Organik Dengan Teknologi Vermicomposting," *Jurnal Teknologi Lingkungan BPPT*, vol. 2, no. 1, pp. 87–92, 2001.
- [9] F. Y. N. A. Achmad, "TANTANGAN DAN PELUANG IMPLEMENTASI KEBIJAKAN ZERO WASTE DI KOTA BAUBAU," *publicuho*, vol. 7, no. 1, pp. 212–223, Feb. 2024, doi: 10.35817/publicuho.v7i1.348.
- [10] R. Silfia and H. K. Surtikanti, "Analisis pengelolaan sampah pasar tradisional di Pasar Gegerkalong, Kota Bandung, Indonesia," *JWSC*, vol. 1, no. 1, pp. 46–53, Feb. 2024, doi: 10.61511/jwsc.v1i1.2024.696.
- [11] Pusat Riset Kependudukan, Badan Riset dan Inovasi Nasional *et al.*, "Analisis Implementasi Kebijakan Pengelolaan Sampah Di Provinsi Dki Jakarta," *Jur.Jakk.Hut*, vol. 19, no. 2, pp. 129–140, Nov. 2022, doi: 10.20886/jakk.2022.19.2.129-140.
- [12] "Kota Tangerang Selatan Dalam Angka 2022." [Online]. Available: <https://tangselkota.bps.go.id/id/publication/2022/02/25/bba887d447440aface435dec/kota-tangerang-selatan-dalam-angka-2022.html>
- [13] J. W. Creswell and J. D. Creswell, *Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 2018. [Online]. Available: https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- [14] L. Lingga, M. Yuana, N. Sari, H. Syahida, C. Sitorus, and Shahron, "Sampah di Indonesia: Tantangan dan Solusi Menuju Perubahan Positif," *Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 4, pp. 1–13, 2024.
- [15] P. Prayitno, "Pertumbuhan cacing tanah *Eisenia fetida* sp. Pada kompos limbah fleshing," *MKKP*, vol. 31, no. 2, pp. 85–92, Dec. 2015, doi: 10.20543/mkkp.v31i2.499.