

INOVASI ECO-DRUM KOMPOSTER: SOLUSI TEKNOLOGI UNTUK PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK BERBASIS CLIMATE ACTION DAN SDGS DI LINGKUNGAN KANTIN KAMPUS

Arizal Permana Aqila¹, Siska Wahyuningsih² and Anisa Pujianti³

¹Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Raden Mas Said Surakarta, Indonesia.

²Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Raden Mas Said Surakarta, Indonesia.

³Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Raden Mas Said Surakarta, Indonesia.

¹arizalilmulingkungan@gmail.com, ²Wahyuningsih@siska607@gmail.com,

³anisapujianti56@gmail.com

Abstract

Organic waste management is a major challenge in realizing sustainable development in the community and on campus. The large amount of organic waste generated from campus consumption and trading activities is often poorly managed and can cause environmental pollution. Based on this situation, the Eco-Drum Composter innovation was developed in the campus cafeteria as a concrete step to support the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs). The goal of this activity is to optimize organic waste management through the application of closed composter technology that is efficient, environmentally friendly, and easy to operate. The methodology used includes designing an Eco-Drum Composter system based on mechanical rotation with natural air ventilation, sorting organic waste, filling and composting processes, and monitoring temperature and humidity to ensure optimal decomposition. The implementation results showed that the Eco-Drum Komposter accelerated the composting process within 10–14 days, indicated by changes in temperature ranging from 26–36°C and pH values between 6–7 during decomposition. The compost gradually changed from green-brown to dark brown with a crumbly texture and earthy odor, indicating mature compost quality. In addition, the application of compost to mustard greens, lettuce, and chili plants showed positive growth responses, such as increasing shoot length, greener leaves, and better plant development during the 15-day observation period. This innovative Eco-Drum Composter not only provides a technical solution to the waste problem but also plays a role in educating and empowering students towards a sustainable lifestyle.

Keywords: Canteen, Compost, Eco-Drum Composter, Organic Waste, SDGs.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengelolaan sampah, terutama limbah organik menjadi tantangan lingkungan yang semakin mendesak di Indonesia. Kondisi saat ini terjadi pada lingkungan kampus, di mana aktivitas mahasiswa dan operasional kantin menghasilkan volume limbah organik yang cukup tinggi setiap harinya (Ulfah *et al.*, 2023). Komposisi timbunan sampah organik di banyak kampus bahkan mencapai 60–80% dari total sampah, menunjukkan bahwa kampus memiliki potensi besar untuk mengembangkan sistem pengelolaan limbah berbasis pemanfaatan organik (Handayani *et al.*, 2021). Hal ini menguatkan urgensi perlunya inovasi teknologi pengelolaan limbah organik yang mudah, efisien, dan dapat diimplementasikan pada skala kampus.

Proses pengomposan tidak hanya mampu mengurangi volume sampah secara signifikan, tetapi juga menghasilkan kompos yang dapat dimanfaatkan kembali dalam kegiatan penghijauan kampus, urban farming, maupun pemeliharaan taman kampus (Kumaat *et al.*, 2023). Studi kasus Sharma *et al.* (2024) mengonfirmasi bahwa dominasi sampah organik dalam limbah rumah tangga dan komunitas dapat diatasi melalui pendekatan komposting skala kecil berbasis komunitas yang diterapkan secara konsisten. Tantangan tersebut semakin terasa ketika sistem komposting membutuhkan pengadukan rutin, pemantauan suhu, dan pengaturan kelembaban yang memerlukan komitmen operasional (Yaser *et al.*, 2022). Oleh karena itu, hadirnya teknologi komposter yang dapat meringankan beban kerja dan meningkatkan efisiensi proses menjadi kebutuhan yang penting.

Teknologi Eco-Drum Komposter muncul sebagai salah satu inovasi pengolahan limbah organik yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut (Kumar *et al.*, 2024). Keunggulan lainnya adalah kemampuannya mempercepat proses pengomposan dibandingkan metode konvensional, menghasilkan kompos dalam waktu relatif singkat, dan mengurangi bau yang biasanya muncul pada metode terbuka (Alizadeh *et al.*, 2025). Studi Ouali *et al.* (2025) mengenai pengomposan menggunakan komposter drum menunjukkan peningkatan efisiensi dalam reduksi volume limbah serta percepatan waktu pengomposan. Penelitian Auriyani *et al.* (2021) yang dilakukan dalam konteks pengolahan limbah organik berbasis ekonomi sirkular juga menegaskan bahwa sistem komposting dengan teknologi tertutup dapat mengubah sampah organik menjadi kompos bernilai tinggi sekaligus mengurangi beban sampah yang menuju ke TPA.

Pengelolaan limbah organik melalui teknologi komposter juga berkontribusi langsung terhadap pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), antara lain SDG 11, yang menekankan pentingnya kota dan komunitas berkelanjutan; SDG 12, yang menggarisbawahi urgensi konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab; serta SDG 13, yang menekankan aksi nyata terhadap perubahan iklim (Ram & Bracci, 2024). Penelitian Ramadhani

et al. (2025) menunjukkan bahwa pengolahan limbah organik berbasis circular economy mampu menciptakan nilai ekonomi sekaligus meningkatkan ketahanan lingkungan komunitas. Nilai edukatif dari penerapan teknologi ini juga tidak dapat diabaikan, sebab dapat meningkatkan kesadaran mahasiswa dan civitas akademika terhadap pentingnya pengelolaan limbah berkelanjutan dan peran mereka dalam menjaga lingkungan (Germano *et al.*, 2022).

Kehadiran komposter ini dapat menghadirkan contoh konkret pengelolaan limbah berbasis teknologi ramah lingkungan, sekaligus memberikan pengalaman langsung bagi pengunjung, pelaku usaha, dan civitas akademika tentang proses pengurangan limbah organik melalui teknik komposting yang efektif (Yarsono *et al.*, 2022). Penelitian sebelumnya Sinatra *et al.* (2025) menunjukkan bahwa transformasi limbah organik menjadi kompos melalui penerapan teknologi tepat guna mampu memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang nyata, termasuk penghematan biaya pengelolaan sampah dan peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan.

Meskipun potensi reduksi sampah di lingkungan kampus sangat besar, praktik pengelolaan yang ada saat ini umumnya masih mengandalkan sistem konvensional 'kumpul-angkut-buang' ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Pola ini menyebabkan penumpukan limbah organik di area kantin yang seringkali menimbulkan aroma tidak sedap, mengundang vektor penyakit, dan menurunkan estetika lingkungan kampus (Indrayani *et al.*, 2024). Di sisi lain, metode pengomposan terbuka yang selama ini diketahui seringkali terkendala oleh keterbatasan lahan dan waktu dekomposisi yang lama, sehingga diperlukan sebuah solusi teknologi tepat guna yang lebih ringkas dan terkontrol.

Secara teknis, Eco-Drum Komposter bekerja dengan prinsip bejana tertutup yang memungkinkan pengaturan aerasi dan suhu yang lebih stabil. Desain drum yang dapat diputar (rotary) mempermudah proses pembalikan massa kompos tanpa memerlukan tenaga fisik yang besar, sekaligus meminimalisir gangguan hama serta menjaga sanitasi lingkungan sekitar selama proses dekomposisi berlangsung.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses penerapan teknologi Eco-Drum Komposter dalam pengelolaan limbah organik di Booth Tinukumart?
2. Apa saja temuan penelitian terkait perubahan parameter pengomposan dan kualitas kompos yang dihasilkan?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan Eco-Drum Komposter dalam mengurangi volume limbah organik dan mendukung pengelolaan lingkungan berkelanjutan?
4. Bagaimana implikasi penerapan teknologi Eco-Drum Komposter dalam mendukung pengelolaan limbah organik berkelanjutan di lingkungan kantin kampus?

1.3. Fokus Penelitian

1. Proses penerapan teknologi Eco-Drum Komposter dalam pengelolaan limbah organik di Booth Tinukumart.

2. Perubahan parameter pengomposan yang meliputi suhu, pH, warna, tekstur, dan aroma selama proses berlangsung.
3. Kualitas kompos yang dihasilkan serta efektivitasnya dalam mengurangi volume limbah organik.
4. Implikasi penerapan teknologi terhadap lingkungan, nilai edukasi, serta potensi pengembangan dan replikasi di lingkungan kampus maupun komunitas.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis proses penerapan teknologi Eco-Drum Komposter dalam pengelolaan limbah organik.
2. Mengidentifikasi temuan penelitian terkait perubahan parameter pengomposan dan karakteristik kompos yang dihasilkan.
3. Menilai efektivitas teknologi Eco-Drum Komposter dalam mengurangi volume limbah organik dan meningkatkan kualitas pengelolaan lingkungan.
4. Mengkaji implikasi penerapan teknologi terhadap aspek lingkungan, edukasi, serta potensi pengembangan di lingkungan kampus dan komunitas.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang manajemen lingkungan, khususnya terkait pengolahan limbah organik skala kecil berbasis teknologi Eco-Drum Komposter.
2. Menjadi referensi ilmiah mengenai efektivitas pengomposan aerobik, dinamika proses dekomposisi, serta penerapan konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) dan *Sustainable Development Goals* (SDGs) di lingkungan kampus.
3. Menyediakan dasar ilmiah bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan dan optimasi teknologi tepat guna untuk pengelolaan limbah organik.
4. Memberikan solusi praktis yang efisien, ramah lingkungan, dan mudah dioperasikan dalam mengurangi timbulan limbah organik di kantin kampus, sekaligus berpotensi menghemat biaya pengelolaan sampah.
5. Meningkatkan kesadaran ekologis dan partisipasi civitas akademika dalam pengelolaan limbah berkelanjutan serta mendukung terwujudnya lingkungan kampus yang bersih, sehat, dan berkelanjutan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pengelolaan limbah organik merupakan isu krusial di lingkungan kampus, di mana kantin kampus menghasilkan volume limbah makanan yang signifikan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Zakarya *et al.* (2024) membahas penerapan pengelolaan limbah organik kantin kampus melalui metode komposting sebagai solusi berkelanjutan untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan emisi metana. Penelitian tersebut menekankan

efektivitas proses pengomposan dalam mengolah limbah organik kampus menjadi produk yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, Ashtekar *et al.* (2025) meneliti pengolahan limbah sisa makanan dan kulit buah-sayur menggunakan teknologi komposter sederhana yang mampu menurunkan volume limbah secara signifikan serta menghasilkan pupuk kompos berkualitas. Kedua penelitian tersebut memiliki keterkaitan dengan penelitian ini karena sama-sama mengkaji penerapan teknologi komposting dalam pengelolaan limbah organik kantin, baik dari aspek proses pengolahan, efektivitas pengurangan limbah, maupun pemanfaatan hasil kompos sebagai bagian dari pengelolaan lingkungan berkelanjutan.

Eco-Drum Komposter merupakan inovasi teknologi pengomposan aerobik yang menggunakan drum berputar untuk mempercepat dekomposisi limbah organik. Penelitian Arkananta *et al.* (2025) berfokus pada efektivitas desain Eco-drum dalam mempercepat proses pengomposan melalui sistem aerasi optimal dan pencampuran mekanis, sedangkan Purwono *et al.* (2024) lebih menekankan pada pengembangan prototipe Eco-Drum berkapasitas 50 kg/batch dan kualitas kompos berdasarkan standar SNI 19-7030-2004. Sementara itu, Amaliyah *et al.* (2023) meninjau penerapan Eco-Drum dalam program *zero waste* kampus serta pengaruhnya terhadap peningkatan partisipasi civitas akademika dalam mendukung SDGs. Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini tidak hanya mengkaji efektivitas teknis Eco-Drum Komposter dalam proses pengomposan limbah organik kantin kampus, tetapi juga menganalisis perubahan parameter fisik dan kimia selama pengomposan, pemanfaatan hasil kompos pada tanaman, serta perannya sebagai media edukasi lingkungan berbasis *Climate Action* dan SDGs di lingkungan kantin kampus secara langsung.

2.2 Landasan Teori

Pengelolaan limbah organik didefinisikan sebagai sisa material biologis yang dapat terurai secara alami, seperti sisa makanan, daun, dan peelings buah-sayur (Akbari & Khadijah, 2024). Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, limbah organik wajib dikelola melalui prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*), dengan komposting sebagai metode utama pengolahan biologis. Proses dekomposisi melibatkan mikroorganisme aerobik yang memecah senyawa kompleks menjadi humus stabil, dengan faktor kunci berupa rasio C/N ideal 25-30:1, kelembaban 50-60%, aerasi oksigen >5%, dan suhu mesofilik hingga termofilik (Alkas *et al.*, 2025). Di kantin kampus, limbah organik mendominasi 60-70% total limbah, sehingga memerlukan teknologi efisien untuk mengurangi volume dan menghasilkan nilai tambah (Purimahua *et al.*, 2023).

Eco-Drum Komposter beroperasi berdasarkan prinsip pengomposan aerobik *in-vessel* dengan mekanisme rotasi drum yang memungkinkan aerasi pasif melalui lubang ventilasi dan rotasi 10-15 rpm/hari, serta pencampuran mekanis untuk meratakan suhu dan mencegah penggumpalan (Sayara *et al.*, 2022). Proses ini terdiri dari empat fase: termogenik I (hari 1-5, suhu 60°C, patogen mati), termogenik II (hari 6-14, dekomposisi lignin), pendinginan (hari 15-21), dan matang (hari 22-28) dengan C/N <20:1. Kualitas kompos

diukur sesuai SNI 19-7030-2004, mencakup C-organik 20-35%, N total >0,4%, pH 6,5-8,5, dan bebas patogen.

Penerapan teknologi ini selaras dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) PBB (2015), khususnya SDG 12 (Konsumsi & Produksi Bertanggung Jawab) target 12.3 dan 12.5 untuk mengurangi *food waste* 50% serta limbah melalui pengolahan ulang, SDG 13 (Aksi Iklim) dengan reduksi emisi CH₄ hingga 40% (IPCC, 2019), SDG 11 (Kota Berkelanjutan) melalui *zero waste* kantin, serta SDG 4 (Pendidikan Berkualitas) via edukasi keberlanjutan. Efisiensi dihitung dengan rumus: Efisiensi Pengelolaan = (Volume Limbah Diolah / Total Limbah) × 100% dan Emisi Dihindari = (Berat Kompos × Faktor Emisi CH₄) × GWP (GWP CH₄ = 28).

Studi Azteria et al. (2025) menjelaskan adopsi teknologi komposting melalui sikap terhadap manfaat kompos, norma subyektif dari dukungan kampus, dan kontrol perilaku karena kemudahan eco-drum yang manual dan *low-cost*. Kerangka konseptual penelitian ini mengalir dari input limbah kantin (70% organik), proses komposting aerobik 28 hari menggunakan Eco-Drum, output kompos berkualitas SNI, hingga dampak pencapaian SDGs 11, 12, 13 beserta pendapatan tambahan. Hipotesis teori mencakup H1: Penggunaan eco-drum meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah >50%, dan H2: Implementasi mendukung pencapaian SDGs di kampus.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mengkaji penerapan inovasi Eco-Drum Komposter sebagai solusi pengelolaan limbah organik di lingkungan kantin kampus. Metode ini dipilih karena mampu memberikan pemahaman yang mendalam terhadap proses pengelolaan limbah, interaksi pengguna, serta kondisi lingkungan yang terjadi selama penerapan teknologi. Pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti mengamati fenomena secara langsung dan menyeluruh sehingga dapat menggambarkan efektivitas Eco-Drum Komposter dalam konteks nyata. Untuk memperkuat hasil analisis, penelitian ini juga didukung oleh data kuantitatif berupa pengukuran suhu, pH, dan perubahan volume limbah selama proses pengomposan. Kombinasi kedua jenis data tersebut digunakan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kontribusi Eco-Drum Komposter terhadap pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan serta dukungannya terhadap *Climate Action* dan *Sustainable Development Goals* (SDGs).

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Booth Tinukumart yang berada di lingkungan kampus sebagai pusat aktivitas penjualan makanan dan minuman sekaligus sarana edukasi lingkungan bagi civitas akademika. Lokasi ini dipilih karena menghasilkan limbah organik secara rutin dari aktivitas konsumsi sehari-hari, sehingga memiliki potensi yang besar untuk penerapan teknologi Eco-Drum Komposter. Selain itu, keberadaan program pengelolaan

limbah organik di lokasi tersebut memberikan kesempatan bagi peneliti untuk mengamati secara langsung proses pengomposan, pemanfaatan hasil kompos, serta implementasi konsep pengelolaan limbah berkelanjutan berbasis *Climate Action* dan *Sustainable Development Goals* (SDGs).

3.3. Informan Penelitian

Informan dalam penelitian ini ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan informan berdasarkan keterlibatan dan pengetahuan mereka terhadap kegiatan pengelolaan limbah organik di Booth Tinukumart. Informan penelitian terdiri atas pengelola Booth Tinukumart, pengelola atau tenant kantin, serta civitas akademika yang terlibat dalam kegiatan pengelolaan dan pemanfaatan kompos. Informan tersebut dipilih karena dianggap mampu memberikan informasi yang relevan mengenai proses penerapan Eco-Drum Komposter, mekanisme pengelolaan limbah organik, tingkat partisipasi pengguna, serta manfaat yang dirasakan dari penerapan teknologi tersebut di lingkungan kampus.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode penelitian campuran (*mixed methods*) pendekatan penelitian yang mengombinasikan metode kuantitatif dan kualitatif dalam satu studi untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif, valid, dan mendalam yaitu observasi, dokumentasi, dan pencatatan eksperimen. Observasi dilakukan secara langsung (*non-partisipan*) untuk mengamati proses pengumpulan, pemilahan, pengisian bahan, pengadukan, serta perubahan parameter selama pengomposan. Selain itu, dokumentasi dilakukan melalui foto, catatan lapangan, dan rekaman data untuk menggambarkan kondisi fisik kompos dan aktivitas di lokasi penelitian. Penelitian ini juga menggunakan pencatatan eksperimen yang mencakup data suhu, pH, warna, tekstur, aroma, serta penyusutan volume limbah organik. Data sekunder diperoleh dari literatur ilmiah, laporan kegiatan, serta dokumen pendukung lainnya. Kombinasi teknik ini merupakan bentuk triangulasi data untuk meningkatkan validitas hasil penelitian.

3.5. Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan mengacu pada model analisis data Miles dan Huberman yang meliputi tiga tahapan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Tahap reduksi data dilakukan dengan menyeleksi, mengelompokkan, dan menyederhanakan data hasil observasi, dokumentasi, dan pencatatan eksperimen yang relevan dengan tujuan penelitian. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk tabel, grafik, gambar, dan uraian naratif untuk mempermudah proses interpretasi. Data kuantitatif berupa perubahan pH, suhu, warna, tekstur, aroma, dan volume limbah selama proses pengomposan dianalisis secara deskriptif untuk melihat pola perubahan yang terjadi. Sementara itu, data kualitatif yang diperoleh dari hasil observasi dan dokumentasi dianalisis untuk memahami proses penerapan Eco-Drum Komposter, tingkat partisipasi pengguna, serta dampak lingkungan dan

edukatif yang dihasilkan. Tahap akhir dilakukan dengan menarik kesimpulan berdasarkan keterkaitan antara data yang diperoleh sehingga dapat menggambarkan efektivitas penerapan Eco-Drum Komposter dalam pengelolaan limbah organik serta kontribusinya terhadap Climate Action dan pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs).

3.6. Jadwal Kegiatan Penelitian

Seluruh kegiatan disusun secara sistematis dalam bentuk jadwal penelitian selama satu bulan. Jadwal ini mencakup tahapan persiapan, pelaksanaan pengomposan menggunakan Eco-Drum Komposter, pengamatan parameter pengomposan, analisis data, hingga penyusunan laporan penelitian. Penyusunan jadwal kegiatan bertujuan agar setiap tahapan penelitian dapat berjalan secara terarah, efektif, dan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

Tabel 1. Jadwal Tahapan Penelitian

No	Kegiatan/Tahapan Penelitian	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
1	Studi literatur dan penyusunan instrumen penelitian	✓			
2	Observasi awal lokasi penelitian (Grand Tour)	✓			
3	Persiapan alat, bahan, dan Eco-Drum Komposter	✓			
4	Pengumpulan dan pemilahan limbah organik	✓	✓		
5	Pelaksanaan pengomposan menggunakan Eco-Drum Komposter		✓	✓	
6	Pengamatan parameter (suhu, pH, warna, tekstur, aroma)		✓	✓	
7	Dokumentasi dan pencatatan data lapangan		✓	✓	
8	Reduksi dan pengolahan data			✓	✓
9	Penyajian data dalam bentuk tabel, grafik, dan narasi			✓	✓
10	Analisis dan interpretasi data				✓

- 11 Penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan penelitian



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh selama proses pelaksanaan kegiatan, yang mencakup gambaran umum lokasi penelitian serta berbagai temuan yang dihasilkan dari penerapan teknologi Eco-Drum Komposter. Uraian diawali dengan penjelasan mengenai kondisi dan karakteristik lokasi penelitian sebagai dasar pelaksanaan kegiatan, kemudian dilanjutkan dengan pemaparan temuan penelitian yang meliputi prosedur pengelolaan limbah organik, dinamika proses pengomposan, kualitas kompos yang dihasilkan, serta implikasinya terhadap pengurangan limbah dan pemanfaatannya. Penyajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang menyeluruh dan sistematis terkait hasil penerapan teknologi yang dilakukan.

4.1.1. Gambaran umum lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di Booth Tinukumart sebagai lokasi penerapan teknologi Eco-Drum Komposter. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada peran Booth Tinukumart sebagai fasilitas pendukung aktivitas konsumsi yang menghasilkan limbah organik sekaligus sebagai ruang edukasi lingkungan bagi sivitas akademika dan pengunjung. Waktu penelitian dilaksanakan dalam rentang 15 hari yang disesuaikan dengan jadwal penerapan Eco-Drum Komposter, mencakup tahap observasi awal kondisi pengelolaan limbah, pelaksanaan eksperimen pengomposan, serta pengamatan perkembangan dan hasil kompos yang dihasilkan. Rentang waktu ini memungkinkan peneliti untuk mengikuti seluruh siklus pengomposan secara utuh.

4.1.2. Temuan Penelitian

1. Prosedur dan Mekanisme Pengelolaan Limbah Organik Menggunakan Teknologi Eco-Drum Komposter.

Prosedur pengomposan di kantin kampus diawali dengan pengumpulan limbah organik yang dihasilkan dari aktivitas pengunjung kantin. Limbah organik tersebut kemudian dipilah secara manual untuk memisahkan bahan organik dari sampah anorganik seperti plastik dan logam. Pada tahap selanjutnya, bahan organik dicacah secara sederhana apabila berukuran besar untuk memperluas permukaan kontak dan mempercepat proses dekomposisi. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

Tabel 2. Alat dan Bahan yang digunakan

Alat	Bahan
Ember	Media Tanam

Kayu	Sekam
Engsel	Bibit Sayuran
Gerendel	EM4
Pipa	Molase
Pot bunga	Arang Sekam
Kran	Sampah Organik
Lem Alteco	
Paku	
Gergaji	
Palu	
Meteran	
Soil Meter	

Limbah yang telah dipersiapkan kemudian dimasukkan ke dalam Eco-Drum komposter secara bertahap, disertai penambahan aktivator hayati berupa EM4 dan MOLASE sesuai takaran. Pengadukan manual dilakukan secara berkala untuk menjaga pemerataan bahan, suplai oksigen, suhu, dan kelembapan agar proses pengomposan tetap berlangsung secara aerob.



Pembuatan Cairan Bioaktivator



Pemberian Arang Sekam



Pemberian Sampah Organik



Pemberian Cairan Bioaktivator

Gambar 1. Proses pembuatan Kompos

Tahapan pengomposan dilakukan secara terpadu dengan mengkombinasikan komposter ember tumpuk dan rotary komposter manual, yang meliputi (1) pemilahan dan pencacahan limbah organik untuk memperoleh bahan baku yang homogen, (2) pengisian bahan ke dalam komposter ember tumpuk dengan sistem pelapisan antara bahan kaya karbon dan nitrogen disertai penambahan aktivator mikroba, (3) proses dekomposisi awal dalam komposter ember ditumpuk dengan aerasi pasif dan pengendalian kelembapan, (4) pemindahan bahan yang telah terurai sebagian ke dalam rotary komposter manual, (5) pengadukan aktif melalui pemutaran drum secara berkala untuk meningkatkan suplai oksigen dan pencampuran

bahan, (6) pemantauan suhu, pH, dan perubahan karakteristik fisik selama proses berlangsung, serta (7) pematangan dan pengambilan kompos yang telah stabil dan siap dimanfaatkan sebagai pupuk organik.



Komposter Ember Tumpuk Rotary Komposter Manual
Gambar 2. Jenis Alat Pengomposan

Penggunaan dua jenis alat pengomposan, yaitu komposter ember tumpuk dan rotary komposter manual, memiliki fungsi yang saling melengkapi dalam proses pengolahan sampah organik. Komposter ember tumpuk berfungsi sebagai wadah pengomposan statis yang efektif untuk menampung dan menguraikan sampah organik rumah tangga dengan perawatan sederhana, sedangkan rotary komposter manual berfungsi mempercepat proses pengomposan melalui pengadukan berkala yang membantu pemerataan oksigen dan mempercepat kerja mikroorganisme. Keterkaitan kedua alat ini terlihat pada penerapan sistem pengomposan terpadu, di mana komposter ember tumpuk digunakan untuk tahap awal penguraian, sementara rotary komposter manual mendukung proses lanjutan agar kompos lebih cepat matang dan stabil.

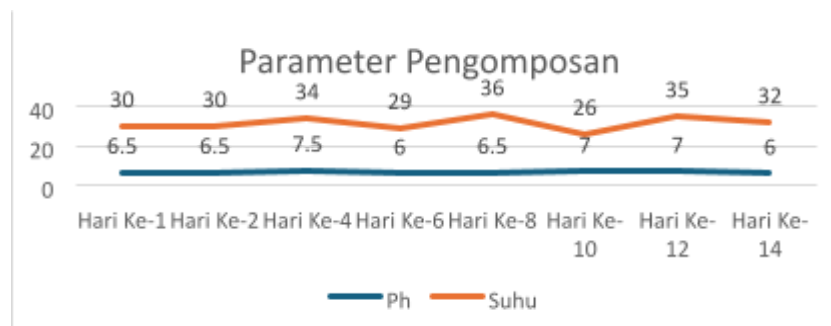
2. Dinamika Proses Pengomposan pada Eco-Drum Komposter

Selama proses pengomposan dengan menggunakan komposter Eco-Drum di kantin kampus, terdapat perubahan pada beberapa parameter utama yang menunjukkan bahwa aktivitas biologis mikroorganisme berlangsung secara aerobik. Parameter yang diperhatikan mencakup suhu, pH, aroma, tekstur, dan warna. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Kantin Kampus mengenai efektivitas dalam proses pembuatan kompos dari sampah organik, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Pengamatan selama Pengomposan

No	Waktu	pH	Suhu	Warna	Tekstur	Aroma
1.	Hari ke-1	6,5	30	Hijau, coklat	Keras	Asam

2.	Hari ke-2	6,5	30	Hijau, coklat	Keras	Busuk
3.	Hari ke-4	7,5	34	Coklat muda	Mulai Lunak	Busuk
4.	Hari ke-6	6	29	Coklat muda	Lunak	Bau Berkurang
5.	Hari ke-8	6,5	36	Coklat	Lembab	Bau Berkurang
6.	Hari ke-10	7	26	Coklat	Lembek	Bau Berkurang
7.	Hari ke-12	7	35	Coklat tua	Remah	Berbau Tanah
8.	Hari ke-14	6	32	Coklat tua	Remah	Berbau Tanah



Gambar 3. Grafik Pengukuran Parameter Pengomposan

Berdasarkan hasil pengamatan selama 14 hari, proses pengomposan limbah organik menggunakan Eco-Drum Komposter menunjukkan dinamika perubahan fisik dan kimia yang mencerminkan tahapan pengomposan yang berlangsung dengan baik. Pada fase awal, yaitu hari ke-1 hingga hari ke-2, nilai pH berada pada kisaran 6,5 dengan suhu sekitar 30°C, yang menandakan dimulainya aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik yang mudah terdegradasi, seperti sisa makanan, sayuran, dan buah-buahan; pada tahap ini warna bahan masih didominasi hijau dan coklat, tekstur relatif keras, serta tercium aroma asam hingga busuk akibat proses fermentasi awal dan pembentukan asam organik.

Memasuki hari ke-4 hingga hari ke-8, aktivitas mikroorganisme meningkat, ditandai dengan kenaikan suhu hingga 34–36°C dan pH yang cenderung mendekati netral, yang menunjukkan fase aktif pengomposan; pada fase ini warna bahan berubah menjadi coklat muda hingga coklat, tekstur mulai melunak, dan bau busuk berangsur berkurang, didukung oleh pengadukan manual yang menjaga suplai oksigen dan pemerataan suhu sehingga kondisi aerobik tetap terpelihara. Selanjutnya, pada hari ke-10 hingga hari ke-14, suhu komposter berfluktuasi namun relatif stabil pada kisaran 26–35°C dengan pH antara 6–7, menandakan menurunnya aktivitas mikroba dan masuknya fase pematangan

kompos, yang secara fisik ditunjukkan oleh perubahan warna menjadi coklat kehitaman, tekstur remah, serta aroma tanah yang khas, sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan organik telah terdekomposisi dengan baik dan kompos mendekati kondisi matang.

Selama proses pengomposan, terjadi penyusutan volume limbah organik yang signifikan sebagai akibat aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih stabil, disertai dengan kondisi bau yang relatif terkendali berkat penggunaan sistem drum tertutup dengan ventilasi memadai yang mampu menjaga kondisi aerobik. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Widyatami *et al.* (2024) dan Akhadi *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa komposter drum efektif mempercepat proses pengomposan dan menghasilkan kompos berkualitas baik dalam waktu singkat. Dengan tercapainya kondisi kompos matang pada hari ke-12 hingga ke-14, penerapan Eco-Drum Komposter di kantin kampus terbukti berpotensi menjadi solusi pengelolaan limbah organik skala kecil yang praktis, efisien, dan aplikatif di lingkungan kampus maupun ruang publik.

3. Implikasi Penerapan Eco-Drum Komposter terhadap Pengurangan Limbah dan Pencapaian SDGs

Penerapan Eco-Drum Komposter di Kantin Kampus memberikan dampak positif terhadap pengelolaan lingkungan dengan mengurangi timbulan sampah organik yang berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA). Pengolahan limbah organik langsung di sumbernya mampu menekan volume sampah, meminimalkan potensi pencemaran, bau tidak sedap, serta emisi gas rumah kaca akibat pembusukan anaerob.



Gambar 4. Hasil Pengomposan

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 400 kg sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas kantin berhasil diolah menggunakan Eco-Drum komposter dan menghasilkan sekitar 600 kg kompos. Hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah organik tidak hanya berkontribusi pada pengurangan beban sampah di TPA, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan kembali, seperti sebagai pupuk organik. Secara tidak langsung, penerapan Eco-Drum komposter mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang

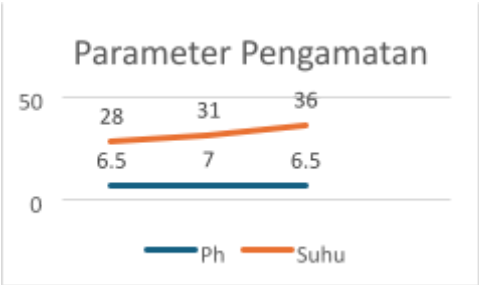
Bertanggung Jawab) dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), melalui pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.



Gambar 5. Pengamatan pada Tanaman

Tabel 4. Hasil Pengamatan Parameter pada Tanaman

No	Waktu	pH	Suhu	Keterangan
1.	Pengamatan ke-1	6,5	28	Ukurannya masih kecil dan baru terlihat tunas awal.
2.	Pengamatan ke-2	7	31	Bibit sawi mengalami sedikit pertambahan tinggi. Warna hijau mulai terlihat lebih jelas.
3.	Pengamatan ke-3	6,5	36	Pertumbuhan bibit sawi semakin nyata. Tunas bertambah panjang dan calon daun mulai muncul.



Gambar 6. Grafik Pengamatan Parameter pada Tanaman

Berdasarkan data pengamatan pertumbuhan bibit sawi, selada dan cabai selama tiga hari, terlihat adanya hubungan antara kondisi

lingkungan media tanam dengan perkembangan tanaman. Pada hari ke-1, pH media berada pada kisaran 6,5 dengan suhu 28°C, kondisi ini masih menunjukkan tahap awal pertumbuhan di mana bibit sawi berukuran kecil dan baru memperlihatkan kemunculan tunas awal. Memasuki hari ke-2, pH meningkat menjadi netral (pH 7) dan suhu naik menjadi 31°C, yang diikuti oleh pertambahan tinggi bibit serta warna hijau yang mulai tampak lebih jelas, menandakan peningkatan aktivitas metabolisme tanaman. Pada hari ke-3, meskipun pH kembali berada pada kisaran 6,5, suhu meningkat hingga 36°C dan pertumbuhan bibit sawi menjadi semakin nyata, ditandai dengan pemanjangan tunas dan mulai munculnya calon daun. Secara keseluruhan, kondisi pH yang relatif stabil dan suhu yang meningkat mendukung proses pertumbuhan awal bibit sawi, selada dan cabai secara optimal.

4.2. Pembahasan

Selama proses pengomposan, bahan organik mengalami perubahan fisik yang cukup signifikan. Perubahan tersebut meliputi penurunan volume akibat aktivitas mikroorganisme, perubahan tekstur dari keras dan basah menjadi lebih remah dan homogen, serta perubahan warna menjadi coklat gelap hingga kehitaman. Kompos yang dihasilkan menunjukkan tingkat kematangan yang baik sehingga aman dan layak dimanfaatkan, baik sebagai media tanam tanaman hias maupun sebagai sarana edukasi bagi pengunjung mengenai pengelolaan sampah organik berkelanjutan.

Berdasarkan hasil penerapan, sebanyak 400 gram sampah organik yang dihasilkan dari aktivitas kantin berhasil diolah menggunakan Eco-Drum Komposter. Dari proses tersebut dihasilkan sekitar 3.200 gram kompos, yang merupakan akumulasi dari 1 kali uji coba pengolahan sampah organik sebanyak 400 gram yang dilakukan sebanyak 8 kali uji coba. Hasil ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah organik tidak hanya berkontribusi pada pengurangan beban sampah di TPA, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan kembali, seperti sebagai pupuk organik. Secara tidak langsung, penerapan Eco-Drum komposter mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) dan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), melalui pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Pengamatan pertumbuhan tanaman sawi dilakukan sebanyak tiga kali pada umur yang berbeda. Pengamatan pertama dilakukan pada umur 7 hari setelah tanam (HST), dimana tanaman sawi masih berada pada fase awal pertumbuhan dengan jumlah daun sekitar 3–4 helai dan tinggi tanaman berkisar 5–7 cm. Pengamatan kedua dilakukan 10 hari setelah pengamatan pertama, yaitu pada umur 17 HST. Pada tahap ini, tanaman menunjukkan pertumbuhan yang cukup signifikan, ditandai dengan peningkatan jumlah daun menjadi 6–8 helai serta tinggi tanaman mencapai 12–15 cm. Selanjutnya, pengamatan ketiga dilakukan 20 hari setelah pengamatan pertama atau pada umur 27 HST. Pada fase ini, tanaman sawi berada pada tahap vegetatif lanjut dengan jumlah daun sekitar 10–12 helai, daun berwarna

hijau tua dan lebih lebar, serta tinggi tanaman mencapai 20–25 cm, menunjukkan kondisi tanaman yang tumbuh dengan baik.

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi Eco-Drum Komposter di Booth Tinukumart dilakukan melalui tahapan pemilahan limbah organik, penambahan bioaktivator, proses dekomposisi dalam komposter ember tumpuk dan rotary komposter manual, pemantauan parameter pengomposan, hingga pemanfaatan kompos sebagai media tanam. Selama proses pengomposan terjadi perubahan parameter fisik dan kimia yang menunjukkan berlangsungnya dekomposisi secara aerobik, ditandai dengan nilai pH yang berkisar antara 6–7,5, suhu 26–36°C, perubahan warna dari hijau-coklat menjadi coklat tua, perubahan tekstur dari keras menjadi remah, serta perubahan aroma dari asam dan busuk menjadi berbau tanah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan telah mencapai tingkat kematangan yang baik dalam waktu sekitar 12–14 hari. Penerapan Eco-Drum Komposter juga terbukti efektif dalam mengurangi timbunan limbah organik kantin sekaligus menghasilkan kompos yang dapat dimanfaatkan untuk budidaya tanaman sawi, selada, dan cabai yang menunjukkan respons pertumbuhan positif selama masa pengamatan. Selain memberikan manfaat lingkungan melalui pengurangan sampah organik dan potensi penurunan emisi gas rumah kaca, penerapan teknologi ini memiliki nilai edukatif sebagai sarana pembelajaran pengelolaan limbah berkelanjutan bagi civitas akademika serta berpotensi untuk dikembangkan dan direplikasi pada lingkungan kampus maupun komunitas lain sebagai upaya mendukung *Climate Action* dan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 11, SDG 12, dan SDG 13.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar penerapan Eco-Drum Komposter di kantin kampus terus dikembangkan secara berkelanjutan dengan dukungan kebijakan institusi yang lebih terintegrasi. Edukasi mengenai pemilahan dan pengelolaan limbah organik perlu ditingkatkan secara konsisten kepada mahasiswa, pengelola kantin, dan pengunjung guna menjaga kualitas bahan baku kompos dan efektivitas proses pengomposan. Selain itu, pengembangan teknologi dapat dilakukan melalui inovasi sistem monitoring sederhana seperti sensor suhu dan kelembapan, serta optimalisasi desain komposter untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan operasional. Ke depan, model ini diharapkan dapat direplikasi di berbagai fasilitas kampus maupun komunitas sebagai langkah nyata dalam mewujudkan green campus, memperkuat kesadaran lingkungan, serta mendukung upaya pengelolaan limbah organik yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhadi, D. H., Rochima, E., & Kholiq, M. A. (2024). Jurnal Teknologi Lingkungan Persepsi dan Perilaku Anggota Komunitas Ekoenzim dalam Mengelola Sampah Organik (Studi di Kabupaten dan Kota Bogor) Perception and Behavior of Ecoenzyme Community Members in Managing Organic Waste (Case Study in Bogor Regenc. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(2), 210–218.
- Alizadeh, A. M., Mohammadi, M., Hashempour, F., & Hosseini, H. (2025). Process - induced toxicants in food : an overview on structures , formation pathways , sensory properties , safety and health implications. *Food Production, Processing and Nutrition*. <https://doi.org/10.1186/s43014-024-00295-9>
- Alkas, T. R., Maruf, S. D., & Hidayah, W. (2025). Hilirisasi Produk Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Pupuk Kompos dengan Drum Komposter di Bank Sampah Sylva Lestari Taufiq. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(4), 2244–2251. <https://doi.org/https://doi.org/10.70609/i-com.v5i4.8286>
- Amaliyah, N., Anwar, T., & Wardoyo, S. (2023). Effectiveness of Composter with Magic Compos System Forward Reverse Design Through Temperature and Humidity Control on Composing Quality. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 17(3), 798–805. <https://doi.org/https://doi.org/10.33860/jik.v17i3.3359>
- Arkananta, R., Loppies, B., Febrita, J., & Arif, C. (2025). Design and Performance Evaluation of Conventional and Modified Aerobic Composters for Food and Agricultural Waste Management. *Journal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 10(02), 327–336. <https://doi.org/10.29244/jsil.10.2.327-336>
- Ashtekar, G., Chaubal-durve, N., & Gupta, A. (2025). Transforming Canteen Waste Into Biofertilizer: A Sustainable Approach To Waste Reduction. *International Journal of Environmental Sciences*, 11(6), 2725–2737. <https://www.theaspd.com/ijes.php>
- Auriyani, W. A., Fahni, Y., Saputri, D. R., & Mawaddah, N. (2021). Composting of Dry Leaves and Household Kitchen Wastes using Rotary Drum Biocomposter. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM-Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya*, 6(2).
- Azteria, V., Veronika, E., Irfandi, A., Cahyanti, C., Mulyati, K., Aljunita, I., Keisha, T., & Yuliazahra, A. (2025). Penerapan Teknologi Pengolahan Sampah Organik Dengan Metode Komposter Untuk Mewujudkan Lingkungan Zero Waste. *Pelita Masyarakat*, 3200(September), 1–10. <https://doi.org/10.31289/pelitamasyarakat.v7i1.14836>
- Germano, P., Oliveira, D. De, Madeira, V. S., & Vitor, P. (2022). *Enhancing Solid Waste Management : The Advantages of Biodecomposers and Composting : Part 1*. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.37871/jbres1904>
- Handayani, D., Naldi, A., Larasati, R. R. N. P., Khaerunnisa, N., & Budiarmaka, D. D. (2021). Management of increasing economic value of organic waste with Maggot cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012026>
- Indrayani, R., Suwarman, H. R., Rismayadi, Danny Aidil, Naseer, M., Sugiatna, A., Rivai, A., Gusdevi, H., Apriyanto, T., & Fatah, A. (2024). *Pemberdayaan Petugas Kebersihan Kampus dengan Pelatihan Pembuatan Kompos*. 4(2), 39–44.
- Kumaat, E. J., Manembu, I. S., Mambu, S. M., & Mangindaan, G. M. C. (2023).

- Sustainable Campus Through Organic Waste Management Program Implementation. *Journal of Sustainability Perspectives*, 581–586. <https://doi.org/10.14710/jsp.2023.21647>
- Kumar V, D., K, A. H. S., Anwar, A., & Dakshin, D. S. (2024). Organic Waste Composting Machine. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 02(February), 297–302. <https://irjaeh.com>
- Ouali, A., Hiouani, F., Beribeche, K., & Madani, D. (2025). Optimized date palm waste composting: Accelerating maturity via C : N ratio and moisture adjustments using a rotary drum system. *Journal of Ecological Engineering*, 26(8), 120–131. <https://doi.org/https://doi.org/10.12911/22998993/203810>
- Purimahua, S. L., Setyobudi, A., Sahdan, M., Junias, M., Widiastuti, T., & Basri K, S. (2023). Penerapan Teknologi Komposter dan Pemanfaatan Sampah Organik menjadi Kompos pada Skala Rumah Tangga. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Kesehatan*, 2(1), 84–93.
- Purwono, P., Zaman, B., Budihardjo, M. A., & Iqbal, M. J. (2024). Acceleration Process of Food Waste Treatment and Higher Quality Product with Innovative Rotary Kiln Composter. *Ecological Engineering & Environmental Technology Ecological*, 25(11), 44–57. <https://doi.org/https://doi.org/10.12912/27197050/192172>
- Ram, M., & Bracci, E. (2024). Waste Management , Waste Indicators and the Relationship with Sustainable Development Goals (SDGs): A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 16(8486). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16198486>
- Ramadhani, F. S., Maydida, T. D., Widiatmoko, J. A., Setyaningsih, H., Muktidena, A., Astri, M., Marshanda, A. R., Hasanah, U., Kharisma, A., Anggraeni, A., Wahyu, B., Achyana, M. A., Mahardhika, W., Mardiyah, S., & Tidar, U. (2025). Empowering communities for sustainable organic waste management: A composter-based approach. *Community Empowerment*, 10(6), 1376–1386.
- Sayara, T., Shadouf, M., Issa, H., Obaid, H., & Hanoun, R. (2022). Home Composting of Food Wastes Using Rotary Drum Reactor as an Alternative Treatment Option for Organic Household Wastes. *Journal of Ecological Engineering*, 23(6), 139–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.12911/22998993/147873>
- Sharma, P., Nagabhooshanam, N., Kumar, R., Sharma, K., & Vani, S. (2024). Exploration of composting strategies for sustainable organic waste management in urban environments. *Global NEST Journal*, 26(6).
- Sinatra, Y., Zaquinadevi, A. S., Sidiq, A., & Arkho, A. (2025). Application of the Composting Method as an Emergency Measure for Household Organic Waste Management. *Journal of Community Engagement*, 6(1), 112–129. <https://doi.org/http://doi.org/10.33650/guyub.v6i2.97>
- SNI, 19-7030-2004. (2004). *Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik*.
- Ulfah, A., Warmadewanthi, I. D. A. A., & Fransiscus, Y. (2023). Environmental Technology & Innovation The present and proposed sustainable food waste treatment technology in Indonesia : A review. *Environmental Technology & Innovation*, 32, 103256. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103256>
- Widyatami, L. E., Sundari, S., Lestari, D., & Napitupulu, T. S. (2024). *Pemanfaatan Sampah Rumah Tangga untuk Pembuatan Pupuk Kompos*

dengan Teknologi Komposter melalui Pemberdayaan Kelompok Dasawisma di Perumahan Puri Antirogo 2 Jember. 243–252.

- Yarsono, S., Nainggolan, L. M. T., Dewa, R. P., Kismanto, A., Raksodewanto, N, N., Ermada, F. J., & Fariza, O. (2022). Organic waste handling with cylindrical rotating perforated drum type : Case study of Ciater Organic waste handling with cylindrical rotating perforated drum type : Case study of Ciater Permai , South Tangerang , Indonesia. *IOP Publishing*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1201/1/012017>
- Yaser, A. Z., Lamaming, J., Suali, E., Rajin, M., Saalah, S., Kamin, Z., Safie, N. N., Aqeela, N., Aji, S., & Wid, N. (2022). Composting and Anaerobic Digestion of Food Waste and Sewage Sludge for Campus Sustainability : A Review. *International Journal of Chemical Engineering*, 2022, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/6455889>
- Zakarya, I. A., Dzahran, N. U., Nuraiti, T., & Izhar, T. (2024). *The Development of Food Waste Management in Universiti Malaysia Perlis. 03005*, 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458903005>