

TINJAUAN METODE PENGOLAHAN SAMPAH ORGANIK SKALA RUMAH TANGGA DI INDONESIA

Siti Muyasaroh ^{1), 2)}

¹⁾ Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas PGRI Argopuro Jember

²⁾ Envitrust Indonesia

E-mail: muyassaroh.siti.sm@gmail.com

Abstrak

Sampah organik (material berbahan organik dan/atau bisa dikomposkan) merupakan jenis sampah rumah tangga dengan komposisi paling dominan di Indonesia, dengan persentase sisa makanan 39,26%, kayu dan ranting 12,58%, serta kertas dan karton 11,24% dari total timbunan sampah secara keseluruhan. Untuk mencapai keberlanjutan pengelolaan sampah di Indonesia, terdapat beberapa metode pengolahan sampah organik yang dapat diimplementasikan di skala rumah tangga, seperti pengomposan, vermikompos, maggot BSF, biogas, dan eco-enzim. Pemilihan metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga sebaiknya tidak hanya didasarkan pada kondisi lingkungan sekitar, namun juga kemampuan dan kesediaan tiap anggota keluarga dalam menerapkan pengolahan sampah organik di sumber. Pemanfaatan hasil pengolahan, baik kompos, maggot, biogas, *bioslurry*, pupuk kandang, maupun eco-enzyme, juga bisa menjadi dasar pertimbangan metode yang akan dipilih. Agar program pengelolaan sampah organik skala rumah tangga dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan partisipasi aktif masyarakat, dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait, serta strategi edukasi yang efektif.

Kata Kunci: Metode pengolahan; Sampah organik; Skala rumah tangga

Abstract

Organic waste (organic and/or decomposable solid waste) is the most dominant type of household waste in Indonesia, with food scraps percentage 39.26%, wood and twigs 12.58%, and paper and cardboard 11.24% of the total waste generation. To achieve sustainable waste management in Indonesia, several organic waste treatment methods can be implemented at the household level, such as composting, vermicomposting, BSF maggots, biogas, and eco-enzymes. The choice of a household-scale organic waste processing method should be based not only on the surrounding environmental conditions, but also on the ability and willingness of each family member to implement organic waste processing at the source. The utilization of processing results, whether compost, maggots, biogas, bio slurry, manure, or eco-enzymes, can also be a basis for considering the method to be selected. For a household-scale organic waste management program to run well, active community participation, support from the government and related institutions, and an effective education strategy are required.

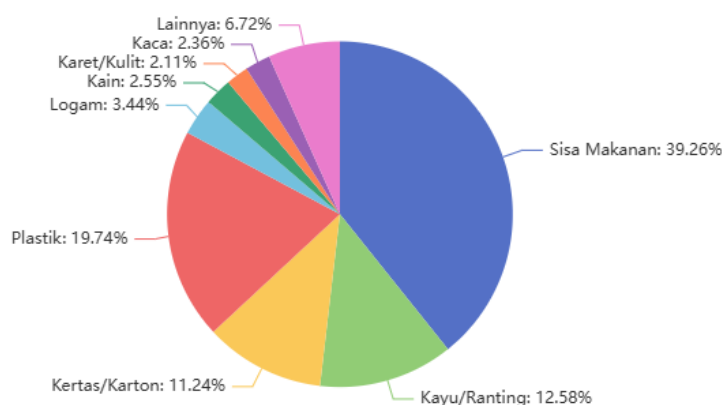
Keywords: Treatment methods; Organic waste; Household scale

1. PENDAHULUAN

1.1 Isu Pengelolaan Sampah Organik di Indonesia

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2025, laju pertumbuhan penduduk Indonesia sebesar 1,09% dengan total jumlah penduduk sebanyak 284.438.800 jiwa dan menempatkan Indonesia di urutan keempat sebagai negara dengan penduduk terbanyak di dunia. Peningkatan jumlah penduduk berimbas pada peningkatan jumlah timbulan sampah dari berbagai aktivitas sehari-hari, termasuk kegiatan domestik. Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/ atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah organik domestik adalah sampah organik yang berasal dari kawasan pemukiman, antara lain sisa makanan, daun, kulit buah, sayur/buah yang busuk, kotoran hewan peliharaan dan lain-lain [1].

Masyarakat Indonesia menghasilkan sampah rata-rata sebanyak 0,5 kg/orang/hari [9]. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2024, total timbulan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga dari 317 kabupaten/kota se-Indonesia mencapai 34.214.607,36 ton/tahun, dengan 53,74%-nya bersumber dari rumah tangga dan jenis sampah paling dominan adalah sampah organik (Gambar 1).



Gambar 1. Komposisi Sampah di Indonesia (Sumber: Data SIPSN Tahun 2024)

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang

Pengelolaan Sampah merupakan payung hukum pengelolaan sampah di Indonesia, namun dalam pelaksanaannya masih terkendala banyak faktor, seperti terbatasnya infrastruktur dan sarana prasarana, kurangnya pendanaan, serta tingkat kesadaran dan partisipasi masyarakat yang tergolong rendah [2]. Penerapan pengelolaan sampah yang kurang tepat dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti berkurangnya estetika atau keindahan suatu kawasan, timbulnya penyakit, bau yang tidak sedap, penyumbatan saluran air dan sungai, serta timbulnya lindi/ *leachate* [3].

1.2 Urgensi Pengolahan Sampah Organik di Sumber

Beberapa alasan penting dan mendesaknya pengolahan sampah organik di sumber adalah sebagai berikut.

a) Mengurangi beban dan memperpanjang usia layan tempat pemrosesan akhir (TPA)

Sebagian besar sistem pengelolaan sampah di Indonesia masih menerapkan paradigma kumpul-angkut-buang, dan pada akhirnya sampah ditangani dengan pengurugan (*landfilling*) di TPA. Cara penanganan ini memiliki banyak risiko, terutama pencemaran air tanah dan emisi gas rumah kaca dari timbunan sampah organik yang terdekomposisi secara anaerob [3] [4]. Berdasarkan data SIPSN tahun 2024, jumlah timbulan sampah organik *compostable* di Indonesia mencapai 63,08%, yang terdiri atas sampah sisa makanan 39,26%, kayu/ranting 12,58%, dan kertas/karton 11,24% (Gambar 1). Jika pengolahan sampah organik secara keseluruhan dapat dilakukan secara langsung di sumber dan TPS, maka 63,08% beban TPA telah tereduksi. Hal ini diperkuat oleh hasil riset [4], pengolahan sampah di TPS Tlogomas berhasil menurunkan volume sampah yang dibuang ke TPA sebesar 68% dan menurunkan jejak karbon atau emisi GRK sebesar 72%. Hal ini tentunya berdampak langsung pada bertambahnya usia pakai TPA Supit Urang.

b) Mengurangi jejak karbon dan emisi gas rumah kaca

Berdasarkan data Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) tahun 2008, diestimasikan sebanyak 13,6 juta ton/tahun dibuang ke TP, dan hanya sebagian

kecil sampah organik yang didaur ulang, yaitu sebesar 0,69% di sumber asalnya, 0,60% di tempat penampungan sementara (TPS), dan 0,85% di TPA. Timbunan sampah organik yang bercampur dengan sampah anorganik di TPA berpotensi mempercepat laju pemanasan iklim global. Timbunan sampah organik tersebut akan terdekomposisi secara anaerob dan menghasilkan gas metana (CH_4) yang termasuk gas rumah kaca penyebab pemanasan global. Selain itu, pengangkutan sampah organik dari sumber ke TPS dan TPA juga menjadi hitungan jejak karbon dalam sistem pengelolaan sampah secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengurangan (*reduce*), penggunaan kembali (*reuse*), daur ulang (*recycle*), dan pemulihan (*recovery*) sampah organik secara maksimal, terutama di sumber [4] [5].

c) Pemanfaatan kembali produk hasil olahan

Berbagai produk hasil olahan sampah organik telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, antara lain sebagai kompos, pupuk kandang, pupuk organik cair, dan kasgot untuk memperbaiki kandungan unsur hara tanah sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah [6] [7]. Produk lainnya yaitu biogas sebagai sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik memasak, maupun diubah menjadi energi listrik. Selain itu, eco-enzyme juga dapat menjadi biopestisida, pupuk organik, dan alternatif deterjen alami yang ramah lingkungan [8] [9], dan maggot BSF sebagai alternatif pakan ternak yang tinggi kandungan protein. Manfaat produk-produk tersebut tidak hanya terbatas pada peningkatan kualitas lingkungan, namun juga menambah nilai ekonomi dengan implementasi pertanian, peternakan, maupun perikanan organik [1] [2] [8].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan pendekatan kualitatif. Tujuannya adalah mengidentifikasi dan menganalisis beberapa metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga yang dapat dilakukan di

sumber dan telah diterapkan di berbagai daerah di Indonesia. Literatur yang digunakan merupakan jurnal hasil pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat oleh perguruan tinggi di Indonesia, buku teknis pengolahan sampah organik, dan literatur lainnya yang membahas pengelolaan sampah organik skala rumah tangga. Perbandingan antar metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga berdasarkan pada studi literatur dan pengalaman peneliti dalam menerapkan metode-metode tersebut bersama masyarakat yang didampingi. Semua data disusun dan dianalisis secara sistematis untuk memperoleh rekomendasi metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga yang sesuai dengan luasan lahan yang dimiliki, kondisi tempat tinggal, kemampuan secara ekonomi dan teknis operasional, serta hasil olahan yang ingin dimanfaatkan kembali oleh masyarakat di Indonesia.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan berbagai tantangan dalam sistem pengelolaan sampah organik (pengumpulan, pengangkutan, pengolahan, dan pemanfaatan hasil daur ulang) yang secara teknis operasional dilaksanakan oleh kelembagaan TPS3R atau TPST, maka upaya-upaya pengolahan sampah organik berbasis masyarakat yang secara langsung dilakukan di sumber perlu terus didorong. Masyarakat harus mampu menginisiasikan untuk berkembang guna meningkatkan kemandirian ekonomi, meski baru skala rumah tangga [9]. Pengelolaan sampah berbasis masyarakat adalah upaya penanganan sampah yang melibatkan partisipasi aktif dari masyarakat untuk mengelola sampah mulai dari tahap penimbunan, pengumpulan, pengolahan hingga pemrosesan akhir [10]. Mengurangi volume sampah yang ada, dilakukan 4 prinsip penanganan sampah yaitu *reduce* (mengurangi), *reuse* (memakai kembali), *recycle* (mendaur ulang), dan *replace* (mengganti) [1].

Daur ulang sampah organik skala sampah rumah tangga sangat bermanfaat untuk mengurangi volume sampah yang harus dikelola oleh TPS3R maupun TPST, serta mengurangi potensi residu yang masuk ke TPA. Oleh karena itu, pengolahan sampah organik dari sumber mampu memperpanjang usia layan TPA dan mengurangi

emisi gas rumah kaca. Pengolahan sampah organik dibedakan menjadi dua, yaitu pengolahan secara aerob (pengomposan, vermikompos, dan *maggot* BSF) dan anaerob (biogas dan *eco-enzyme*). Beberapa metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga dapat diterapkan langsung di sumber karena operasional harian mudah dan sederhana, serta memerlukan biaya yang relatif rendah. Selain itu, hasil olahannya dapat dimanfaatkan langsung oleh masyarakat di bidang pertanian dan peternakan, serta sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

3.1 Pengolahan Sampah Organik Secara Aerob

3.1.1 Pengomposan (*Composting*)

Pengomposan merupakan dekomposisi terkontrol, proses alamiah penguraian bahan-bahan organik sisa secara aerob. Pengomposan mentransformasi material organik mentah menjadi bahan stabil secara biologi yang mengandung substansi humus [1]. Pengomposan merupakan metode pengolahan sampah organik yang cukup sederhana, yaitu dengan mencampurkan sampah-sampah dapur seperti sisa makanan, daging busuk, sisa sayuran, buah-buahan dan sampah lainnya yang dapat membusuk lalu ditambahkan dengan serbuk kayu, ranting dan daun-daunan kering, serta kertas ke dalam komposter. Perbandingan antara organik coklat dan organik hijau adalah 1:1 [7].

Pada praktiknya, pengomposan menjadi salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam pengolahan sampah organik di skala rumah tangga maupun TPS3R karena teknis operasional sederhana dan biaya yang diperlukan cukup minim. Selain itu, kompos yang dihasilkan dapat memperbaiki kualitas dan kimia tanah sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah [7], serta bermanfaat untuk konservasi tanah dengan mengembalikan nutrient, memperbaiki tekstur dan keanekaragaman hayati tanah, dan menekan pelepasan gas rumah kaca sehingga mencegah pemanasan global [11].

Berdasarkan SNI 19-7030-2004 tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik, kompos yang matang memiliki rasio C/N (10-20):1, suhu sesuai

suhu air tanah, bewarna kehitaman dan tekstur seperti tanah, berbau tanah, dan pH 6,80-7,49. Selain itu, kompos juga tidak boleh mengandung semua bahan pengotor organik atau anorganik seperti logam, gelas, plastik dan karet, serta tidak mengandung pencemar lingkungan seperti senyawa logam berat, B3 dan kimia organik seperti pestisida. Idealnya, kadar air dalam tumpukan kompos harus antara 40-60% [1].

Beberapa teknik pengomposan yang banyak diterapkan di Indonesia adalah sebagai berikut.

a) *Open Windrow Composting*

Pengomposan dengan teknik *open windrow* sangat cocok diterapkan di Indonesia karena sangat fleksibel terhadap ketersediaan lahan, mampu mengolah semua jenis bahan organik, *loading capacity* dan jumlah timbunan sampah yang besar, serta menghasilkan kompos yang berkualitas. Oleh karena itu, teknik ini sering digunakan untuk pengolahan sampah organik di TPA [12]. Keunggulan lainnya adalah biaya operasional murah, pengoperasian dan desain sederhana, dan perawatannya efisien. *Open windrow composting* merupakan pengomposan sistem terbuka dengan tumpukan statis yang diangin-anginkan [13].



Gambar 1. *Open Windrow Composting* [14]

b) Biopori

Biopori adalah pori-pori (lubang) yang berada di dalam tanah dengan aktivitas makhluk mikroorganisme di dalamnya seperti cacing, rayap, dan akar tanaman dan merupakan salah satu alternatif untuk menghasilkan kompos dari sampah organik. Mekanisme pengomposan sampah melalui biopori dilakukan dengan cara membuat lubang-lubang kecil pada tutup dan badan pipa paralon yang nantinya lubang pada tutup pipa berfungsi sebagai jalan masuknya air ke tanah sementara lubang pada bagian badan pipa berfungsi sebagai jalan masuk mikroorganisme untuk mengurai limbah-limbah organik yang telah dimasukan ke dalam pipa [6].



Gambar 2. Ilustrasi Pengomposan Biopori [15]

c) Takakura

Takakura merupakan suatu cara pengomposan sampah organik untuk skala rumah tangga dengan menggunakan keranjang. Metode pengomposan Takakura memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, yaitu praktis dan sangat cocok untuk perumahan dengan lahan yang tidak begitu lebar, pengerjaannya mudah karena sampah hanya dimasukkan, setiap hari tanpa ada perlakuan khusus seperti menambahkan cairan atau bahan-bahan tambahan lain, serta tidak menimbulkan bau [1].



Gambar 3. Ilustrasi Pengomposan Takakura [16]

d) Lodong Sesa Dapur (Loseda)

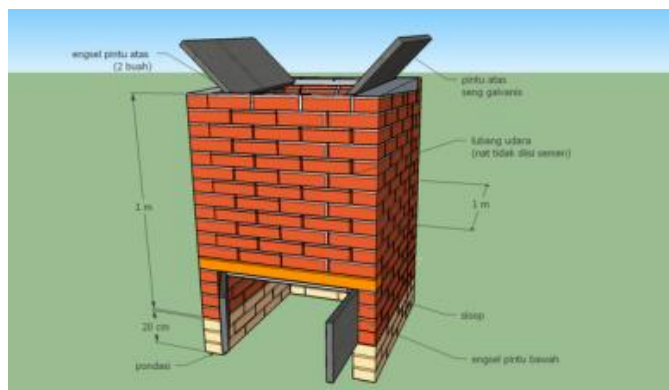
Losededa adalah sebuah pipa berukuran sekitar 120 cm yang dipakai untuk membuang sampah sisa dapur ke tanah. Loseda menjadi salah satu alternatif metode pengomposan karena bentuknya tertutup, sehingga dapat mencegah penyebaran bau tidak sedap dan mengurangi risiko munculnya hama seperti lalat dan tikus yang dapat membawa penyakit [17]. Hasilnya berupa kompos yang dapat dimanfaatkan kembali untuk menyuburkan tanaman dan mengembalikan unsur hara tanah.



Gambar 4. Ilustrasi Pengomposan Loseda [18]

e) Bata Terawang

Bata terawang adalah sarana pengomposan sampah organik yang menggunakan susunan bata berbentuk seperti kubus yang tidak rapat atau berongga sebagai tempat masuknya oksigen yang membantu terjadinya proses dekomposisi [19].



Gambar 5. Ilustrasi Susunan Bata Terawang [19]

3.1.2 Vermikompos

Pada dasarnya vermikompos juga termasuk metode pengomposan. Namun, pada metode pengomposan konvensional, penguraian bahan-bahan organik mengandalkan mikroorganisme dan jamur, sedangkan metode vermikompos menggunakan cacing tanah. Menurut [7], vermikompos merupakan proses degradasi terkontrol dari limbah organik yang langsung dikonsumsi cacing tanah, sehingga membantu dalam daur ulang limbah makanan, mengurangi kepadatan curah limbah dan produk akhir kemungkinan mengandung senyawa menyerupai hormon yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Kompos yang dihasilkan melalui metode ini menghasilkan tekstur kompos halus dan rendah logam berat [18].



Gambar 6. Pengomposan Vermikompos [20]

3.1.3 Maggot BSF

Penggunaan *maggot* Black Soldier Fly (BSF) untuk pengolahan limbah organik telah muncul sebagai metode yang efektif dan berkelanjutan, terutama di Indonesia, di mana pengelolaan sampah organik menimbulkan tantangan yang signifikan. Larva BSF dapat dengan cepat menguraikan limbah organik, mengurangi volumenya secara signifikan sambil menghasilkan produk sampingan yang berharga seperti kompos dan pakan ternak. Metode ini tidak hanya mengatasi masalah lingkungan tetapi juga menawarkan manfaat ekonomi dengan menciptakan peluang bagi kewirausahaan lokal dan mengurangi ketergantungan pada pakan ternak komersial. Sebuah studi kasus penting di Indonesia menunjukkan keberhasilan penerapan metode ini, menyoroti potensinya untuk penerapan yang lebih luas. Larva BSF dapat mengurangi volume limbah organik hingga 60-80% dalam waktu singkat, menjadikannya metode yang sangat efisien untuk pengelolaan limbah [21] [22]. Proses ini menghasilkan kompos berkualitas tinggi dan belatung kaya protein, yang dapat digunakan sebagai pakan ternak. Kompos yang dihasilkan memenuhi standar kualitas, memberikan alternatif berkelanjutan untuk pupuk kimia [23] [24]. Proses ini melibatkan beberapa tahap, termasuk persiapan, pendidikan, pelatihan teknis, dan pengembangan pasar. Pendekatan terstruktur ini memastikan pengelolaan limbah yang efektif dan keterlibatan masyarakat [22].



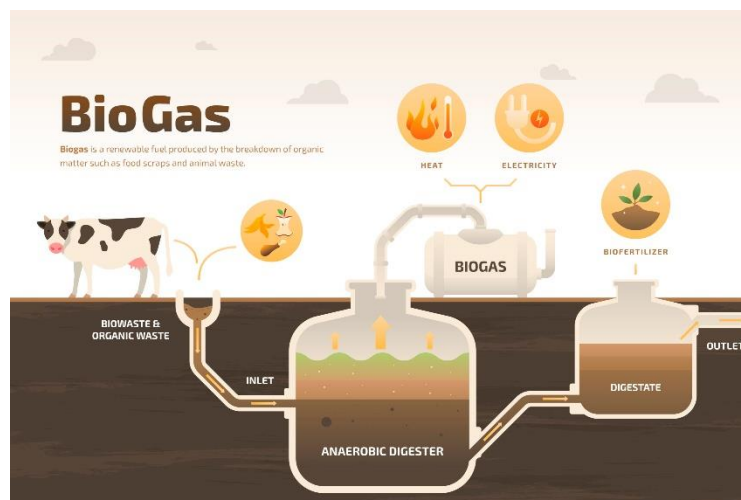
Gambar 7. Pengolahan Sampah Organik oleh Maggot BSF [25]

3.2 Pengolahan Sampah Organik Secara Anaerob

3.2.1 Biogas

Produksi biogas dari limbah organik adalah metode yang menjanjikan untuk mengatasi masalah pengelolaan limbah sekaligus menghasilkan energi terbarukan. Proses ini melibatkan pencernaan anaerob bahan organik, seperti sisa makanan, kotoran hewan, dan residu tanaman, untuk menghasilkan biogas, yang terutama terdiri dari metana dan karbon dioksida. Metode ini tidak hanya mengurangi volume limbah tetapi juga menyediakan sumber energi berkelanjutan yang dapat digunakan untuk memasak, pembangkit listrik, dan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Di Indonesia, beberapa studi kasus menyoroti keberhasilan penerapan teknologi biogas, menunjukkan potensinya untuk berkontribusi pada kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan. Proses inti melibatkan pemecahan bahan organik oleh mikroorganisme dalam lingkungan bebas oksigen, menghasilkan produksi biogas dan digestat, produk sampingan kaya nutrisi yang dapat digunakan sebagai pupuk [26] [27]. Substrat umum termasuk kotoran sapi, limbah makanan, dan limbah padat organik lainnya. Pilihan substrat mempengaruhi efisiensi dan dampak lingkungan dari produksi biogas. Misalnya, kotoran sapi telah terbukti memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah dibandingkan dengan limbah organik padat [28]. Penambahan cairan kaya nutrisi seperti molase dapat meningkatkan aktivitas bakteri metanogenik, sehingga

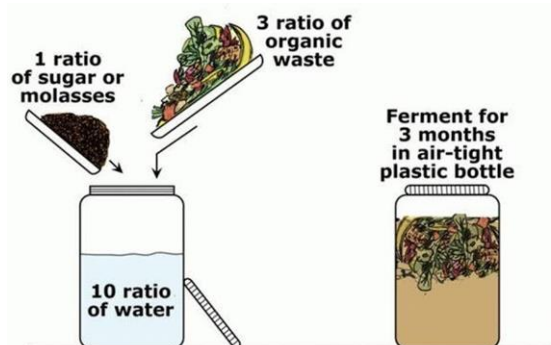
meningkatkan hasil biogas. Parameter pemantauan seperti suhu dan kelembaban sangat penting untuk mengoptimalkan produksi, terutama di daerah beriklim tropis seperti Indonesia [29].



Gambar 8. Ilustrasi Pengolahan Material Organik Menjadi Biogas [30]

3.2.2 Eco-enzyme

Eco-enzyme (ecoenzim) merupakan larutan yang dihasilkan dari proses fermentasi sisa organik yang dilakukan oleh mikroba, seperti bakteri, ragi dan fungi. Cairan eco-enzyme ini berwarna coklat gelap hingga terang, asam (pH dibawah 4), dan memiliki aroma yang asam/segar sesuai bahan yang difermentasi [11]. Beragam senyawa yang dihasilkan dari proses fermentasi dan variasi bahan baku yang digunakan, membuat ecoenzim dapat digunakan lain untuk mengurangi timbulan sampah organik, mengubah sampah dapur menjadi pembersih rumah tangga alami yang mudah dibuat sendiri, mengurangi produksi gas metana (gas rumah kaca) dari sampah yang menumpuk dan tidak terolah. Ecoenzim juga berpotensi besar sebagai pupuk organik, pengusir serangga, bahan baku pembersih ramah lingkungan, dan bahan baku perawatan tubuh alami.



Gambar 9. Ilustrasi Pembuatan Eco-enzyme [31]

4. KESIMPULAN

Pengelolaan sampah organik mampu mencegah pencemaran lingkungan dan mengurangi laju pemanasan global, serta meningkatkan kesuburan tanah dan menciptakan produk bernilai ekonomi. Secara keseluruhan, walaupun pengomposan, maggot BSF dan produksi biogas menawarkan manfaat ekonomi dan lingkungan yang signifikan, metode tersebut membutuhkan lebih banyak pengetahuan teknis dan infrastruktur dibandingkan dengan metode *eco-enzyme* yang lebih sederhana. Pemilihan metode pengolahan sampah organik skala rumah tangga sebaiknya tidak hanya didasarkan pada kondisi lingkungan sekitar dan jenis limbah yang tersedia, namun juga kemampuan dan kesiapan tiap anggota keluarga dalam menerapkan pengolahan sampah organik di sumber. Pemanfaatan hasil pengolahan, baik kompos, maggot, biogas, *bioslurry*, pupuk kandang, maupun *eco-enzyme*, juga bisa menjadi dasar pertimbangan metode yang akan dipilih. Agar program pengelolaan sampah organik skala rumah tangga dapat berjalan dengan baik, maka diperlukan partisipasi aktif masyarakat, dukungan dari pemerintah dan lembaga terkait, serta strategi edukasi yang efektif. Edukasi masyarakat memainkan peran penting dalam mengubah persepsi dan kebiasaan dalam mengelola sampah. Tambahan ekonomi dari hasil daur ulang sampah dinilai mampu meningkatkan motivasi masyarakat untuk terlibat dalam praktik pengelolaan sampah secara berkelanjutan.

5. REFERENSI

- [1] Wahyuni, S., Rokhimah, A. N., Mawardah, A., Maulidya, S., “Pelatihan Pengolahan Sampah Organik Skala Rumah Tangga Dengan Metode Takakura di Desa Gebugan,” *Indonesian Journal of Community Empowerment (IJCE)*, vol. 1, no. 2, pp. 51-54, 2019.
- [2] Kurniawati, E. dan Ali, I., “Strategi Pengelolaan Sampah Organik Untuk Mendukung Program Kesehatan Lingkungan di Desa-Desa Indonesia,” *Seminar Nasional LPPM UMMAT*, vol. 3, pp. 558-569, 2024.
- [3] Damanhuri, E., dan Padmi, T., *Pengelolaan Sampah Terpadu*. Bandung: Penerbit ITB, 2016.
- [4] Sunarto, Hadi, S. P., dan Purwanto. “Jejak Karbon Pengolahan Sampah di TPS Tlogomas Malang,” *Media Teknik Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 191-196, 2014.
- [5] Anschutz J., J. I. Jgoss, and A. Scheinberg. *Putting Integrated Sustainable Waste Management Into Practice – Using The ISWM Assessment Methodology*. Gouda Netherland: Netherlands Agency for International Cooperation (DGIS), 2004.
- [6] Nurzahrah, Y., Arum, S. S., Rokhman, F., Mulyaningrum, D., Apsari, K., Febriani, U. R., Mutiara, N. A., Taftian, M. D. B., Melan, Fahrezi, R. A., Triastanti, R. K., “Urgensi Pengolahan Limbah Organik Melalui Metode Biopori di Dusun Nepen Kabupaten Magelang,” *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 8, pp. 110-116, 2024.
- [7] Hamidah dan Gawy, B. N. “Teknologi *Composting* Skala Rumah Tangga Untuk Meretas Problem Sampah Organik,” *JPKPM*, vol. 3, no. 1, pp. 74-77, 2023.
- [8] Rukmini, P. dan Herawati, D. A. “Eco-Enzyme Dari Fermentasi Sampah Organik (Sampah Buah dan Rimpang),” *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, vol. 4 no.1, pp. 23-29, 2023.
- [9] Farida, Husna, W. F., Arfianto, N., Widyasmara, S. A., Sari, A. C., & Setyawan, A. “Pengolahan sampah organik skala rumah tangga di Dusun Drojogan,” *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, vol. 6, no. 3, pp. 862-872, 2021.
- [9] Nurhasanah, Ginting, S. B., Juliasih, N. L. G. R., Kiswandono A. A., Bellaa A. C., Hapsaria, R. R., Adelia, R., Izzatia, A. N., Saria, D. N., Madya, V. A. “Pelatihan Pembuatan Detergen Cair Ramah Lingkungan Berbasis Eco Enzyme Pada Kelompok PKK Desa Rejomulyo,” *LOSARI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 6, no. 2, pp. 297-303, 2024.
- [10] Mardhia, D. dan Wartiningsih, A. “Pelatihan Pengolahan Sampah Skala Rumah Tangga di Desa Penyaring,” *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 88-96, 2018.
- [11] Indrawan, G. S., Putra, I. N. G., Brasika, I. B. M., Karang, I. W. G. A., Puspitha N. L. P. R., dan Widiastuti. “Pengelolaan Sampah Organik Berbasis Skala Rumah Tangga di Desa Lebih, Gianyar, Bali,” *Buletin Udayana Mengabdi*, vol. 21, no. 3, pp. 261-267, 2022.

- [12] Zahrina, I., dan Yenie, E. “Penerapan Teknologi Windrow Composting Bagi Masyarakat Sekitar TPA Muara Fajar Pekanbaru,” *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, vol. 10, no. 2, pp. 174-177, 2021.
- [13] Destiasari, A., Sumiyati, S., dan Istirokhatun, T. “Review Metode Kompos Aerob: Windrow, Takakura dan Composter Bag,” *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 22, no. 2, pp. 355-364, 2024.
- [14] Pertama, A., “Mengolah Sampah Organik Melalui Sistem Pengomposan Windrow,” Kalurahan Poncosari Kapanewon Srandakan Kabupaten Bantul D.I Yogyakarta, 03 Desember 2020. [Online]. Tersedia: <https://poncosari.bantulkab.go.id/first/artikel/776-Mengolah-Sampah-Organik-Melalui-Sistem-Pengomposan-Windrow> (diakses pada 18 Juni 2025).
- [15] Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan Kabupaten Mamuju, “Biopori: Solusi Penanganan Sampah Organik Skala Rumah Tangga,” DLHK Kabupaten Mamuju, 01 Februari 2025. [Online]. Tersedia: <https://dlhk.mamujukab.go.id/berita-5318-biopori--solusi-penanganan-sampah-organik-skala-rumah-tangga.html> (diakses pada 18 Juni 2025).
- [16] Indonesian Education Promoting Foundation (IEPF), “Download Pengomposan Takakura untuk Pembelajaran Pendidikan Lingkungan,” IEPF, 17 Juni 2020. [Online]. Tersedia: <https://iepfid.wordpress.com/2020/06/17/link-download-pengomposan-takakura-untuk-pembelajaran-pendidikan-lingkungan/> (diakses pada 28 Juni 2025).
- [17] Wardhani, D. K., *Menuju Rumah Minim Sampah*. Jakarta Selatan: Bentala Kata, 2021.
- [18] Hu, X., Zhang, T., Tian, G., Zhang, L., & Bian, B. “Pilot scale vermicomposting of sewage sludge mixed with mature vermicompost using earthworm reactor of frame composite structure,” *Science of the Total Environment*, vol. 767, pp. 144217, 2021.
- [19] Yaksa Pelestari Bumi Berkelanjutan (YPBB). “Panduan Bata Terawang,” 2023. [Online]. Tersedia: https://ypbb.web.id/wp-content/uploads/2025/10/Panduan-Bata-Terawang_Home-Composting.pdf (diakses 18 Juni 2025).
- [20] Abdurrosyid. “Cara Membuat Vermikompos,” 06 Mei 2022. [Online]. Tersedia: <https://www.kampustani.com/cara-membuat-vermikompos/> (diakses 18 Juni 2025).
- [21] Bawa, I. M. P. A., Samantha, P. S., Maheswari, D. A., & Putra, P. M. W. D. “Pengelolaan Limbah Organik Melalui Budidaya Maggot,” *Wicaksana*, vol. 9, no. 1, pp. 27–34, 2025.
- [22] Hadi, S., Rahmadina, N., Ramadani, R. A., & Budi, S. “Processing Organic Waste Using Maggot Black Soldier Fly at The Landasan Ulin Tengah Pokmas, Landasan Ulin,” *Kayuh Baimbai*, vol. 1, no. 2, pp. 34–40, 2024.
- [23] Sari, D. A. P., Taniwiryo, D., Andreina, R., Nursetyowati, P., Irawan, D. S., Azizi, A., & Putra, P. “Utilization of Household Organic Waste as Solid

- Fertilizer With Maggot Black Soldier Fly (BSF) as A Degradation Agent,” *Agricultural Science*, vol. 5, no. 2, pp. 82–90, 2022.
- [24] Yuwita, R., Fitria, L., & Jumiati, J. “Teknologi Biokonversi Sampah Organik Rumah Makan Dengan Larva Black Soldier Fly (BSF),” *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 10, no. 2, pp. 247, 2022.
- [25] Kampung Edukasi Sampah. “Budidaya Maggot Black Soldier Fly (BSF) Menjadi Solusi Bagi Sampah Organik,” 10 Juli 2024. [Online]. Tersedia: <https://kampungedukasisampah.id/news-113-budidaya-maggot-black-soldier-fly-bsf-menjadi-solusi-bagi-sampah-organik> (diakses 18 Juni 2025).
- [26] Agustin, A. W., Sudarti, S., & Yushardi, Y. “Potensi Pemanfaatan Biogas Dari Sampah Organik Sebagai Sumber Energi Terbarukan,” *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 6, pp. 1109-1116, 2023.
- [27] Betu, S., Limbu, U. N., Bao, A. P., & Kaleka, M. U. “Processing Horse and Cow Manure Waste in the Production of Fertilizer and Biogas at Flores Bajawa Agricultural College,” *International Journal of Life Science and Agriculture Research*, vol. 3, no. 12, 2024.
- [28] Rivaldi, M. R., Saputra, A. F., & Swantomo, D. “Studi Perbandingan Dampak Lingkungan Produksi Biogas Dari Bahan Baku Substrat Kotoran Sapi dan Sampah Organik Padat,” *Jurnal Daur Lingkungan*, vol. 5, no. 1, pp. 11, 2022.
- [29] Maulana, B. I., Suryamiharja, A., Wisesa, P. C., Munadi, R., & Sussi, S. “Utilization of Household Organic Waste into Biogas and Integrated with IoT,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, vol. 8, no.6, pp. 839–845, 2024.
- [30] Aditya, A. “Cerita Mereka, Memanfaatkan Kotoran Sapi Jadi Biogas,” 28 November 2024. [Online]. Tersedia: <https://pennyu.co.id/blog/biogas-digester/cerita-mereka-memanfaatkan-kotoran-sapi-jadi-biogas/> (diakses 18 Juni 2025).
- [31] Zero Waste Indonesia. “What is eco enzyme?,” 26 September 2018. [Online]. Tersedia: <https://zerowaste.id/zero-waste-lifestyle/eco-enzyme/> (diakses 18 Juni 2025).