

## Comparative Effectiveness of Biofertilizer and EM4 in Organic Waste Biodegradation in Soil

Fasya Nurul Fachriah<sup>1\*</sup>, Anisa Ramadani<sup>1</sup>, Hijrah Nurkholifah<sup>1</sup>, Dinar Febbyana<sup>1</sup>, Farhah Auliya<sup>1</sup>, Jherty Sinaga<sup>1</sup>, Amalianneisha Rafadewi Andhanatami Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia;

### Article History

Received : May 06<sup>th</sup>, 2026

Revised : May 17<sup>th</sup>, 2026

Accepted : May 29<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author: **Fasya Nurul Fachriah**, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia;  
Email: [2224230021@untirta.ac.id](mailto:2224230021@untirta.ac.id)

**Abstract:** The increasing accumulation of household organic waste poses serious environmental challenges due to inadequate management practices. Biological degradation using microbial activators is considered an effective and environmentally friendly approach to accelerate organic waste decomposition. This study aimed to analyze the effectiveness of *biofertilizer* and Effective Microorganisms-4 (EM4) in enhancing the biodegradation of household organic waste in soil media. The research employed a simple experimental method with three treatments: control without activator, addition of *biofertilizer*, and addition of EM4. Organic waste was layered with soil and incubated for four weeks, with periodic observations of physical changes, including aroma, color, waste condition, and residual decomposition. The results showed that EM4 treatment exhibited the most effective biodegradation, characterized by reduced waste residue, brownish-black color, and an earthy aroma. *Biofertilizer* enhanced biodegradation relative to the control, though the process proceeded more gradually due to microbial adaptation. In contrast, the control treatment demonstrated the slowest degradation rate. In conclusion, the application of microbial activators, particularly EM4, significantly enhances the biodegradation of organic waste in soil media. It is recommended that EM4 be utilized as an alternative, eco-friendly strategy for household organic waste management, with attention to environmental factors such as temperature, pH, and moisture to optimize microbial activity.

**Keywords:** Biofertilizer; Effective Microorganisms-4 (EM4); Organic waste biodegradation; Soil media; Microbial activity.

## Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk berkontribusi terhadap bertambahnya volume sampah organik yang berujung pada akumulasi limbah di berbagai daerah (Satwika *et al.*, 2021). Pada praktiknya, sampah organik masih banyak dibuang ke tempat pembuangan akhir atau melalui sistem *open dumping* tanpa pengelolaan yang memadai, sehingga memicu pencemaran lingkungan, menimbulkan bau tidak sedap, serta meningkatkan risiko kerusakan tanah dan air sekaligus mengurangi peluang pemanfaatan kembali (Sekarsari *et al.*, 2020). Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan sampah

organik masih menjadi permasalahan serius yang memerlukan penanganan yang tepat. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah telah menegaskan kewajiban setiap individu untuk mengelola sampah rumah tangga secara berwawasan lingkungan. Namun, penerapannya di lapangan masih belum optimal (Rozi *et al.*, 2021). Kondisi ini mendorong perlunya pendekatan pengelolaan sampah organik yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui proses degradasi biologis yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme.

Sampah organik merupakan limbah yang berasal dari bahan-bahan hayati yang dapat diuraikan secara alami oleh mikroorganisme (Shtyophyta *et al.*, 2021). Proses degradasi bahan organik merupakan mekanisme biogeokimia penting dalam ekosistem yang berperan dalam sirkulasi dan daur unsur vital, seperti karbon, nitrogen, dan fosfor, serta berkontribusi dalam menjaga kesuburan tanah (Ziliwu *et al.*, 2025). Namun, proses penguraian alami sering berlangsung lambat akibat terbatasnya aktivitas mikroorganisme, sehingga diperlukan intervensi biologis untuk meningkatkan efisiensi biodegradasi. Salah satu pendekatan yang telah dikembangkan adalah penambahan agen biologis aktif ke dalam media pengomposan.

Upaya percepatan biodegradasi dapat dilakukan melalui penambahan agen biologis, seperti pupuk hayati dan *Effective Microorganisms-4* (EM4). Pupuk hayati berfungsi menambat atau memfasilitasi ketersediaan hara dalam tanah bagi tanaman serta meningkatkan keanekaragaman mikroba tanah (Hazra *et al.*, 2022), sedangkan *Effective Microorganisms-4* (EM4) merupakan aktivator yang mengandung mikroba fermentasi seperti bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, ragi, dan jamur fermentasi yang berperan mempercepat proses penguraian bahan organik (Maula *et al.*, 2025). Meskipun keduanya telah banyak digunakan, perbandingan langsung efektivitas *biofertilizer* dan EM4 pada biodegradasi sampah organik rumah tangga dalam media tanah masih terbatas.

Berbagai penelitian menggunakan EM4 dan pupuk hayati telah terbukti mempercepat degradasi sampah organik, namun kajian mengenai perbandingan langsung efektivitas EM4 dan pupuk hayati masih terbatas, selain itu penelitian sebelumnya banyak menekankan pada peningkatan kandungan unsur hara namun belum mengkaji hubungan antara aktivitas mikroorganisme dengan laju biodegradasi dan kualitas produk secara terintegrasi (Widyabudiningsih *et al.*, 2025; Utomo *et al.*, 2025). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas EM4 dan pupuk hayati berbasis mikroba lokal terhadap proses biodegradasi sampah organik dan mengevaluasi hubungan antara aktivitas mikroba dengan efisiensi biodegradasi dan kualitas produk akhir sehingga diperoleh dasar ilmiah

bagi pengelolaan sampah organik yang lebih efektif, berkelanjutan, dan berwawasan lingkungan (Sormin *et al.*, 2025).

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Alat

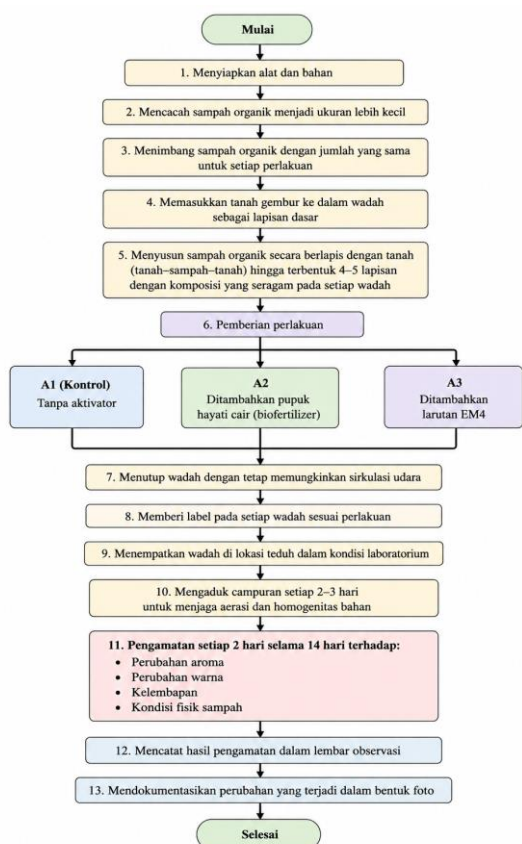
Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang terdiri dari sampah organik rumah tangga (kulit buah dan sisa sayuran) yang telah dicacah, tanah gembur, pupuk hayati cair, *Effective Microorganisms-4* (EM4), serta air bersih. Alat-alat yang digunakan meliputi toples plastik dengan kapasitas 20-40 liter sebagai wadah biodegradasi, penutup toples, timbangan digital untuk akurasi massa bahan, alat pengaduk, dan sarung tangan sebagai perlengkapan pelindung diri.

### Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan selama 14 hari (21 November- 3 Desember 2025) di Laboratorium Hayati Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia. Penelitian menggunakan eksperimen sederhana (*pre-eksperimental*) dengan pendekatan deskriptif, yang bertujuan membandingkan efektivitas pupuk hayati (*Biofertilizer*) dan EM4 dalam mempercepat biodegradasi sampah organik.

Populasi penelitian adalah sampah organik rumah tangga dari sisa konsumsi harian. Sampel ditentukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kriteria tertentu agar diperoleh data yang sesuai dengan tujuan penelitian (Rachman *et al.*, 2024). Kriteria sampah organik yang digunakan adalah sampah kulit buah dan sayuran yang dicacah dengan ukuran yang homogen sekitar 5 cm sebanyak 2 kg untuk mendapatkan keadaan yang homogen dan mempermudah pendegradasian bahan organik, serta untuk mengurangi variasi laju degradasi awal. Penelitian terdiri atas 3 perlakuan dengan 3 ulangan (total 9 unit percobaan), yaitu A1 (kontrol tanpa aktivator), A2 (*Biofertilizer*), dan A3 (EM4). Variabel bebas adalah jenis aktivator mikroba, sedangkan variabel terikat adalah tingkat biodegradasi yang diamati melalui

parameter fisik seperti aroma, warna, dan kondisi fisik selama proses penguraian. Variabel kontrol meliputi jenis dan jumlah bahan, media tanah, ukuran wadah, serta kondisi lingkungan. Data diperoleh melalui observasi setiap dua hari selama 14 hari terhadap perubahan aroma, warna, dan kondisi fisik selama penguraian digunakan sebagai indikator kematangan dan stabilisasi bahan organik (Dwiratna *et al.*, 2021; Chang *et al.*, 2023). Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang disajikan secara sistematis dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Prosedur penelitian

Prosedur dimulai dengan mencacah dan

menimbang sampah organik dalam jumlah yang sama untuk setiap perlakuan. Tanah dimasukkan sebagai lapisan dasar, kemudian sampah disusun berlapis dengan pola tanah-sampah-tanah hingga 4-5 lapisan dengan komposisi seragam. Perlakuan A2 diberi pupuk hayati cair sebanyak 80 mL dan A3 diberi EM4, sedangkan A1 tanpa aktivator. Wadah ditutup dengan tetap memungkinkan sirkulasi udara, diberi label, dan disimpan di tempat teduh. Campuran diaduk setiap 2–3 hari untuk menjaga aerasi. Pengamatan dilakukan setiap 2 hari terhadap perubahan aroma, warna, kelembapan, pertumbuhan jamur, dan kondisi fisik sampah, serta didokumentasikan.

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan skala penilaian pada Tabel 1, lalu membandingkan perubahan karakteristik fisik antar perlakuan. Tingkat biodegradasi ditentukan berdasarkan indikator utama, yaitu perubahan aroma menjadi seperti tanah, warna menjadi coklat kehitaman hingga hitam, serta berkurangnya residu sampah yang menunjukkan proses dekomposisi berlangsung lebih lanjut (Dwiratna *et al.*, 2021). Hasil disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan uraian naratif.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Pengamatan biodegradasi sampah organik dilakukan selama 14 hari dengan interval pengecekan setiap 2 hari sekali terhadap tiga perlakuan: kontrol (A1), penambahan *Biofertilizer* (A2), dan penambahan EM4 (A3). Parameter yang diamati meliputi aroma, warna, dan tingkat penguraian sampah secara fisik. Untuk menjamin konsistensi dan objektivitas pengamatan kualitatif, penilaian aroma menggunakan skala deskriptif sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Skala Penilaian Organoleptik

Parameter	Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 5
Aroma	Sangat Menyengat (bau busuk kuat)	Menyengat	Agak Menyengat	Tidak menyengat	Aroma Seperti Tanah ( <i>earthy odor</i> )
Warna	Warna asli Bahan	Coklat muda	Coklat	Coklat kehitaman	Hitam pekat
Kondisi fisik	Belum terurai	Sedikit terurai	Sebagian terurai	Banyak terurai	Hampir terurai setengah



**Gambar 2.** Kondisi Sampah Organik Ketiga Perlakuan setelah 14 Hari Inkubasi

Keterangan:

A1 = Kontrol

A2 = *Biofertilizer*

A3 = EM4

Perlakuan dilakukan dengan prosedur yang terstandar. Pada A2, tanah dicampur dengan *Biofertilizer* sebanyak 80 ml hingga homogen, kemudian dimasukkan ke dalam toples 20 liter

secara berlapis bersama sampah organik yang telah dicacah, membentuk empat lapisan sampah dan lima lapisan tanah. Pada A3, larutan EM4 ditambahkan sebagai aktivator mikroorganisme. Perlakuan A1 tidak mendapat penambahan bahan apapun. Hasil pengamatan ketiga perlakuan setelah 14 hari inkubasi disajikan pada Gambar 2.

Hasil pengamatan, perlakuan A2 dan A3 menunjukkan perubahan yang lebih nyata dibandingkan A1, ditandai dengan kondisi sampah yang lebih lembab, munculnya pertumbuhan jamur, serta perubahan warna menjadi coklat kehitaman. Hasil pengamatan deskriptif akhir periode inkubasi dirangkum dalam Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengamatan Akhir Biodegradasi Ketiga Perlakuan (Hari ke-14)

Perlakuan	Aroma (skor)	Warna (skor)	Kondisi Sampah (skor)
A1	Tidak menyengat (4)	Hitam (5)	Sampah terurai sedikit (2)
A2	Menyengat (2)	Coklat Kehitaman (4)	Sampah Sebagian Terurai (3)
A3	Aroma seperti tanah (5)	Coklat Kehitaman (4)	Banyak terurai(4)

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan efektivitas yang signifikan antara ketiga perlakuan. Tabel 3 menyajikan perbandingan

skor berdasarkan tiga parameter pengamatan, yaitu aroma, warna, dan kondisi fisik.

**Tabel 3.** Perbandingan Skor Biodegradasi Antara Ketiga Perlakuan

Perlakuan	Aroma (skor)	Warna (skor)	Kondisi fisik (skor)	Jumlah Skor
A1	4	5	2	11
A2	2	4	9	9
A3	5	4	4	13

## Pembahasan

Proses biodegradasi sampah organik berlangsung melalui tiga tahapan utama: fase mesofilik (0–2 hari, suhu 20–40°C) sebagai tahap awal pemecahan senyawa organik sederhana seperti protein dan gula; fase termofilik (2–21 hari, suhu 45–65°C) yang ditandai penguraian senyawa organik kompleks dan eliminasi patogen, serta fase pematangan yang ditandai penurunan aktivitas mikroorganisme dan stabilisasi bahan organik melalui proses humifikasi (Lawal *et al.*, 2024; Dwiratna *et al.*, 2021). Selain tahapan biologis, keberhasilan biodegradasi juga ditentukan oleh faktor lingkungan meliputi suhu, kelembaban, dan pH yang berperan dalam aktivitas enzimatik mikroba (Ziliwu & Natalia, 2025). Pemahaman terhadap

tahapan ini menjadi landasan untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing perlakuan dalam penelitian ini.

### Biodegradasi Sampah Organik dalam Media Tanah (Kontrol)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan kontrol mencapai skor aroma 4 (tidak menyengat) dan skor warna 5 (hitam pekat), namun hanya memperoleh skor kondisi fisik 2 (sedikit terurai), sebagaimana tercantum dalam Tabel 2. Perubahan warna menjadi hitam mengindikasikan terjadinya proses oksidasi dan perubahan kimiawi pada bahan organik, tetapi tekstur sampah yang masih gembur menunjukkan bahwa penguraian struktural belum berlangsung secara optimal.

Lambatnya proses biodegradasi pada

perlakuan ini disebabkan oleh keterbatasan populasi dan diversitas mikroorganisme indigenus dalam tanah. Hutagalung *et al* (2023) menegaskan bahwa pengomposan alami tanpa penambahan inokulan bergantung sepenuhnya pada mikroba asli tanah yang memiliki kapasitas degradasi terbatas. Hal ini sejalan dengan temuan Pakpahan *et al.* (2024) yang melaporkan bahwa biodegradasi alami umumnya memerlukan waktu 30–90 hari untuk mencapai kematangan jauh lebih lama dibandingkan metode dengan aktivator. Dengan demikian, perubahan warna yang terjadi tidak berkorelasi langsung dengan tingkat penguraian struktural, sehingga parameter warna saja tidak memadai sebagai indikator tunggal efektivitas biodegradasi.

Biodegradasi alami tanpa aktivator pada perlakuan kontrol menghasilkan laju penguraian paling lambat (skor kondisi fisik 2). Perlakuan ini hanya sesuai direkomendasikan untuk sistem pengomposan skala besar dengan ketersediaan waktu yang tidak terbatas (>30 hari).

### **Pengaruh *Biofertilizer* terhadap Biodegradasi Sampah Organik**

Perlakuan *Biofertilizer* menunjukkan peningkatan aktivitas biodegradasi yang lebih baik dibandingkan kontrol, dengan skor kondisi fisik 3 (sebagian terurai). Secara spesifik, pengamatan mencatat munculnya aroma menyengat (skor 2), perubahan warna menjadi coklat kehitaman (skor 4), serta pertumbuhan jamur berupa bercak putih pada beberapa periode pengamatan (Tabel 2). Kondisi ini mengindikasikan aktivitas dekomposisi yang aktif, khususnya pada tahap awal hingga menengah inkubasi.

*Biofertilizer* mengandung mikroba fungsional yang berperan dalam mineralisasi bahan organik dan perbaikan sifat biologis tanah (Ammar *et al.*, 2022). Pertumbuhan jamur yang dominan mengindikasikan bahwa penguraian lignoselulosa masih berlangsung dan belum mencapai fase humifikasi yang stabil (Chang *et al.*, 2023). Penelitian Zhang *et al.* (2025) menunjukkan bahwa aplikasi biofertilizer memodulasi struktur komunitas mikroba tanah, namun Ng *et al.* (2025) menegaskan bahwa mikroorganisme dalam *biofertilizer* memerlukan periode adaptasi terhadap lingkungan baru sebelum mencapai aktivitas optimal. kondisi inilah yang menjelaskan mengapa laju

penguraian A2 lebih lambat dibandingkan A3 dalam periode 14 hari.

Aroma yang masih menyengat pada akhir pengamatan (skor 2) mengindikasikan bahwa proses biodegradasi belum memasuki fase pematangan. Temuan ini berbeda dengan kriteria Dwiratna *et al* (2021) yang menyatakan bahwa aroma seperti tanah merupakan indikator tercapainya humifikasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa periode inkubasi 14 hari belum mencukupi bagi perlakuan *Biofertilizer* untuk mencapai stabilisasi penuh. Meskipun demikian, keunggulan *biofertilizer* terletak pada fungsi gandanya sebagai agen dekomposisi sekaligus pembenah kualitas biologis tanah. *Biofertilizer* mampu meningkatkan laju biodegradasi secara bertahap (skor kondisi fisik 3), lebih baik dari kontrol. Aplikasi *Biofertilizer* paling sesuai untuk sistem pengomposan berdurasi 3-4 minggu yang mengintegrasikan tujuan pengelolaan sampah dan peningkatan kesuburan tanah.

### **Pengaruh EM4 Terhadap Biodegradasi Sampah Organik**

Perlakuan EM4 menghasilkan tingkat biodegradasi paling optimal di antara ketiga perlakuan, dengan skor tertinggi pada parameter aroma (skor 5, aroma seperti tanah) dan kondisi fisik (skor 4, banyak terurai), sebagaimana tercantum pada Tabel 2. Jumlah residu sampah yang tersisa pada perlakuan ini paling sedikit dibandingkan A1 dan A2, meskipun penguraian belum sempurna dalam periode 14 hari.

Keunggulan EM4 dapat dijelaskan melalui komposisi konsorsium mikroianya yang telah teraktivasi, meliputi bakteri *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Streptomyces*, ragi, dan bakteri fotosintetik (Harunyah *et al.*, 2020). Konsorsium ini bekerja secara sinergis. bakteri *Lactobacillus* menghasilkan asam laktat yang menekan pertumbuhan patogen dan mikroba pembusuk sehingga mencegah aroma tidak sedap (Faizal *et al.*, 2024), sementara *Actinomyces* dan *Streptomyces* mendegradasi senyawa lignoselulosa yang sulit terurai. Berbeda dengan *Biofertilizer* yang memerlukan fase adaptasi, konsorsium EM4 langsung bekerja aktif sejak awal inkubasi, menghasilkan penguraian yang lebih cepat dan terkontrol.

Tercapainya aroma seperti tanah (skor 5) pada akhir inkubasi mengindikasikan bahwa

proses biodegradasi telah memasuki fase pematangan atau mendekati humifikasi, sesuai kriteria Dwiratna *et al* (2021). Temuan ini selaras dengan Zidny *et al* (2025) yang melaporkan bahwa EM4 mampu menguraikan sampah organik lebih cepat dibandingkan metode tradisional, menghasilkan aroma segar dan alami. Dengan demikian, EM4 terbukti efektif mempersingkat durasi biodegradasi dibandingkan kontrol maupun Biofertilizer dalam kondisi eksperimen yang sama. EM4 merupakan aktivator paling efektif dengan skor kondisi fisik dan aroma tertinggi (total skor 13). Penggunaan EM4 direkomendasikan untuk program pengomposan komunitas atau rumah tangga yang menargetkan hasil optimal dalam waktu 2–3 minggu.

### Perbandingan Efektivitas Setiap Perlakuan

Hasil penelitian menunjukkan perbedaan efektivitas yang signifikan antara ketiga perlakuan. Tabel 3 menyajikan perbandingan skor berdasarkan tiga parameter pengamatan, yaitu aroma, warna, dan kondisi fisik. Berdasarkan total skor, perlakuan EM4 menunjukkan efektivitas tertinggi (skor 13), diikuti kontrol (skor 11) dan *Biofertilizer* (skor 9). Namun, interpretasi hasil ini perlu mempertimbangkan konteks masing-masing parameter secara kritis. Skor aroma yang rendah pada A2 (skor 2) bukan merupakan indikator kegagalan, melainkan mencerminkan aktivitas dekomposisi intensif yang belum memasuki fase pematangan kondisi yang justru menunjukkan bahwa proses masih berjalan aktif. Sebaliknya, skor warna yang tinggi pada A1 (skor 5) tidak sebanding dengan skor kondisi fisiknya yang rendah (skor 2), membuktikan bahwa perubahan warna tidak selalu berkorelasi langsung dengan tingkat penguraian struktural.

Perbedaan efektivitas antarperlakuan dapat dijelaskan melalui mekanisme kerja masing-masing: perlakuan kontrol bergantung pada mikroorganisme *indigenus* dengan diversitas terbatas; *Biofertilizer* menyediakan inokulan mikroba namun memerlukan waktu adaptasi sebelum mencapai aktivitas optimal; sementara EM4 mengandung konsorsium mikroba teraktivasi yang langsung bekerja tanpa fase adaptasi signifikan. Temuan ini mengonfirmasi bahwa jenis aktivator mikroba merupakan faktor krusial dalam menentukan laju

biodegradasi (Ziliwu & Natalia, 2025), dan pemilihan aktivator harus disesuaikan dengan tujuan serta konteks pengolahan. EM4 untuk pengolahan cepat, Biofertilizer untuk sistem yang mengintegrasikan perbaikan kualitas tanah, dan metode kontrol untuk pengomposan skala besar tanpa batasan waktu.

EM4 merupakan inokulan yang terdiri atas berbagai mikroorganisme seperti *Lactobacillus* sp., *Rhodopseudomonas*, *Streptomyces* sp., *Actinomyces*, ragi, serta jamur selulolitik yang berperan dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik sekaligus membantu kestabilan pH pada pupuk organik cair (Sitinjak *et al.*, 2024; Zahiranisa *et al.*, 2025). Beberapa kajian menunjukkan bahwa aplikasi EM4 mampu meningkatkan kualitas hasil biodegradasi limbah organik melalui peningkatan unsur hara seperti N, P, dan K serta dominasi mikroba fermentatif yang aktif (Leksono *et al.*, 2024). Secara keseluruhan, EM4 memperlihatkan efektivitas lebih tinggi dibanding *biofertilizer* maupun perlakuan kontrol dalam mempercepat penguraian bahan organik di tanah. Oleh karena itu, penggunaan konsorsium mikroba seperti EM4 dapat dipertimbangkan sebagai pendekatan yang lebih stabil dalam proses biodegradasi, dan penelitian lanjutan direkomendasikan untuk mengkaji variasi dosis serta kondisi lingkungan guna memperoleh efektivitas penguraian yang lebih optimal.

### Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan aktivator mikroba berpengaruh terhadap proses biodegradasi sampah organik rumah tangga dalam media tanah. Perlakuan EM4 memberikan hasil paling efektif dibandingkan *biofertilizer* dan kontrol, ditandai dengan perubahan aroma menjadi seperti tanah, warna yang lebih gelap, dan residu sampah yang lebih sedikit. *Biofertilizer* juga mampu mempercepat proses biodegradasi dibandingkan kontrol, tetapi perubahan yang terjadi berlangsung lebih bertahap karena mikroorganisme memerlukan waktu adaptasi.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing atas segala bimbingan, waktu, tenaga, serta pemikiran yang telah diberikan. Dukungan, arahan, dan motivasi yang diberikan sangat berperan penting dalam proses penyelesaian penelitian dan penulisan artikel ini. Apresiasi juga diberikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi dan memberikan bantuan, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat terlaksana dengan lancar.

## Referensi

- Ammar, E. E., Aioub, A. A. A., Elesawy, A. E., Karkour, A. M., Mouhamed, M. S., Amer, A. A., & El-Shershaby, N. A. (2022). Algae as bio-fertilizers: between current situation and future prospective. *Saudi J Biol Sci*, 29: 3083–3096. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.03.020>
- Chang, Y. T., Lee, C. H., Hsieh, C. Y., Chen, T. C., & Jien, S. H. (2023). Using fluorescence spectroscopy to assess compost maturity degree during composting. *Agronomy*, 13(7), 1870. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13071870>
- Dwiratna, S., Suryadi, E., Kendarto, D. R., Amaru, K., Sugandi, W. K., & Hartono, N. I. T. (2021). Kajian Karakteristik Proses Pengomposan Limbah Tanaman Jagung yang Diberi Tambahan Kipahit dan Pupuk Kandang Sapi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10 (4), 432-439. DOI: <https://doi.org/10.23960/jtep-1.v10i4.432-439>
- Faizal., Putri, R., Nurhikmah, M., Irma, A., Widyastuti, Rezky, A., Andi, V.I., Muhammad, R.J.T., Muhammad, W. (2024). Pelatihan Pembuatan Em4 Dari Limbah Organik Di Dusun Bantimurung, Desa Jenetaesa, Kecamatan Simbang, Kabupaten Maros. *Jurnal Abdi Negeriku*, 3 (1), 8-3. DOI: <https://doi.org/10.35580/jan.v3i1.58819>
- Hazra, F., & Santosa, D. A. (2022). Evaluasi Penggunaan Pupuk Hayati pada Pertumbuhan Tanaman Alpukat (*Persea americana Mill.*) di Kebun Superavo, Subang. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 24(1), 14-19. DOI : <https://doi.org/10.29244/jitl.24.1.14-19>
- Hutagalung, D. S., Naria, E., & Tumanggor, W. R. (2023). Analisis efektivitas pengelolaan sampah organik kering dengan metode komposting pada taman kota. *TROPHICO: Tropical Public Health Journal*, 3(1), 33–41. DOI: <https://doi.org/10.32734/trophico.v3i1.11699>
- Lawal, I., Timilehin, A.A. & Mzungu, I. (2024). Microbial Community Dynamics and Succession During Composting of Organic Wastes: A Systematic Review. *Journal of Applied Science and Environmental Studies*, 7 (2), 126-140. DOI: <https://doi.org/10.48393/IMIST.PRS M/jases-v7i2.63157>
- Leksono, T., Banjarnahor, R., Irasari, N., & Sidauruk, S. W. (2024). Liquid organic fertilizer produced from innards waste of catfish (*Pangasius djambal*) by using fermentative microbes (EM4) and molasses. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1328, 012019. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1328/1/012019>
- Maula, F. I., Puspikawati, S. I., Khalistasari, L. Y., Maharani, R. C. W., & Ekowati, A. P. (2025). Efektivitas Kompos Takakura Berbasis Em4 Terhadap Pertumbuhan Awal Tanaman Cabai Dalam Pengelolaan Limbah Organik Ramah Lingkungan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Mapaccing*, 3(2), 55-65. DOI : <https://doi.org/10.33490/mpc.v3i2.2180>
- Ng, F. L., Lin, T.-C., Wang, E., Lee, T. Y., Chen, G. T., Su, J.-F., & Chen, W. L. (2025). *Bacillus*-Based Biofertilizer Influences Soil Microbiome to Enhance Soil Health for Sustainable Agriculture. *Sustainability*, 17 (6293), 1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17146293>
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as Biofertilizers, a Potential Approach for Sustainable Crop Production. *Sustainability*, 13 (1868), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13041868>
- Pakpahan, E. H., Dwi, C. P., & Balqis, Z. S. (2024). Pengelolaan daun kering untuk pupuk kompos. *El-Mujtama: Jurnal*

- Pengabdian Masyarakat, 4(2), 786–790. DOI: <https://doi.org/10.47467/elmujtama.v4i2.898>
- Rachman, A., Yochanan, E., Samanlangi, A. I., & Purnomo, H. (2024). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D. Karawang: CV Saba Jaya Publisher. ISBN: 9786230975820, pp:253
- Rozi., Samitra, D., Harmoko, H. (2021). Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga Menjadi Pupuk Organik Di Kelurahan Ponorogo Kota Lubuklinggau. *Jurnal Cemerlang: Pengabdian pada Masyarakat*, 4(1), 14-21. DOI: <https://doi.org/10.31540/jpm.v4i1.1291>
- Satwika, T. D., Yulianti, D. M., & Hikam, A. R. (2021). Karakteristik dan potensi enzimatis bakteri asal tanah sampah dapur dan kotoran ternak sebagai kandidat agen biodegradasi sampah organik. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 4(1), 11-18. DOI: <https://doi.org/10.21580/ah.v4i1.7013>.
- Sekarsari, R. W., Halifah, N., Rahman, T. H., Farida, A. J., Kandi, M. I. A., Nurfadilla, E. A., & Fuadah, Z. (2020). Pemanfaatan Sampah Organik Untuk Pengolahan Kompos. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 1(3), 200-206. DOI: <https://doi.org/10.33474/jp2m.v1i3.6510>
- Sitinjak, R. R., Kurniawan, I., Pratomo, B., & Irni, J. (2024). Pembuatan pupuk organik cair berbahan utama limbah cair pabrik kelapa sawit dengan penambahan *Effective Microorganism-4*. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 31(1), 45–54. <https://doi.org/10.22487/Agrolandnasiona1.V31i1.2022>
- Sormin, H. J., Daniel, D., & Tandirogang, N. (2025). Potensi Pemanfaatan Limbah Organik Rumah Tangga Menjadi Pupuk Organik Cair melalui Proses Fermentasi Menggunakan Bioaktivator EM4. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 22(2), 1212. DOI: <https://doi.org/10.30872/jkm.v22i2.1212>
- Shitophyta, L. M., S. A., & Jamilatun, S. (2021). Pelatihan pembuatan pupuk kompos dari sampah organik di Ranting Muhammadiyah Tirtonirmolo, Kasihan, Yogyakarta. *Community Development Journal*, 2(1), 136–140. DOI: <https://doi.org/10.31004/cdj.v2i1.1405>
- Utomo, M. A. P., Prabaningtyas, S., Lelitawati, M., Rizqiyah, L., Lovely, F. C., Zahidah, N. S., & Pratama, N. R. (2022). Perbandingan kemampuan *Effective Microorganisms* (EM4) dan *Bacillus subtilis* sebagai agen bioremediasi limbah cair tahu pada kondisi aerob. *Jurnal Ilmu Hayat*, 6(1), 42–50. DOI: <http://journal2.um.ac.id/index.php/jih/article/view/28747>
- Widyabudiningsih, D., Rinaldi, K., Firdaus, F. M., Fauzi, R. R., & Hulupi, M. (2025). EM4 Effect on Macronutrients and Microbial Growth in Liquid Organic Fertilizer from Cibogo Market Waste. *Fluida*, 18(1), 23–30. DOI: <https://doi.org/10.35313/fluida.v18i1.6050>
- Zahiranisa, S., Mulyani, R., & Mulyadi, D. (2025). Efektivitas bioaktivator EM4 dalam pembuatan POC lumpur budidaya patin untuk pertumbuhan pakcoy secara hidroponik. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 50(3), 843–855. <https://doi.org/10.31602/zmip.v50i3.20415>
- Zhang, X., Zhang, L., Liu, J., Shen, Z., Liu, Z., Gu, H., Hu, X., Yu, Z., Li, Y., Jin, J., & Wang, G. (2025). Biofertilizers Enhance Soil Fertility and Crop Yields Through Microbial Community Modulation. *Agronomy*, 15 (1572), 1-20. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy15071572>
- Zidny, R., Affifah, I., Putri, A., Kulsum, U., Puspitasari, S., Salsabillah, M., Wulandari, I. F., Swastika, N. P., Aida, N., Nuralisa, N. A., Putri, N. Y., Khotimah, H., Amaliyah, D. N., Lestari, S. R., Lubis, N. A., & Aripin, S. (2025). Menumbuhkan pemahaman tentang pengelolaan sampah organik menjadi kompos melalui sosialisasi pada peserta didik di salah satu MAN di Kota Cilegon. *Jurnal Pengabdian Dinamika*, 12 (2), 80–87. DOI: <https://doi.org/10.62870/dinamika.v12i2.23812>
- Ziliwu Y.M., & Natalia K.L. (2025). Peran Mikroorganisme dalam Proses Degradasi

Bahan Organik. *Jurnal Ilmu Pertanian  
Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2  
(1), 134-141. DOI:

[https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.  
235](https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.235)