



Peran Bakteri Pengurai dalam Dekomposisi Limbah Organik: Sebuah Tinjauan Literatur

Febryana Putri Pratiwi¹, Alya Kurnia Putri², Anthika Rivera Zains³, Rodi Boy Sandi⁴

^{1,2,3,4} Pendidikan Biologi, Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung
¹febrianaputripratiwi7@gmail.com, ²alyakurniap27@gmail.com*, ³anthikariverazains@gmail.com*,
⁴rodiboy22@gmail.com*

Abstract

The increasing volume of organic waste poses an evolving environmental challenge, primarily due to household activities and the food sector. Suboptimal management leads to pollution and a decline in environmental quality. This study aims to analyze the role of decomposing bacteria in the organic waste decomposition process and to identify factors influencing their effectiveness. Data were collected through a stepwise selection process based on thematic relevance, then analyzed descriptively and comparatively to identify patterns of relationships between bacterial activity and decomposition outcomes. The study results indicate that degrading bacteria play a crucial role in accelerating the degradation of organic matter through enzymatic mechanisms influenced by environmental conditions such as temperature, pH, humidity, and oxygen availability. Waste treatment methods such as composting, biofilters, and fermentation exhibit varying levels of effectiveness, depending on system suitability and waste characteristics. The decomposition process proceeds more optimally when environmental conditions are stable and support microbial activity. This study confirms that the use of decomposing bacteria holds great potential for the development of efficient and sustainable waste treatment technologies. An approach that integrates environmental control and the selection of appropriate methods can significantly improve the performance of organic waste treatment systems. Furthermore, the integration of biological-based methods presents opportunities to improve efficiency while producing valuable byproducts. These findings also provide a scientific basis for the development of waste management innovations that are more adaptable to diverse environmental conditions.

Keywords: : Waste-Degrading Bacteria, Organic Waste Decomposition, Organic Waste

Abstrak

Peningkatan volume limbah organik menjadi tantangan lingkungan yang terus berkembang, terutama akibat aktivitas rumah tangga dan sektor pangan. Pengelolaan yang tidak optimal menyebabkan pencemaran serta penurunan kualitas lingkungan. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis peran bakteri pengurai dalam proses dekomposisi limbah organik serta mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi efektivitasnya. Data dikumpulkan melalui seleksi bertahap berdasarkan kesesuaian tema, kemudian dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk menemukan pola hubungan antara aktivitas bakteri dan hasil dekomposisi. Hasil kajian menunjukkan bahwa bakteri pengurai berperan penting dalam mempercepat degradasi bahan organik melalui mekanisme enzimatik yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, kelembaban, dan ketersediaan oksigen. Metode pengolahan limbah seperti pengomposan, biofilter, dan fermentasi memperlihatkan tingkat efektivitas yang berbeda, bergantung pada kesesuaian sistem dan karakteristik limbah. Proses dekomposisi berlangsung lebih optimal ketika kondisi lingkungan stabil dan mendukung aktivitas mikroorganisme. Kajian ini menegaskan bahwa pemanfaatan bakteri pengurai memiliki potensi besar dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah yang efisien dan berkelanjutan. Pendekatan yang mengintegrasikan pengendalian lingkungan dan pemilihan metode yang tepat dapat meningkatkan kinerja sistem pengolahan limbah organik secara signifikan. Selain itu, integrasi antar metode berbasis biologis menunjukkan peluang untuk meningkatkan efisiensi sekaligus menghasilkan produk bernilai guna. Temuan ini juga memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan inovasi pengelolaan limbah yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan yang beragam.

Kata Kunci : Bakteri Pengurai, Dekomposisi Limbah Organik, Limbah Organik

1. Pendahuluan

Fenomena peningkatan volume limbah organik menjadi isu lingkungan global yang terus menguat dalam dua dekade terakhir. Data menunjukkan bahwa limbah organik mendominasi komposisi sampah dunia, terutama di negara berkembang yang mengalami pertumbuhan penduduk dan konsumsi yang tinggi. Di Indonesia, proporsi limbah organik mencapai sekitar 60–70% dari total timbulan sampah nasional, dengan volume yang terus

meningkat setiap tahun akibat aktivitas rumah tangga dan sektor pangan (Syabani et al., 2026). Kondisi ini memperbesar tekanan terhadap lingkungan karena limbah organik yang tidak terkelola dengan baik dapat menghasilkan gas rumah kaca, mencemari air tanah, dan menjadi sumber penyakit. Permasalahan ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga berkaitan dengan keberlanjutan sistem pengelolaan lingkungan. Penanganan limbah organik yang tidak optimal sering kali disebabkan oleh keterbatasan teknologi yang efisien dan kurangnya pemahaman terhadap proses biologis yang mendasarinya. Dalam konteks ini, dekomposisi limbah organik menjadi proses kunci yang menentukan keberhasilan pengelolaan limbah. Efektivitas proses tersebut sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri pengurai yang berperan dalam menguraikan senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam terhadap peran bakteri pengurai menjadi sangat penting untuk menjawab tantangan pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan.

Di tingkat nasional dan lokal, fenomena peningkatan limbah organik juga terlihat nyata dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Limbah rumah tangga seperti sisa makanan, sayuran, dan buah menjadi kontributor utama timbulan sampah yang terus bertambah setiap hari (Syam et al., 2026). Data empiris menunjukkan bahwa timbulan sampah organik rumah tangga dapat mencapai puluhan kilogram per rumah tangga per hari dalam skala komunitas tertentu, dengan komposisi dominan berupa limbah dapur (Oktavianti et al., 2026). Dampak yang muncul tidak hanya berupa pencemaran lingkungan, tetapi juga gangguan kesehatan akibat berkembangnya mikroorganisme patogen. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi limbah organik menjadi faktor penentu dalam mengurangi dampak negatif tersebut. Namun, proses dekomposisi yang terjadi secara alami sering kali berjalan lambat dan tidak terkendali. Hal ini menyebabkan akumulasi limbah yang semakin besar dan memperparah kondisi lingkungan. Situasi ini menegaskan urgensi untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan dan efisiensi dekomposisi. Salah satu faktor utama yang berperan adalah keberadaan bakteri pengurai yang mampu mempercepat proses degradasi bahan organik. Aktivitas bakteri tersebut menentukan seberapa cepat limbah dapat diubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan ramah lingkungan.

Proses dekomposisi limbah organik pada dasarnya merupakan hasil interaksi kompleks antara bahan organik dan aktivitas mikroorganisme. Senyawa organik seperti lignin, selulosa, dan hemiselulosa memerlukan enzim spesifik untuk dapat diuraikan menjadi molekul sederhana (Ziliwu & Lase, 2025). Dalam proses ini, bakteri memainkan peran dominan melalui mekanisme biokimia seperti hidrolisis, fermentasi, dan oksidasi. Efektivitas proses tersebut tercermin pada penurunan parameter pencemar seperti kandungan karbon organik, BOD, dan COD dalam limbah. Studi empiris menunjukkan bahwa aktivitas bakteri seperti *Pseudomonas fluorescens* mampu menurunkan kandungan bahan organik dan meningkatkan kualitas limbah hasil olahan (Firmansyah et al., 2026). Namun, kinerja bakteri pengurai sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan ketersediaan nutrisi. Variasi kondisi tersebut dapat meningkatkan atau justru menghambat aktivitas metabolik bakteri. Dalam sistem pengolahan limbah, ketidakseimbangan kondisi lingkungan sering menjadi penyebab utama rendahnya efisiensi dekomposisi. Hal ini menunjukkan bahwa hubungan antara aktivitas bakteri dan hasil dekomposisi tidak bersifat linear, tetapi dipengaruhi oleh banyak faktor yang saling berinteraksi. Oleh karena itu, kajian yang komprehensif diperlukan untuk memahami dinamika tersebut secara lebih sistematis.

Sejumlah penelitian terdahulu telah memberikan gambaran mengenai peran mikroorganisme dalam dekomposisi limbah organik. Penelitian oleh Ziliwu dan Lase menunjukkan bahwa mikroorganisme, khususnya bakteri, memiliki peran penting dalam menguraikan senyawa organik kompleks melalui mekanisme enzimatik yang spesifik (Ziliwu & Lase, 2025). Studi lain oleh Ananta menegaskan bahwa kondisi lingkungan seperti pH netral dan suhu mesofilik menjadi faktor optimal dalam meningkatkan aktivitas bakteri pengurai dan efisiensi biofilter (Ananta, 2025). Penelitian Oktavianti et al. menunjukkan bahwa penambahan bioaktivator dapat mempercepat proses pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos yang dihasilkan (Oktavianti et al., 2026). Sementara itu, penelitian Firmansyah et al. menemukan bahwa penggunaan bakteri spesifik dalam proses fermentasi mampu meningkatkan kualitas limbah sekaligus menurunkan kandungan pencemar secara signifikan (Firmansyah et al., 2026). Keempat studi tersebut menunjukkan bahwa bakteri pengurai memiliki peran yang sangat strategis dalam proses dekomposisi limbah organik. Meskipun demikian, fokus penelitian masih cenderung parsial dan lebih banyak menyoroti aspek teknis atau aplikasi tertentu. Pendekatan yang digunakan belum sepenuhnya mengintegrasikan berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja bakteri secara komprehensif. Hal ini membuka ruang untuk pengembangan kajian yang lebih sistematis dan integratif.

Keterbatasan penelitian terdahulu terlihat pada kurangnya sintesis literatur yang menghubungkan berbagai temuan secara konseptual dan komparatif. Sebagian besar studi masih berfokus pada kondisi eksperimental tertentu, sehingga hasilnya sulit digeneralisasi dalam konteks yang lebih luas. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara khusus membahas hubungan antara jenis bakteri pengurai, kondisi lingkungan, dan efisiensi dekomposisi dalam satu kerangka analisis yang utuh. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya kajian literatur yang mampu mengintegrasikan berbagai hasil penelitian untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif. Kontribusi

baru dari penelitian ini terletak pada upaya menyusun sintesis sistematis mengenai peran bakteri pengurai dalam dekomposisi limbah organik berdasarkan berbagai studi empiris terkini. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai faktor-faktor kunci yang mempengaruhi proses dekomposisi. Selain itu, penelitian ini juga berupaya mengidentifikasi pola hubungan antara aktivitas bakteri dan efektivitas pengolahan limbah. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengisi kekosongan literatur, tetapi juga memberikan arah baru dalam pengembangan teknologi pengelolaan limbah berbasis biologis.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis peran bakteri pengurai dalam proses dekomposisi limbah organik melalui pendekatan tinjauan literatur. Fokus utama penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi aktivitas bakteri serta implikasinya terhadap efisiensi pengolahan limbah. Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi dalam memperkaya kajian mengenai mikrobiologi lingkungan dan pengelolaan limbah berbasis bioteknologi. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan metode pengolahan limbah organik yang lebih efektif dan berkelanjutan. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai peran bakteri pengurai dapat membantu meningkatkan efisiensi proses dekomposisi dan mengurangi dampak negatif limbah terhadap lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi pengambil kebijakan dalam merancang strategi pengelolaan limbah yang lebih tepat sasaran. Dengan pendekatan yang sistematis dan berbasis bukti, penelitian ini diharapkan mampu menjawab kebutuhan akan solusi pengelolaan limbah organik yang lebih efektif di masa depan.

Peran mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik telah lama diakui sebagai faktor utama dalam siklus biogeokimia, di mana bakteri berfungsi sebagai agen pengurai senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana (Madigan et al., 2021). Proses pengolahan limbah secara biologis sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme yang mampu menguraikan bahan organik melalui mekanisme metabolisme yang kompleks (Tchobanoglous et al., 2014). Interaksi antara mikroorganisme dan lingkungan menunjukkan bahwa efisiensi dekomposisi dipengaruhi oleh faktor ekologis seperti suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi (Atlas & Bartha, 1998). Dalam proses pengomposan, komunitas mikroba memainkan peran penting dalam mempercepat degradasi bahan organik melalui aktivitas enzimatik yang berlangsung secara bertahap (Insam & de Bertoldi, 2007). Penambahan inokulum mikroba terbukti dapat meningkatkan laju dekomposisi dan kualitas hasil kompos melalui peningkatan aktivitas biologis dalam sistem pengolahan limbah (Singh & Kalamdhad, 2014).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain tinjauan literatur sistematis yang berfokus pada analisis kritis terhadap artikel ilmiah nasional periode 2020–2026 yang relevan dengan peran bakteri pengurai dalam dekomposisi limbah organik. Proses pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran basis data jurnal daring seperti Google Scholar dan portal jurnal nasional terakreditasi. Analisis dilakukan secara komparatif dengan membandingkan temuan antar studi untuk mengidentifikasi pola hubungan antara aktivitas bakteri dan efisiensi degradasi bahan organik (Ziliwu & Lase, 2025). Validitas data dijaga melalui teknik triangulasi sumber dengan membandingkan hasil dari berbagai penelitian yang menggunakan metode berbeda seperti biofilter, fermentasi, dan pengomposan (Firmansyah et al., 2026). Replikasi dalam konteks penelitian ini dilakukan melalui konsistensi pengambilan data dari beberapa studi yang memiliki desain serupa, sehingga memungkinkan penarikan pola umum yang dapat diuji secara konseptual. Teknik analisis data menggunakan pendekatan deskriptif-analitik dengan langkah reduksi data, kategorisasi tematik, serta penarikan sintesis untuk menghasilkan kesimpulan yang sistematis dan berbasis bukti. Proses ini juga mempertimbangkan faktor kontekstual seperti skala limbah dan penggunaan bioaktivator dalam mempercepat dekomposisi sebagai bagian dari interpretasi hasil (Oktavianti et al., 2026). Dengan pendekatan ini, penelitian mampu menyusun pemahaman yang lebih terintegrasi mengenai peran bakteri pengurai dalam berbagai kondisi pengolahan limbah organik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pola Aktivitas Bakteri Pengurai dalam Proses Dekomposisi Limbah Organik

Hasil sintesis dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa aktivitas bakteri pengurai memiliki hubungan yang kuat dengan kecepatan dan efisiensi dekomposisi limbah organik. Temuan ini terlihat dari pola penurunan kandungan bahan organik yang terjadi secara konsisten pada berbagai metode pengolahan. Dalam beberapa studi, indikator seperti C-organik, BOD, dan COD digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan degradasi. Penurunan nilai indikator tersebut menunjukkan bahwa senyawa kompleks telah dipecah menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses ini tidak terjadi secara instan, melainkan mengikuti dinamika pertumbuhan mikroorganisme yang berlangsung dalam beberapa fase. Fase lag, eksponensial, dan stasioner memiliki kontribusi yang berbeda terhadap proses dekomposisi. Pada fase eksponensial, aktivitas bakteri meningkat secara signifikan karena ketersediaan substrat masih tinggi. Kondisi ini menjadikan fase tersebut sebagai titik kritis dalam

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.8484>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

menentukan kecepatan degradasi limbah organik. Fase ini juga berkaitan dengan produksi enzim ekstraseluler yang paling aktif dalam memecah senyawa kompleks. Dengan demikian, fase pertumbuhan bakteri menjadi indikator penting dalam mengoptimalkan proses dekomposisi.

Penelitian Ghany Firmansyah, Tuhu Agung Rachmanto, dan Rizka Novembrianto menunjukkan bahwa pertumbuhan *Pseudomonas fluorescens* dalam proses fermentasi air lindi mengikuti pola kinetika yang stabil dengan peningkatan signifikan pada fase logaritmik (Firmansyah et al., 2026). Selama fase tersebut, terjadi penurunan kandungan C-organik yang menunjukkan aktivitas degradasi berlangsung secara optimal. Penurunan ini berkorelasi dengan peningkatan jumlah koloni bakteri yang aktif dalam sistem. Aktivitas enzimatik yang dihasilkan bakteri menjadi faktor utama dalam proses tersebut. Enzim seperti dehidrogenase dan oksidase berperan dalam memecah senyawa kompleks menjadi molekul sederhana. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas dekomposisi sangat dipengaruhi oleh tingkat pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, penelitian ini juga menunjukkan bahwa hubungan antara pertumbuhan bakteri dan degradasi limbah bersifat linear dalam fase tertentu. Pola ini memperlihatkan bahwa peningkatan populasi bakteri berbanding lurus dengan laju degradasi pada kondisi optimal. Hal ini memperkuat pemahaman bahwa aktivitas biologis menjadi penggerak utama dalam proses pengolahan limbah organik.

Temuan lain dari Yorasakhi Ananta menunjukkan bahwa dalam sistem biofilter, bakteri pengurai mampu menurunkan parameter pencemar seperti BOD, COD, dan TSS secara signifikan ketika kondisi lingkungan berada dalam kisaran optimal (Ananta, 2025). Aktivitas bakteri dalam biofilm memungkinkan terjadinya kontak yang lebih intens antara mikroorganisme dan substrat. Biofilm berfungsi sebagai media yang menjaga stabilitas komunitas mikroba selama proses berlangsung. Stabilitas ini penting untuk memastikan bahwa proses degradasi berjalan secara berkelanjutan. Ketika kondisi lingkungan mendukung, bakteri dapat mempertahankan aktivitas metaboliknya dalam jangka waktu yang lebih lama. Penurunan efisiensi biasanya terjadi ketika terjadi fluktuasi kondisi yang ekstrem. Oleh karena itu, stabilitas lingkungan menjadi faktor pendukung utama dalam mempertahankan kinerja bakteri pengurai. Selain itu, struktur biofilm juga melindungi mikroorganisme dari tekanan lingkungan yang merugikan. Hasil ini menunjukkan bahwa tidak hanya jenis bakteri yang penting, tetapi juga sistem tempat bakteri tersebut bekerja.

Tabel berikut merangkum perbandingan hasil beberapa penelitian terkait efektivitas bakteri pengurai:

Tabel 1. Efektivitas Bakteri Pengurai

Jenis Bakteri	Waktu Proses	Indikator Hasil	Efektivitas
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	8 hari	Penurunan C-organik	Tinggi
Konsorsium bakteri biofilter	Variatif	Penurunan BOD, COD	Tinggi
Bioaktivator campuran	11-21 hari	Reduksi massa sampah	48-52%
Mikroorganisme campuran	Variatif	Dekomposisi senyawa kompleks	Stabil

Data pada tabel menunjukkan bahwa setiap penelitian menghasilkan tingkat efektivitas yang berbeda meskipun sama-sama menggunakan pendekatan biologis. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh variasi jenis bakteri, metode pengolahan, serta kondisi operasional yang digunakan. Penelitian Nela Oktavianti, Maitsa Fikri Nabila, dan Annisatun Nadzafah menunjukkan bahwa penggunaan bioaktivator dalam metode Takakura mampu meningkatkan reduksi sampah hingga 48–52% dalam waktu 11–21 hari (Oktavianti et al., 2026). Keberagaman mikroorganisme memungkinkan proses degradasi berlangsung lebih cepat karena terjadi pembagian peran dalam penguraian senyawa kompleks. Sementara itu, penelitian Yuwan Marthyn Ziliwu dan Natalia Kristiani Lase menekankan bahwa mikroorganisme bekerja melalui mekanisme enzimatik yang kompleks untuk menguraikan senyawa seperti lignin dan selulosa (Ziliwu & Lase, 2025). Mekanisme ini membutuhkan waktu yang berbeda tergantung pada struktur bahan organik yang diolah. Hal ini menjelaskan mengapa waktu proses dalam setiap penelitian tidak seragam. Variasi ini juga menunjukkan bahwa efisiensi dekomposisi sangat kontekstual dan dipengaruhi oleh banyak faktor. Selain itu, perbedaan skala penelitian turut mempengaruhi hasil yang diperoleh.

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa aktivitas bakteri pengurai tidak dapat dipisahkan dari interaksi antara mikroorganisme dan lingkungan sekitarnya. Aktivitas metabolik bakteri dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, oksigen, serta kondisi fisik lingkungan seperti suhu dan pH. Ketika semua faktor tersebut berada dalam kondisi optimal, bakteri dapat bekerja secara maksimal dalam menguraikan bahan organik. Sebaliknya, ketidakseimbangan kondisi akan menyebabkan penurunan aktivitas enzimatik. Hal ini berdampak langsung pada lambatnya proses dekomposisi. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bakteri memiliki batas toleransi tertentu terhadap kondisi lingkungan. Ketika batas tersebut terlampaui, efisiensi degradasi akan menurun secara signifikan. Oleh karena itu, pengelolaan kondisi lingkungan menjadi bagian penting dalam proses pengolahan limbah berbasis biologis. Adaptasi mikroorganisme terhadap lingkungan juga menentukan keberlanjutan proses dekomposisi.

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.8484>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Selain berperan dalam mempercepat proses penguraian, aktivitas bakteri juga berkaitan dengan peningkatan nilai guna limbah yang diolah. Pemanfaatan mikroorganisme dalam bentuk *biofertilizer* menunjukkan bahwa hasil dekomposisi dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber nutrisi bagi tanaman. Penelitian Asrul, Rosmini, Jusriadi, Husna, Moh. Fadail, dan Trihesti menunjukkan bahwa penggunaan *konsorsium Bacillus sp.* dan *Trichoderma sp.* dalam formula *biofertilizer* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroba di daerah perakaran (Asrul et al., 2024). Interaksi antara bakteri dan jamur dalam sistem tersebut menunjukkan adanya hubungan yang saling mendukung dalam meningkatkan efektivitas proses biologis. Mikroorganisme bekerja secara sinergis dalam menguraikan bahan organik sekaligus menyediakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses dekomposisi tidak hanya berfungsi untuk mengurangi limbah, tetapi juga menghasilkan produk yang bermanfaat.

Keterkaitan antara aktivitas bakteri dan hasil dekomposisi menunjukkan bahwa pendekatan berbasis mikroorganisme memiliki potensi besar dalam pengelolaan limbah organik. Aktivitas biologis yang berlangsung secara alami dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan sistem pengolahan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Pemahaman terhadap pola aktivitas bakteri memungkinkan pengembangan metode yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan. Dengan pengelolaan yang tepat, bakteri dapat bekerja secara optimal dalam berbagai kondisi pengolahan. Hal ini membuka peluang untuk pengembangan teknologi berbasis mikrobiologi yang lebih aplikatif. Selain itu, integrasi antara berbagai jenis mikroorganisme juga dapat meningkatkan efektivitas proses secara keseluruhan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah organik tidak hanya berfokus pada pengurangan volume, tetapi juga pada peningkatan nilai manfaatnya.

Jika dibandingkan dengan teori mikrobiologi lingkungan, hasil penelitian ini mendukung konsep bahwa bakteri heterotrof merupakan agen utama dalam siklus dekomposisi bahan organik. Teori ini menyatakan bahwa mikroorganisme memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan reproduksi. Temuan empiris dari berbagai penelitian menunjukkan konsistensi dengan teori tersebut. Tidak ditemukan perbedaan mendasar antara hasil penelitian dan konsep teoritis yang ada. Perbedaan yang muncul lebih banyak berkaitan dengan tingkat efisiensi dan kondisi operasional. Hal ini menunjukkan bahwa teori yang ada masih relevan dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah. Selain itu, hasil penelitian juga memperkuat pentingnya pendekatan berbasis mikrobiologi dalam pengelolaan lingkungan.

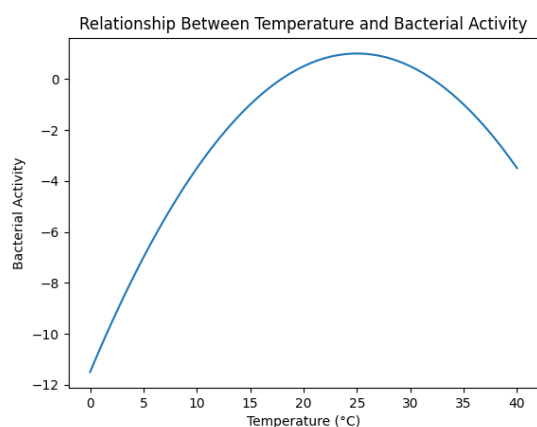
Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan teknologi pengolahan limbah organik perlu mempertimbangkan dinamika aktivitas bakteri secara lebih mendalam. Pendekatan yang hanya berfokus pada metode tanpa memperhatikan aktivitas mikroorganisme cenderung menghasilkan proses yang kurang optimal. Optimalisasi dapat dilakukan dengan mengatur kondisi lingkungan serta memilih jenis bakteri yang sesuai dengan karakteristik limbah. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan efisiensi proses secara signifikan. Selain itu, pemahaman yang lebih baik mengenai pola aktivitas bakteri dapat membantu dalam merancang sistem pengolahan yang lebih adaptif. Sistem yang adaptif mampu menyesuaikan kondisi operasional dengan kebutuhan mikroorganisme. Dengan demikian, proses dekomposisi dapat berlangsung secara lebih stabil dan berkelanjutan.

3.2. Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Kinerja Bakteri Pengurai

Perubahan kondisi lingkungan secara langsung mempengaruhi cara kerja bakteri dalam menguraikan limbah organik. Aktivitas mikroorganisme tidak berlangsung dalam ruang yang stabil, melainkan sangat dipengaruhi oleh dinamika faktor eksternal seperti suhu, pH, kelembaban, dan oksigen. Setiap perubahan kecil pada parameter tersebut dapat memicu respons metabolik yang berbeda. Bakteri menyesuaikan diri melalui perubahan laju pertumbuhan dan produksi enzim yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik. Ketika kondisi mendukung, aktivitas biologis meningkat dan proses penguraian berlangsung lebih cepat. Lingkungan yang tidak sesuai membuat kinerja bakteri melemah dan proses dekomposisi berjalan lambat. Situasi ini menjelaskan mengapa sistem pengolahan limbah sering menunjukkan hasil yang tidak konsisten. Variasi kondisi lingkungan menjadi salah satu penyebab utama perbedaan tingkat efisiensi antar sistem pengolahan. Ketergantungan ini menunjukkan bahwa bakteri sangat sensitif terhadap perubahan eksternal. Respons adaptif tersebut menentukan keberhasilan atau kegagalan proses dekomposisi.

Temuan dari Yorasakhi Ananta memperlihatkan bahwa kisaran pH netral hingga sedikit basa serta suhu mesofilik memberikan kondisi yang paling mendukung bagi pertumbuhan bakteri pengurai (Ananta, 2025). Dalam kondisi tersebut, aktivitas mikroba meningkat secara signifikan dan berkontribusi pada penurunan parameter pencemar seperti BOD dan COD. pH berperan dalam menjaga stabilitas struktur enzim, sehingga perubahan yang ekstrem dapat mengganggu proses metabolisme. Suhu berfungsi dalam mengatur laju reaksi biokimia yang terjadi dalam sel mikroorganisme. Ketika suhu berada dalam kisaran optimal, aktivitas enzim meningkat dan mempercepat proses dekomposisi. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan struktur protein dan menurunkan aktivitas bakteri. Hal ini menunjukkan bahwa setiap mikroorganisme memiliki batas toleransi tertentu

terhadap kondisi lingkungan. Kondisi yang sesuai memungkinkan bakteri mempertahankan aktivitas metaboliknya secara berkelanjutan. Rentang toleransi ini menjadi acuan penting dalam pengaturan sistem pengolahan limbah. Stabilitas parameter lingkungan membantu menjaga keseimbangan proses biologis secara keseluruhan. Gambaran hubungan antara suhu dan aktivitas bakteri dapat dijelaskan melalui pola berikut:



Gambar 1. Hubungan Antara Suhu dan Aktivitas Bakteri

Kurva tersebut menggambarkan bahwa aktivitas bakteri meningkat seiring dengan kenaikan suhu hingga mencapai titik optimal, kemudian menurun setelah melewati batas tersebut. Pola ini mencerminkan karakteristik umum reaksi enzim dalam sistem biologis. Pada suhu rendah, energi kinetik molekul masih terbatas sehingga reaksi berlangsung lambat. Ketika suhu meningkat, tumbukan antar molekul menjadi lebih sering dan mempercepat proses metabolisme. Namun, peningkatan suhu yang berlebihan menyebabkan denaturasi enzim sehingga aktivitas bakteri menurun. Pola ini penting untuk dipahami dalam pengelolaan limbah organik. Pengendalian suhu yang tepat membantu menjaga kestabilan proses dekomposisi. Kurva ini juga menunjukkan bahwa terdapat batas optimum yang tidak dapat dilampaui tanpa risiko penurunan kinerja.

Selain suhu dan pH, faktor kelembaban dan ketersediaan oksigen juga berperan penting dalam menentukan aktivitas bakteri pengurai. Kelembaban yang cukup memungkinkan difusi nutrisi dan enzim berjalan dengan baik dalam media limbah. Kondisi yang terlalu kering akan menghambat aktivitas mikroba karena keterbatasan air sebagai medium reaksi. Sebaliknya, kelembaban yang berlebihan dapat mengurangi ketersediaan oksigen dan memicu kondisi anaerobik. Perubahan ini akan mempengaruhi jenis bakteri yang dominan dalam sistem. Bakteri aerob cenderung lebih efisien dalam menguraikan bahan organik dalam banyak kondisi pengolahan. Keseimbangan antara kelembaban dan oksigen menjadi faktor penting dalam menjaga stabilitas proses dekomposisi. Interaksi kedua faktor ini menentukan arah proses biologis yang berlangsung. Ketidakseimbangan dapat mengubah jalur dekomposisi dan menurunkan efisiensi sistem.

Pengamatan dari Ghany Firmansyah, Tuju Agung Rachmanto, dan Rizka Novembrianto memperlihatkan bahwa perubahan kondisi selama proses fermentasi berdampak langsung pada pola pertumbuhan bakteri (Firmansyah et al., 2026). Ketika kondisi lingkungan stabil, bakteri menunjukkan pertumbuhan yang konsisten dan menghasilkan degradasi yang lebih efektif. Fluktuasi kondisi menyebabkan ketidakstabilan pertumbuhan yang berujung pada penurunan efisiensi proses. Bakteri tidak hanya membutuhkan kondisi yang tepat, tetapi juga kondisi yang relatif konstan selama proses berlangsung. Stabilitas menjadi faktor yang sering kali terabaikan dalam praktik pengolahan limbah. Perubahan yang terjadi secara tiba-tiba dapat mengganggu keseimbangan sistem mikroba. Keadaan ini memperlihatkan bahwa pengendalian lingkungan bukan sekadar menjaga nilai parameter, tetapi juga mempertahankan konsistensinya. Konsistensi tersebut memungkinkan proses berlangsung secara berkelanjutan tanpa gangguan signifikan.

Selain itu, pemanfaatan mikroorganisme lokal (MOL) menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang mendukung dapat meningkatkan aktivitas bakteri dalam menguraikan bahan organik sekaligus memperkaya kandungan nutrisi dalam hasil akhir. Mikroorganisme lokal diketahui mengandung unsur hara mikro dan makro serta bakteri yang berperan sebagai pengurai dan aktivator dalam proses pengomposan, sehingga mampu mempercepat dekomposisi sekaligus meningkatkan kesuburan tanah (Rustiah et al., 2022). Keberadaan sumber karbon dan nutrisi yang cukup dalam lingkungan juga menjadi faktor penting bagi pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme. Mikroorganisme memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi untuk mendukung aktivitas biokimia yang berkelanjutan. Kondisi ini memperlihatkan bahwa lingkungan tidak hanya berperan sebagai media, tetapi juga

sebagai sumber nutrisi yang menentukan keberhasilan proses dekomposisi. Ketersediaan nutrisi mempercepat pertumbuhan mikroba dan meningkatkan efisiensi penguraian. Sistem yang kaya nutrisi cenderung menghasilkan proses yang lebih stabil dan produktif.

Temuan yang diperoleh dari berbagai penelitian memperlihatkan kesesuaian yang kuat dengan prinsip dasar mikrobiologi lingkungan. Aktivitas bakteri sangat ditentukan oleh interaksi antara kondisi fisik dan kebutuhan biologisnya. Perbedaan hasil yang ditemukan antar penelitian lebih banyak dipengaruhi oleh variasi kondisi operasional dan karakteristik limbah. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pendekatan tunggal yang dapat diterapkan pada semua sistem pengolahan. Setiap kondisi memerlukan penyesuaian yang spesifik agar bakteri dapat bekerja secara optimal. Pendekatan yang lebih fleksibel dan berbasis kondisi nyata menjadi penting dalam konteks ini. Adaptasi sistem terhadap kondisi lapangan meningkatkan peluang keberhasilan pengolahan limbah. Pemahaman kontekstual menjadi kunci dalam mengoptimalkan peran mikroorganisme.

Keterkaitan antara faktor lingkungan dan aktivitas bakteri menunjukkan bahwa pengolahan limbah organik memerlukan pendekatan yang terintegrasi. Pengaturan parameter seperti suhu, pH, kelembaban, dan oksigen perlu dilakukan secara seimbang agar proses berjalan optimal. Setiap sistem memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga pendekatan yang digunakan harus disesuaikan dengan kondisi yang ada. Pengelolaan yang tepat memungkinkan bakteri bekerja secara maksimal dalam menguraikan bahan organik. Hal ini membuka peluang untuk mengembangkan sistem pengolahan limbah yang lebih efisien dan berkelanjutan. Pendekatan berbasis mikroorganisme juga memberikan alternatif solusi yang ramah lingkungan dalam mengatasi permasalahan limbah organik. Integrasi antar parameter lingkungan menjadi langkah penting dalam meningkatkan stabilitas proses. Sistem yang terkelola dengan baik mampu menghasilkan kinerja yang konsisten dan optimal.

3.3. Efektivitas Aplikasi Bakteri dalam Berbagai Metode Pengolahan Limbah

Penggunaan bakteri pengurai dalam pengolahan limbah organik menunjukkan variasi tingkat keberhasilan yang dipengaruhi oleh metode yang diterapkan. Setiap metode memiliki karakteristik proses, kondisi operasional, serta mekanisme kerja mikroorganisme yang berbeda. Dalam konteks ini, bakteri tidak bekerja secara terpisah, melainkan menjadi bagian dari sistem yang lebih kompleks. Sistem tersebut dapat berupa pengomposan, biofilter, fermentasi, maupun biokonversi yang melibatkan organisme lain. Perbedaan pendekatan ini menghasilkan variasi dalam kecepatan dekomposisi dan kualitas hasil akhir. Beberapa metode menekankan pada percepatan proses, sementara metode lain lebih fokus pada stabilitas dan kualitas produk. Hal ini menjadikan efektivitas bakteri sangat bergantung pada kesesuaian antara metode dan karakteristik limbah. Dengan demikian, pemilihan metode tidak dapat dilakukan secara sembarangan tanpa mempertimbangkan kondisi sistem secara menyeluruh. Kesesuaian antara metode dan jenis limbah menjadi faktor penting dalam menentukan hasil akhir. Pendekatan yang tepat mampu meningkatkan efisiensi sekaligus menjaga kualitas produk yang dihasilkan.

Pada metode pengomposan, bakteri pengurai berperan dalam memecah bahan organik melalui aktivitas enzimatis yang berlangsung secara bertahap. Penelitian oleh Nela Oktavianti, Maitsa Fikri Nabila, dan Annisatun Nadzafah menunjukkan bahwa penggunaan bioaktivator dalam metode Takakura mampu meningkatkan laju dekomposisi dan menghasilkan reduksi massa sampah hingga 48–52% (Oktavianti et al., 2026). Proses ini berlangsung dalam rentang waktu 11 hingga 21 hari dengan hasil kompos yang memenuhi standar kualitas. Bioaktivator berfungsi sebagai sumber mikroorganisme tambahan yang memperkaya komunitas bakteri dalam sistem. Keberadaan mikroorganisme yang beragam memungkinkan proses penguraian berlangsung lebih cepat karena terjadi pembagian peran dalam degradasi senyawa kompleks. Kondisi ini juga mendukung stabilitas proses karena adanya interaksi antar mikroorganisme. Hasil kompos yang dihasilkan menunjukkan karakteristik fisik yang baik seperti warna, tekstur, dan rasio C/N yang sesuai standar. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis bakteri dapat menghasilkan produk yang tidak hanya cepat terbentuk tetapi juga berkualitas. Keberagaman mikroba dalam sistem juga membantu mempercepat tahapan dekomposisi yang berbeda secara simultan. Proses ini memperlihatkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan metode tanpa bioaktivator.

Metode biofilter memberikan pendekatan yang berbeda dengan memanfaatkan permukaan media sebagai tempat tumbuh bakteri dalam bentuk biofilm. Yorasakhi Ananta menjelaskan bahwa biofilm memungkinkan bakteri untuk tetap aktif dalam jangka waktu yang lebih lama karena terlindungi dari fluktuasi lingkungan (Ananta, 2025). Lapisan biofilm juga meningkatkan efisiensi kontak antara mikroorganisme dan substrat. Dalam sistem ini, bakteri bekerja secara kolektif dalam komunitas yang stabil. Stabilitas ini berkontribusi pada kemampuan sistem dalam menurunkan parameter pencemar seperti BOD dan COD secara konsisten. Biofilter mampu mengolah limbah secara kontinu tanpa memerlukan intervensi yang intensif. Keunggulan ini menjadikan metode biofilter banyak digunakan dalam pengolahan limbah cair. Keberhasilan sistem ini tetap bergantung pada kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhan biofilm. Ketika kondisi terganggu, struktur biofilm dapat rusak dan menurunkan kinerja sistem. Ketahanan biofilm terhadap perubahan lingkungan menjadi keunggulan utama dalam menjaga

keberlanjutan proses. Sistem ini juga menunjukkan efisiensi tinggi dalam pengolahan limbah dengan beban organik yang fluktuatif.

Pendekatan fermentasi menunjukkan karakteristik yang lebih terkontrol dengan memanfaatkan bakteri spesifik dalam kondisi tertentu. Ghany Firmansyah, Tuhu Agung Rachmanto, dan Rizka Novembrianto menunjukkan bahwa penggunaan *Pseudomonas fluorescens* dalam fermentasi air lindi mampu meningkatkan kualitas limbah melalui penurunan kandungan bahan organik dan logam berat (Firmansyah et al., 2026). Proses ini berlangsung dalam kondisi aerob dengan pengamatan terhadap parameter seperti pH, suhu, dan jumlah koloni bakteri. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya peningkatan kualitas limbah yang signifikan setelah proses fermentasi. Keunggulan metode ini terletak pada kontrol yang lebih baik terhadap kondisi proses. Bakteri yang digunakan dapat dipilih secara spesifik sesuai dengan karakteristik limbah. Proses fermentasi memungkinkan pengamatan yang lebih detail terhadap dinamika pertumbuhan bakteri. Hal ini memberikan peluang untuk optimasi proses secara lebih terarah. Kontrol yang baik terhadap parameter lingkungan membantu menjaga stabilitas pertumbuhan mikroorganisme. Pendekatan ini juga memudahkan penyesuaian kondisi untuk mencapai hasil yang optimal.

Metode lain yang berkembang dalam pengolahan limbah organik adalah biokonversi dengan melibatkan organisme seperti larva *Black Soldier Fly*. Penelitian oleh Fenty Rosmala, Yusdhitari Gunawan, dan Ide Suhendar menunjukkan bahwa penggunaan larva BSF mampu mengurangi volume limbah organik hingga 70–80% (Rosmala et al., 2026). Meskipun fokus utama metode ini bukan pada bakteri, peran mikroorganisme tetap hadir pada tahap awal dekomposisi. Bakteri membantu memecah bahan organik menjadi bentuk yang lebih mudah dikonsumsi oleh larva. Interaksi antara mikroorganisme dan organisme makro menciptakan sistem yang saling melengkapi. Proses ini tidak hanya mengurangi volume limbah, tetapi juga menghasilkan produk bernilai ekonomi seperti pakan ternak. Pendekatan ini menunjukkan bahwa bakteri dapat berperan dalam sistem yang lebih luas dan tidak terbatas pada metode konvensional. Integrasi antara mikroorganisme dan organisme lain meningkatkan efisiensi proses secara keseluruhan. Model ini memperlihatkan potensi besar dalam pengolahan limbah skala besar.

Dalam konteks pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai guna, pendekatan berbasis fermentasi dan bioteknologi juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Syakira Syabani, Yulia Pradana, Muhamad Romdhoni Al Mubaroq, Jonathan Hasiholan, Sabrina Khoirunnisa, dan Rida Oktorida Khastini menunjukkan bahwa pengolahan limbah menjadi pupuk organik cair mampu meningkatkan nilai hara serta mendukung pertumbuhan tanaman (Syabani et al., 2026). Produk yang dihasilkan mengandung mikroorganisme fungsional yang berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, proses ini juga berkontribusi dalam mengurangi volume limbah yang dibuang ke lingkungan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa limbah organik tidak hanya menjadi masalah, tetapi juga memiliki potensi sebagai sumber daya. Penggunaan bakteri dalam proses ini menjadi kunci dalam mengubah limbah menjadi produk yang bermanfaat. Hal ini memperlihatkan bahwa efektivitas bakteri tidak hanya diukur dari kecepatan dekomposisi, tetapi juga dari nilai tambah yang dihasilkan. Temuan lain menunjukkan bahwa penerapan bioteknologi konvensional yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme alami mampu mengubah limbah organik menjadi berbagai produk seperti kompos, pupuk organik cair, dan *eco-enzyme* yang bernilai guna (Halawa et al., 2026). Mikroorganisme seperti *Lactobacillus sp.* dan jamur pengurai berperan aktif dalam proses konversi tersebut melalui mekanisme fermentasi alami yang relatif sederhana namun efektif. Pendekatan ini memperlihatkan bahwa pemanfaatan mikroorganisme tidak hanya relevan secara ilmiah, tetapi juga aplikatif karena dapat diterapkan secara luas di tingkat masyarakat dengan teknologi yang mudah diakses.

Gambaran dari berbagai metode tersebut menunjukkan bahwa tidak ada satu pendekatan yang dapat dianggap paling unggul dalam semua kondisi. Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan yang bergantung pada karakteristik limbah, tujuan pengolahan, serta kondisi operasional. Bakteri pengurai tetap menjadi komponen utama dalam berbagai metode tersebut, baik secara langsung maupun tidak langsung. Keberhasilan sistem sangat ditentukan oleh bagaimana bakteri dapat bekerja secara optimal dalam lingkungan yang sesuai. Kombinasi antara metode yang tepat dan pengelolaan kondisi yang baik dapat menghasilkan proses pengolahan limbah yang lebih efektif. Pendekatan yang mengintegrasikan berbagai metode juga menunjukkan potensi yang besar dalam meningkatkan efisiensi. Pemilihan strategi yang tepat dapat meningkatkan hasil secara signifikan. Dengan pemahaman yang lebih komprehensif, pengolahan limbah organik dapat diarahkan menjadi sistem yang tidak hanya efisien tetapi juga berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Kajian ini memperlihatkan bahwa bakteri pengurai menjadi komponen kunci dalam proses dekomposisi limbah organik melalui kemampuan metaboliknya dalam memecah senyawa kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan stabil. Kinerja tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, pH, kelembaban, dan ketersediaan oksigen yang menentukan intensitas aktivitas mikroorganisme. Perbedaan pendekatan dalam pengolahan limbah menunjukkan bahwa efektivitas dekomposisi bergantung pada

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.8484>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

kesesuaian antara metode yang digunakan dan karakteristik limbah yang diolah. Beberapa metode mampu menghasilkan kinerja yang lebih baik ketika melibatkan interaksi antar mikroorganisme atau dikombinasikan dengan pendekatan lain yang mendukung stabilitas proses. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah organik tidak cukup hanya mengandalkan satu teknik, tetapi memerlukan pemahaman yang menyeluruh terhadap sistem biologis yang bekerja di dalamnya. Pemanfaatan bakteri pengurai dalam berbagai metode pengolahan membuka peluang untuk menghasilkan teknologi yang lebih efisien sekaligus memberikan nilai tambah dari limbah yang diolah. Dalam praktiknya, pengendalian kondisi operasional menjadi aspek penting agar proses dekomposisi berlangsung secara konsisten dan optimal. Potensi pengembangan masih sangat luas, terutama dalam merancang sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai jenis bakteri serta menyesuaikan kondisi lingkungan secara dinamis. Arah penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian kombinasi mikroorganisme dan pengembangan model pengolahan yang lebih presisi sehingga penerapannya dapat diperluas dalam berbagai skala pengelolaan limbah.

Reference

- Ananta, Y. (2025). Dinamika Pertumbuhan Bakteri Pengurai Pada Biofilter Air Limbah Domestik Di Bawah Variasi Ph Dan Suhu. *JGPP: Jurnal Greenation Pertanian Dan Perkebunan*, 3(2), 63–73. <https://doi.org/10.38035/Jgpp.V3i2>
- Asrul, Rosmini, Jusriadi, Husna, Fadail, M., & Trihest. (2024). Pengujian Bahan Aktif Formula Biofertilizer Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Wakegi (*Allium × Wakegi* Araki). *Agrium*, 27(2), 154–165. <https://doi.org/10.30596/Agrium.V27i2.21272>
- Atlas, R. M., & Bartha, R. (1998). *Microbial Ecology: Fundamentals And Applications* (4th Ed.). Benjamin Cummings.
- Firmansyah, G., Rachmanto, T. A., & Novembrianto, R. (2026). Kinetika Reaksi Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas Fluorescens* Pada Proses Fermentasi Air Lindi. *BioloVA*, 7(1), 74–85. <https://doi.org/10.24127/BioloVA.V7i1.10548>
- Halawa, T., Halawa, M., Baeha, A. M., Daeli, D. H., Waruwu, A., & Zega, N. A. (2026). Pemanfaatan Bioteknologi Konvensional Dalam Pengolahan Limbah Organik Rumah Tangga. *Indo-Mathedu Intellectuals Journal*, 7(1), 987–993. <https://doi.org/10.54373/Imej.V7i1.5039>
- Insam, H., & De Bertoldi, M. (2007). Microbiology Of The Composting Process. In L. F. Diaz, M. De Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. Stentford (Eds.), *Waste Management Series* (Vol. 8, Pp. 25–48). Elsevier.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2021). *Brock Biology Of Microorganisms* (16th Ed.). Pearson Education.
- Oktavianti, N., Nabila, M. F., & Nadzafah, A. (2026). Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga Menjadi Kompos Dengan Metode Takakura Dengan Penambahan Bioaktivator Di Desa Semamung Kabupaten Sumbawa. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 10(9). <https://doi.org/10.8734/Kohesi.V1i2.365>
- Rosmala, F., Gunawan, Y., & Suhendar, I. (2026). Pengaruh Penggunaan Larva BSF Dalam Pengolahan Sampah Organik Dapur Terhadap Pencapaian Produksi Biokonversi Di Bank Sampah Induk Sahate Kabupaten Pangandaran. *Synergy: Journal Of Collaborative Sciences*, 2(1), 49–65. <https://doi.org/10.69836/Synergy.V2i1.126>
- Rustiah, W., Arisanti, D., Basarang, M., Rasyid, N. Q., & Fatmawati, A. (2022). Limbah Sayuran Rebung Bambu Sebagai Mikroorganisme Lokal (MOL) Dalam Pembuatan Pupuk Organik: Perspektif Pengelolaan Sampah Organik. *Lontara Abdimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(1), 15–24. <https://doi.org/10.53861/Lomas.V3i1.259>
- Singh, J., & Kalamdhad, A. S. (2014). Effects Of Microbial Inoculum On Composting Of Organic Waste: A Review. *Waste Management*, 34(3), 600–607. <https://doi.org/10.1016/J.Wasman.2013.12.02>
- Syabani, S., Pradana, Y., Mubaroq, M. R. A., Hasiholan, J., Khoirunnisa, S., & Khastini, R. O. (2026). Pupuk Organik Cair Sebagai Upaya Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Kelurahan Banjarnegara, Ciwandan-Cilegon. *Abdimas Galuh*, 8(1), 985–995. <https://doi.org/10.25157/Ag.V8i1.23422>
- Syam, N. S., Saptadi, J. D., Aji, J. P., Aulia, Rahmawati, & Hastuti, S. K. W. (2026). Edukasi Pengelolaan Sampah Tingkat Rumah Tangga Sebagai Bentuk Pencegahan Stunting Di Kalurahan Caturharjo Bantul. *Kesejahteraan Bersama: Jurnal Pengabdian Dan Keberlanjutan Masyarakat*, 3(1), 185–193. <https://doi.org/10.62383/Bersama.V3i1.2950>
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. L. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment And Resource Recovery* (5th Ed.). McGraw-Hill Education.
- Ziliwu, Y. M., & Lase, N. K. (2025). Peran Mikroorganisme Dalam Proses Degradasi Bahan Organik. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 132–141. <https://doi.org/10.62951/Hidroponik.V2i1.235>