



Pemberdayaan Masyarakat melalui Pemanfaatan *Eco-Enzyme* dalam Pengolahan Air Limbah dan Perawatan Drainase di Desa Iker-Iker Geger Cerme Gresik

Community Empowerment Through the Utilization of Eco-Enzyme for Wastewater Treatment and Drainage Maintenance in Iker-Iker Geger Village, Cerme, Gresik

Nazilatus Sa'adah ^{1*}, Irawan Agustiar ², Dandy Nugroho ³, Ikhtisholiah ⁴

¹⁻⁴ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gresik, Indonesia

*Penulis Korespondensi: nazilasaidah@gmail.com

Article History:

Naskah Masuk: 13 Juni 2026;

Revisi: 19 Juli 2026;

Diterima: 15 Agustus 2026;

Terbit: 18 Agustus 2026.

Keywords:

Community Empowerment; Domestic Wastewater; Drainage Maintenance; *Eco-Enzyme*; Participatory Education.

Abstract: Domestic wastewater and inadequate drainage maintenance increase environmental and public-health risks, while household organic residues remain underused. This community service program strengthened residents' literacy for cautious *eco-enzyme* use as a supplementary option in wastewater management and drainage maintenance in Iker-Iker Geger Village, Cerme, Gresik. A participatory action-learning approach included situation mapping, local coordination, sanitation education, material demonstration, guided discussion, and reflective evaluation. Baseline data were obtained from the 2025 Gresik Regency Domestic Wastewater Management Master Plan; program outputs were assessed through observation, documentation, discussion records, and demonstration materials. The activities produced an education forum, product examples, clarification of the 1:3:10 fermentation composition, and a follow-up framework combining source control, physical drain cleaning, cautious pilot application, and water-quality monitoring. *Eco-enzyme* was positioned as a supplement, not a replacement for standard wastewater treatment, septic-system management, or sediment and solid-waste removal. Because no pretest-posttest survey or laboratory testing of BOD, COD, TSS, dissolved oxygen, and pH was conducted, outcomes are limited to implementation, educational outputs, and community readiness. A monitored pilot with standardized dosage and before-after testing is recommended.

Abstrak

Air limbah domestik dan drainase yang kurang terawat dapat meningkatkan risiko lingkungan dan kesehatan, sedangkan sisa organik rumah tangga belum dimanfaatkan secara optimal. Program pengabdian ini bertujuan memperkuat literasi dan kesiapan praktis masyarakat dalam memanfaatkan *eco-enzyme* secara hati-hati sebagai pilihan pendukung pengelolaan air limbah dan perawatan rutin drainase di Desa Iker-Iker Geger, Kecamatan Cerme, Kabupaten Gresik. Kegiatan menggunakan pendekatan pembelajaran aksi partisipatif melalui pemetaan situasi, koordinasi dengan aktor lokal, edukasi sanitasi dan *eco-enzyme*, demonstrasi bahan serta prosedur penggunaan aman, diskusi terpandu, dan evaluasi reflektif. Data dasar wilayah bersumber dari Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah Kabupaten Gresik tahun 2025, sedangkan keluaran kegiatan dinilai melalui observasi, dokumentasi, catatan diskusi, dan pemeriksaan bahan demonstrasi. Kegiatan menghasilkan forum edukasi yang terstruktur, contoh produk yang mudah dipahami, penjelasan komposisi fermentasi 1:3:10, serta kerangka tindak lanjut yang memadukan pengendalian limbah dari sumber, pembersihan fisik drainase, uji coba terbatas, dan pemantauan kualitas air. Program menegaskan bahwa *eco-enzyme* tidak menggantikan pengolahan air limbah yang memenuhi standar, pengelolaan tangki septik, maupun pengangkatan sedimen dan sampah padat. Karena tidak dilakukan pretest-posttest dan pengujian laboratorium BOD, COD, TSS, oksigen terlarut, serta pH, hasil dibatasi pada proses pelaksanaan, keluaran edukasi, dan kesiapan masyarakat, bukan efektivitas pengolahan yang terverifikasi.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik; Drainase; *Eco-Enzyme*; Edukasi Partisipatif; Pemberdayaan Masyarakat.

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan air limbah domestik dan pemeliharaan drainase merupakan dua unsur yang saling berkaitan dalam kesehatan lingkungan permukiman. Saluran drainase yang menerima air bekas kegiatan rumah tangga, sedimen, minyak, sisa makanan, dan sampah padat dapat mengalami penurunan kapasitas alir, menimbulkan bau, serta menjadi jalur perpindahan pencemar menuju badan air. Permasalahan tersebut tidak cukup diselesaikan melalui kegiatan insidental, tetapi memerlukan pengendalian dari sumber, sarana pengolahan yang sesuai, pembersihan fisik secara berkala, dan partisipasi masyarakat yang berkelanjutan (Cahyadi et al., 2021; Nelson et al., 2021; Susilawati et al., 2022).

Konteks Kecamatan Cerme menunjukkan bahwa kebutuhan pengelolaan air limbah perlu ditangani secara terencana. Dokumen Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah Kabupaten Gresik mencatat 24.438 rumah tangga di Kecamatan Cerme; sebanyak 5.523 rumah tangga atau 22,60% telah memiliki akses sanitasi aman, 18.884 rumah tangga atau 77,27% memiliki akses layak sendiri, dan 31 rumah tangga atau 0,13% menggunakan akses layak bersama. Dokumen yang sama memproyeksikan timbunan air limbah domestik Kecamatan Cerme sebesar 4.035.907,15 liter per hari pada 2025 dan meningkat menjadi 5.438.662,40 liter per hari pada 2030. Desa Iker-Iker Geger tercatat memiliki 2.533 penduduk, luas kawasan permukiman 21,21 hektare, kepadatan 119 jiwa per hektare, dan diarahkan menggunakan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S) (Bappeda Kabupaten Gresik, 2025). Data tersebut menegaskan pentingnya penguatan perilaku rumah tangga dan perawatan sarana lingkungan sebagai bagian dari strategi lokal.

Salah satu inovasi yang berkembang di masyarakat adalah eco-enzyme, yaitu cairan hasil fermentasi sisa buah atau sayuran, sumber gula seperti molase, dan air. Formula yang umum diperkenalkan menggunakan perbandingan 1:3:10 antara gula, bahan organik, dan air dengan masa fermentasi sekurang-kurangnya tiga bulan. Fermentasi menghasilkan larutan bersifat asam yang mengandung campuran metabolit organik dan aktivitas enzimatik; karakter akhirnya dapat berbeda menurut bahan baku, komposisi, suhu, waktu fermentasi, serta pengelolaan proses (Galintin et al., 2021; Khotimah et al., 2024; Low et al., 2021). Pemanfaatan sisa organik menjadi produk fermentasi juga berpotensi memperkuat pendidikan ekonomi sirkular pada skala rumah tangga.

Sejumlah penelitian melaporkan potensi eco-enzyme dalam membantu menurunkan beban organik atau memperbaiki parameter tertentu pada air limbah. Namun, hasilnya tidak seragam dan sangat dipengaruhi konsentrasi, waktu kontak, jenis limbah, pH awal, serta keberadaan proses pengolahan lain. Yustiani et al. (2023) memperingatkan bahwa larutan eco-

enzyme yang ber-pH rendah dapat mengasamkan air apabila dosis tidak terkendali. Kajian sistematis Pasalari et al. (2024) juga menyimpulkan bahwa aplikasi lingkungan eco-enzyme menjanjikan, tetapi memerlukan standardisasi produksi, karakterisasi, dosis, dan evaluasi risiko. Dengan demikian, edukasi masyarakat perlu menghindari klaim bahwa eco-enzyme merupakan obat pencemar universal atau pengganti sistem pengolahan air limbah.

Pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dalam rangka kegiatan Kuliah Kerja Nyata Universitas Gresik periode Juli–Agustus 2026. Desa Iker-Iker Geger dipilih karena pengelolaan lingkungan rumah tangga, drainase, dan pemanfaatan bahan organik dapat disatukan dalam kegiatan yang praktis, mudah direplikasi, serta relevan dengan arahan SPALD-S. Pendekatan pemberdayaan dipilih karena keberlanjutan layanan sanitasi tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga oleh rasa memiliki, pembagian peran, kemampuan pemeliharaan, pembiayaan, dan mekanisme belajar bersama (Birkinshaw et al., 2021; Cecilia et al., 2024).

Tujuan kegiatan adalah: (1) meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai hubungan antara air limbah domestik, sampah organik, dan kondisi drainase; (2) memperkenalkan prinsip pembuatan serta penggunaan eco-enzyme yang aman dan terukur; (3) menempatkan eco-enzyme sebagai bahan pendukung, bukan pengganti pengolahan air limbah dan pembersihan fisik saluran; serta (4) menyusun arah tindak lanjut berupa pemeliharaan drainase rutin dan uji coba terbatas yang disertai pemantauan kualitas air. Artikel ini melaporkan proses, keluaran, pembelajaran, dan keterbatasan program tanpa mengada-adakan perubahan kualitas air yang belum diuji di laboratorium.

Tabel 1. Data Dasar Sanitasi dan Air Limbah Wilayah Kegiatan.

Indikator	Nilai	Tahun	Makna bagi program
Rumah tangga Kecamatan Cerme	24.438 rumah tangga	2025	Basis kebutuhan layanan sanitasi dan edukasi rumah tangga.
Akses sanitasi aman Kecamatan Cerme	5.523 rumah tangga (22,60%)	2025	Akses tersedia, tetapi peningkatan keamanan layanan tetap dibutuhkan.
Proyeksi air limbah domestik Kecamatan Cerme	4.035.907,15 liter/hari	2025	Menunjukkan besarnya aliran yang harus dikelola dan dicegah masuk langsung ke drainase.
Proyeksi air limbah domestik Kecamatan Cerme	5.438.662,40 liter/hari	2030	Memperlihatkan kecenderungan peningkatan beban layanan.
Penduduk Desa Iker-Iker Geger	2.533 jiwa	2025	Mendukung pendekatan edukasi dan pengelolaan skala komunitas.
Kepadatan permukiman Desa Iker-Iker Geger	119 jiwa/ha	2025	RISPAL mengarahkan penggunaan SPALD-S.

Sumber: Diolah dari Bappeda Kabupaten Gresik (2025).

2. METODE

Kegiatan menggunakan pendekatan pembelajaran aksi partisipatif. Pendekatan ini menempatkan masyarakat bukan hanya sebagai penerima materi, tetapi sebagai pihak yang menghubungkan pengetahuan baru dengan kondisi saluran, kebiasaan pembuangan air rumah tangga, ketersediaan bahan organik, dan kemampuan pemeliharaan setempat. Partisipasi pada tingkat komunitas penting karena solusi lingkungan yang sederhana tetap memerlukan legitimasi sosial, pembagian tanggung jawab, dan ruang bagi warga untuk menilai kesesuaiannya (Brazeau-Béliveau & Cloutier, 2021; Puskás et al., 2021).

Subjek kegiatan mencakup warga Desa Iker-Iker Geger, unsur pemerintah dan tokoh masyarakat setempat, dosen pendamping, serta mahasiswa KKN Universitas Gresik. Kegiatan dilaksanakan pada periode Juli–Agustus 2026 melalui empat tahapan. Tahap pertama adalah pemetaan situasi dan koordinasi, yaitu penelaahan data sanitasi wilayah, identifikasi isu air limbah serta drainase, dan penyelarasan agenda dengan mitra. Tahap kedua berupa edukasi mengenai sumber pencemar domestik, prinsip SPALD-S, pemilahan bahan organik, karakter eco-enzyme, dan batas penggunaannya. Tahap ketiga adalah demonstrasi bahan, komposisi fermentasi 1:3:10, penyimpanan, penyaringan, pelabelan, pengenceran, dan prinsip keselamatan. Tahap keempat adalah diskusi reflektif untuk mengidentifikasi kemungkinan penerapan, risiko, kebutuhan pemantauan, dan pembagian tindak lanjut.

Materi menekankan hierarki tindakan: mencegah sampah dan minyak masuk ke saluran, menggunakan sarana sanitasi yang layak, membersihkan sedimen serta sampah padat secara fisik, kemudian melakukan uji coba eco-enzyme secara terbatas hanya sebagai bahan pendukung. Larutan tidak diarahkan untuk air minum, tidak dituangkan dalam kondisi pekat, tidak dicampurkan dengan bahan kimia lain, dan tidak digunakan untuk menggantikan pengurasan tangki septik atau proses pengolahan yang dipersyaratkan. Penjelasan tersebut penting karena aktivitas biologis dan kemampuan reduksi pencemar dipengaruhi oleh pH serta dosis (Pasalari et al., 2024; Singh et al., 2025; Yustiani et al., 2023).

Data program terdiri atas data sekunder resmi, observasi pelaksanaan, dokumentasi visual, catatan pertanyaan dan respons peserta, serta pemeriksaan keluaran demonstrasi. Evaluasi dilakukan secara deskriptif terhadap keterlaksanaan tahapan, kesesuaian materi, ketersediaan contoh produk, keterlibatan aktor, dan kesiapan tindak lanjut. Program tidak menggunakan desain eksperimen, tidak menghitung perubahan pengetahuan dengan instrumen pretest-posttest, dan tidak melakukan pengujian kualitas air sebelum-sesudah. Oleh sebab itu, indikator keberhasilan dibatasi pada keluaran proses dan pendidikan, sedangkan efektivitas pengolahan air limbah harus diuji dalam kegiatan lanjutan.

3. HASIL

Kegiatan diawali dengan penyampaian hubungan antara perilaku rumah tangga dan kondisi drainase. Materi membedakan air limbah domestik, air hujan, sampah padat, minyak atau lemak, dan endapan. Perbedaan tersebut membantu mengarahkan solusi: air limbah perlu dikelola melalui sarana sanitasi, sedangkan drainase perlu dijaga kapasitas alirnya dengan mencegah masuknya sampah serta melakukan pembersihan fisik. Eco-enzyme diperkenalkan sebagai bagian dari edukasi pemanfaatan sisa organik dan kemungkinan bahan pendukung uji coba, bukan sebagai alasan untuk membuang limbah langsung ke saluran.

Forum berlangsung dalam bentuk paparan, pengamatan contoh bahan, serta tanya jawab. Dokumentasi pada Gambar 2 menunjukkan peserta mengikuti penjelasan menggunakan media visual di ruang pertemuan. Pengaturan duduk yang berhadapan dengan narasumber memungkinkan dialog langsung mengenai bahan baku, lama fermentasi, bau, penyimpanan, dan cara pengenceran.



Gambar 1. Penyampaian materi sanitasi lingkungan dan pemanfaatan eco-enzyme kepada warga.

Sesi berikutnya memperluas pembahasan pada perawatan drainase. Peserta diarahkan untuk memulai dari tindakan yang dapat dikendalikan di tingkat rumah tangga dan lingkungan: tidak memasukkan sampah padat ke saluran, menampung minyak jelantah, membersihkan saringan, mengangkat sedimen, memeriksa titik sumbatan, dan menjadwalkan kerja bakti sebelum musim hujan. Pendekatan ini menempatkan inovasi produk di dalam sistem

pemeliharaan, sehingga manfaat yang diharapkan tidak bergantung pada satu larutan saja.

Gambar 3 memperlihatkan diskusi kelompok dan demonstrasi bahan pada meja kegiatan. Keterlibatan warga, mahasiswa, dan unsur lokal menjadi modal awal untuk membangun mekanisme pemeliharaan yang tidak berhenti setelah penyuluhan. Dalam konteks sanitasi berbasis komunitas, pertemuan semacam ini penting untuk menyamakan persepsi mengenai tanggung jawab pengguna, pengurus, dan pemerintah desa (Cecilia et al., 2024; Sunaryo et al., 2024).



Gambar 2. Diskusi, demonstrasi bahan, dan penguatan peran bersama dalam perawatan lingkungan.

Keluaran demonstrasi mencakup contoh eco-enzyme dan molase dengan label komposisi serta petunjuk aplikasi. Bahan diperlihatkan secara langsung agar masyarakat dapat mengenali warna, wadah, kebutuhan pelabelan, dan pentingnya membedakan produk fermentasi dari bahan kimia pengendali vektor. Pada foto produk juga terlihat larvasida berbahan aktif temefos sebagai materi edukasi kesehatan lingkungan yang terpisah. Larvasida tersebut tidak merupakan komponen eco-enzyme, tidak boleh dicampurkan ke dalam larutan fermentasi, dan penggunaannya harus mengikuti label serta arahan otoritas kesehatan.

Komposisi pembuatan yang dijelaskan adalah satu bagian molase atau gula, tiga bagian sisa buah atau sayuran, dan sepuluh bagian air. Wadah perlu menyisakan ruang untuk gas fermentasi, ditutup secara sesuai, diberi tanggal, disimpan jauh dari jangkauan anak, dan dipantau selama proses. Bahan yang berjamur tidak normal, berbau busuk menyengat, atau menunjukkan kontaminasi perlu dievaluasi dan tidak langsung digunakan. Setelah matang, larutan disaring dan hanya digunakan melalui pengenceran yang ditetapkan pada uji coba. Penjelasan ini konsisten dengan literatur yang menunjukkan bahwa karakter eco-enzyme dipengaruhi bahan dan kondisi fermentasi (Galintin et al., 2021; Low et al., 2021).



Gambar 3. Contoh *eco-enzyme*, molase, dan bahan edukasi kesehatan lingkungan yang ditampilkan dalam kegiatan.

Tabel 2. Capaian Proses dan Bukti Pelaksanaan Program.

Tahap	Keluaran yang dapat diverifikasi	Bukti	Catatan mutu
Koordinasi dan edukasi	Forum penyuluhan sanitasi, air limbah, drainase, dan <i>eco-enzyme</i> terlaksana.	Dokumentasi kegiatan	Jumlah peserta dan perubahan skor pengetahuan tidak dinyatakan karena daftar hadir dan pretest-posttest tidak tersedia dalam bahan artikel.
Demonstrasi	Contoh <i>eco-enzyme</i> , molase, label, dan petunjuk aplikasi tersedia.	Gambar 4	Bahan pengendali vektor dibedakan tegas dari <i>eco-enzyme</i> .
Partisipasi	Terjadi interaksi antara warga, unsur lokal, dosen, dan mahasiswa KKN.	Gambar 2, 3, dan 5	Keberlanjutan memerlukan penanggung jawab lokal dan jadwal pemeliharaan.
Evaluasi	Batas klaim dan kebutuhan pengujian lanjutan dirumuskan.	Refleksi program	Belum ada data laboratorium sebelum-sesudah, sehingga efektivitas lingkungan belum dapat disimpulkan.

Kegiatan ditutup dengan dokumentasi bersama yang menunjukkan keterlibatan tim KKN, unsur perguruan tinggi, perangkat atau tokoh masyarakat, dan warga. Dokumentasi tersebut tidak digunakan sebagai bukti peningkatan kualitas air, tetapi sebagai bukti keterlaksanaan kolaborasi dan keberadaan komunitas sasaran. Penguatan berikutnya perlu mengubah partisipasi pada acara menjadi mekanisme rutin melalui penanggung jawab, jadwal, logbook, dan indikator pemeliharaan.



Gambar 5. Foto bersama tim KKN Universitas Gresik, mitra desa, dan peserta kegiatan.

4. DISKUSI

Hasil kegiatan memperlihatkan bahwa eco-enzyme efektif digunakan sebagai pintu masuk pendidikan yang menghubungkan sampah organik, sanitasi, dan pemeliharaan lingkungan. Produk yang dapat dilihat dan disentuh membuat isu air limbah yang abstrak menjadi lebih dekat dengan pengalaman rumah tangga. Namun, nilai utama program bukan terletak pada klaim bahwa produk langsung membersihkan drainase, melainkan pada perubahan kerangka berpikir: pengelolaan dimulai dari sumber pencemar, dilanjutkan dengan sarana sanitasi dan pembersihan saluran, kemudian didukung inovasi yang diuji secara terukur.

Secara ilmiah, potensi eco-enzyme berkaitan dengan senyawa organik hasil fermentasi dan aktivitas biokatalitik. Studi pada berbagai matriks menunjukkan kemungkinan penurunan beban organik, perubahan karakter lumpur, atau bantuan degradasi pencemar (Das et al., 2024; Jiang et al., 2022; Sambaraju & Sree Lakshmi, 2020). Penelitian Singh et al. (2025) dan tinjauan Pasalari et al. (2024) memperkuat adanya potensi bioremediasi, tetapi sekaligus menunjukkan kebutuhan kontrol proses. Efek pada limbah tekstil, lumpur, greywater, atau air sungai sintetis tidak dapat langsung digeneralisasi ke drainase desa karena komposisi pencemar dan kondisi hidrauliknya berbeda.

Kehati-hatian sangat penting pada aspek pH. Eco-enzyme umumnya bersifat asam; Yustiani et al. (2023) menemukan bahwa penambahan konsentrasi tertentu dapat memengaruhi pH air. Larutan yang terlalu pekat berpotensi mengganggu kondisi perairan dan aktivitas mikroorganisme pengolah. Oleh sebab itu, program tidak menetapkan dosis universal. Dosis

perlu ditentukan melalui uji skala kecil dengan kontrol, waktu kontak yang jelas, dan pemeriksaan pH. Keputusan penggunaan harus dihentikan apabila terjadi penurunan pH berlebihan, perubahan warna yang tidak dikehendaki, peningkatan bau, atau tanda gangguan biota.

Kegiatan juga mengoreksi kesalahpahaman bahwa drainase dapat dirawat hanya dengan menuangkan cairan tertentu. Saluran yang tersumbat oleh plastik, daun, pasir, lumpur, dan lemak tetap memerlukan pengangkatan fisik. Pembersihan mekanis, pencegahan sampah dari sumber, saringan pada titik masuk, dan kerja bakti terjadwal merupakan intervensi utama. Eco-enzyme, apabila digunakan, hanya ditempatkan sebagai pelengkap uji coba untuk membantu mengendalikan bau atau beban organik tertentu; keberhasilannya harus dibuktikan dengan data, bukan hanya perubahan aroma atau tampilan visual.

Temuan proses pemberdayaan sejalan dengan kajian sanitasi komunitas yang menempatkan partisipasi sebagai faktor penentu keberlanjutan. Nelson et al. (2021) menunjukkan bahwa partisipasi dapat memengaruhi pemanfaatan, pemeliharaan, dan umur layanan WASH, tetapi efeknya bergantung pada desain keterlibatan. Cecilia et al. (2024) menekankan bahwa keberlanjutan fasilitas air limbah berbasis komunitas memerlukan aspek teknis, kelembagaan, sosial, lingkungan, dan ekonomi secara bersamaan. Karena itu, penyuluhan satu kali perlu dilanjutkan dengan penanggung jawab lokal, aturan penggunaan, pencatatan, pembiayaan kecil untuk pemeliharaan, dan hubungan dengan layanan pemerintah.

Data wilayah memberikan dasar untuk menentukan skala tindakan. Dengan 2.533 penduduk dan kepadatan 119 jiwa per hektare, Iker-Iker Geger diarahkan pada SPALD-S. Arahan tersebut berarti pengelolaan setempat perlu memenuhi persyaratan teknis tangki septik atau unit pengolahan terkait dan tidak boleh digantikan oleh pembuangan ke drainase. Edukasi eco-enzyme dapat mendukung perilaku ramah lingkungan, tetapi investasi pada sarana sanitasi aman, penyedotan lumpur tinja, dan perlindungan badan air tetap menjadi prioritas (Arias et al., 2020; Bappeda Kabupaten Gresik, 2025).

Tindak lanjut yang disarankan adalah uji coba terbatas dengan desain sebelum-sesudah dan pembanding. Parameter minimum mencakup pH, BOD, COD, TSS, oksigen terlarut, suhu, bau, dan kondisi aliran. Titik pengambilan sampel, volume, konsentrasi, waktu kontak, cuaca, serta karakter limbah harus dicatat. Pengujian dilakukan melalui laboratorium yang kompeten dan hasilnya dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku. Dengan rancangan tersebut, masyarakat memperoleh pengalaman ilmiah sederhana sekaligus perlindungan dari klaim berlebihan.

Program mempunyai beberapa keterbatasan. Pertama, artikel disusun dari dokumentasi kegiatan dan data sekunder resmi tanpa daftar hadir terverifikasi yang dapat digunakan untuk menyatakan jumlah peserta. Kedua, tidak tersedia instrumen pretest-posttest, sehingga peningkatan pengetahuan tidak dapat dihitung. Ketiga, tidak dilakukan pengujian laboratorium air limbah atau drainase, sehingga penurunan BOD, COD, TSS, atau parameter lain tidak boleh diklaim. Keempat, belum ada pemantauan jangka panjang terhadap jadwal pembersihan saluran dan produksi eco-enzyme rumah tangga. Transparansi atas keterbatasan ini diperlukan agar artikel pengabdian membedakan secara tegas bukti pelaksanaan, perubahan sosial awal, dan efektivitas lingkungan.

5. KESIMPULAN

Program pemberdayaan di Desa Iker-Iker Geger telah menghasilkan forum edukasi partisipatif mengenai keterkaitan air limbah domestik, sampah organik, dan perawatan drainase; memperkenalkan bahan serta prosedur dasar pembuatan eco-enzyme; dan membangun pemahaman bahwa inovasi tersebut hanya berfungsi sebagai pilihan pendukung yang harus digunakan secara hati-hati. Dokumentasi menunjukkan keterlibatan warga, unsur lokal, dosen, dan mahasiswa KKN serta tersedianya contoh produk dan media pembelajaran. Meskipun demikian, kegiatan belum menyediakan pretest-posttest dan data laboratorium sebelum-sesudah, sehingga tidak dapat menyimpulkan peningkatan pengetahuan secara kuantitatif maupun efektivitas eco-enzyme dalam menurunkan pencemar. Keberlanjutan program memerlukan penanggung jawab lokal, jadwal pembersihan fisik drainase, pengendalian sampah dan minyak dari sumber, pencatatan produksi, serta uji coba terbatas dengan pengukuran pH, BOD, COD, TSS, dan oksigen terlarut. Kontribusi utama kegiatan adalah tersusunnya kerangka edukasi yang lebih aman, realistis, dan berbasis bukti untuk menghubungkan pemanfaatan limbah organik dengan pengelolaan sanitasi desa.

REFERENSI

- Arias, A., Rama, M., González-García, S., Feijoo, G., & Moreira, M. T. (2020). Environmental analysis of servicing centralised and decentralised wastewater treatment for population living in neighbourhoods. *Journal of Water Process Engineering*, 37, 101469. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101469>
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015a). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 94, 471–478. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.10.008>

- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015b). Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5, 51421–51427. <https://doi.org/10.1039/C5RA07959D>
- Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kabupaten Gresik. (2025). Rencana Induk Sistem Pengelolaan Air Limbah (RISPAL) Kabupaten Gresik.
- Birkinshaw, M., Grieser, A., & Tan, J. (2021). How does community-managed infrastructure scale up from rural to urban? An example of co-production in community water projects in Northern Pakistan. *Environment and Urbanization*, 33(2), 496–518. <https://doi.org/10.1177/09562478211034853>
- Brazeau-Béliveau, N., & Cloutier, G. (2021). Citizen participation at the micro-community level: The case of the green alley projects in Quebec City. *Cities*, 112, 103065. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103065>
- Cahyadi, R., Kusumaningrum, D., & Abdurrahim, A. Y. (2021). Community-based sanitation as a complementary strategy for the Jakarta Sewerage Development Project: What can we do better? *E3S Web of Conferences*, 249, 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202124901003>
- Cecilia, S., Murayama, T., Nishikizawa, S., & Suwanteep, K. (2024). Stakeholder evaluation of sustainability in a community-led wastewater treatment facility in Jakarta, Indonesia. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 8497–8523. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03056-9>
- Das, S. C., Khan, O., Khadem, A. H., Rahman, M. A., Bedoura, S., Uddin, M. A., & Islam, M. S. (2024). Evaluating the biocatalytic potential of fruit peel-derived eco-enzymes for sustainable textile wastewater treatment. *Results in Engineering*, 21, 101898. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101898>
- Galintin, O., Rasit, N., & Hamzah, S. (2021). Production and characterization of eco enzyme produced from fruit and vegetable wastes and its influence on the aquaculture sludge. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10205–10214. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1020510214>
- Jiang, J., Wang, Y., Yu, D., Hou, R., Ma, X., Liu, J., Cao, Z., Cheng, K., Yan, G., Zhang, C., & Li, Y. (2022). Combined addition of biochar and garbage enzyme improving the humification and succession of fungal community during sewage sludge composting. *Bioresource Technology*, 346, 126344. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126344>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2016). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Khotimah, S. N., Ginting, S. B., Arifaini, N., Mardhotillah, N. A., & Puligadda, L. K. P. (2024). Review: The use of eco-enzymes in greywater treatment. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 6(1), 46–51. <https://doi.org/10.23960/jesr.v6i1.169>
- Low, C. W., Leong, R. L. Z., & Teo, S.-S. (2021). Effective microorganisms in producing eco-enzyme from food waste for wastewater treatment. *Applied Microbiology: Theory & Technology*, 2(1), 28–36. <https://doi.org/10.37256/amtt.212021726>
- Nelson, S., Drabarek, D., Jenkins, A., Negin, J., & Abimbola, S. (2021). How community participation in water and sanitation interventions impacts human health, WASH infrastructure and service longevity in low-income and middle-income countries: A realist review. *BMJ Open*, 11(12), e053320. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021->

[053320](#)

- Pasalari, H., Moosavi, A., Kermani, M., Sharifi, R., & Farzadkia, M. (2024). A systematic review on garbage enzymes and their applications in environmental processes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 277, 116369. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116369>
- Puskás, N., Abunnasr, Y., & Naalbandian, S. (2021). Assessing deeper levels of participation in nature-based solutions in urban landscapes: A literature review of real-world cases. *Landscape and Urban Planning*, 210, 104065. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104065>
- Sambaraju, S., & Sree Lakshmi, V. (2020). Eco-friendly treatment of dairy wastewater using garbage enzyme. *Materials Today: Proceedings*, 33, 650–653. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.719>
- Singh, A. N., Ray, M. R., Mishra, U., Jethwa, K. B., Yadav, N., Shankhwar, N., Chauhan, G. S., & Meshram, K. (2025). Assessment of garbage enzyme as a bioremediation method for the wastewater treatment. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 72(4), 1045–1055. <https://doi.org/10.1002/bab.2720>
- Sunaryo, L. R., Soedarsono, S., & Junaedi, A. (2024). Determinants of the influence of community participation on the sustainability of local system community-based sanitation programs in Temanggung Regency. *E3S Web of Conferences*, 506, 02009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450602009>
- Susilawati, Harahap, R. H., Mulya, M. B., & Andayani, L. S. (2022). Behavior model of community-based sanitation management in coastal areas: Confirmatory factor analysis. *Heliyon*, 8(11), e11756. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11756>
- Tarlani, D., & Ekasari, A. M. (2021). Integrative solutions for the acceleration of open defecation free (ODF) in Bandung City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 830, 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/830/1/012086>
- Yustiani, Y. M., Nugroho, F. L., Murtadho, F. Z., & Djayadisastra, A. T. (2023). Applying eco enzyme to reduce chemical oxygen demand (COD) content of artificial river water. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 55(1), 91–97. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2023.55.1.9>