

“PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH SEBAGAI PUPUK
TANAM ORGANIK DALAM MENDUKUNG PENGURANGAN
SAMPAH DAN ENERGI TERBARUKAN”

Asysyifa Qolbi¹, Melinda Suriani Harefa², Dinda Aprilia³, Dina Nurrahman Mendrofa⁴,
Jeniver P. Manik⁵, Rouli Anastasia Sihombing⁶, Elsa Shelomira Br.Turnip⁷,
Elno Situmorang⁸, Lajuardi Sinulingga⁹

¹Universitas Negeri Medan. E-mail: asysyifa.3243131023@mhs.unimed.ac.id

³Universitas Negeri Medan. E-mail: dindajokam8@gmail.com

⁴Universitas Negeri Medan. E-mail: dinanurrahmayantimendrofa@gmail.com

⁵Universitas Negeri Medan. E-mail: jenivermanik7@gmail.com

⁶Universitas Negeri Medan. E-mail: roulianatasisihombing2904@gmail.com

⁷Universitas Negeri Medan. E-mail: elsaturnip70@gmail.com

⁸Universitas Negeri Medan. E-mail: elnositumorang01@gmail.com

⁹Universitas Negeri Medan. E-mail: lajuardiinfinitix@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Submitted : 2025-12-31

Review : 2025-12-31

Accepted : 2025-12-31

Published : 2025-12-31

KATA KUNCI

Limbah Kulit Buah, Ekoenzim,
Pupuk Organik Cair,
Fermentasi, Energi Terbarukan,
Pengurangan Sampah.

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah kulit buah rumah tangga sebagai pupuk organik cair (ekoenzim) melalui proses fermentasi sederhana selama 21 hari. Limbah kulit buah yang digunakan terdiri dari kulit pisang, jeruk, mangga, jambu, dan buah naga yang kemudian dicampur dengan gula dan EM4 sebagai aktivator mikroba. Pengamatan difokuskan pada perubahan fisik selama fermentasi, meliputi warna, aroma, tekstur, pembentukan gas, dan kondisi larutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung melalui tiga fase utama, yaitu fase adaptasi, fase fermentasi aktif, dan fase stabilisasi atau pematangan. Pada fase awal, warna larutan masih cerah dan aroma buah segar mendominasi, sedangkan tekstur kulit buah masih keras. Memasuki fase fermentasi aktif, warna larutan menggelap, aroma berubah menjadi asam manis, serta gas fermentasi mulai terbentuk. Pada hari ke-21, larutan menunjukkan ciri pupuk matang berupa warna coklat kehitaman, aroma netral, serta tekstur cair dengan sedikit ampas. Proses ini juga memberikan manfaat lingkungan yang signifikan, seperti mengurangi volume sampah organik, menekan emisi gas metana, serta mendukung konsep energi terbarukan berbasis biologis melalui pemanfaatan mikroorganisme dalam penguraian bahan organik. Dengan demikian, pembuatan pupuk organik cair dari limbah kulit buah terbukti efektif, ramah lingkungan, dan dapat diterapkan secara sederhana oleh masyarakat.

PENDAHULUAN

Sampah organik rumah tangga merupakan komponen terbesar dari total timbulan sampah di Indonesia, terutama berasal dari sisa makanan dan kulit buah. Jika tidak dikelola dengan baik, sampah organik dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti bau tidak sedap, pencemaran tanah dan air, serta pelepasan gas metana (CH_4) yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengurangi jumlah sampah organik adalah dengan mengolah limbah kulit buah menjadi pupuk organik cair melalui proses fermentasi sederhana. Pemanfaatan limbah organik melalui fermentasi tidak hanya mendukung upaya pengurangan sampah, tetapi juga sejalan dengan konsep ekonomi sirkular dan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan.

Kulit buah seperti pisang, jeruk, mangga, jambu, dan buah naga mengandung senyawa organik dan mineral penting yang berpotensi menjadi sumber nutrisi bagi tanaman. Kandungan seperti kalium, kalsium, magnesium, serta gula alami dapat diubah menjadi unsur hara melalui aktivitas mikroorganisme. Proses fermentasi menggunakan EM4 memungkinkan bakteri baik seperti *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., dan *Actinomyces* bekerja secara sinergis untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa sederhana yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Fermentasi tersebut merupakan bentuk biokonversi yang memanfaatkan energi biologis alami, sehingga dapat dikategorikan sebagai bagian dari energi terbarukan berbasis hayati.

Meskipun penggunaan pupuk organik cair kian berkembang, pemanfaatan limbah kulit buah sebagai bahan bakunya masih kurang optimal di tingkat rumah tangga. Selain itu, kajian mengenai perubahan fisik fermentasi, manfaat lingkungan, serta relevansinya terhadap konsep energi terbarukan masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mendeskripsikan proses pembuatan pupuk organik dari limbah kulit buah melalui fermentasi sederhana, mengidentifikasi manfaat lingkungan yang dihasilkan, serta menganalisis keterkaitannya dengan energi terbarukan berbasis biologis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan pengelolaan limbah organik rumah tangga yang lebih berkelanjutan dan aplikatif bagi masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dengan metode eksperimen sederhana untuk menghasilkan pupuk organik cair melalui fermentasi limbah kulit buah rumah tangga. Bahan utama terdiri dari kulit pisang, jeruk, mangga, jambu, dan buah naga yang diperoleh dari sisa konsumsi rumah tangga. Bahan tambahan meliputi gula merah sebagai sumber energi bagi mikroorganisme dan EM4 sebagai aktivator yang mengandung mikroba efektif seperti *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., dan *Actinomyces*.

Proses fermentasi dilakukan dengan mencampurkan kulit buah yang telah dicacah, gula merah, dan EM4 ke dalam wadah kedap udara dengan perbandingan 3:1:1. Campuran kemudian ditambahkan air bersih hingga terendam sempurna. Wadah ditutup rapat dan disimpan pada suhu ruang selama 21 hari. Selama fermentasi, dilakukan pengamatan rutin setiap beberapa hari yang mencakup perubahan warna, aroma, tekstur, serta pembentukan gas sebagai indikator aktivitas mikroba. Data dianalisis secara deskriptif berdasarkan perubahan fisik yang terjadi pada setiap fase fermentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan pupuk organik cair (ekoenzim) melalui fermentasi limbah kulit buah selama 21 hari menggunakan EM4 sebagai aktivator mikroba. Proses fermentasi menunjukkan perubahan fisik, kimia, dan biologis yang terjadi secara bertahap, mulai dari fase adaptasi mikroorganisme, fase fermentasi aktif, hingga fase stabilisasi dan pematangan larutan. Setiap perubahan warna, aroma, tekstur, kondisi larutan, serta pembentukan gas memberikan gambaran jelas mengenai dinamika proses dekomposisi yang berjalan.

Limbah kulit buah yang digunakan terdiri dari kulit pisang, kulit jeruk, kulit mangga, kulit jambu, dan kulit buah naga. Kombinasi ini memberikan keragaman nutrisi, pigmen, serta komponen organik yang mempengaruhi kecepatan fermentasi dan kualitas akhir pupuk.

Gambaran Umum Proses Fermentasi

Pada hari pertama, campuran kulit buah, gula merah, EM4, dan air masih berada pada kondisi awal fermentasi. Warna larutan tampak cerah dengan dominasi pigmen merah keunguan dari kulit buah naga. Aroma yang muncul masih berupa bau buah segar, menandakan belum terjadinya aktivitas mikroba yang signifikan. Tekstur keseluruhan kulit buah masih utuh dan keras.

Seiring waktu, terjadi perubahan fisik yang sangat jelas. Warna larutan mengalami penggelapan secara bertahap, dari merah keunguan, coklat keunguan, coklat tua kemerahan, hingga akhirnya coklat gelap kehitaman pada hari ke-21. Aroma yang awalnya segar berubah menjadi asam manis, mirip bau tape, kemudian menurun intensitasnya dan menjadi netral pada fase akhir.

Tekstur bahan yang awalnya keras dan utuh berangsur-angsur menjadi lunak. Pada hari ke-7 sebagian bahan sudah hancur, dan pada hari ke-21 bahan terlarut hampir seluruhnya, menyisakan sedikit ampas halus.

Keseluruhan perubahan ini menegaskan bahwa proses fermentasi berjalan dengan baik, di mana mikroorganisme secara aktif menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Hasil Visual, Aroma dan Tekstur

(1) Warna

- Hari 1–3: Warna merah muda keunguan akibat pigmen betasianin dari kulit buah naga.
- Hari 7–10: Warna menggelap menjadi coklat keunguan, kemudian coklat tua kemerahan.
- Hari 14–21: Warna berubah menjadi coklat gelap kehitaman, menunjukkan pembentukan senyawa humat.

Perubahan warna merupakan indikator kuat adanya transformasi kimia, terutama akibat penguraian pigmen dan karbohidrat menjadi senyawa organik kompleks yang lebih stabil.

(2) Aroma

- Hari 1: Bau segar alami dari bahan buah.
- Hari 3: Bau asam manis ringan mulai muncul.
- Hari 7–10: Bau asam manis kuat, mirip tape atau fermentasi ragi.
- Hari 14–21: Aroma kembali stabil dan menjadi netral.

Aroma netral pada hari akhir adalah tanda fermentasi matang dan mikroba pembusuk telah ditekan oleh dominasi mikroba baik.

(3) Tekstur

- Hari 1: Tekstur keras, serat masih utuh.
- Hari 7: Mulai hancur sebagian.
- Hari 14: Hampir seluruh bagian terurai.
- Hari 21: Bahan berubah menjadi cairan pekat dengan sedikit ampas.

Tabel 1. Perubahan Fisik dan Kimiawi Selama Proses Fermentasi Limbah Kulit Buah

Hari Ke	Perubahan Warna	Bau yang Tercium	Kondisi Tekstur Buah	Keterangan
1	Merah muda keunguan (dominan dari kulit buah naga)	Bau Buah Segar dan Campuran	Masih Utuh dan Keras	Proses fermentasi belum aktif
3	Merah kecoklatan	Mulai muncul bau asam manis ringan	Sedikit Lunak	Awal Pembusukan
7	Coklat keunguan	Bau asam manis cukup kuat, mirip tape	Hancur Sebagian	Fermentasi aktif berlangsung
10	Coklat tua kemerahan	Bau asam kuat, muncul sedikit gas fermentasi	Hampir seluruh bahan lunak	Penguraian optimal
14	Coklat gelap	Bau mulai berkurang dan lebih stabil	Hampir seluruh bahan terurai	Pembusukan lanjut
21	Coklat tua kehitaman (mirip kopi)	Bau netral, tidak menyengat	Cair dengan sedikit ampas halus	Fermentasi selesai, pupuk siap digunakan

Fermentasi selama 21 hari menghasilkan pupuk cair berwarna coklat tua kehitaman dan tidak berbau busuk, menandakan dekomposisi sempurna dan kestabilan biokimia bahan.

Pembahasan

Proses fermentasi ekoenzim menghasilkan perubahan yang dapat dijelaskan secara biologis, kimiawi, dan visual. Secara garis besar, fermentasi berlangsung dalam tiga fase utama:

1. Fase Adaptasi (Hari 1–3)
2. Fase Fermentasi Aktif (Hari 7–10)
3. Fase Stabilisasi dan Pematangan (Hari 14–21)

Setiap fase menunjukkan dinamika mikroorganisme, reaksi kimia, serta perubahan fisik bahan organik.

Fase Adaptasi (Hari 1–3): Awal Pembusukan Terencana

Pada tahap awal, mikroorganisme dari EM4 seperti *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp., dan *Actinomyces* mulai menyesuaikan diri dengan lingkungan baru. Kondisi pH, kadar gula, ketersediaan oksigen, dan komposisi bahan organik mempengaruhi proses adaptasi.

Temuan pada fase ini:

- Warna merah keunguan masih dominan.
- Tekstur kulit buah masih keras.
- Aroma mulai berubah menjadi asam manis ringan.

Analisis ilmiah:

- Mikroba belum mencapai puncak aktivitas.
- Gula merah mulai terurai menjadi glukosa, sumber energi pertama bagi mikroba.
- Ragi mulai menghasilkan alkohol dalam jumlah kecil.

Menurut Higa (1991), fase ini sangat penting karena menentukan keberhasilan fermentasi selanjutnya.

Fase Fermentasi Aktif (Hari 7–10): Puncak Aktivitas Mikroba

Ini merupakan fase inti fermentasi, ditandai dengan perubahan yang paling jelas.

Temuan:

- Warna berubah menjadi coklat keunguan → coklat tua kemerahan.
- Gas fermentasi muncul (gelembung CO₂).
- Aroma asam manis kuat.
- Tekstur bahan menjadi sangat lunak.

Analisis mikrobiologi:

- *Lactobacillus* sp. mendominasi dengan menghasilkan asam laktat.
- *Saccharomyces* sp. memfermentasi gula menjadi alkohol & CO₂.
- *Actinomyces* mulai memecah selulosa dan lignin (serat keras).
- Enzim pengurai seperti selulase, amilase, dan protease bekerja optimal.

Menurut Sutanto (2019), penggelapan warna pada fase ini menunjukkan peningkatan senyawa humat dan proses dekomposisi berjalan baik.

Fase Stabilisasi (Hari 14): Bahan Menjadi Homogen

Pada tahap ini bahan hampir seluruhnya terurai menjadi bubur lembek.

Analisis:

- Populasi mikroba mencapai keseimbangan.
- Gula mulai menipis, sehingga produksi gas menurun.
- Pembentukan senyawa humat dan fulvat makin dominan.
- Aroma asam mulai berkurang karena fermentasi memasuki tahap penutupan.

Fase Kematangan (Hari 21): Pupuk Siap Digunakan

Fase ini menunjukkan bahwa fermentasi selesai dan larutan telah stabil.

Ciri pupuk matang:

- Warna coklat kehitaman.
- Bau netral dan tidak busuk.
- Tekstur cair dan homogen.
- Ampas hanya sedikit.

Analisis ilmiah:

- Bahan organik telah terurai menjadi unsur sederhana seperti:
- Asam amino
- Asam organik
- Kalium, kalsium, magnesium
- Senyawa humat

Kondisi ini menandakan dominasi “regenerative microbes” sesuai teori EM (Higa).

Peran Setiap Jenis Kulit Buah

Kombinasi kulit buah memberikan keunggulan nutrisi:

Kulit Pisang

- Tinggi kalium → memperkuat batang dan akar.
- Mengandung magnesium → penting untuk klorofil.

Kulit Jeruk

- Kaya kalsium.
- Mengandung limonene → antijamur alami.
- Kulit Mangga & Jambu
- Kaya gula → mempercepat fermentasi.

- Memicu pembentukan asam organik.

Kulit Buah Naga

- Mengandung betasianin → warna awal larutan.
- Mengandung mineral mikro seperti Fe dan Mg.

Keragaman bahan ini membuat pupuk lebih seimbang dibanding hanya satu jenis kulit buah.

Manfaat Lingkungan dari Pemanfaatan Limbah Kulit Buah

1. Mengurangi Timbulan Sampah Organik Rumah Tangga

Sampah organik, terutama kulit buah, merupakan salah satu penyumbang terbesar volume sampah rumah tangga di Indonesia. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah organik dapat menimbulkan bau, menjadi sarang lalat, serta menghasilkan gas metana (CH_4) yang berkontribusi pada pemanasan global. Dengan mengolah kulit buah menjadi pupuk organik, jumlah sampah yang dibuang ke lingkungan dapat berkurang hingga 30–40%.

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK, 2022), pengelolaan limbah organik melalui daur ulang seperti komposting atau fermentasi dapat menekan volume sampah nasional dan mendukung program Zero Waste Lifestyle. Hal ini menunjukkan bahwa inovasi sederhana seperti fermentasi kulit buah memiliki potensi nyata dalam mengurangi beban TPA dan memperpanjang umur tempat pembuangan akhir.

2. Mengurangi Ketergantungan Terhadap Pupuk Kimia

Pupuk kimia yang banyak digunakan dalam pertanian konvensional sering kali menyebabkan penurunan kualitas tanah akibat akumulasi zat sintetis dan garam mineral. Dengan adanya pupuk organik dari kulit buah, masyarakat dapat menggantikan sebagian atau seluruh penggunaan pupuk kimia, terutama untuk tanaman pekarangan atau hortikultura skala kecil. Selain itu, pupuk organik hasil fermentasi kulit buah memiliki keunggulan karena memperbaiki struktur tanah dan aktivitas mikroba, yang berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah (Sutanto, 2019). Penggunaan berulang pupuk organik dapat meningkatkan daya serap air dan menurunkan risiko erosi, sehingga lebih ramah terhadap lingkungan jangka panjang.

3. Menurunkan Risiko Pencemaran Lingkungan

Limbah organik yang menumpuk tanpa pengelolaan dapat mencemari air dan tanah akibat proses pembusukan anaerobik yang menghasilkan cairan lindi (leachate). Namun, dengan memanfaatkan kulit buah sebagai bahan pupuk, risiko pencemaran air tanah dan udara dapat ditekan secara signifikan. Cairan hasil fermentasi dalam penelitian ini juga tidak menimbulkan bau busuk kuat, melainkan aroma asam ringan yang menunjukkan fermentasi aktif dan stabil ini berarti prosesnya ramah lingkungan dan tidak mencemari udara sekitar.

4. Mendukung Pemberdayaan Dan Kemandirian Lingkungan

Selain manfaat ekologis, kegiatan ini juga memberi dampak sosial-lingkungan, yaitu meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah rumah tangga. Pemanfaatan limbah kulit buah menjadi pupuk organik merupakan bentuk penerapan prinsip *reduce, reuse, recycle* (3R) yang mudah dilakukan oleh masyarakat tanpa perlu alat khusus. Dengan begitu, rumah tangga dapat berkontribusi langsung terhadap pelestarian lingkungan sekaligus memperoleh manfaat ekonomi berupa penghematan biaya pupuk.

Hubungan Pemanfaatan Limbah Kulit dengan Energi Terbarukan

Pemanfaatan limbah kulit buah sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik memiliki hubungan erat dengan konsep energi terbarukan berbasis biologis (bio-based renewable energy). Hubungan ini terlihat dari proses alami yang terjadi selama fermentasi dan dari prinsip keberlanjutan sumber daya yang digunakan.

1. Proses Biologis Fermentasi Sebagai Bentuk Energi Terbarukan

Selama proses fermentasi limbah kulit buah, terjadi aktivitas mikroorganisme (seperti *Lactobacillus*, *Saccharomyces*, dan *Rhodopseudomonas* dalam EM4) yang menguraikan bahan organik menjadi senyawa sederhana. Proses ini menghasilkan energi biologis dalam bentuk panas dan gas biologis seperti CO₂ dan CH₄, yang merupakan hasil metabolisme alami mikroba.

2. Sumber Daya yang dapat Diperbaharui

Kulit buah sebagai bahan baku utama pupuk organik berasal dari sisa konsumsi harian rumah tangga, yang terus tersedia dan dapat diperbaharui setiap hari. Tidak seperti bahan bakar fosil, yang membutuhkan waktu jutaan tahun untuk terbentuk, bahan organik seperti kulit buah dapat diperoleh secara cepat dari aktivitas manusia sehari-hari. Oleh karena itu, pengolahan limbah kulit buah menjadi pupuk bukan hanya sekadar pengelolaan sampah, tetapi juga merupakan bentuk pemanfaatan sumber energi biologis berkelanjutan. Energi biologis ini mendukung siklus tertutup (closed-loop cycle), di mana limbah kembali menjadi sumber energi dan nutrisi baru bagi tanaman.

3. Keterkaitan dengan Ekonomi Sirkular

Pengelolaan limbah kulit buah juga selaras dengan konsep ekonomi sirkular berbasis bioteknologi (circular bioeconomy). Dalam sistem ini, setiap limbah biologis tidak dibuang begitu saja, tetapi diolah kembali menjadi sumber daya baru yang bermanfaat, baik dalam bentuk pupuk, energi, maupun bahan baku industri hijau. Dengan demikian, pemanfaatan limbah kulit buah berkontribusi langsung terhadap efisiensi energi dan sumber daya alam karena seluruh bahan diproses kembali dalam siklus biologis yang alami. Proses ini menjadi contoh nyata penerapan energi terbarukan berbasis hayati di tingkat rumah tangga.¹

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pembuatan pupuk organik cair (ekoenzim) dari limbah kulit buah rumah tangga, maka kesimpulan yang dapat diperoleh sesuai tiga rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan pupuk organik dari limbah kulit buah rumah tangga berlangsung baik melalui fermentasi sederhana selama 21 hari.

Fermentasi menggunakan EM4 menunjukkan tiga fase utama, yaitu fase adaptasi, fase fermentasi aktif, dan fase stabilisasi. Selama proses ini terjadi perubahan warna (merah keunguan menjadi coklat kehitaman), perubahan aroma (segar → asam manis → netral), serta perubahan tekstur (keras → lunak → terurai menjadi cair). Perubahan tersebut menandakan aktivitas mikroorganisme yang efektif dalam menguraikan kulit buah menjadi larutan organik siap pakai.

¹ Roffina, "Upaya Meningkatkan Hasil Belajar PAI Materi Praktik Shalat Dengan Metode Demonstrasi Pada Siswa UPT SMPN 1 Batang Kapas," *Jurnal Pendidikan Kolaboratif* |ISSN 02, no. 02 (2025): 356–62.

2. Pemanfaatan limbah kulit buah memberikan manfaat lingkungan yang signifikan.

Pengolahan limbah menjadi pupuk organik dapat mengurangi volume sampah rumah tangga, menekan timbunan gas metana, serta mengurangi risiko pencemaran air dan tanah akibat pembusukan sampah. Selain itu, penggunaan pupuk organik membantu menurunkan ketergantungan pada pupuk kimia, memperbaiki struktur dan kesehatan tanah, serta mendukung sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan.

3. Pemanfaatan limbah kulit buah memiliki hubungan erat dengan konsep energi terbarukan berbasis biologis.

Proses fermentasi memanfaatkan energi biologis dari aktivitas mikroorganisme yang terus-menerus dapat diperbarui. Kulit buah sebagai bahan baku merupakan sumber daya hayati yang tersedia setiap hari, sehingga pengolahannya mencerminkan prinsip energi terbarukan dan ekonomi sirkular. Siklus ini menciptakan closed-loop system, di mana limbah kembali menjadi sumber nutrisi baru bagi tanaman tanpa menghasilkan residu berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023. Jakarta: BPS RI.
- Higa, T. (1991). *Effective Microorganisms: Their Role in Sustainable Agriculture and Environment*. Atami, Japan: University of the Ryukyus Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023). Laporan Kinerja Pengelolaan Sampah Nasional Tahun 2023. Jakarta: Direktorat Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3.
- Kumar, S., Verma, D., & Singh, R. (2020). Fruit and Vegetable Peels: Utilization of High Value Products. *Journal of Food Biochemistry*, 44(2), e13145.
- Răpă, M., Matei, E., & Dima, Ș. (2024). Valorization of Organic Waste into Bio-based Materials and Renewable Energy Resources: A Sustainable Approach. *Environmental Research and Technology*, 12(1), 55–72.
- Sutanto, R. (2019). *Pertanian Organik: Menuju Pertanian Alternatif dan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Suprpto, H., & Nugroho, W. (2021). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Pupuk Cair Organik Ramah Lingkungan. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 10(3), 152–160.
- Wahyudi, D., & Nuraini, T. (2022). Analisis Potensi Energi Terbarukan Berbasis Limbah Organik Rumah Tangga. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 13(1), 45–53.
- Yuliana, R., & Purnama, A. (2020). Pengaruh Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 11(2), 87–95.
- Zulkifli, A. (2023). Pengolahan Sampah Organik Rumah Tangga menjadi Pupuk Cair Fermentasi. *Jurnal Lingkungan dan Teknologi*, 5(1), 25-33.