

PEMBERDAYAAN PRODUKSI SABUN CUCI TANGAN BERBAHAN *ECO-ENZYME* HASIL PENGOLAHAN LIMBAH RUMAH TANGGA DI TPPKK DESA PUGERAN, KABUPATEN KLATEN

Narendra Dzaki Ramadhan^{1*}, Lintang Bagas Pangayom², Septerizal Sirait³, Jesica Manda Prianto⁴, Addila Arrofa’hiya Tri Atqiyani⁵, Muhammad Humam Faiz⁶, Jidan Maulana⁷, Hanari Rafina Azahra⁸, Khabibi⁹, Sunarno¹⁰, Muhammad Luqman Hakim¹¹, Adnan Fauzi¹², Fiya Auliya Lestari¹³

¹²⁵⁶⁷⁸¹²Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³⁴⁹¹⁰¹¹¹³Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*Email: khabibi@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Pengelolaan limbah rumah tangga organik masih menjadi permasalahan lingkungan di tingkat desa, khususnya akibat minimnya pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai guna. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah pengolahan limbah organik menjadi eco-enzyme yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada produk ramah lingkungan. Kegiatan pengabdian melalui Program Kerja Multidisiplin 1 Kuliah Kerja Nyata Tim 28 Universitas Diponegoro ini bertujuan untuk memberdayakan TPPKK Desa Pugeran, Kabupaten Klaten, melalui produksi sabun cuci tangan dengan tambahan eco-enzyme hasil pengolahan limbah rumah tangga. Metode yang digunakan meliputi sosialisasi, demonstrasi pembuatan eco-enzyme dan sabun cuci tangan, pendampingan praktik, serta diskusi dan tanya jawab. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa peserta memperoleh pemahaman mengenai pengolahan limbah organik, proses pembuatan eco-enzyme, dan penerapannya dalam pembuatan sabun cuci tangan. Kegiatan ini juga memperkenalkan pemanfaatan residu eco-enzyme dan pengembangan produk bernilai guna bagi kelompok TPPKK. Dengan demikian, program ini berpotensi mendukung pengurangan limbah rumah tangga serta penguatan kapasitas masyarakat dalam mengembangkan produk berbasis sumber daya lokal.

Kata kunci: *eco-enzyme, limbah rumah tangga, sabun cuci tangan.*

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah rumah tangga organik merupakan isu lingkungan yang masih belum tertangani secara optimal, khususnya di wilayah pedesaan. Limbah organik berupa sisa buah dan sayuran umumnya dibuang tanpa pengolahan lanjutan, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan beban lingkungan dan potensi gangguan kesehatan masyarakat (Arun & Sivashanmugam, 2015). Minimnya keterampilan pengolahan limbah di tingkat rumah tangga menyebabkan limbah organik belum dimanfaatkan sebagai sumber daya yang bernilai guna.

Salah satu pendekatan pengelolaan limbah organik yang sederhana dan aplikatif adalah pemanfaatan *eco-enzyme*. *Eco-enzyme* merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik dengan penambahan gula dan air yang menghasilkan senyawa bioaktif berupa enzim dan asam organik (Nazim & Meera, 2017). Beberapa penelitian melaporkan bahwa *eco-enzyme* memiliki potensi sebagai agen pembersih alami, pengurang bau, serta bahan pendukung dalam produk kebersihan rumah tangga (Arun & Sivashanmugam, 2015; Hemalatha & Visantini, 2020).

Dalam konteks produk kebersihan, pemanfaatan *eco-enzyme* sebagai bahan tambahan pada sabun cuci tangan menjadi alternatif inovatif yang relevan. Hemalatha dan Visantini (2020) menjelaskan bahwa penambahan *eco-enzyme* pada produk pembersih dapat membantu proses penguraian kotoran dan bau, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis dalam jumlah besar. Meskipun *eco-enzyme* tidak berfungsi sebagai surfaktan utama, keberadaannya berperan sebagai agen pendukung yang meningkatkan efisiensi pembersihan dan aspek ramah lingkungan.

Di sisi lain, pengembangan produk berbasis *eco-enzyme* juga memiliki dimensi sosial dan ekonomi yang penting. Beberapa program pengabdian masyarakat menunjukkan bahwa pelatihan pembuatan produk kebersihan berbasis *eco-enzyme* mampu meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan limbah rumah tangga (Nofitasari et al., 2025; Maryanah & Muflihah, 2025). Namun, sebagian besar kegiatan tersebut masih berfokus pada aspek pelatihan teknis, sementara penguatan pada pemanfaatan *eco-enzyme* sebagai produk bernilai ekonomi berbasis kelompok masyarakat belum banyak dilaporkan.

Desa Pugeran, Kabupaten Klaten, memiliki potensi sumber daya manusia yang aktif melalui kelompok Tim Penggerak Pemberdayaan dan Kesejahteraan Keluarga (TPPKK). Meskipun demikian, pemanfaatan limbah rumah tangga organik di wilayah tersebut masih terbatas dan belum diarahkan pada pengembangan produk kebersihan yang bernilai tambah. Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian masyarakat

melalui program Kuliah Kerja Nyata (KKN) ini bertujuan untuk memberdayakan TPPKK Desa Pugeran dalam memproduksi sabun cuci tangan dengan tambahan *eco-enzyme* hasil pengolahan limbah rumah tangga. Program ini tidak hanya berorientasi pada aspek lingkungan, tetapi juga pada penguatan kapasitas masyarakat dalam menghasilkan produk ramah lingkungan yang berpotensi dikembangkan secara berkelanjutan.

2. METODE PENGABDIAN

Kegiatan Sosialisasi dan Demonstrasi Program Multidisiplin 1 dengan judul “Pemberdayaan Produksi Sabun Cuci Tangan berbahan *eco-enzyme* dari Limbah Organik Rumah Tangga” dilaksanakan pada 17 Januari 2026 di Balai Desa Pugeran, Kecamatan Karangdowo, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, dengan sasaran utama anggota TPPKK Desa Pugeran. Kegiatan dilaksanakan pada pukul 15.00–18.00 WIB dan melibatkan anggota TPPKK sebagai peserta. Pendekatan yang digunakan adalah edukatif-partisipatif dengan mengedepankan interaksi langsung, penyampaian materi, demonstrasi proses produksi, serta penggunaan media edukasi visual.

Pelaksanaan program terdiri atas tahap persiapan dan pelaksanaan. Pada tahap persiapan, Kelompok 2 KKN-T Tim 28 Universitas Diponegoro menyusun bahan materi, menyiapkan demonstrasi, serta melakukan perizinan dengan Kepala Desa dan Ketua TPPKK. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan edukatif dan partisipatif melalui kombinasi penyuluhan serta praktik langsung. Kegiatan diawali dengan persiapan *eco-enzyme* sebagai bahan yang diperoleh dari fermentasi limbah organik rumah tangga berupa sisa buah dan sayur. Selanjutnya, dilakukan edukasi mengenai konsep *eco-enzyme*, proses pembuatannya, serta pemanfaatannya sebagai bahan ramah lingkungan. Penyampaian materi dilanjutkan dengan penjelasan Standar Operasional Prosedur (SOP) produksi sabun cuci tangan berbahan *eco-enzyme*, meliputi fungsi bahan, tahapan proses, serta aspek kebersihan dan keselamatan selama produksi.

Tahap inti kegiatan dilakukan melalui demonstrasi dan praktik pembuatan sabun cuci tangan cair berbahan *eco-enzyme* dengan melibatkan peserta secara langsung. Proses meliputi pencampuran bahan sesuai formulasi, pengadukan hingga homogen, serta pengenalan teknik sederhana untuk menjaga konsistensi proses produksi. Sebagai pengembangan produk, peserta juga diberikan pemaparan dan demonstrasi pembuatan essential oil alami dan pewarna alami dari bahan yang mudah diperoleh di lingkungan sekitar. Selanjutnya, dipamerkan dispenser sabun cair otomatis hasil modifikasi untuk mempermudah kegiatan mencuci tangan dan meminimalkan kontak langsung dengan dispenser. Kegiatan diakhiri dengan diskusi dan tanya jawab mengenai pemanfaatan *eco-enzyme* sebagai bahan pendukung produk kebersihan ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan sosialisasi dan demonstrasi dilaksanakan secara tatap muka pada Sabtu, 17 Januari 2026 di Balai Desa Pugeran, Kecamatan Karangdowo, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, dengan sasaran utama anggota TPPKK Desa Pugeran. Pembuatan *eco-enzyme* memerlukan waktu fermentasi sekitar tiga bulan hingga siap dipanen. Oleh karena itu, Kelompok 2 KKN-T Tim 28 Universitas Diponegoro menyiapkan sampel produk akhir *eco-enzyme* untuk diperlihatkan kepada peserta. Kegiatan diawali dengan sosialisasi materi dan SOP produksi (Gambar 3.1), dilanjutkan dengan demonstrasi pembuatan sabun cair *eco-enzyme* (Gambar 3.2), pemaparan materi dan demonstrasi pembuatan pewangi serta pewarna alami yang dapat diperoleh dari lingkungan sekitar (Gambar 3.3 dan Gambar 3.4). Selanjutnya, dipamerkan dispenser sabun cair otomatis untuk mendukung kegiatan cuci tangan (Gambar 3.5). Kegiatan juga dilengkapi dengan penyampaian materi mengenai pemanfaatan residu *eco-enzyme* menjadi produk bernilai guna (Gambar 3.6).



Gambar 3.1 Sosialisasi materi & SOP produksi



Gambar 3.2 Demonstrasi pembuatan sabun



Gambar 3.3 Sosialisasi materi pewangi & pewarna alami



Gambar 3.4 Demonstrasi pemberian pewangi & pewarna alami



Gambar 3.5 Demonstrasi dispenser sabun otomatis



Gambar 3.6 Sosialisasi pemanfaatan limbah *eco enzym* menjadi produk bernilai guna

3.1 Sosialisasi Komposisi dan SOP

Dalam membuat sabun cair ramah lingkungan berbasis *eco-enzyme* dengan kapasitas 1 liter, bahan yang dibutuhkan adalah castor oil 20 gram, *olive oil* 160 gram, palm oil 120 gram, KOH 65 gram, NaOH 18 gram, air amidis 125 gram, *eco-enzyme* 125 gram. Sedangkan alat yang dibutuhkan baskom tahan panas untuk kapasitas 1 liter, *soled*, *hand blender*, *thinwall*, dan sendok.

Standar Operasi Proses (SOP) merupakan instruksi kerja yang perlu diterapkan untuk mendukung mutu, keamanan, dan konsistensi produk serta mengurangi risiko kecelakaan kerja. Paparan SOP diawali dengan penjelasan mengenai definisi dan tujuan penerapannya dalam proses produksi. Karena proses pembuatan sabun melibatkan NaOH dan KOH yang bersifat korosif, penggunaan alat pelindung diri perlu diperhatikan, termasuk

sarung tangan yang sesuai, masker, dan pelindung mata, serta pelaksanaan proses di area dengan ventilasi yang memadai. Peserta juga diberikan penjelasan mengenai tindakan awal apabila terjadi paparan bahan kimia. Jika bahan mengenai kulit atau mata, bagian yang terpapar perlu segera dibilas menggunakan air mengalir dalam jumlah cukup. Jika uap atau bahan terhirup dan menimbulkan keluhan, orang yang terpapar perlu segera berpindah ke area dengan udara segar dan memperoleh penanganan lebih lanjut apabila keluhan berlanjut. Sosialisasi SOP menjadi bagian penting agar warga Desa Pugeran memahami risiko proses kerja dan prinsip produksi yang lebih aman, konsisten, dan efisien.

3.2 Langkah Pembuatan Sabun Cair *Eco-enzyme*

Alur produksi pembuatan *eco-enzyme* dan produk sabun cair dari *eco-enzyme* yang telah didemonstrasikan di hadapan ibu-ibu TPPKK Desa Pugeran adalah sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan

Dalam membuat sabun cair ramah lingkungan berbasis *eco-enzyme* dengan kapasitas 1 liter, bahan yang dibutuhkan adalah *castor oil* 20 gram, olive oil 160 gram, *palm oil* 120 gram, KOH 65 gram, NaOH 18 gram, air amidis 125 gram, *eco-enzyme* 125 gram. Sedangkan alat yang dibutuhkan baskom tahan panas untuk kapasitas 1 liter, *soled*, *hand blender*, *thinwall*, dan sendok.

2. Proses produksi

Proses pembuatan pasta sabun diawali dengan menyiapkan wadah tahan panas dan area kerja dengan ventilasi yang memadai. Air demineralisasi (aquadest/amidis) dimasukkan ke dalam wadah, kemudian natrium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) ditambahkan secara bertahap ke dalam air sambil diaduk dengan hati-hati hingga seluruh alkali larut sempurna. Pada wadah terpisah yang juga tahan panas, minyak ditimbang dan diaduk hingga homogen. Selama penanganan larutan alkali, kontak langsung dengan kulit dan mata harus dihindari dan alat pelindung diri digunakan sesuai SOP.

Larutan NaOH dan KOH selanjutnya dituangkan ke dalam minyak secara perlahan, kemudian campuran diaduk secara manual hingga tercampur merata. Setelah itu, pengadukan dilanjutkan menggunakan mixer atau *stick blender* secara bergantian dengan pengadukan manual selama kurang lebih lima menit hingga mencapai kondisi *light trace*. Adonan kemudian didiamkan selama sekitar 15 menit sampai mulai mengental.

Tahap berikutnya dilakukan dengan mengaduk kembali adonan sabun menggunakan *hand blender* secara bergantian dengan pengadukan manual selama ± 5 menit. Pada fase ini, adonan akan mengalami pemisahan antara fase minyak dan adonan sabun. Namun, pengadukan tetap dilanjutkan hingga kedua fase tersebut menyatu kembali. Proses pengadukan diteruskan hingga adonan semakin kental.

Apabila adonan telah tampak bening, produk tidak langsung diuji pada kulit. Jika adonan belum bening, proses didiamkan kembali selama beberapa jam hingga transparansi tercapai. Selanjutnya, wadah ditutup menggunakan plastik wrap dan adonan didiamkan selama 12–24 jam. Pada akhir proses ini, pasta sabun akan berwarna kuning keemasan. Sebelum digunakan pada kulit, produk perlu dipastikan telah menyelesaikan proses saponifikasi dan karakteristik dasarnya, terutama pH, diperiksa terlebih dahulu.

Pelarutan pasta sabun dilakukan dengan perbandingan pasta sabun dan air demineralisasi sebesar 1:1 hingga 1:1,5, menyesuaikan tingkat kekentalan produk yang diinginkan. Pasta sabun dimasukkan ke dalam wadah, kemudian ditambahkan air demineralisasi sesuai rasio yang telah ditentukan. Campuran dibiarkan semalaman hingga pasta larut secara sempurna. Setelah proses pelarutan selesai, dapat ditambahkan *essential oil* sesuai kebutuhan untuk memberikan aroma. Produk sabun cair kemudian dikemas ke dalam botol kemasan yang telah disiapkan.

3.3 Penambahan Pewangi dan Pewarna Alami Sabun Cuci Tangan *Eco-enzyme*

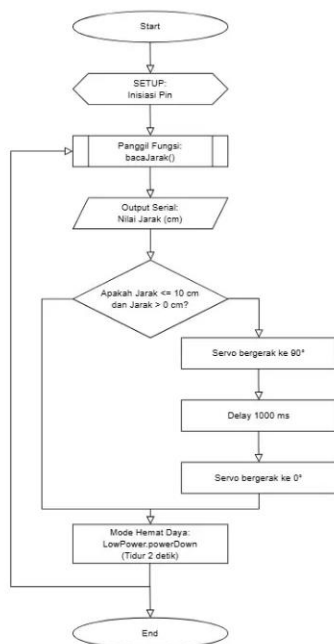
Penggunaan bahan alami dalam formulasi produk kebersihan semakin dikembangkan sebagai upaya mengurangi dampak negatif bahan kimia sintetis terhadap lingkungan dan kesehatan. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan pewangi dan pewarna alami dalam pembuatan sabun cuci tangan berbasis *eco-enzyme*.

Pewangi alami dapat dimanfaatkan dari bahan lokal yang mudah diperoleh masyarakat. Ekstraksi aroma dilakukan dengan metode maserasi, yaitu daun jeruk segar dicuci bersih, dicacah halus untuk memperbesar luas permukaan, kemudian direndam dalam pelarut etanol selama beberapa waktu agar senyawa volatil dan komponen aromatik larut secara optimal. Larutan hasil maserasi selanjutnya disaring untuk memisahkan ampas daun, kemudian dilakukan proses penguapan secara perlahan guna menghilangkan pelarut sehingga diperoleh ekstrak pekat beraroma khas daun jeruk. Ekstrak ini dimanfaatkan sebagai pewangi alami dalam formulasi sabun cair, yang tidak hanya memberikan aroma segar dan menenangkan, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan pewangi sintetis serta mendukung konsep produk kebersihan yang lebih ramah lingkungan dan berbasis sumber daya lokal.

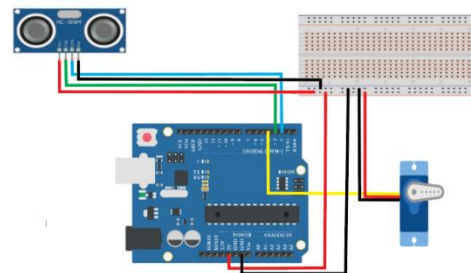
Sebagai pelengkap formulasi, modifikasi juga dilakukan pada warna produk dengan memanfaatkan sumber pewarna alami yang mudah diperoleh. Salah satu bahan yang digunakan sebagai pewarna alami pada sabun cuci tangan berbasis *eco-enzyme* adalah kopi. Ekstrak kopi diperoleh dengan menyeduh bubuk kopi menggunakan air panas, kemudian disaring untuk memisahkan ampas sehingga dihasilkan larutan berwarna coklat alami. Larutan ini selanjutnya ditambahkan ke dalam formulasi sabun *eco-enzyme* sebagai agen pewarna. Konsentrasi ekstrak kopi yang digunakan pada kegiatan ini sebesar 5–10% (v/v) dari total volume sabun dan menghasilkan warna coklat pada produk. Pengaruh penambahan ekstrak kopi terhadap viskositas, aroma, kemampuan pembersihan, stabilitas, dan keamanan kulit belum diuji secara kuantitatif dalam kegiatan ini. Penggunaan bahan lokal tersebut diperkenalkan sebagai alternatif untuk mendukung pengembangan produk berbasis sumber daya yang mudah diperoleh masyarakat.

3.4 Prototype Dispenser Sabun Cuci Tangan Otomatis

Pengenalan dispenser cuci tangan otomatis berbasis Arduino Uno dimulai dengan pemaparan latar belakang pengembangan sebagai upaya meminimalkan kontak langsung dengan permukaan dispenser. Alat dirancang agar sabun dapat dikeluarkan tanpa menekan pompa secara manual, sehingga pengguna tidak perlu menyentuh permukaan dispenser pada saat pengoperasian.



Gambar 3.7 Diagram alir sistem



Gambar 3.8 Wiring system sensor



Gambar 3.9 Tampak depan dispenser



Gambar 3.10 Tampak bawah dengan sensor ultrasonik dan nozzle

Berdasarkan Gambar 3.8 sistem dispenser sabun cuci tangan otomatis dirancang menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengendali utama yang diintegrasikan dengan sensor ultrasonik HC-

SR04 sebagai pendeteksi keberadaan tangan pengguna dan motor servo MG996R sebagai aktuator untuk mendorong *nozzle* dispenser sabun.

Arduino sebagai pusat kendali mengirimkan pulsa ke pin TrigPin 3 pada HC-SR04 untuk memicu pemancaran gelombang ultrasonik. Gelombang tersebut dipantulkan oleh objek di depan sensor yang berupa tangan pengguna dan diterima kembali dengan rumus:

$$Jarak = \frac{v \times t}{2}$$

Kemudian HC-SR04 mengirimkan sinyal EchoPin 2 ke Arduino dengan durasi yang menunjukkan jarak objek. Arduino mengolah data jarak ini, lalu mengirimkan sinyal PWM ke motor servo. Berdasarkan sinyal tersebut, servo bergerak menekan *nozzle* sehingga air sabun keluar. Ketika jarak tangan berada pada rentang 1 cm hingga 10 cm, kondisi keluaran sistem bernilai *High*. Sebaliknya, ketika jarak tangan berada pada rentang 11 cm hingga 15 cm, kondisi keluaran berubah menjadi *Low*. Pada jarak ini, objek dianggap berada di luar batas deteksi efektif yang telah ditentukan oleh sistem. Oleh karena itu, Arduino Uno memberikan logika *Low* sebagai penanda bahwa tidak ada objek yang cukup dekat untuk memicu aksi lanjutan.

3.5 Pemanfaatan Limbah *Eco-enzyme*

Proses penyaringan *eco-enzyme* menghasilkan residu padat berupa ampas kulit buah dan sayuran yang selama ini sering dianggap sebagai limbah. Namun demikian, hasil pengamatan menunjukkan bahwa residu padat tersebut masih mengandung bahan organik terfermentasi dan mikroorganisme yang berpotensi dimanfaatkan kembali. Oleh karena itu, pada kegiatan ini limbah *eco-enzyme* tidak dibuang, melainkan diolah menjadi produk bernilai guna sebagai upaya pengelolaan limbah berbasis rumah tangga yang berkelanjutan.

Pemanfaatan residu *eco-enzyme* dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pengolahan menjadi kompos organik dan pemanfaatan sebagai bahan pengisi bantalan yang pada kegiatan ini diperkenalkan sebagai “bantalan *eco-enzyme*”. Ampas *eco-enzyme* yang telah melalui proses fermentasi memiliki tekstur yang lebih lunak dan aroma asam ringan sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan organik. Pada pemanfaatan sebagai kompos, hasil yang diperoleh diamati secara fisik berdasarkan warna, tekstur, dan aroma. Penilaian mutu kompos secara kimia maupun biologis belum dilakukan dalam kegiatan ini.

Selain dimanfaatkan sebagai kompos, residu padat *eco-enzyme* juga diolah menjadi bahan pengisi bantalan melalui proses pengeringan dan pembungkusan menggunakan kain atau plastik vacuum. Produk tersebut diperkenalkan sebagai salah satu bentuk pemanfaatan residu agar tidak langsung dibuang. Kegiatan ini tidak melakukan pengujian manfaat kesehatan, sehingga produk tidak dinyatakan sebagai produk medis maupun terapi dan pemanfaatannya dibatasi sebagai produk berbasis pengalaman empiris masyarakat.

Secara keseluruhan, pemanfaatan residu *eco-enzyme* menjadi kompos organik dan bahan pengisi bantalan menunjukkan adanya alternatif pemanfaatan kembali residu fermentasi rumah tangga. Pendekatan ini mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan menempatkan residu sebagai bahan yang masih dapat dimanfaatkan, meskipun mutu dan manfaat masing-masing produk tetap memerlukan pengujian lebih lanjut sebelum dikembangkan secara lebih luas.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Pugeran telah memberikan edukasi dan pengalaman praktik kepada kelompok TPPKK mengenai pemanfaatan limbah organik rumah tangga menjadi *eco-enzyme* dan penggunaannya sebagai bahan tambahan dalam pembuatan sabun cuci tangan. Melalui rangkaian sosialisasi dan demonstrasi, peserta memperoleh pemahaman mengenai tahapan produksi sabun, penggunaan bahan alami berupa kopi dan pewangi, serta pengenalan prototipe dispenser otomatis berbasis Arduino Uno. Pemanfaatan residu padat *eco-enzyme* sebagai kompos dan bahan pengisi bantalan juga memperlihatkan potensi penerapan prinsip ekonomi sirkular. Namun, kegiatan ini belum mencakup pengujian kuantitatif terhadap peningkatan pengetahuan peserta, mutu sabun, keamanan produk, maupun manfaat kesehatan dari produk berbasis residu, sehingga aspek tersebut perlu menjadi perhatian dalam pengembangan berikutnya.

Untuk menjamin keberlanjutan program ini, diperlukan manajemen jadwal produksi yang terorganisir di tingkat TPPKK mengingat proses fermentasi *eco-enzyme* memerlukan waktu hingga tiga bulan agar ketersediaan bahan baku sabun tetap terjaga secara berkelanjutan. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada penguatan aspek ekonomi dengan membentuk unit usaha mikro (UMKM) yang fokus pada standardisasi kemasan, branding, serta pengurusan izin edar agar produk ini memiliki nilai jual yang lebih kompetitif di luar lingkup desa. Selain itu, penyempurnaan pada aspek teknis dispenser otomatis menggunakan material yang lebih tahan lama serta penguatan sistem pengumpulan limbah organik di tingkat rumah tangga sangat disarankan untuk mendukung kapasitas produksi yang lebih besar dan efisien di masa mendatang.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami selaku segenap Kelompok 2 KKNT Tim 28 Universitas Diponegoro mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing Lapangan kami yang telah membimbing dan memotivasi kami; Kepala Desa Pugeran, Bapak Rusminto Tjiptaning Fajar serta Ketua PKK, Ibu Sri Wiyarti, S. Pd.SD, yang telah mengizinkan pelaksanaan kegiatan di Balai Desa Pugeran, Karangdowo, Kabupaten Klaten; Anggota PKK Desa Pugeran yang aktif berpartisipasi; serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro melalui skema KKN Tematik yang dibiayai dari Selain Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (Selain APBN) Universitas Diponegoro Tahun Anggaran 2026 atas dukungan penuh terhadap terlaksananya program ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Djafar, A., Kentjana, M. G., Kristiyanto, R., & Afudin, Y. (2021). *Rancang bangun automatic hand washing station dengan menggunakan mikrocontroller Arduino UNO R3*. EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains, 6(1), 175–186.
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015). Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5(63), 51421–51427.
- Nazim, F., & Meera, V. (2017). Treatment of synthetic greywater using garbage enzyme. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 6(4), 139–142.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of *eco-enzyme* for wastewater treatment. *Water Practice & Technology*, 15(2), 434–442.
- Nofitasari, T. A., Ningrum, H. P., Sutono, A. A. S., Armanda, D. T., & Kusumarini, N. (2025). Pemberdayaan siswa IX SMA Al-Azhar 15 Semarang melalui pelatihan pembuatan *eco-enzyme* handsoap. *INDRA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(2), 88–92. <https://doi.org/10.29303/indra.v6i2.585><https://doi.org/10.29303/indra.v6i2.585>
- Maryanah, T., & Muflihah, L. (2025). Mitigasi Perubahan Iklim Melalui Pengelolaan Limbah Cair Rumah Tangga untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Sarwahita*, 22(02), 133–145.
- Asrul, Sahidin, S., & Alam, S. (2021). *Mesin cuci tangan otomatis menggunakan sensor proximity dan DFPlayer mini berbasis Arduino Uno*. *JURNAL MOSFET*, 1(1), 1–7.
- Ardiansyah, & Kusumaningsih, D. (2021). Prototype Rancangan Bangun Alat Pencuci Tangan Elektrik Otomatis dan Sabun Cuci Tangan Otomatis Dengan Arduino Uno R3 menggunakan Sensor Ultrasonik, Sensor IR Inframerah dan Motor Servo untuk Mencegah Penyebaran Covid-19. *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication*, 10(1), 30–38.
- Lesmana, K., & Sukarno, S. A. (2025). PROTOTIPE PENGGUNAAN MOTOR SERVO UNTUK DISPENSER OTOMATIS BERBASIS ARDUINO DAN SENSOR HC-SR04. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(2).