

Penerapan Teknologi Pembuatan Produk dari Limbah Tutup Botol Bekas

Arif Hidayat^{1)*}, Dyah Retno Sawitri²⁾, Deriza Qurrotun A'yuni³⁾, Indah Safitri⁴⁾, Yusticia Eka Noor Ida⁵⁾

^{1,2)} Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

⁴⁾ Pusat Kuliah Kerja Nyata, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Universitas Islam Indonesia

⁵⁾ Lembaga Ombudsman Daerah Istimewa Yogyakarta,

^{1,2,3,4)} Jalan Kaliurang KM 14,5 Sleman, DI Yogyakarta, Indonesia

⁵⁾ Jalan Tentara Zeni Pelajar No.1-A, Bumijo, Kec. Jetis, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Email: arif.hidayat@uui.ac.id

ABSTRAK

Masalah penumpukan limbah plastik, khususnya tutup botol, menjadi tantangan serius di Tempat Pengelolaan Sampah (TPS) 3R Girimulya. Limbah jenis ini memiliki nilai ekonomis rendah dan sulit diurai, namun memiliki potensi sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan papan daur ulang. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat cetak tekan panas sederhana berbasis panas dan tekanan yang dapat digunakan masyarakat setempat untuk mengolah tutup botol plastik menjadi papan. Metode yang digunakan meliputi studi lapangan, perancangan teknis, pembuatan prototipe, uji coba alat, serta pelatihan penggunaan kepada masyarakat TPS 3R. Hasilnya menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan mampu memproduksi papan plastik daur ulang dengan kekuatan struktural memadai untuk keperluan kerajinan atau pelapis dinding. Partisipasi masyarakat dalam kegiatan ini juga menunjukkan peningkatan kesadaran akan potensi ekonomi dari limbah plastik. Upaya untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan dan harga jual dari sampah plastik khususnya tutup botol plastik di TPS 3R Girimulya. Melalui penerapan alat cetak tekan panas yang dirancang khusus. Program ini melibatkan perancangan, proses produksi, sosialisasi, dan uji coba alat oleh para Pegawai TPS 3R Girimulya. Meskipun keluhan terkait waktu pembuatan produk yang lama, namun secara keseluruhan program ini dinilai berhasil dan memberikan dampak positif terutama dalam meningkatkan nilai jual plastik daur ulang dan mendukung pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata kunci: komposit, limbah, papan, plastik, tutup botol

ABSTRACT

The problem of plastic waste accumulation, especially bottle caps, is a serious challenge at the Girimulya 3R Waste Management Site. This type of waste has low economic value and is difficult to decompose, but it has the potential to be used as an alternative raw material in the manufacture of recycled boards. This community service activity aims to design and implement a simple heat and pressure-based press tool that can be used by the local community to process plastic bottle caps into boards. The methods used include field studies, technical design, prototype development, tool testing, and training on the use of the tool for the TPS 3R community. The results show that the developed tool is capable of producing recycled plastic boards with sufficient structural strength for handicrafts or wall coverings. Community participation in this activity also shows an increase in awareness of the economic potential of plastic waste. Efforts to improve the efficiency of management and selling price of plastic waste, especially plastic bottle caps at TPS 3R Girimulya, through the application of a specially designed press tool. This program involved the design, production process, socialization, and testing of the tool by TPS 3R Girimulya employees. Despite complaints about the long production time, the program was overall deemed successful and had a positive impact, particularly in increasing the selling price of recycled plastic and supporting sustainable waste management.

Keywords: board, bottle cap, composite, plastic, waste

1. Pendahuluan

Peningkatan volume sampah, terutama jenis anorganik seperti plastik, botol, dan kaleng, menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Sampah plastik termasuk bahan yang sulit terurai secara alami. Berdasarkan hasil penelitian, sampah anorganik memerlukan waktu yang sangat lama untuk terdegradasi, sehingga menjadi permasalahan lingkungan yang serius. Masalah ini tidak hanya terjadi di kota-kota besar dengan sistem pengelolaan sampah yang kurang memadai, tetapi juga mulai dirasakan di wilayah pedesaan. Di antara berbagai jenis sampah, plastik merupakan salah satu yang paling mengkhawatirkan (Insusanty et al., 2024). Limbah tutup botol termasuk kategori plastik HDPE atau PP yang kuat dan tahan bahan kimia, serta dapat didaur ulang menjadi berbagai produk bernilai guna. Namun, sampah tersebut sering terabaikan dalam pengelolaan limbah di Indonesia (Dhamayanthi et al., 2024). TPS 3R Girimulya, sebagai unit pengelolaan sampah berbasis masyarakat, menghadapi tantangan dalam mengelola limbah plastik berukuran kecil. Oleh karena itu, pengembangan teknologi tepat guna diperlukan untuk mengolah limbah ini menjadi produk bernilai guna dan ekonomis.

Pengurangan sampah berbasis 3R di Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST) meliputi pengolahan sampah organik menjadi kompos dan daur ulang sampah anorganik menjadi produk baru. TPST berperan penting dalam mengurangi timbulan sampah yang masuk ke tempat pembuangan akhir dan mendukung pengelolaan sampah yang berkelanjutan (Ulhasanah et al., 2023). Sampah organik dapat menjadi pupuk kompos yang berguna di bidang pertanian dan sampah non organik dapat menjadi kerajinan tangan seperti tas, vas bunga, pot, aksesoris, gantungan kunci, mainan dan lain-lain. Polusi plastik telah menjadi tantangan lingkungan yang besar, menimbulkan ancaman signifikan terhadap ekosistem, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan global. Penggunaan plastik sekali pakai yang meluas telah menyebabkan peningkatan produksi plastik global yang mengkhawatirkan, meningkat dari 1,5 juta ton pada tahun 1950 menjadi 359 juta ton pada tahun 2018, dengan proyeksi peningkatan empat kali lipat pada tahun 2050 (Mirkarimi et al., 2022). Sebagian besar limbah plastik tidak terkelola dengan baik dan berakhir mencemari tanah, sungai, hingga lautan. Salah satu bentuk limbah plastik yang sering diabaikan namun jumlahnya signifikan adalah limbah tutup botol berbahan *polypropylene* (PP) dan *high-density polyethylene* (HDPE). Limbah tutup botol plastik diperkirakan telah tercecer di 3 juta pantai di seluruh dunia dan merupakan salah satu limbah plastik yang paling sering ditemukan dalam pembersihan laut (Lebreton et al., 2017). Pembuangan plastik dalam jumlah besar menyebabkan masalah lingkungan karena degradabilitas plastik diperkirakan membutuhkan waktu lebih dari seratus tahun. Di Desa Girirejo, Kecamatan Ngablak, Kabupaten Magelang, TPS3R Girimulya menghadapi permasalahan terhadap penanganan limbah plastik. Masyarakat dapat mengubah tutup botol menjadi papan atau produk daur ulang lain yang lebih bernali melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat terkait penerapan teknologi pembuatan produk dari limbah tutup botol bekas menjadi papan komposit. Hal ini akan meningkatkan kesadaran warga dalam mendukung pengelolaan sampah menjadi produk yang bernali ekonomi. Kegiatan pengabdian masyarakat ini dapat menjadi solusi strategis dalam menjawab tantangan global terkait penanganan limbah plastik sekaligus memperkuat kapasitas komunitas dalam mengolah sampah, meningkatkan nilai tambah, dan mendukung ekonomi sirkular tingkat desa.

Penanganan limbah plastik yang efisien masih menjadi masalah besar. Teknik tradisional, misalnya dengan pembakaran atau penutupan di bawah tanah menciptakan dampak negatif terhadap lingkungan seperti timbulnya residu, gas buang berbahaya dan kontaminasi air bawah tanah yang mempengaruhi lingkungan dan kesehatan manusia (Zare, 2013). Berbagai studi menyebutkan bahwa inovasi teknologi tepat guna dapat berperan penting dalam menyelesaikan persoalan pengelolaan sampah plastik di tingkat komunitas. Salah satu pendekatan yang kini mulai banyak dikembangkan adalah transformasi limbah plastik menjadi produk bernali guna tinggi, di antaranya adalah untuk papan plastik daur ulang (Oliveira et al., 2020).

Desa Girirejo merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Ngablak, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, yang berada di kawasan dataran tinggi dengan potensi pertanian dan pariwisata yang berkembang pesat. Di tengah pertumbuhan ekonomi lokal tersebut, kesadaran masyarakat akan pentingnya pengelolaan sampah juga mulai meningkat. Salah satu inisiatif yang menonjol adalah pendirian Tempat Pengolahan Sampah *Reduce-Reuse-Recycle* (TPS 3R) Girimulya, yang menjadi pusat aktivitas pengelolaan sampah berbasis masyarakat di wilayah tersebut.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pengelola TPS 3R Girimulya, diketahui bahwa salah satu jenis sampah yang banyak dikumpulkan namun belum termanfaatkan secara optimal adalah limbah plastik keras, terutama tutup botol. Limbah jenis ini tidak mudah terurai secara alami dan dalam jumlah besar menumpuk di TPS tanpa adanya proses daur ulang yang bernilai tambah. Saat ini, TPS 3R Girimulya belum memiliki teknologi atau alat yang memadai untuk mengolah tutup botol menjadi produk yang memiliki nilai ekonomis, seperti papan plastik yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan konstruksi ringan atau perabot rumah tangga.

Permasalahan utama mitra adalah ketiadaan alat cetak tekan panas sederhana yang dapat digunakan untuk mengubah limbah tutup botol menjadi papan plastik. Selain itu, keterbatasan pemahaman teknis dalam hal proses daur ulang plastik termoplastik juga menjadi kendala. Limbah plastik tersebut umumnya hanya dijual sebagai limbah mentah dengan harga yang sangat rendah, padahal jika diolah dengan metode termopres, nilai ekonominya bisa meningkat secara signifikan.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap permasalahan mitra melalui desain dan implementasi alat cetak tekan panas limbah tutup botol yang sederhana, murah, dan mudah dioperasikan. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk mentransfer pengetahuan teknis mengenai pengolahan limbah plastik secara termal dan meningkatkan kapasitas warga sekitar dalam mengelola limbah berbasis ekonomi sirkular. Urgensi dari pengabdian ini terletak pada tingginya volume limbah plastik keras yang tidak tertangani secara baik di wilayah tersebut. Tanpa adanya intervensi teknologi dan edukasi kepada masyarakat, limbah-limbah tersebut berpotensi mencemari lingkungan dan menghambat upaya pengelolaan sampah berkelanjutan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis teknologi tepat guna dalam bentuk alat cetak tekan panas limbah tutup botol menjadi sangat relevan dan mendesak untuk diterapkan.

Kegiatan pengabdian masyarakat mempunyai tujuan antara lain: (1) perancangan alat cetak tekan panas dari limbah tutup botol bekas yang sesuai dengan kapasitas dan kondisi operasional TPS 3R Girimulya, (2) pelatihan teknis kepada pengelola dan warga terkait proses pemilahan, pembersihan, pemanasan, dan pencetakan limbah tutup botol, serta (3) implementasi dan evaluasi penggunaan alat untuk menghasilkan papan plastik daur ulang sebagai produk akhir. Kegiatan ini tidak hanya menyelesaikan permasalahan limbah yang ada, namun juga membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat melalui produk daur ulang berbasis limbah lokal.

2. Tinjauan Pustaka

Sejak diperkenalkan secara luas pada tahun 1950-an, produksi plastik telah mengalami peningkatan yang pesat, dengan perkiraan produksi limbah plastik mencapai 260–460 juta ton per tahun antara tahun 2016 dan 2030 (Borrelle et al., 2020). Selain itu, diperkirakan bahwa pada tahun 2050, produksi plastik kumulatif akan melebihi 500 juta ton metrik, lebih dari 33 kali lipat dibandingkan dengan 15 juta ton metrik yang diproduksi pada tahun 1960-an (Sardon & Dove, 2018). Meskipun ada upaya global untuk mendaur ulang dan membakar limbah plastik, hanya 9% yang didaur ulang dan 12% yang dibakar, sehingga 79% limbah plastik berakhir di lautan, tempat pembuangan sampah, dan habitat alam lainnya (Hachem et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa setiap tahun masih banyak plastik masuk ke lautan (Smith et al., 2023). Toksisitas lingkungan dari limbah plastik dapat bertahan selama ratusan hingga ribuan tahun, dengan tali pancing bertahan selama 600 tahun, kantong plastik selama 20 tahun, botol minuman selama 450 tahun, cangkir plastik selama 50 tahun, dan puntung rokok selama 5 tahun (Kibria et al., 2023). Hal ini telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang

signifikan dengan mencemari sumber air, lahan pertanian, dan meresap ke dalam rantai makanan. Studi terbaru mengungkapkan bahwa mikroplastik telah ditemukan di organ manusia, termasuk plasenta, paru-paru, usus besar, dan air susu ibu (Hassan et al., 2024).

Papan komposit adalah produk yang dibuat dari kombinasi dua bahan atau lebih dengan tujuan mendapatkan sifat mekanik dan fisik yang lebih baik dibandingkan bahan asalnya. Jenis papan ini biasanya menggabungkan serbuk atau serat daur ulang (seperti limbah plastik dan serat alam) yang dipadatkan menjadi lembaran papan. Limbah plastik dari tutup botol bekas, khususnya jenis PP (Polypropylene) dan PET, sering digunakan sebagai bahan dasar papan komposit karena ketersediaannya dan sifat termoplastiknya (Pojoh, 2018). Gambar 1 menunjukkan limbah tutup botol dan cacahan tutup botol yang akan diolah menjadi papan komposit. Proses umum pembuatan papan komposit melibatkan pencampuran limbah plastik dengan bahan pengisi seperti serbuk kayu, serat alam, atau filler mineral, kemudian dicetak dengan teknik cetak tekan panas pada suhu tertentu agar plastik meleleh dan merekatkan bahan pengisi. Metode ini menghadirkan efisiensi termal dan mekanik yang baik untuk menghasilkan produk kuat dan stabil secara dimensi (Hernady & Mardan, 2021).



(a)



(b)

Gambar 1.(a) Limbah tutup botol: dan (b) cacahan tutup botol

Papan komposit yang menggunakan limbah plastik dan serat alam memiliki karakteristik penting seperti densitas, kadar air, kemampuan menahan beban (modulus elastisitas dan modulus patah), serta stabilitas dimensi. Penambahan serat alam dapat memperbaiki kekuatan mekanik namun juga mempengaruhi kadar air dan kelarutan produk. Standar SNI 03-2105-2006 sering dijadikan acuan dalam menguji kualitas papan komposit tersebut (Okta Viano et al., 2025). Hernady dan Mardan (2021) membuat papan komposit menggunakan limbah kantong plastik (kantong kresek) dan dilakukan dengan metode pemasaran menggunakan media minyak goreng. Limbah plastik sebagai matriks dicampur dengan serat alami seperti bambu, kelapa, dan ijuk sebagai bahan pengisi (*filler*) (Hernady & Mardan, 2021). Pemanfaatan limbah plastik HDPE daur ulang dikombinasikan dengan serat bambu menghasilkan material komposit ramah lingkungan. Proses pembuatannya melibatkan laminasi lapisan HDPE daur ulang dengan serat bambu yang ditekan, menghasilkan bahan yang cocok untuk furnitur ringan seperti meja dan lemari (Solahudin et al., 2025). Viano dkk. (2025) memanfaatkan bahan lokal dan limbah terbarukan berupa sabut kelapa dan plastik PET untuk membuat papan komposit (Okta Viano et al., 2025). Penelitian ini dilakukan untuk mencari alternatif pemanfaatan limbah pertanian dan plastik *non-degradable* menjadi produk bernilai guna seperti papan komposit, sehingga berkontribusi pada pengurangan limbah dan pengembangan material ramah lingkungan.

Limbah tutup botol berbahan PP dan PET dapat diolah menjadi bahan baku papan komposit dengan proses penggilingan dan pencampuran dengan bahan pengisi lain. Kelebihan penggunaan tutup botol bekas adalah menyediakan bahan termoplastik yang mudah diproses dan mendukung

pengelolaan limbah plastik secara berkelanjutan. Material ini mengurangi dampak lingkungan dari limbah plastik sekaligus memanfaatkan keunggulan mekanik serat bambu yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan.

3. Metodologi Penelitian

Kegiatan pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat terbagi menjadi tiga tahap, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan tahap monitoring. Berikut adalah rincian tiap tahapan yang akan dilaksanakan:

1) Tahap Persiapan

a. Observasi awal

Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui data terkait jumlah tutup botol yang diperoleh di TPS3R Girirejo. Dari data observasi awal akan diperoleh gambaran secara utuh teknologi yang akan diterapkan untuk memanfaatkan tutup botol bekas menjadi produk yang ekonomis.

b. Perencanaan dan Pembuatan Alat

Pada tahapan ini dilakukan perancangan dari alat cetak produk dari tutup botol bekas dengan mengambil referensi dari teknologi yang pernah diterapkan pada skala laboratorium. Teknologi yang akan diterapkan mengacu pada potensi jenis limbah tutup botol yang banyak diperoleh pada TPS3R Girirejo.

c. Penyusunan program pelatihan penerapan teknologi

Tahapan dilakukan agar kegiatan yang dilaksanakan menjadi lebih teratur dan terarah. Program ini meliputi semua hal-hal yang bersifat teknis, manajerial dan penjadwalan (time schedule).

d. Penyusunan modul pelatihan

Modul pelatihan meliputi teknik pendampingan, teknologi yang diterapkan, penanganan dan penyuluhan berkesinambungan.

e. Sosialisasi program penerapan

Kegiatan sosialisasi ini dilakukan agar terdapat pemahaman dan persamaan persepsi tentang tujuan kegiatan penerapan teknologi.

2) Tahap Pelaksanaan

a. Sosialisasi teknologi alat cetak tutup botol bekas

Sosialisasi bertujuan untuk menjelaskan lebih rinci tentang tujuan dan manfaat perawatan teknologi alat cetak tutup botol bekas serta memberikan penjelasan materi tentang pengoperasian alat. Modul cara pengoperasian alat cetak akan dibagikan dan dijelaskan secara rinci.

b. Pelatihan Penggunaan Alat Cetak Tutup Botol Bekas

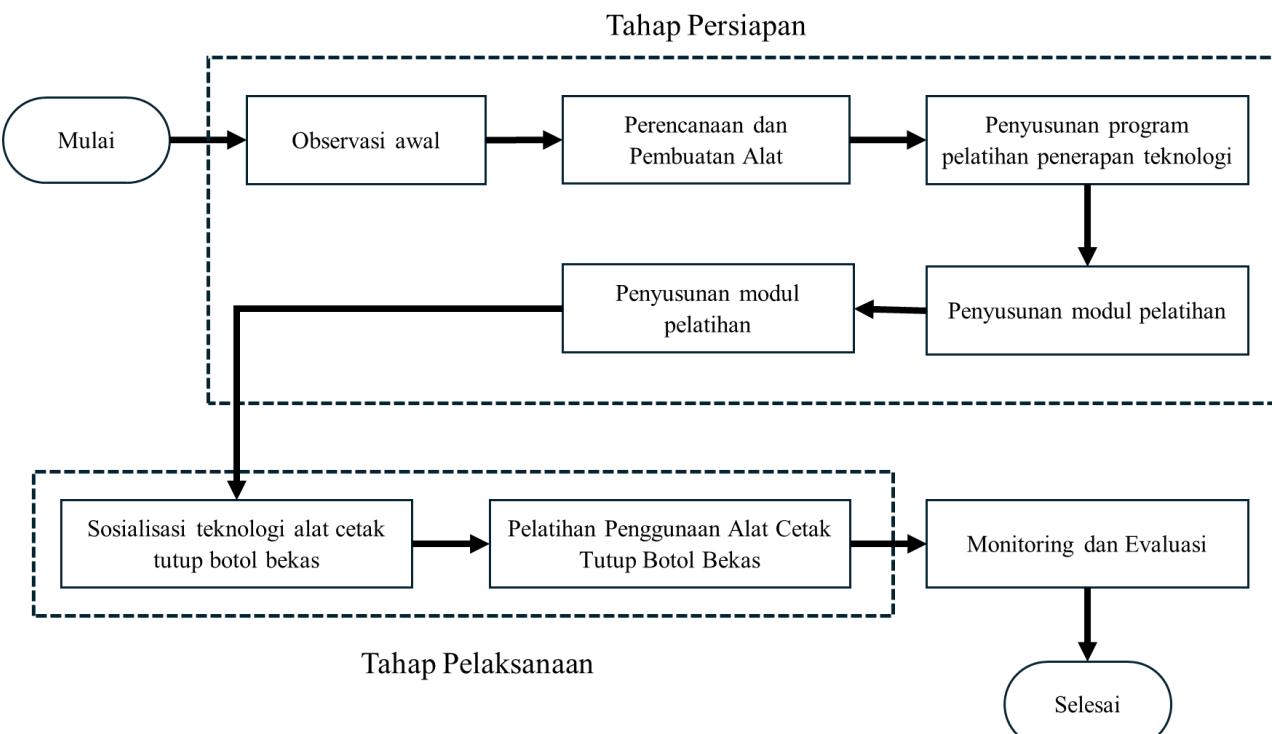
Pelatihan ini adalah tindak lanjut dari pada kegiatan sosialisasi yang telah dilaksanakan. Pelatihan ini melalui metode praktik langsung di lapangan. Mitra yang telah diberikan teori yang ada pada modul kemudian langsung melakukan praktik menggunakan alat cetak tutup botol bekas.

3) Tahap Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dilakukan secara intensif setelah kegiatan berlangsung untuk memastikan agar pelaksanaan kegiatan dapat berjalan sesuai rencana. Evaluasi dilakukan sejalan dengan kegiatan monitoring, sehingga jika ada kendala akan segera diselesaikan. Data pada tahap monitoring dan evaluasi dikumpulkan melalui observasi langsung untuk memastikan alat digunakan sesuai prosedur, mencatat pola kerja pengelola, dan menilai kualitas produk yang dihasilkan. Kuesioner disebarluaskan kepada peserta pelatihan dan pengelola TPS3R untuk mengukur tingkat pemahaman teknis, kemudahan penggunaan alat, serta persepsi terhadap manfaat teknologi. Log sheet produksi digunakan secara rutin untuk mencatat jumlah limbah tutup botol yang diproses, waktu operasional alat, tingkat keberhasilan cetakan, dan jumlah produk yang layak jual. Wawancara

dilakukan dengan pengelola TPS3R, perangkat desa, dan masyarakat yang terlibat dalam pelatihan untuk menggali kendala, kebutuhan perbaikan, dan rekomendasi pengembangan program. Tahapan monitoring dan evaluasi ini melibatkan tim pengabdian dari perguruan tinggi, pengelola TPS3R Girimulya dan perangkat Desa Girirejo. Kolaborasi seluruh pihak ini memastikan proses evaluasi berjalan menyeluruh, akurat, dan mencerminkan kondisi lapangan secara nyata.

Diagram tahapan kegiatan pelaksanaan program kemitraan masyarakat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Tahapan Kegiatan Pelaksanaan Program Kemitraan Masyarakat.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Persiapan Kegiatan

Hasil observasi awal kegiatan menunjukkan bahwa potensi pemanfaatan limbah plastik, khususnya tutup botol bekas, di wilayah tersebut masih belum dioptimalkan. Berdasarkan pengamatan di lapangan, sebagian besar limbah plastik hanya dikumpulkan dan dijual dalam bentuk mentah tanpa melalui proses pengolahan yang memberikan nilai tambah ekonomi. Selain itu, fasilitas pengelolaan di TPS3R Girimulya telah berfungsi cukup baik dalam pemilahan dan pengumpulan sampah, namun belum dilengkapi dengan teknologi sederhana yang dapat digunakan untuk proses daur ulang kreatif.

Dari hasil wawancara dengan pengelola dan masyarakat sekitar, diperoleh informasi bahwa terdapat antusiasme dan kesediaan untuk belajar mengenai teknologi pengolahan limbah menjadi produk bernilai guna. Hal ini menunjukkan adanya peluang besar untuk meningkatkan keterampilan masyarakat dalam bidang inovasi berbasis lingkungan. Observasi ini juga mengidentifikasi perlunya pelatihan dan pendampingan terkait teknik pencacahan, pencetakan, serta desain produk hasil daur ulang. Dengan demikian, hasil observasi awal ini menjadi dasar penting untuk perancangan kegiatan pengabdian yang berfokus pada penerapan teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah plastik secara berkelanjutan dan produktif. Berdasarkan hasil observasi awal, dirancang alat yang berfungsi untuk mendukung proses pengolahan limbah tutup botol plastik menjadi bahan siap cetak. Tahap perencanaan meliputi identifikasi komponen utama alat, seperti sistem pencacah, pemanas, dan pencetak sederhana, yang dapat dibuat menggunakan bahan lokal dengan biaya terjangkau. Gambar

3 memperlihatkan gambar rangcangan alat cetak tekan panas limbah tutup botol menjadi papan komposit.



(a)



(b)

Gambar 3. Desain Alat Cetak dengan Metode Tekan Panas : (a) Desain Alat, dan (b) Alat

Alat cetak tekan panas limbah tutup botol menjadi papan komposit yang digunakan dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang untuk mengolah tutup botol plastik menjadi papan komposit dengan kapasitas produksi sekitar 300 hingga 500 gram cacahan plastik per siklus. Rangka alat cetak dibuat dari besi hollow, sedangkan pelat pemanas dan cetakannya menggunakan baja karbon serta stainless steel tahan panas untuk memastikan distribusi suhu yang stabil. Alat ini beroperasi pada rentang suhu 160 hingga 220°C, sesuai titik leleh HDPE dan PP yang menjadi bahan utama tutup botol. Cetakan berukuran 20 × 20 cm memungkinkan pembentukan papan dengan ketebalan 5–10 mm. Setiap siklus proses membutuhkan waktu sekitar 40 hingga 60 menit, termasuk pemanasan, pengepresan, dan pendinginan. Sumber energinya berasal dari listrik 220V dengan elemen pemanas berdaya 800 hingga 1200 watt, sehingga alat ini tetap efisien dan mudah dioperasikan oleh masyarakat di TPS3R Girimulya.

Proses pembuatan alat dilakukan secara bertahap, dimulai dari perakitan mesin pencacah berbasis motor listrik untuk memperkecil ukuran tutup botol bekas. Selanjutnya, dirancang sistem pemanas menggunakan elemen pemanas listrik dengan pengatur suhu guna mencairkan hasil cacahan plastik. Tahap akhir berupa pembuatan cetakan logam sederhana untuk membentuk produk sesuai desain yang diinginkan. Seluruh proses dirancang agar alat mudah dioperasikan oleh masyarakat dengan tingkat keterampilan dasar. Perencanaan dan pembuatan alat ini diharapkan mampu meningkatkan kapasitas produksi serta mendukung pengelolaan limbah plastik secara kreatif, produktif, dan berkelanjutan di lingkungan TPS3R Girimulya.

Produk dibuat dengan metode cetak tekan panas. Langkah pertama dalam pembuatan yaitu dengan memanaskan alat cetak tekan panas selama 1 jam agar mencapai suhu yang diinginkan. Langkah selanjutnya yaitu menata matriks bagian bawah yang telah ditimbang ke dalam cetakan yang sudah dilapisi alumunium foil dan meletakan serat yang sudah ditekan, matriks bagian atas kemudian ditutup menggunakan penutup atas cetakan. Kemudian jika suhu telah mencapai suhu yang diinginkan dilakukan penekanan pada cetakan sampai dengan waktu yang sudah ditentukan. Kemudian langkah selanjutnya yaitu mendinginkan cetakan dengan cara diangin-anginkan dengan bantuan kipas angin. Tujuan lain dari penekanan adalah untuk meratakan resin ke serat dan mengeluarkan void pada komposit. Cetakan yang berisi produk kemudian didiamkan hingga dingin, supaya tidak terjadi lengkungan pada produk.

Tahap selanjutnya adalah penyusunan struktur modul yang mencakup bagian pendahuluan, tujuan pelatihan, uraian materi, prosedur praktikum, serta evaluasi kegiatan. Materi disusun secara

aplikatif agar mudah dipahami, meliputi pengenalan jenis plastik, teknik pencacahan, proses pemanasan, pencetakan, dan strategi pemasaran produk hasil daur ulang. Modul dilengkapi dengan ilustrasi, foto proses, dan panduan keselamatan kerja untuk meningkatkan pemahaman visual peserta. Setelah disusun, modul diuji coba secara terbatas guna memastikan kejelasan materi dan kelayakan penerapannya dalam pelatihan. Dengan demikian, modul pelatihan ini menjadi instrumen penting dalam mendukung transfer pengetahuan dan keterampilan kepada masyarakat dalam pengelolaan limbah plastik secara kreatif dan berkelanjutan.

4.2. Pelaksanaan Kegiatan

Tahapan sosialisasi teknologi alat cetak tutup botol bekas merupakan aspek krusial dalam upaya penerapan teknologi ramah lingkungan di masyarakat. Proses sosialisasi ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman, keterampilan, dan partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan limbah tutup botol sebagai bahan baku pembuatan produk bernilai tambah. Sosialisasi diawali dengan identifikasi pemangku kepentingan di TPS3R Girimulya, termasuk pengelola TPS3R, kelompok masyarakat, dan kader lingkungan sekitar yang akan menjadi agen perubahan. Langkah awal sosialisasi adalah penyampaian informasi secara sistematis mengenai pentingnya pengelolaan limbah plastik, khususnya tutup botol bekas, sebagai sumber daya yang dapat diolah menjadi produk baru. Penjelasan ini mencakup potensi lingkungan dan ekonomi yang diperoleh melalui teknologi cetak yang dikembangkan. Metode penyampaian menggunakan pendekatan partisipatif berupa pertemuan langsung, diskusi kelompok, dan demonstrasi alat, sehingga memungkinkan masyarakat untuk memahami secara praktis fungsi dan operasional mesin cetak. Gambar 4 menunjukkan pelaksanaan kegiatan pembuatan papan komposit dari limbah tutup botol bekas.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4. Pelaksanaan kegiatan: (a) Peserta kegiatan pelatihan, (b) Penjelasan cara mengoperasikan alat, (c) Praktik pemakaian alat, (d) Papan hasil praktik

Tahapan selanjutnya adalah pelatihan teknis operasional alat cetak yang melibatkan masyarakat secara langsung. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan peserta dalam mengoperasikan peralatan hasil rancangan program, sehingga mereka memiliki keterampilan yang memadai dalam proses pengolahan limbah plastik menjadi produk bernilai guna. Pelatihan dilakukan melalui pendekatan praktik langsung (*hands-on training*) agar peserta memahami setiap tahap proses, mulai dari pencacahan, pemanasan, hingga pencetakan bahan plastik.

Selain aspek operasional, pelatihan juga memberikan pengetahuan tentang prosedur perawatan alat untuk menjaga kinerja dan umur pemakaian yang optimal. Peserta diajarkan cara melakukan pembersihan, pengecekan komponen mekanik, serta pengaturan suhu pemanas sesuai jenis bahan plastik yang digunakan. Materi tambahan mengenai pengendalian mutu produk turut diberikan untuk memastikan hasil cetakan memiliki bentuk, kekuatan, dan estetika yang konsisten. Dengan pelatihan ini, diharapkan masyarakat mampu mengelola proses produksi secara mandiri, efisien, dan berkelanjutan, sekaligus meningkatkan nilai ekonomi dari limbah plastik melalui penerapan teknologi tepat guna yang ramah lingkungan alat dan pengendalian mutu produk untuk menjaga keberlanjutan penerapan teknologi ini.

Pelaksanaan kegiatan pelatihan mendapatkan respons positif dari masyarakat, yang tercermin dari tingkat partisipasi dan kehadiran pada seluruh rangkaian kegiatan. Total peserta yang terlibat berjumlah 22 orang, terdiri atas pengurus TPS3R, ibu rumah tangga, dan pemuda Karang Taruna. Uji coba alat yang dilakukan selama kegiatan menunjukkan tingkat keberhasilan yang sangat baik. Uji fungsi alat cetak berjalan stabil selama 45 menit dengan tingkat keberhasilan mencapai 95 persen. Uji pencetakan produk, yang melibatkan 20 percobaan produksi dan menunjukkan 18 hasil cetakan berhasil terbentuk secara sempurna, menghasilkan tingkat keberhasilan sebesar 90 persen. Selain itu, uji keselamatan penggunaan alat memperlihatkan tidak adanya insiden selama proses demonstrasi dan praktik sehingga tingkat keberhasilan keselamatan mencapai 100 persen. Hal ini menunjukkan bahwa alat cetak yang digunakan layak untuk dioperasikan oleh masyarakat setelah melalui pelatihan praktis yang memadai.

4.3. Monitoring dan Evaluasi

Tahap monitoring mencakup pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif yang meliputi jumlah limbah tutup botol yang diolah, volume produk yang dihasilkan, serta frekuensi penggunaan alat oleh pengguna. Selain itu, aspek teknis seperti kondisi alat, faktor efisiensi produksi, dan kendala operasional juga dicatat secara mendetail. Data tersebut diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara dengan pengelola TPS3R dan pelaku usaha, serta dokumentasi visual proses produksi. Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas penerapan teknologi dalam mendukung pengelolaan limbah dan pemberdayaan masyarakat. Evaluasi ini melibatkan analisis data hasil monitoring, *feedback* dari peserta pelatihan, dan dampak sosial ekonomi yang muncul. Indikator evaluasi mencakup peningkatan kapasitas sumber daya manusia, keberlanjutan produksi, serta perubahan perilaku masyarakat terhadap pengelolaan sampah plastik. Selain itu, aspek lingkungan seperti pengurangan limbah yang masuk ke tempat pembuangan akhir juga dianalisis untuk mengukur dampak ekologis program.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan teknologi cetak tutup botol bekas mendukung pembentukan siklus ekonomi sirkular di tingkat lokal. Partisipasi aktif masyarakat dan keterampilan teknis meningkat signifikan, yang berkontribusi pada produktivitas dan kualitas produk akhir. Namun, evaluasi juga mengidentifikasi beberapa kendala, antara lain keterbatasan sumber daya bahan baku dan kebutuhan pemeliharaan alat secara intensif. Rekomendasi tindak lanjut meliputi peningkatan pelatihan teknis, penguatan jaringan distribusi produk, serta pengembangan inovasi alat untuk memperbaiki efisiensi produksi. Target dan Indikator Keberhasilan untuk Evaluasi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Target dan Indikator Keberhasilan untuk Evaluasi Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat

No	Aspek Kegiatan	Target Keberhasilan	Indikator Evaluasi
1	Observasi Awal dan Identifikasi Masalah	Teridentifikasinya kondisi eksisting, potensi, dan kebutuhan masyarakat terkait pengelolaan limbah plastik.	Adanya laporan hasil observasi yang memuat data permasalahan, peluang, dan kesiapan masyarakat terhadap program.
2	Perencanaan dan Pembuatan Alat	Terwujudnya alat pengolah limbah tutup botol bekas yang sesuai kebutuhan dan mudah dioperasikan.	Alat dapat berfungsi optimal, digunakan oleh masyarakat, dan menghasilkan produk sesuai desain.
3	Penyusunan Modul Pelatihan	Tersusunnya modul pembelajaran yang aplikatif, kontekstual, dan mudah dipahami oleh peserta.	Modul tervalidasi dan digunakan dalam pelatihan dengan tingkat pemahaman peserta minimal 80%.
4	Persiapan Sarana dan Prasarana Pelatihan	Tersedianya fasilitas pelatihan yang aman, layak, dan mendukung kegiatan praktik.	Seluruh sarana dan prasarana berfungsi baik dan memenuhi standar keselamatan kerja.
5	Sosialisasi Program	Meningkatnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat tentang pengolahan limbah plastik.	Undangan yang disebarluaskan sebanyak 25, dan tingkat kehadiran peserta mencapai 22 orang atau $\geq 80\%$.
6	Pelatihan Teknis Operasional	Masyarakat mampu mengoperasikan alat dan menghasilkan produk dari limbah plastik secara mandiri.	Peserta dapat melakukan proses produksi secara benar dan menghasilkan minimal satu produk layak pakai. Dari 22 peserta yang hadir, 20 peserta (91%) dapat mengoperasikan alat cetak. Sedangkan dari percobaan, dari 20 kali percobaan, produk yang berhasil dibuat secara sempurna sebanyak 18 produk atau 90%.
7	Evaluasi dan Keberlanjutan Program	Terbentuknya kelompok masyarakat pengelola limbah plastik yang beroperasi secara berkelanjutan.	Adanya tindak lanjut berupa produksi rutin, pembagian peran kerja, dan dukungan lokal terhadap kegiatan.

Penerapan sistem monitoring dan evaluasi yang terstruktur dan komprehensif berperan penting dalam menjaga kualitas hasil pengabdian serta memastikan teknologi cetak limbah tutup botol dapat diterapkan berkelanjutan di TPS3R Girimulya. Pendekatan ini juga mampu mendorong pemberdayaan masyarakat melalui peningkatan kapasitas teknis dan kreativitas dalam pengelolaan limbah yang berdampak pada peningkatan kesejahteraan lokal dan pelestarian lingkungan. Gambar 5 menunjukkan kegiatan monitoring dan evaluasi pengabdian kepada masyarakat.



Gambar 5. Kegiatan Monitoring dan Evaluasi

5. Kesimpulan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mewujudkan rancangan dan implementasi alat cetak tekan panas sederhana untuk mengolah limbah tutup botol menjadi papan plastik daur ulang di TPS 3R Girimulya. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa teknologi tepat guna yang dikembangkan mampu mengolah limbah plastik keras secara langsung di lokasi TPS, menghasilkan produk bernilai guna, serta meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis prinsip 3R. Dari sisi sosial, program ini berhasil meningkatkan partisipasi dan kesadaran masyarakat terkait pengelolaan sampah, khususnya limbah plastik. Adapun tantangan yang diidentifikasi mencakup keterbatasan bahan baku yang bervariasi dari segi kualitas dan kuantitas, serta kebutuhan peningkatan kapasitas alat untuk mempercepat proses produksi. Disamping itu, perlu adanya penguatan kelembagaan TPS3R melalui pelatihan lanjutan, dukungan regulasi, dan optimalisasi manajemen internal agar program dapat beroperasi secara mandiri dan berkelanjutan. Pengembangan kapasitas masyarakat harus terus dilakukan melalui pelatihan berkelanjutan agar keterampilan teknis dan pengelolaan usaha lebih profesional. Peningkatan teknologi alat cetak dan diversifikasi produk dari limbah juga dianjurkan untuk mendukung keanekaragaman dan nilai tambah produk. Selain itu, memperluas jaringan pemasaran serta membangun kemitraan strategis merupakan langkah penting guna meningkatkan daya saing produk di pasar lokal maupun regional. Untuk mendukung keberlanjutan dan pengembangan program, disarankan peningkatan kapasitas alat, diversifikasi produk, pendampingan lanjutan dalam manajemen usaha kecil, serta penguatan jejaring kerja sama antar pemangku kepentingan dalam pengelolaan limbah terpadu.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada mitra pengabdian Pemerintah Desa Girirejo dan Pengurus TPS3R Giri Mulya Desa Girirejo, Kecamatan Ngablak, Kabupaten Magelang atas bantuan dan kerjasamanya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Indonesia melalui skema pengabdian unggulan Tahun Anggaran 2024.

Daftar Pustaka

- Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., & Hilleary, M. A. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Dhamayanthi, W., YA, R. P., Wardani, D. K., Andini, P., Hudori, H. A., Pratama, F. E. A., & Atmajaya, A. W. W. (2024). Pemanfaatan HDPE (High Density Polyethylene) Menjadi Produk Komersial Pada KWT Meuseuraya Sidoarjo. *SEJAGAT: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 47-55. <https://doi.org/10.25047/sejagat.v1i2.5143>

- Hachem, A., Vox, G., & Convertino, F. (2023). Prospective scenarios for addressing the agricultural plastic waste issue: results of a territorial analysis. *Applied Sciences*, 13(1), 612. <https://doi.org/10.3390/app13010612>
- Hassan, M., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2024). 3D printing in upcycling plastic and biomass waste to sustainable polymer blends and composites: A review. *Materials & Design*, 237, 112558. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2023.112558>
- Hernady, D., & Mardan, M. (2021). Pembuatan dan Pengujian Papan Komposit (Composite Board) Dari Limbah Kantong Plastik (Kantong Kresek). *Jurnal Rekayasa Energi dan Mekanika*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.26760/JREM.v1i1.31>
- Insusanty, E., Ratnaningsih, A. T., & Sadjati, E. (2024). Pemanfaatan Sampah Anorganik Untuk Kerajinan Tangan Bagi Nasabah Bank Sampah Lembah Sari, Rumbai. *FLEKSIBEL: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 224-230. <https://doi.org/10.31849/fleksibel.v5i2.22760>
- Kibria, M. G., Masuk, N. I., Safayet, R., Nguyen, H. Q., & Mourshed, M. (2023). Plastic waste: challenges and opportunities to mitigate pollution and effective management. *International Journal of Environmental Research*, 17(1), 20. <https://doi.org/10.1007/s41742-023-00507-z>
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, 8(1), 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Mirkarimi, S., Bensaid, S., & Chiaramonti, D. (2022). Conversion of mixed waste plastic into fuel for diesel engines through pyrolysis process: A review. *Applied Energy*, 327, 120040. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120040>
- Okta Viano, R., Marthiana, W., & Arman, R. (2025). Analysis Of the Mechanical Properties of a Polyester Composite Board Made of Coconut Fiber and PET Plastic. *Mesin*, 30(2), 75-95. <https://doi.org/10.5614/MESIN.2025.30.2.1>
- Oliveira, P. R., Dos Santos, J. C., Ribeiro Filho, S. L. M., Torres Ferreira, B., Panzera, T. H., & Scarpa, F. (2020). Eco-friendly sandwich panel based on recycled bottle caps core and natural fibre composite facings. *Fibers and Polymers*, 21(8), 1798-1807. <https://doi.org/10.1007/s12221-020-9818-7>
- Pojoh, B. (2018). Pembuatan Papan Laminating dari Tulangan Bambu Menggunakan Limbah Plastik sebagai Bahan Pengisi dan Perekat. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(2), 117-128. <https://doi.org/10.33749/jpti.v8i2.2164>
- Sardon, H., & Dove, A. P. (2018). Plastics recycling with a difference. *Science*, 360(6387), 380-381. <https://doi.org/10.1126/science.aat4997>
- Smith, E., Bilec, M. M., & Khanna, V. (2023). Evaluating the global plastic waste management system with markov chain material flow analysis. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(6), 2055-2065. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c04270.s001>
- Solahudin, D., Zahara, D., Krisna, B., Friyatna, G., & Ardiatma, D. (2025). Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Alternatif Material Komposit Menggunakan Laminasi Serat Bambu. *CBJIS: Cross-Border Journal of Islamic Studies*, 7(1), 142-149. <https://doi.org/10.37567/cbjis.v7i1.3851>
- Ulhasanah, N., Priscillia, C., & Zahra, N. L. (2023). [Timbulan Sampah, TPST, 3R, Mass Balance]. 2023, 21(3), 8. <https://doi.org/10.14710/jil.21.3.704-711>
- Zare, Y. (2013). Recent progress on preparation and properties of nanocomposites from recycled polymers: A review. *Waste Management*, 33(3), 598-604.