

## **Pelatihan Penggunaan Mesin *Hot-Press* untuk Daur Ulang Sampah Plastik di Bank Sampah Navoe Kelurahan Taipa**

### ***The Use of Hot-Press Machine for Plastic Waste Recycling at the Navoe Waste Bank in Taipa Sub-District***

**Khairil Anwar<sup>1\*</sup>, Bakri<sup>2</sup>, Sri Chandrabakty<sup>3</sup>, Naharuddin<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako, Palu, Indonesia

#### **Abstract**

*Plastic waste has become a very urgent environmental problem that needs to be handled using effective methods, while also having an economic impact on society. This community service activity aims to contribute to reducing the negative impact of plastic waste and increasing public awareness about the importance of recycling. This activity was carried out at the Navoe Waste Bank in Taipa Village through the application of a hot-press machine in the plastic waste recycling process. This activity includes several stages, starting with counseling, training, practice, and mentoring. It is hoped that the resulting recycled products can become processed waste products that can have economic value, creating a source of income to support waste bank operations and other environmental programs in the Taipa sub-district. The results of this service show that the use of a hot-press machine significantly increases efficiency in the plastic waste recycling process and reduces the volume of waste that must be disposed of in final landfills. In addition, this initiative helps create environmental awareness in the local community, supports the principles of recycling, and provides economic benefits to the waste bank and the community in Taipa Subdistrict. The benefits of this service show the positive impact of using technology in ongoing efforts to overcome the plastic waste problem.*

**Keywords:** hot-press machine, HDPE, plastic composite board, plastic waste, recycling

---

#### **Article history:**

Submitted 30 Oktober 2023

Accepted 09 Juni 2024

Published 14 Juni 2024

#### **PUBLISHED BY:**

Sarana Ilmu Indonesia (salnesia)

#### **Address:**

Jl. Dr. Ratulangi No. 75A, Baju Bodoa, Maros Baru,  
Kab. Maros, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia

#### **Email:**

[info@salnesia.id](mailto:info@salnesia.id), [jagri@salnesia.id](mailto:jagri@salnesia.id)

#### **Phone:**

+62 85255155883



### Abstrak

Sampah plastik telah menjadi permasalahan lingkungan yang sangat mendesak untuk ditangani dengan metode yang efektif, sekaligus dapat memberikan dampak peningkatan ekonomi bagi masyarakat. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk ikut berkontribusi dalam mengurangi dampak negatif dari sampah plastik dan meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya daur ulang. Kegiatan ini dilaksanakan di Bank Sampah Navoe di Kelurahan Taipa melalui pelatihan penggunaan mesin *hot-press* dalam proses daur ulang sampah plastik. Kegiatan ini meliputi beberapa tahap, mulai dari penyuluhan, pelatihan, praktek dan pendampingan. Produk hasil daur ulang yang dihasilkan diharapkan dapat menjadi produk olahan sampah yang dapat bernilai ekonomis, menciptakan sumber pendapatan untuk mendukung operasional bank sampah dan program-program lingkungan lainnya di kelurahan Taipa. Hasil dari pengabdian ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin *hot-press* secara signifikan meningkatkan efisiensi dalam proses daur ulang sampah plastik dan mengurangi volume sampah yang harus dibuang ke tempat pembuangan akhir. Selain itu, inisiatif ini membantu menciptakan kesadaran lingkungan di masyarakat sekitar, mendukung prinsip-prinsip daur ulang, dan memberikan manfaat ekonomi kepada bank sampah dan masyarakat di Kelurahan Taipa. Manfaat dari pengabdian ini menunjukkan dampak positif penggunaan teknologi dalam upaya berkelanjutan untuk mengatasi masalah sampah plastik.

**Kata Kunci:** daur ulang, HDPE, mesin hot-press, papan komposit plastik, sampah plastik

\*Penulis Korespondensi:

Khairil Anwar, email: [khairilanwaruntad@gmail.com](mailto:khairilanwaruntad@gmail.com)



*This is an open access article under the CC-BY license*

### PENDAHULUAN

Sampah plastik telah menjadi masalah lingkungan yang serius di Kota Palu. Angka persentase timbulan sampah plastik di ibu kota Provinsi Sulawesi Tengah tahun 2023 sekitar 10,4 persen dari total volume sampah per tahun 97.492 ton. Jika dibandingkan dari tahun ke tahun, volume sampah selalu mengalami peningkatan. Volume sampah tercatat diperoleh dari total sampah yang diangkut oleh armada pengangkut sampah, sehingga, tentu saja sampah yang tidak tercatat bisa lebih banyak. Permasalahan pengelolaan sampah cukup kompleks, karena masih terbatasnya infrastruktur dan sumber daya yang memadai. Hanya sebagian kecil sampah plastik yang berhasil didaur ulang, sementara sisanya dibuang di tempat sampah atau dikumpulkan dan dibuang ke TPA (tempat pembuangan akhir) dengan cara yang belum sesuai dengan standar pengelolaan sampah, seperti pembakaran terbuka atau penguburan di lahan terbuka. Hal ini berdampak pada kualitas udara dan air, serta kesehatan masyarakat (Ridwan, 2023).

Salah satu solusi penanganan sampah adalah dengan membentuk tempat pengumpulan dan pengolahan sampah yang disebut bank sampah. Bank sampah berperan penting dalam pengelolaan sampah, terutama untuk meminimalkan jumlah sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir. Keberadaan bank sampah dapat meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pengelolaan sampah yang baik dan benar. Melalui pengumpulan dan pemilahan sampah ini, masyarakat dapat belajar untuk memisahkan sampah organik dan non-organik serta mengenali jenis-jenis sampah

yang dapat didaur ulang. Bank sampah juga dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat. Bank sampah dapat memicu inovasi dan kreasi dengan memanfaatkan sampah yang didaur ulang untuk diolah menjadi produk baru yang memiliki nilai ekonomi (Wulandari *et al.*, 2017). Akan tetapi, kehadiran bank sampah tentu membutuhkan sejumlah peralatan–peralatan yang beraneka macam untuk mengolah dan mendaur ulang berbagai jenis sampah dengan karakteristik yang berbeda–beda.

Kelurahan Taipa memiliki Bank Sampah Navoe, yang berdiri pada tanggal 13 April 2020 sesuai SK Kelurahan Taipa. Jumlah Pengurus terdiri 12 orang dan jumlah nasabah sebanyak 26 orang. Sejak berdiri sampai sekarang, Bank Sampah Navoe telah melakukan penimbangan dan penjualan sampah ke vendor dengan total sampah lebih dari 1 ton yang terdiri kardus, botol air mineral, tutup galon, gelas, kaleng, buku, dan plastik yang bernilai ekonomis (Salim, 2023). Salah satu produk andalan yang dihasilkan dari Bank Sampah Navoe adalah produksi BBM jenis minyak tanah, bensin, dan solar dari bahan baku sampah plastik rumah tangga dan laut yang dikumpulkan dari warga sekitar dan nelayan. BBM tersebut dijual kembali ke warga setempat dengan harga yang lebih terjangkau. Selain itu, sejumlah produk lainnya seperti barang kerajinan, papan partikel, barang keperluan rumah tangga, pupuk, dan sebagainya. Bank Sampah Navoe didukung dengan peralatan pengolahan sampah yang sudah dimiliki seperti alat distilasi sampah plastik menjadi BBM, alat pencacah sampah, alat press, dan lain-lain (Marzuki, 2022).

Berdasarkan hasil kunjungan di lokasi Bank Sampah Navoe, masih terdapat sejumlah kebutuhan peralatan pengolahan sampah yang belum dimiliki, antara lain mesin *hot-press* untuk daur ulang limbah plastik menjadi produk papan komposit yang lebih kuat, karena diberikan tekanan disertai panas yang terkendali. Proses dasar daur ulang sampah plastik dengan menggunakan metode ini adalah memanaskan bahan plastik yang ada di dalam pelat cetakan kemudian diberi tekanan hingga membentuk produk yang diinginkan. Bahan plastik yang meleleh akibat unsur panas akan mengisi rongga pada cetakan sehingga menjadi padat. Setelah tekanan maksimal dan bahan plastik meleleh, kemudian dinginkan cetakan hingga bahan plastik benar-benar mengeras dan membentuk cetakan yang diinginkan (Sabarudin *et al.*, 2018; Shamsuri, 2015; Orhorhoro *et al.*, 2016; Kumar dan Balachandar, 2014). Produk komposit plastik dalam bentuk papan yang dihasilkan selanjutnya dapat dibuat menjadi beragam produk yang bernilai ekonomis, seperti furnitur (Li dan Zhi-Hui, 2013) dan juga kerajinan dekoratif lainnya (Wang dan Chen, 2012). Sesuai dengan skema pengabdian masyarakat sebagai program diseminasi hasil penelitian material komposit, terutama terkait *wood plastic composite*, yang telah mendapatkan parameter yang terbaik menggunakan metode *hot-press*, antara lain variabel temperatur pemanasan yang optimal (Basri, 2022). Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra, disepakati untuk memberikan Pendidikan dan pelatihan penggunaan mesin *hot-press* untuk daur ulang sampah plastik, yang nantinya dapat dikembangkan oleh mitra bersama anggota atau nasabah Bank Sampah Navoe.

## METODE

Untuk menyelesaikan permasalahan mitra terkait dengan sampah atau limbah yang dikumpulkan, terutama limbah plastik, maka solusi atau metode pendekatan yang ditawarkan adalah pelatihan teknologi pengolahan limbah melalui daur ulang limbah plastik dengan menggunakan metode pencetakan *hot-press* untuk pembuatan papan komposit. Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan melalui: 1) Pendidikan dan

pelatihan bagi mitra dengan metode penyuluhan tentang jenis dan pemanfaatan sampah, 2) Praktek penggunaan mesin *hot-press* untuk mebuat papan komposit, dan 3) Pembinaan mitra melalui monitoring dan evaluasi penerapan metode *hot-press*.

Kegiatan ini melibatkan Bank Sampah Navoe sebagai kelompok masyarakat yang bergerak dalam layanan pengolahan sampah dari kelurahan Taipa kecamatan Palu Utara, kota Palu, yang diharapkan dapat menyebarkan pengetahuan dan keterampilan yang telah diberikan kepada anggota masyarakat yang menjadi nasabah bank sampat tersebut. Tahapan utama program pengabdian masyarakat adalah pelatihan penggunaan mesin *hot-press* untuk daur ulang sampah plastik. Peralatan utama adalah mesin press hidrolik dan alat *hot-press* dengan elemen pemanas yang disertai mikrokontroller berbasis Arduino untuk mengatur temperatur pemanasan. Bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan particleboard yaitu plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*). Bahan ini dapat diperoleh dari sampah bekas botol sabun mandi, sampo dan cairan pembersih, dan tutup botol kemasan minuman. Sebelum digunakan, bahan plastik ini harus dicacah terlebih dahulu menjadi ukuran yang lebih kecil ( $\pm 1 \text{ cm}^2$ ) menggunakan mesin pencacah sampah plastik ataupun pencacahan atau pemotongan secara manual.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencapai tujuan dari program Pengabdian pada Masyarakat ini, makadalam pelaksanaan program ini telah dilakukan sejumlah tahapan kegiatan, dengan kegiatan utama meliputi alih teknologi pada masyarakat sasaran melalui kegiatan penyuluhan dan pelatihan. Lebih lanjut kegiatan ini adalah melakukan pembinaan kepada anggota mitra sasaran, agar keterampilan yang dimiliki ini, nantinya bisa dikembangkan menjadi usaha produktif tambahan yang bernilai ekonomi. Pada tahap awal tim pengabdi melakukan sejumlah persiapan, terutama persiapan bahan dan alat pelatihan. Persiapan bahan utama diperoleh dari mitra bank sampah sendiri, berupa sampah plastik jenis HDPE yang diperoleh dari tutup botol minuman kemasan beranekawarna, untuk mendapatkan gradasi warna yang menarik, dan akan membentuk motif abstrak ketika plastik meleleh. Adapun untuk papan berukuran 30 cm x 30 cm dengan tebal 6 mm, plastik yang digunakan sebanyak 540 gram (Gambar 1).



**Gambar 1. Persiapan bahan plastik jenis HDPE dari tutup botol plastik**

Pada gambar 2 diperlihatkan peralatan utama pelatihan berupa mesin *hot-press* yang bekerja dengan prinsip penekanan disertai proses pemanasan yang dikendalikan dengan mikrokontroller berbasis arduino. Kedua pemanas listrik dipasang di inti bagian dalam dan di permukaan cetakan. Gaya kompresi pada cetakan dilakukan dengan peralatan hidrolik (Kerdsuwan *et al.*, 2016). Studi tentang pengepresan panas



Tahapan akhir dan inti dari program pengabdian masyarakat ini adalah pelatihan penggunaan mesin *hot-press* untuk daur ulang sampah plastik. Tim pengabdian terlebih dahulu memaparkan spesifikasi peralatan yang diperlukan serta fungsi dan cara kerjanya. Peralatan utama adalah mesin press hidrolik dan alat *hotpress* dengan elemen pemanas yang disertai mikrokontroler berbasis Arduino untuk mengatur temperatur pemanasan. Tim pengabdian juga menjelaskan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan *particleboard* yaitu plastik jenis HDPE. Bahan ini dapat diperoleh dari sampah bekas botol sabun mandi, shampo dan cairan pembersih, maupun tutup botol kemasan minuman. Untuk dapat digunakan, bahan plastik ini harus dicacah terlebih dahulu menjadi ukuran yang lebih kecil. Pada tahapan praktik penggunaan mesin *hot-press*, tim pengabdian memberikan pelatihan pengaturan alat *hot-press* dengan meletakkan pelat dasar pada mesin press, dan menyambungkan dengan rangkaian mikrokontroler Arduino untuk pengaturan temperatur pemanasan pelat. Temperatur pemanasan optimal yang diberikan sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan pada temperatur 150–170 °C. Selanjutnya proses pemasukan bahan cacahan plastik, dihamparkan secara merata pada seluruh permukaan pelat dasar dengan ketinggian tertentu, sampai semua bahan yang telah disiapkan telah dimasukkan semua (Gambar 4).



**Gambar 4. Meratakan biji plastik pada pelat dasar dan proses pengepresan**

Pengaturan temperatur *hot-press* ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Basri (2022) dengan pengujian kuat geser komposit material produk *hot-press*, diperoleh nilai geser tertinggi pada suhu 150 °C. Begitupula untuk pengujian kuat tekan, juga nilai tertinggi diperoleh pada suhu 150 °C, sedangkan nilai terendah diperoleh pada suhu 210 °C. Hal ini disebabkan karena pada suhu yang lebih tinggi, jauh di atas titik leleh HDPE yang berkisar antara 120 °C dan 135 °C.

Gambar 5 juga memperlihatkan bagaimana proses penutupan pelat atas dengan meletakkan pelat penutup pada tumpukan cacahan plastik sampai posisi kedua pelat rata dan pas serta tidak memiliki celah. Pemanasan pelat atas dan bawah dengan menyalakan elemen pemanas dan mengatur temperatur pemanasan sebesar 170 °C pada mikrokontroler. Proses penekanan dengan mesin press, dilakukan dengan menurunkan besi penekan pada pelat penutup dan memberikan tekanan sebesar 4 ton. Proses pengepresan membutuhkan waktu kurang lebih 20 menit untuk memastikan bahan plastik meleleh secara sempurna, dan tidak menyisakan rongga atau lubang.



**Gambar 6. Pelepasan papan plastik komposit dari mesin *hot-press***

Gambar 6 memperlihatkan proses pelepasan papan komposit dari alat pres yang dilakukan setelah pelat sudah dingin atau kurang  $\pm 30$  menit sehingga dapat dilepaskan dengan baik dan tanpa cacat. Untuk pembuatan papan komposit berikutnya pada mesin *hot-press* dapat dilakukan dengan terlebih dahulu membersihkan kembali sisa-sisa material masih yang melengket pada pelat.



**Gambar 7. Contoh produk hasil praktek**

Gambar 7 menunjukkan produk hasil pelatihan penggunaan *hot-press* oleh mitra pengelola Bank Sampah Navoe, terlihat bahwa papan komposit plastik menghasilkan papan komposit dengan gradasi warna abstrak tergantung pada komposisi warna bahan plastik yang digunakan pada saat awal pengepresan dan akan menyatu membentuk gradasi warna abstrak atau pola *camouflage* atau *marble*. Produk papan komposit yang dihasilkan dapat digunakan dalam konstruksi dan furnitur sehingga menunjukkan pendekatan yang efektif untuk memanfaatkan kembali sampah plastik (Xiao et al., 2023).

Produk daur ulang sampah plastik menggunakan mesin *hot-press* dipengaruhi oleh sejumlah parameter, antara lain daya tekanan yang tinggi untuk membentuk bahan yang sulit dibentuk. Daya tekanan ini dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk produk yang dihasilkan serta sifat-sifat bahan yang digunakan. Selain itu, faktor suhu adalah faktor penting dalam *hot-press*, karena suhu tinggi diperlukan untuk melelehkan bahan dan membentuknya ke dalam bentuk yang diinginkan (Sabarudin et al., 2019). Suhu *hot-press* harus dikontrol dengan hati-hati karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan produk terbakar atau terdeformasi. Kemudian, lamanya pengepresan

panas juga merupakan faktor yang perlu diperhaktikan karena waktu yang tepat diperlukan untuk membentuk bahan yang diinginkan (Tominaga *et al.*, 2019). Waktu *hot-press* dipengaruhi oleh tekanan dan suhu, serta ukuran dan ketebalan produk yang dihasilkan. Selain itu, pemilihan jenis sampah plastik untuk *hot-press* harus memperhatikan sifat-sifat bahan tersebut, seperti titik leleh, konduktivitas panas, dan elastisitas. Bahan yang dipilih harus dapat menahan tekanan dan suhu yang diperlukan dalam proses *hot-press*. Oleh karena itu, mesin *hot-press* seharusnya dilengkapi dengan mekanisme pengaturan tekanan, suhu, dan waktu, sehingga parameter-parameter ini dapat diatur dan dikontrol dengan tepat, termasuk kelengkapan mekanisme keselamatan untuk mencegah terjadinya kecelakaan dalam proses pengepresan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan program pengabdian ini, diketahui bahwa mitra mendapatkan pengetahuan tentang daur ulang sampah plastik dengan metode *hot-press* dan peningkatan keterampilan dalam menggunakan mesin *hot-press* untuk membuat papan komposit limbah plastik, yang mana sebelumnya belum pernah dilakukan oleh mitra Bank Sampah Navoe. Produk papan plastik komposit dapat digunakan lebih lanjut oleh pengelola bank sampah untuk membuat produk rumah tangga, dinding, hiasan, maupun souvenir. Partisipasi masyarakat peserta pelatihan cukup tinggi dengan antusiasme dalam interaksi dan diskusi penggunaan mesin *hot-press*. Hasil produk pemanfaatan limbah plastik jenis HDPE ini memiliki nilai ekonomi yang dapat menambah pendapatan dan taraf hidup masyarakat sekaligus membantu pemerintah dalam mengatasi masalah sampah.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pengurus Bank Sampah Novea atas kerjasamanya, dan Fakultas Teknik Universitas Tadulako serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tadulako yang telah memberikan bantuan dana hibah pengabdian masyarakat tahun 2023 sehingga pelaksanaan kegiatan dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan harapan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Basri. 2022. Pengaruh Temperatur Hot Press terhadap Kekuatan Tekan dan Geser Komposit High Density Polyethylene yang Diperkuat Serat Rotan. [Skripsi]. Palu: Universitas Tadulako.
- Junaidi J. 2020. Pengembangan Alat Kempa Panas (Hot Press) Penekanan Dongkrak Hidrolik untuk Pembuatan Papan Komposit Ukuran 25 cm x 25 cm. *Jurnal Teknik Mesin*. 13(1): 25–31. <https://doi.org/10.30630/jtm.13.1.266>.
- Kerdsuwan S, Meenaroch P, Chalermcharoenrat T. 2016. The Novel Design and Manufacturing Technology of Densified RDF from Reclaimed Landfill without a Mixing Binding Agent Using a Hydraulic Hot Pressing Machine. *MATEC Web of Conferences*. 70: 11003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167011003>.
- Kumar BS, Balachandar S. 2014. A Study on the Influence of Hot Press Forming Process Parameters on Flexural Property of Glass/PP Based Thermoplastic Composites Using Box-Behnken Experimental Design. *ISRN Material Science*. 2014(2): 1-6. <https://doi.org/10.1155/2014/624045>.

- Li M, Zhi-Hui W. 2013. The Properties of Wood-Plastics Composite (WPC) and Its Application in Furniture. *Advanced Materials Research*. 815: 605–609. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.815.605>.
- Marzuki B. 2022 Jun 28. Bank Sampah Navoe Produksi BBM Dari Sampah Plastik. *Antaranews.com*. *Seputar Sulteng*. <https://sulteng.antaranews.com/berita/251541/bank-sampah-navoe-produksi-bbm-dari-sampah-plastik>.
- Mawardi I. 2019. *Proses Manufaktur Plastik dan Komposit*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Orhororo EK, Atuma EV, Adeniyi AS. 2016. Design and Fabrication of Compression Molding Machine for Plastic Waste Recycling in Nigeria. *Int. Acad. Inst. Sci. Technol*. 3(11): 1.
- Ramesh M, Rajeshkumar L, Sasikala G, Balaji D, Saravanakumar A, Bhuvanewari V, Bhoopathi R. 2022. A Critical Review on Wood-Based Polymer Composites: Processing, Properties, and Prospects. *Polymers*. 14(3): 589-624. <https://doi.org/10.3390/polym14030589>.
- Ridwan M. 2023 Jul 30. DLH Palu: Presentase Sampah Plastik di Kota Palu 10,4 Persen. *Antaranews.com*. *Seputar Sulteng*. <https://sulteng.antaranews.com/berita/277314/dlh-palu-presentase-sampah-plastik-di-kota-palu-104-persen>.
- Sabarudin A, Arendra A, Hidayat K, Prasetyo P, Mu'alim M, Prasnowo MA. 2019. Characteristics of Disabled Porosity Development Engine Hot Press for Recycle Plastic HDPE: Proceedings of the 2nd International Conference on Advance and Scientific Innovation. Banda Aceh: 18 -19 Juli. <http://dx.doi.org/10.4108/eai.18-7-2019.2288537>.
- Sabarudin A, Lumintu I, Arendra A. 2018. Development of Hot Press Molding for HDPE Recycling and Process Characterization. *Atlantis Highlights in Engineering*, 1: 925–928. <https://doi.org/10.2991/icst-18.2018.186>.
- Salim U. 2023 Okt 17. Taipa Masuk Program Desa Pesisir Bersih, KKP Serahkan Bantuan ke Bank Sampah di Palu. *Metrosulawesi.net*. *Sulteng*. <https://metrosulawesi.net/berita/detail/taipa-masuk-program-desa-pesisir-bersih-kkp-serahkan-bantuan-ke-bank-sampah-di-palu>.
- Shamsuri AA. 2015. Compression Moulding Technique for Manufacturing Biocomposite Products. *International Journal of Applied Science and Technology*. 5(3). 23-26. [https://www.ijastnet.com/journals/Vol\\_5\\_No\\_3\\_June\\_2015/3.pdf](https://www.ijastnet.com/journals/Vol_5_No_3_June_2015/3.pdf).
- Tominaga A, Sekiguchi H, Nakano R, Yao S, Takatori E. 2019. Advanced Recycling Process for Waste Plastics Based on Physical Degradation Theory and Its Stability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 21(1): 116-124.
- Waluyo R, Ahmad AR, Pramono GE, Kurniansyah K. 2021. Pengembangan Wood Plastic Composite (WPC) melalui Pemanfaatan Limbah Plastik dan Serbuk Gergaji Kayu. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 7(1): 1-8. <https://doi.org/10.32832/ame.v7i1.3434>.
- Wang YG, Chen ZZ. 2012. Make WPC Products More Beautiful by Secondary Processing. *Advanced Materials Research*. 472: 293–296. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.472-475.293>.
- Wulandari D, Utomo SH, Narmaditya BS. 2017. Waste Bank: Waste Management Model in Improving Local Economy. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 7(3): 36–41. <https://www.econjournals.com/index.php/ijeep/article/view/4496/2990>.
- Xiao R, Yu Q, Ye H, Shi Y, Sheng Y, Zhang M, Nournai P, Ge S. 2023. Visual Design

of High-Density Polyethylene into Wood Plastic Composite with Multiple Desirable Features: A Promising Strategy for Plastic Waste Valorization. *Journal of Building Engineering*. 63, 105445. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105445>.