

RANCANG BANGUN DAN EVALUASI KINERJA MESIN HOT PRESS UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK MENJADI PAPAN PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN

Irna Sari Maulani^{1*}, Ade Herdiana², Tia Setiawan³, Slamet Riyadi⁴, Heris Syamsuri⁵, Zenal Abidin⁶

Program Studi Teknik Mesin^{1,2,3,4,5,6}

Universitas Galuh

Jl RE Martadinata No 150 Ciamis

irna.maulani@gmail.com¹, ade.herdiana@unigal.ac.id², ir. tia_setiawan@unigal.ac.id³, slametry@unigal.ac.id⁴, herissyamsuri@unigal.ac.id⁵, zenalabidin@unigal.ac.id⁶

Abstrak

Peningkatan volume limbah plastik menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang memerlukan inovasi teknologi pengolahan untuk meningkatkan nilai tambah sekaligus mengurangi beban sampah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengevaluasi kinerja mesin *hot press* sebagai teknologi pengolahan limbah plastik menjadi papan plastik ramah lingkungan. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimen yang meliputi perancangan mesin, proses fabrikasi, pengujian sistem pemanas, serta pengujian proses pengepresan limbah plastik. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan massa cacahan plastik pada kondisi operasi tetap, yaitu temperatur pemanasan 200 °C, tekanan pengepresan 1 ton, dan waktu pemanasan 2 jam. Kualitas papan plastik dievaluasi melalui pengamatan tingkat kepadatan dan keberadaan rongga (*void*), serta dirancang untuk dikarakterisasi menggunakan pengujian dimensi, densitas, kekuatan lentur, kekuatan tarik, kekerasan permukaan, dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa cacahan plastik menghasilkan papan dengan tingkat kepadatan yang semakin baik. Massa cacahan 5 kg menghasilkan papan plastik yang paling padat tanpa terbentuk rongga (*void*), sedangkan penggunaan massa yang lebih rendah masih menunjukkan adanya porositas pada produk. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaturan massa bahan baku berpengaruh terhadap homogenitas papan plastik yang dihasilkan. Secara keseluruhan, mesin *hot press* yang dikembangkan mampu mengolah limbah plastik menjadi papan plastik

dengan kualitas yang lebih baik melalui pengaturan parameter proses yang sesuai. Teknologi ini berpotensi diterapkan sebagai solusi pengolahan limbah plastik pada skala laboratorium maupun usaha kecil, sekaligus mendukung implementasi ekonomi sirkular dan pengelolaan sampah yang berkelanjutan.

Kata kunci :

hot press, limbah plastik, papan plastik, daur ulang, ekonomi sirkular.

Abstract

The increasing volume of plastic waste has become a major environmental challenge that requires innovative recycling technologies to enhance waste utilization while reducing the burden on landfills. This study aimed to design, develop, and evaluate the performance of a hot press machine for converting plastic waste into environmentally friendly plastic boards. The research employed an experimental approach involving machine design, fabrication, heating system evaluation, and plastic pressing tests. The experiments were conducted by varying the mass of shredded plastic while maintaining constant operating conditions, namely a heating temperature of 200 °C, a pressing force of 1 ton, and a heating duration of 2 hours. The quality of the plastic boards was evaluated through observations of density and void formation and was designed to be further characterized by dimensional measurements, density, flexural strength, tensile strength, surface hardness, and water absorption tests. The results showed that

increasing the mass of shredded plastic improved the compactness of the produced boards. A shredded plastic mass of 5 kg produced the most compact plastic board without visible voids, whereas lower plastic masses resulted in boards with noticeable porosity. These findings indicate that the amount of raw material significantly influences the homogeneity and overall quality of the recycled plastic boards. Overall, the developed hot press machine demonstrated promising performance for converting plastic waste into higher-quality plastic boards through appropriate process parameter control. This technology has the potential to be applied in laboratory-scale and small-scale recycling industries, supporting sustainable plastic waste management and the implementation of a circular economy.

Keywords:

hot press, plastic waste, plastic board, recycling, circular economy.

I. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu isu lingkungan global yang semakin kompleks seiring dengan meningkatnya produksi dan konsumsi plastik di berbagai sektor kehidupan. Material plastik banyak dimanfaatkan karena memiliki sifat ringan, kuat, tahan korosi, mudah dibentuk, serta memiliki biaya produksi yang relatif rendah (Strong, 2006). Karakteristik tersebut menjadikan plastik sebagai bahan utama pada industri kemasan, konstruksi, otomotif, elektronik, hingga kebutuhan rumah tangga. Namun, di balik berbagai keunggulannya, plastik memiliki sifat sulit terdegradasi secara alami sehingga akumulasinya di lingkungan terus meningkat dan menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap ekosistem maupun kesehatan manusia.

Laporan United Nations Environment Programme (UNEP) dalam Global Waste Management Outlook 2024 menyebutkan bahwa jumlah sampah padat perkotaan dunia mencapai sekitar 2,1 miliar ton pada tahun 2020 dan diproyeksikan terus meningkat secara signifikan hingga tahun 2050 apabila tidak disertai perubahan mendasar dalam pola produksi, konsumsi, dan sistem pengelolaan limbah. Peningkatan timbulan sampah tersebut diperkirakan akan memperbesar emisi gas rumah kaca, mempercepat degradasi lingkungan, meningkatkan pencemaran tanah dan perairan, serta menimbulkan kerugian ekonomi akibat biaya

penanganan limbah yang semakin besar. Oleh karena itu, UNEP merekomendasikan penerapan konsep ekonomi sirkular (circular economy) melalui pengurangan sampah dari sumber (reduce), penggunaan kembali (reuse), dan peningkatan kegiatan daur ulang (recycle) sebagai strategi utama dalam mengurangi dampak lingkungan akibat limbah plastik (Bhowmik et al., 2026).

Temuan tersebut diperkuat oleh laporan World Bank melalui publikasi What a Waste 3.0 yang menyatakan bahwa produksi sampah padat global telah mencapai sekitar 2,56 miliar ton pada tahun 2022 dan diproyeksikan meningkat menjadi 3,86 miliar ton pada tahun 2050 apabila sistem pengelolaan limbah masih mengikuti skenario business as usual. Peningkatan tersebut dipengaruhi oleh pertumbuhan jumlah penduduk, urbanisasi, meningkatnya pendapatan masyarakat, serta tingginya konsumsi produk berbahan plastik sekali pakai (Fruhling & Lee, 2005). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan volume sampah telah berkembang menjadi tantangan global yang memerlukan inovasi teknologi pengelolaan limbah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Permasalahan serupa juga terjadi di Indonesia. Berdasarkan kajian World Bank, Indonesia menghasilkan sekitar 7,8 juta ton sampah plastik setiap tahun, dengan sekitar 4,9 juta ton di antaranya belum tertangani secara optimal. Sebagian besar limbah tersebut berasal dari sampah yang tidak terangkut, pembuangan terbuka, maupun kebocoran sistem pengelolaan sampah. Akibatnya, diperkirakan sekitar 346 ribu ton sampah plastik memasuki sungai dan wilayah pesisir setiap tahun sehingga menempatkan Indonesia sebagai salah satu penyumbang utama pencemaran plastik di laut (Cheng & Yan, 2026). Di sisi lain, data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa sampah plastik merupakan komponen terbesar kedua setelah sampah organik. Peningkatan penggunaan plastik sekali pakai, terutama pada sektor kemasan makanan, minuman, dan perdagangan elektronik (*e-commerce*), menyebabkan timbulan sampah plastik terus meningkat setiap tahunnya. Kondisi tersebut diperburuk oleh rendahnya tingkat pemilahan sampah dari sumber, terbatasnya kapasitas fasilitas daur ulang, serta dominannya sistem pembuangan akhir (*landfill*) dibandingkan pemanfaatan kembali material plastik.

Permasalahan pengelolaan sampah juga menjadi tantangan utama di Provinsi Jawa Barat sebagai provinsi dengan jumlah penduduk terbesar di

Indonesia. Tingginya aktivitas ekonomi dan kepadatan penduduk menyebabkan volume timbunan sampah di berbagai kabupaten dan kota terus mengalami peningkatan. Pemerintah Provinsi Jawa Barat bahkan menerapkan Instruksi Gubernur Nomor 02/PBLS.04/DLH mengenai pembatasan ritase truk sampah sebagai langkah sementara dalam mengurangi tekanan terhadap kapasitas Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), khususnya TPA Regional Sarimukti. Penelitian yang dilakukan oleh Herlina dkk. menunjukkan bahwa karakteristik timbunan dan pengelolaan sampah pada setiap kabupaten/kota di Jawa Barat sangat beragam sehingga strategi penanganannya tidak dapat disamaratakan, melainkan memerlukan pendekatan dan inovasi teknologi yang disesuaikan dengan kondisi masing-masing daerah (Cheng & Yan, 2026).

Selain keterbatasan kapasitas TPA, berbagai penelitian juga mengungkapkan bahwa sistem pengelolaan sampah di Jawa Barat masih menghadapi sejumlah kendala, antara lain dominasi metode landfill, rendahnya tingkat pengurangan sampah dari sumber, keterbatasan fasilitas pengolahan, serta belum optimalnya koordinasi antarpemerintah daerah. Kondisi tersebut menyebabkan volume sampah yang masuk ke TPA terus meningkat sehingga kebijakan pembatasan ritase hanya menjadi solusi jangka pendek. Dalam jangka panjang, upaya pengelolaan sampah harus diarahkan pada peningkatan aktivitas daur ulang, pemanfaatan kembali material yang masih bernilai ekonomi, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular guna mengurangi beban TPA (Ullah & Ali, 2025).

Selain menyebabkan pencemaran lingkungan, akumulasi limbah plastik juga memberikan dampak serius terhadap kesehatan dan ekosistem. Proses degradasi plastik menghasilkan mikroplastik yang telah ditemukan pada tanah, air, udara, hingga rantai makanan. Keberadaan mikroplastik tersebut berpotensi mengganggu kesehatan manusia dalam jangka panjang. Di lingkungan perairan, limbah plastik menyebabkan kerusakan habitat, mengganggu kehidupan biota akuatik akibat tertelan atau terjatuh plastik, serta meningkatkan risiko banjir melalui penyumbatan saluran drainase.

Berdasarkan berbagai permasalahan tersebut, diperlukan inovasi teknologi yang mampu mengurangi volume limbah plastik sekaligus meningkatkan nilai ekonominya. Salah satu teknologi yang memiliki prospek tinggi adalah *hot press* (*compression molding*), yaitu proses pemanasan dan pengepresan limbah plastik hingga membentuk produk baru berupa

papan plastik (*plastic board*) (Oliveux et al., 2015). Produk ini memiliki potensi sebagai material alternatif untuk furnitur, panel bangunan, pagar, lantai, maupun berbagai aplikasi non-struktural lainnya. Dibandingkan hanya menjual limbah plastik sebagai bahan baku daur ulang, proses ini memberikan nilai tambah yang lebih tinggi serta mendukung implementasi ekonomi sirkular. Oleh karena itu, pengembangan mesin *hot press* yang mampu menghasilkan distribusi temperatur yang merata, efisiensi energi yang baik, dan kualitas papan plastik yang memenuhi persyaratan mekanik menjadi solusi yang relevan dalam mendukung pengelolaan sampah plastik berkelanjutan sekaligus meningkatkan pemanfaatan limbah plastik sebagai material bernilai ekonomi.

Pemanfaatan limbah plastik sebagai material konstruksi maupun produk teknik telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir sebagai bagian dari implementasi konsep *circular economy*, selain itu Papan plastik berpotensi digunakan sebagai material bangunan non-struktural (CM, 2002). Berbagai penelitian telah memanfaatkan limbah plastik jenis HDPE, LDPE, PP, maupun campuran plastik pascakonsumsi untuk menghasilkan produk bernilai tambah seperti paving block, bata, panel bangunan, papan komposit (*plastic board*), hingga lembaran laminasi menggunakan teknologi ekstrusi maupun *compression molding*. Meskipun demikian, kualitas produk yang dihasilkan masih sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti temperatur, tekanan, waktu pengepresan, serta karakteristik bahan baku plastik (Feriska, 2024). Penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik sebagai material konstruksi menunjukkan bahwa metode *compression molding* atau *hot press* mampu menghasilkan produk dengan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan metode pengecoran sederhana karena proses pemanasan dan pengepresan menghasilkan ikatan antarmolekul yang lebih homogen. Penelitian terbaru oleh Cheng dan Yan mengembangkan metode *controlled hot pressing* untuk limbah polietilena (LDPE dan HDPE) dan menunjukkan bahwa temperatur, tekanan, serta waktu penekanan merupakan parameter dominan yang menentukan homogenitas permukaan, ketebalan produk, dan sifat fungsional lembaran plastik hasil daur ulang. LDPE menunjukkan kemampuan pembentukan terbaik pada kisaran temperatur 120–130 °C, sedangkan HDPE memerlukan temperatur yang lebih tinggi untuk memperoleh kualitas lembaran yang seragam (*Beyond*

an Age of Waste Turning Rubbish into a Resource, 2024).

Penelitian lain mengenai pemanfaatan HDPE daur ulang sebagai material bangunan menunjukkan bahwa limbah plastik dapat diolah menjadi solid interlocking blocks dengan sifat tekan dan lentur yang memenuhi persyaratan material non-struktural. Namun demikian, penelitian tersebut menggunakan proses ekstrusi sehingga tidak membahas optimasi parameter proses hot press maupun distribusi temperatur selama pembentukan produk (Lutego et al., 2026).

Kajian sistematis mengenai material konstruksi berbasis limbah plastik juga menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada evaluasi sifat mekanik produk akhir, seperti kuat tekan, kuat lentur, densitas, dan penyerapan air, sedangkan optimasi parameter proses manufaktur masih relatif terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian menggunakan satu jenis plastik tertentu sehingga belum banyak membahas pemanfaatan limbah plastik campuran yang lebih umum ditemukan pada sampah domestic (FROM RIVERS AND COASTLINES IN INDONESIA Plastic Waste Discharges East Asia and Pacific Region: MARINE PLASTICS SERIES, 2021).

Beberapa penelitian mengenai *compression molding* pada komposit termoplastik menunjukkan bahwa kombinasi temperatur, tekanan, dan waktu pengepresan berpengaruh langsung terhadap ikatan antarlapisan (*interfacial bonding*), porositas, homogenitas struktur, dan kekuatan mekanik produk (Oliveux et al., 2015). Optimasi parameter proses terbukti mampu meningkatkan kekuatan lentur, menurunkan penyerapan air, serta menghasilkan distribusi ketebalan yang lebih seragam (Herlina et al., 2025).

Di Indonesia, penelitian mengenai pengolahan limbah plastik umumnya masih didominasi pada pembuatan paving block, bata plastik, maupun bahan campuran aspal. Penelitian mengenai pengembangan mesin hot press untuk menghasilkan papan plastik masih relatif terbatas, khususnya yang mengintegrasikan aspek perancangan mesin, evaluasi konsumsi energi, produktivitas alat, serta karakterisasi mekanik papan plastik secara komprehensif. Kondisi tersebut menunjukkan masih terbukanya peluang penelitian dalam pengembangan mesin hot press yang sederhana, hemat energi, dan sesuai untuk skala laboratorium maupun usaha kecil.

Hasil telaah literatur menunjukkan bahwa penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik menjadi papan plastik telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Sebagian besar penelitian berfokus pada karakterisasi sifat mekanik material hasil daur ulang, seperti kuat tarik, kuat lentur, kekerasan, densitas, serta penyerapan air. Penelitian lain lebih menitikberatkan pada optimasi komposisi material atau penggunaan bahan penguat untuk meningkatkan performa produk. Di sisi lain, penelitian mengenai teknologi hot press umumnya hanya mengkaji pengaruh parameter proses terhadap kualitas produk tanpa membahas secara mendalam aspek rekayasa mesin yang digunakan (Singh et al., 2026). Selain itu, sebagian besar penelitian memanfaatkan peralatan laboratorium atau mesin industri yang telah tersedia sehingga informasi mengenai proses perancangan mesin, distribusi temperatur pada cetakan, efisiensi energi, kapasitas produksi, serta kelayakan penerapan pada skala usaha kecil masih sangat terbatas. Kajian mengenai hubungan antara desain mesin, parameter proses, konsumsi energi, dan kualitas papan plastik dalam satu penelitian yang terintegrasi juga masih jarang ditemukan (Herlina et al., 2025).

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pemanfaatan limbah plastik menjadi papan plastik maupun optimasi parameter *hot press*, sebagian besar masih berfokus pada karakterisasi material atau pengaruh parameter proses secara terpisah. Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pengembangan mesin *hot press* yang mengintegrasikan aspek perancangan mesin, evaluasi distribusi temperatur, konsumsi energi, kapasitas produksi, serta analisis kualitas papan plastik dalam satu sistem eksperimen. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan rancangan mesin yang lebih aplikatif untuk skala laboratorium maupun usaha kecil serta memberikan dasar teknis dalam penentuan parameter operasi optimum.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi pengolahan limbah plastik, tetapi juga memberikan kontribusi pada aspek rekayasa manufaktur melalui pengembangan mesin yang efisien, aplikatif, dan mendukung implementasi ekonomi sirkular.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengevaluasi kinerja mesin hot press sebagai teknologi pengolahan limbah plastik menjadi papan plastik ramah lingkungan yang memiliki kualitas fisik dan mekanik yang baik serta mendukung

penerapan ekonomi sirkular. Rumusan masalah yang dapat diangkat adalah:

- Bagaimana merancang mesin hot press yang mampu mengolah limbah plastik menjadi papan plastik secara efektif?
- Bagaimana kinerja mesin hot press ditinjau dari distribusi temperatur?
- Bagaimana pengaruh temperatur, tekanan, dan waktu pengepresan terhadap karakteristik fisik dan mekanik papan plastik yang dihasilkan?
- Berapa kondisi operasi optimum untuk menghasilkan papan plastik dengan kualitas terbaik?

Penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah mesin hot press yang mampu mengolah limbah plastik menjadi papan plastik ramah lingkungan dengan proses pemanasan dan pengepresan yang berlangsung secara stabil, efisien, dan mudah dioperasikan. Mesin yang dikembangkan diharapkan memiliki sistem pemanas dan mekanisme pengepresan yang mampu menghasilkan distribusi temperatur yang merata sehingga kualitas papan plastik yang dihasilkan menjadi lebih homogen serta memiliki karakteristik fisik dan mekanik yang baik.

Selain menghasilkan prototipe mesin, penelitian ini juga diharapkan memberikan informasi mengenai kinerja mesin berdasarkan parameter operasional, meliputi temperatur pemanasan, tekanan pengepresan, waktu proses, konsumsi energi, dan kapasitas produksi. Evaluasi terhadap parameter-parameter tersebut diharapkan dapat digunakan untuk menentukan kondisi operasi yang optimum dalam menghasilkan papan plastik dengan kualitas terbaik.

Dari sisi produk, penelitian ini diharapkan menghasilkan papan plastik hasil daur ulang yang memiliki densitas, kekuatan mekanik, kekerasan, stabilitas dimensi, dan ketahanan terhadap penyerapan air yang memenuhi persyaratan sebagai material alternatif untuk berbagai aplikasi non-struktural, seperti panel dinding, furnitur, pagar, lantai, dan produk bangunan ramah lingkungan lainnya.

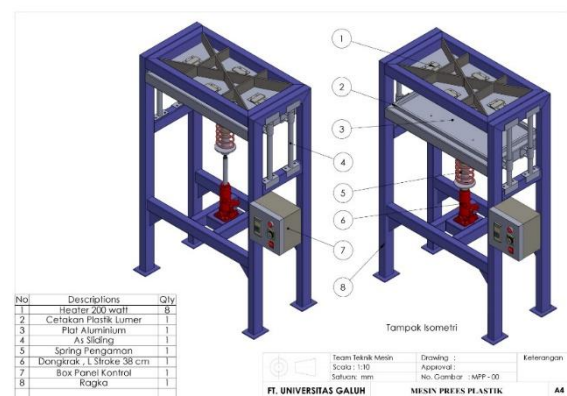
Secara ilmiah, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi hot press untuk pengolahan limbah plastik melalui integrasi aspek perancangan mesin, evaluasi kinerja, dan karakterisasi produk dalam satu sistem penelitian yang komprehensif. Hasil penelitian ini juga

diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi daur ulang plastik skala laboratorium maupun skala usaha kecil dan menengah.

Dari aspek lingkungan, penerapan mesin hot press diharapkan mampu meningkatkan pemanfaatan limbah plastik menjadi produk bernilai tambah, mengurangi jumlah sampah plastik yang berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), serta mendukung implementasi konsep ekonomi sirkular (circular economy) dan pembangunan industri yang lebih berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

Tahap awal penelitian adalah merancang mesin hot press yang mampu menghasilkan temperatur dan tekanan secara stabil selama proses pembentukan papan plastik. Mesin dirancang menggunakan rangka baja sebagai struktur utama yang berfungsi menopang seluruh komponen mesin. Sistem pemanas menggunakan elemen pemanas listrik (electric heater) yang dipasang pada pelat pemanas sehingga distribusi temperatur pada permukaan cetakan dapat berlangsung secara merata. Mekanisme pengepres dirancang menggunakan sistem hidrolik sehingga tekanan yang diberikan pada material plastik dapat berlangsung secara seragam selama proses pembentukan. Selain itu, mesin dilengkapi dengan panel kontrol temperatur yang berfungsi mengatur dan mempertahankan temperatur sesuai nilai yang ditentukan selama proses pengepresan. Desain mesin dapat terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Mesin Hot Press

Pembuatan Mesin dilakukan sesuai dengan gambar dimulai dari pemilihan bahan dan dengan jumlah electric pemanas 40 watt 220 volt, sebanyak 6 buah, dan dongkrak pegas 10 ton. Energi panas yang dihasilkan oleh enam buah elemen pemanas dihitung menggunakan Persamaan (1):

$$P_{total} = n \times P_h \dots\dots\dots (1)$$

Dengan menggunakan persamaan 1 diperoleh daya total pemanas sebesar 6 x 40 watt. Artinya sistem pemanas mampu menghasilkan energi panas sebesar 240 J/s.

Laju Perpindahan Panas Konduksi digunakan Persamaan Fourier, dapat dilihat pada persamaan (2)

$$q = -kA \frac{\Delta T}{L} \dots\dots\dots (2)$$

$$Q = \frac{kA(T_h - T_c)}{L} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

Q : Energi kalor (J)

k : Konduktivitas termal bahan (W/m.°C)

A: luas penampang (m²)

L : Panjang media penghantar (m)

ΔT: beda temperatur (°C)

Sementara untuk Kenaikan Temperatur Pelat menggunakan persamaan (3)

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T \dots\dots\dots (4)$$

Dengan massa pelat = 5 kg, kalor jenis baja, c = 470 J/kg.K sehingga diperoleh nilai kenaikan temperature sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{Q}{m \cdot C} \dots\dots\dots (5) \\ &= \frac{288.000}{5 \times 470} = 122,6 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Prosedur penelitian diawali dengan pengumpulan limbah plastik yang kemudian dipilah berdasarkan jenis materialnya. Plastik yang telah dipilih dibersihkan menggunakan air untuk menghilangkan kotoran dan kontaminan, kemudian dikeringkan sebelum dicacah menjadi ukuran yang lebih kecil agar proses peleburan berlangsung lebih merata. Selanjutnya, plastik hasil cacahan ditimbang sesuai

massa yang telah ditentukan dan dimasukkan ke dalam cetakan mesin hot press.

Sebelum proses pengepresan dilakukan, pelat pemanas dipanaskan hingga mencapai temperatur yang diinginkan. Setelah temperatur stabil, cetakan yang berisi limbah plastik ditempatkan pada ruang pengepres dan diberikan tekanan sesuai variasi penelitian selama waktu tertentu. Setelah proses pengepresan selesai, cetakan didinginkan hingga mencapai temperatur ruang sebelum papan plastik dilepaskan dari cetakan. Produk yang dihasilkan kemudian dipersiapkan sebagai spesimen untuk pengujian karakteristik fisik dan mekanik.

Sampel penelitian berupa papan plastik hasil proses *hot press* yang dibuat dari limbah plastik daur ulang. Setiap kombinasi parameter temperatur, tekanan, dan waktu pengepresan dibuat sebanyak tiga spesimen sebagai ulangan sehingga diperoleh data yang lebih representatif. Penggunaan beberapa ulangan bertujuan untuk meningkatkan reliabilitas hasil pengujian serta meminimalkan pengaruh variasi proses selama pembuatan papan plastik.

Pengujian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan memvariasikan massa cacahan plastik sebagai variabel utama, sedangkan temperatur pemanasan, tekanan pengepresan, dan waktu pengepresan dipertahankan tetap selama proses pengujian. Temperatur pemanasan ditetapkan sebesar 200 °C, tekanan pengepresan sebesar 1 ton, dan waktu pemanasan selama 2 jam berdasarkan hasil studi pendahuluan yang menunjukkan bahwa kombinasi parameter tersebut mampu menghasilkan proses peleburan plastik yang stabil. Variasi massa cacahan plastik terdiri atas 3,0 kg; 3,5 kg; 4,0 kg; 4,5 kg; dan 5,0 kg. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk meningkatkan reliabilitas hasil pengujian. Rancangan pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Pengujian

Variabel	Nilai
Temperatur	200 °C
Tekanan	1 ton
Waktu	2 jam
Variasi massa	3; 3,5; 4; 4,5; 5 kg
Jumlah ulangan	3

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Kinerja mesin dievaluasi berdasarkan beberapa parameter utama, yaitu kestabilan temperatur, waktu pemanasan, tekanan pengepresan, konsumsi energi listrik, dan kapasitas produksi. Pengamatan dilakukan selama proses pengepresan untuk mengetahui kemampuan mesin mempertahankan temperatur sesuai nilai yang ditetapkan serta menghasilkan tekanan yang seragam pada seluruh permukaan cetakan.

Kinerja mesin dilakukan analisis pengaruh parameter proses. Pengaruh variasi temperatur pemanasan, tekanan pengepresan, dan waktu pengepresan terhadap karakteristik papan plastik. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil setiap perlakuan sehingga diperoleh kondisi operasi optimum yang mampu menghasilkan papan plastik dengan kualitas terbaik. Massa cacah sampah plastic dipress dengan tekanan 1 ton dan temperature 200 °C diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan

No	Massa Cacahan Plastik (kg)	Waktu pemanasan (jam)	Temperatur Pemanasan (°C)	Hasil Papan
1	3	2	200	Hasil pres tidak padat, Terdapat banyak <i>hole</i> .
2	3,5	2	200	Hasil pres tidak padat, <i>hole</i> sudah sedikit berkurang
3	4	2	200	Hasil pres sedikit padat, sedikit <i>hole</i> .
4	4,5	2	200	Hasil pres semakin padat, sedikit <i>hole</i> .
5	5	2	200	Hasil sudah padat.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan massa cacahan plastik menyebabkan rongga (*void*) pada papan plastik semakin berkurang sehingga struktur produk menjadi lebih homogen. Pada massa 3 kg masih ditemukan banyak rongga akibat volume material belum mampu mengisi seluruh ruang cetakan. Penambahan massa menjadi 4 – 4,5 kg meningkatkan kepadatan produk karena jumlah material yang meleleh semakin mampu mengisi rongga di dalam cetakan. Kondisi terbaik diperoleh pada

massa 5 kg, di mana papan plastik memiliki permukaan yang lebih rata dan tidak ditemukan rongga secara visual.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Oliveux et al. (2015) yang menyatakan bahwa peningkatan temperatur dan tekanan selama proses compression molding mampu memperbaiki ikatan antarmolekul sehingga menghasilkan struktur produk yang lebih homogen. Demikian pula, Cheng dan Yan (2026) melaporkan bahwa pengaturan parameter proses yang tepat dapat mengurangi terbentuknya rongga (*void*) dan meningkatkan kualitas permukaan produk plastik hasil daur ulang. Pada penelitian ini, penggunaan temperatur 200 °C, tekanan 1 ton, waktu pemanasan 2 jam, dan massa cacahan plastik 5 kg menghasilkan papan plastik dengan tingkat kepadatan terbaik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa jumlah material yang memadai berperan penting dalam mengisi seluruh volume cetakan sehingga menghasilkan papan plastik yang lebih kompak dan homogen.

Meskipun hasil visual menunjukkan peningkatan kualitas produk, karakterisasi secara kuantitatif masih diperlukan melalui pengujian densitas, kuat lentur, kuat tarik, kekerasan, dan daya serap air agar hubungan antara parameter proses dan kualitas papan plastik dapat dibuktikan secara ilmiah. Pengujian tersebut menjadi tahap lanjutan penelitian ini.



Gambar 2. Hasil Hot Press Sampah Plastik

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sebuah mesin hot press sebagai alternatif teknologi pengolahan limbah plastik menjadi papan plastik ramah lingkungan. Mesin yang dikembangkan menggunakan enam elemen pemanas listrik berdaya

masing-masing 40 W sehingga menghasilkan daya pemanasan total sebesar 240 W, serta dilengkapi dengan mekanisme pengepres hidrolik berkapasitas 10 ton untuk mendukung proses pembentukan papan plastik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter proses berpengaruh terhadap kualitas papan plastik yang dihasilkan. Pada kondisi temperatur pemanasan 200 °C, tekanan 1 ton, dan waktu pemanasan 2 jam, peningkatan massa cacahan plastik menghasilkan papan dengan tingkat kepadatan yang semakin baik. Massa cacahan 5 kg memberikan hasil terbaik karena mampu menghasilkan papan plastik yang padat dan tidak ditemukan rongga (hole), sedangkan penggunaan massa cacahan yang lebih rendah masih menghasilkan porositas pada produk.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, yaitu evaluasi kualitas papan plastik masih didasarkan pada pengamatan visual terhadap tingkat kepadatan dan keberadaan rongga. Pengujian sifat mekanik seperti kuat lentur, kuat tarik, kekerasan, densitas, dan daya serap air belum disajikan sehingga belum dapat memberikan gambaran kuantitatif mengenai performa material yang dihasilkan.

Penelitian selanjutnya akan difokuskan pada pengujian karakteristik fisik dan mekanik papan plastik sesuai standar ASTM, optimasi parameter temperatur, tekanan, dan waktu pengepresan menggunakan metode desain eksperimen (*Design of Experiments*), serta pengembangan sistem kendali temperatur otomatis untuk meningkatkan kestabilan proses dan efisiensi energi. Selain itu, akan dilakukan evaluasi penggunaan berbagai jenis limbah plastik maupun campuran plastik guna memperluas aplikasi mesin *hot press* pada skala industri kecil dan menengah.

Secara keseluruhan, mesin hot press yang dikembangkan memiliki potensi sebagai teknologi sederhana dan ekonomis untuk mendukung pengolahan limbah plastik menjadi produk bernilai tambah. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan limbah plastik, mengurangi beban sampah yang berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA), serta mendukung implementasi konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) melalui pemanfaatan kembali limbah plastik menjadi papan plastik yang dapat diaplikasikan pada berbagai kebutuhan non-struktural.

REFERENSI

- Bank, W. (2021). *Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region*. Washington DC 20433: International Bank for Reconstruction and Development.
- Cheng, D. Y. (2026). Controlled hot pressing for functional upcycling of waste polyethylene materials. *sciencift report*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-026-42655-0>
- Ed Cook, K. I.-T. (2026). *What a Waste 3.0 Global Snapshot of Solid Waste Management toward Circularity until 2050*. Washington: World Bank Group. doi:10.1596/978-1-4648-2309-1
- Edward Remijus Lutego, J. K. (2026). Performance Comparison of Recycled HDPE, PET, and LDPE in Construction Materials: A Systematic Review. *Research Square*. doi:<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-9091978/v1>
- Feriska, F. (2024). *Efektivitas kebijakan penanganan sampah di tempat pembuangan akhir (TPA) Sarimukti*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Fruhling, A., & Lee, S. (2005). Assessing the Reliability, Validity and Adaptability of PSSUQ. *9th Americas Conference on Information Systems*. Omaha, Nebraska.
- Jalaludin, R., & Nugraha, M.H. (2024). Rancang Bangun Alat/Mesin Hot Press Untuk Pengolahan Sampah Plastik High Density Polyethylene (HDPE). Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang, 8(3).
- Lewis, R. (n.d.). *T12: Standardized Usability Questionary*. Retrieved December 10, 2014, from <http://michaelyeap.blogspot.com/2009/10/oct-9-post-study-system-usability.html>
- Papiya Bhowmik, e. a. (2026). Advances in thermoplastic composites focusing on processing, recyclability, and performance. *Discover Mechanical Engineering*, 5(64).

doi:<https://doi.org/10.1007/s44245-026-00238-3>

- Programme, U. N. (2024). *Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an Age of Waste – Turning Rubbish into a Resource*. The United Nations Environment Programme (UNEP) and the International Solid Waste Association (ISWA). Retrieved from <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/44939>
- Safeer Ullah, M. A. (2025, December). Development and properties investigation of recycled plastic solid interlocking blocks. *ScienceDirect*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05342>
- Sauro, J. (n.d.). *8 Advantages of Standardized Usability Questionnaires*. Retrieved December 2013, 2014, from <http://www.measuringusability.com/blog/standardized-usability.php>
- Sefia Herlina, T. C. (2025). Segmentasi Kabupaten/Kota Jawa Barat Berdasarkan Sampah Terkelola Tahun 2024. *SEMINARNASIONALSTATISTIKA*, 160-168.
- Shikha Singh, D. M. (2026). Sustainable recycling of thermoplastic sandwich panel structures: A response surface methodology approach. *Composites Part B: Engineering*, 137. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2026.113574>.
- Yan, D. C.-J. (2026). Controlled hot pressing for functional upcycling of waste polyethylene materials. *science report*. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-026-42655-0>