

Rancang Bangun Mesin Pelebur Sampah Plastik Menjadi Bahan Dasar Pembuatan Batako

Muhammad Abdul Rahman¹, Jefrianto², Wahyu Bagus Alamsyah³, Abdul Salam^{4*} dan Baso Nasrullah⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: abdsalam@poliupg.ac.id

Abstract: *Plastic waste accumulation has become a serious environmental problem due to its low biodegradability and the increasing use of plastic-based products. One potential approach to reduce plastic waste is by converting it into construction materials through thermal recycling technology. This study aims to design, fabricate, and evaluate the performance of a plastic waste melting machine used to produce raw materials for environmentally friendly plastic bricks. The machine was designed with a capacity of 5 kg per batch, a maximum operating temperature of 300 °C, powered by a 2 HP motor, and equipped with a gas heating system. The research stages included machine design, component fabrication, assembly, operational testing, and performance analysis. The experimental results showed that the melting process required approximately 30–90 minutes depending on the material mass. The produced plastic bricks achieved an average compressive strength of 4.94 MPa for the plastic–oil mixture and 2.23 MPa for the plastic–oil–sand mixture. The machine operated stably, efficiently, and was easy to operate. These results indicate that plastic waste can be effectively processed into alternative construction materials, providing both environmental benefits and potential economic value.*

Keywords: *melting machine, plastic waste, plastic brick, recycling, appropriate technology.*

Abstrak: Akumulasi limbah plastik menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang semakin serius akibat sifatnya yang sulit terurai dan meningkatnya penggunaan produk berbahan plastik. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah plastik adalah dengan mengolahnya menjadi material konstruksi melalui teknologi daur ulang termal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan mengevaluasi kinerja mesin peleleh limbah plastik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan batako plastik ramah lingkungan. Mesin dirancang dengan kapasitas 5 kg per batch, suhu operasi maksimum 300 °C, menggunakan motor penggerak 2 HP serta sistem pemanas berbasis gas. Tahapan penelitian meliputi perancangan mesin, pembuatan komponen, perakitan, pengujian operasional, serta analisis kinerja. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pelelehan plastik berlangsung selama 30–90 menit tergantung massa material. Batako plastik yang dihasilkan memiliki kuat tekan rata-rata 4,94 MPa untuk campuran plastik dan oli serta 2,23 MPa untuk campuran plastik, oli, dan pasir. Mesin bekerja secara stabil, efisien, dan mudah dioperasikan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa limbah plastik berpotensi dimanfaatkan sebagai material alternatif konstruksi yang memberikan manfaat lingkungan sekaligus nilai ekonomi.

Kata kunci : mesin peleleh, limbah plastik, batako plastik, daur ulang, teknologi tepat guna.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah plastik menjadi salah satu isu lingkungan global yang semakin serius seiring meningkatnya konsumsi produk berbahan plastik. Di Indonesia, volume timbunan sampah plastik terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dan Indonesian Olefin, Aromatic and Plastic Industry Association (INAPLAS), jumlah timbunan sampah plastik di Indonesia mencapai sekitar 64 juta ton per tahun, di mana sebagian besar tidak terkelola dengan baik dan berakhir di lingkungan terbuka maupun lautan [1]. Kondisi ini menimbulkan ancaman serius terhadap keseimbangan ekosistem darat dan laut.

Sifat plastik yang sulit terurai secara alami menyebabkan akumulasi limbah dalam jangka waktu yang sangat lama. Proses degradasi plastik di alam dapat berlangsung hingga ratusan tahun sehingga berpotensi mencemari tanah, mengganggu kesuburan lahan, merusak rantai makanan laut, serta memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia akibat terbentuknya mikroplastik [2]. Oleh

karena itu, pengelolaan limbah plastik menjadi salah satu tantangan utama dalam upaya menjaga keberlanjutan lingkungan.

Pemerintah Indonesia telah menerapkan berbagai kebijakan untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai, seperti pembatasan kantong plastik di pusat perbelanjaan serta kampanye pengurangan sampah plastik di masyarakat. Meskipun demikian, kebijakan tersebut belum sepenuhnya mampu menekan laju produksi dan konsumsi plastik secara signifikan. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan alternatif melalui penerapan teknologi rekayasa yang mampu mengolah limbah plastik menjadi produk baru yang bernilai guna dan bernilai ekonomi [3].

Salah satu pendekatan yang potensial adalah memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan alternatif dalam industri konstruksi. Sektor konstruksi terus mengalami perkembangan pesat seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap infrastruktur dan bangunan. Batako merupakan salah satu material bangunan yang banyak digunakan dalam konstruksi dinding karena memiliki kekuatan yang cukup baik serta proses pembuatannya relatif sederhana. Batako konvensional umumnya dibuat dari campuran semen, pasir, dan air [4].

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan campuran material konstruksi mulai berkembang. Plastik yang dilelehkan kemudian dicampur dengan agregat seperti pasir atau limbah industri lainnya dapat menghasilkan material komposit dengan karakteristik tertentu, seperti lebih ringan, tahan air, dan memiliki ketahanan terhadap korosi [5]. Pemanfaatan plastik dalam material konstruksi juga dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan baku alam seperti pasir dan semen yang jumlahnya semakin terbatas.

Beberapa jenis plastik yang umum digunakan dalam proses daur ulang untuk material konstruksi antara lain Low Density Polyethylene (LDPE), High Density Polyethylene (HDPE), Polypropylene (PP), dan Polyethylene Terephthalate (PET). Plastik jenis tersebut memiliki karakteristik termoplastik sehingga dapat dilelehkan kembali pada suhu tertentu dan dibentuk ulang menjadi produk baru [6]. Sebagai contoh, plastik LDPE dapat dilelehkan pada suhu sekitar 150–250 °C dan dicetak menjadi material konstruksi setelah dicampur dengan bahan tambahan seperti pasir atau oli bekas [7].

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan plastik daur ulang dalam pembuatan batako dapat memberikan sifat mekanik yang cukup kompetitif dibandingkan batako konvensional. Selain memiliki ketahanan terhadap air yang lebih baik, batako berbasis plastik juga memiliki berat yang relatif lebih ringan sehingga memudahkan proses transportasi dan pemasangan [8]. Namun demikian, proses pelelehan plastik secara manual masih memiliki beberapa kendala, seperti distribusi panas yang tidak merata, waktu proses yang lama, serta keterbatasan kapasitas produksi.

Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi berupa mesin peleleh plastik yang mampu bekerja secara lebih efektif dan efisien dalam mengolah limbah plastik menjadi bahan dasar pembuatan batako. Mesin peleleh plastik yang dirancang perlu dilengkapi dengan sistem pemanas yang stabil serta mekanisme pengaduk (agitator) agar proses pelelehan berlangsung merata dan menghasilkan material yang homogen [9-10].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun mesin pelebur sampah plastik yang dapat digunakan sebagai alat pengolah limbah plastik menjadi bahan dasar pembuatan batako. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi kinerja mesin melalui pengujian operasional yang meliputi stabilitas kerja mesin, waktu pelelehan, serta kapasitas proses pelelehan plastik. Pengujian juga dilakukan terhadap produk batako yang dihasilkan untuk mengetahui sifat mekaniknya melalui uji kuat tekan pada berbagai komposisi campuran material. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan prototipe mesin peleleh plastik, tetapi juga memberikan analisis kinerja mesin serta kualitas batako plastik yang dihasilkan sebagai alternatif material konstruksi berbasis limbah plastik.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa teknologi (*engineering research*) dengan pendekatan eksperimen dan pengembangan prototipe. Fokus utama penelitian adalah merancang,

membuat, dan menguji mesin peleleh limbah plastik yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses daur ulang plastik menjadi bahan dasar pembuatan batako.

Pendekatan rekayasa dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis, yaitu: (1) studi literatur dan kebutuhan lapangan, (2) perancangan mesin, (3) pembuatan dan perakitan komponen, (4) pengujian kinerja, serta (5) analisis hasil uji. Setiap tahapan saling terhubung dan disusun untuk memastikan bahwa mesin yang dihasilkan memenuhi kriteria fungsional, efisiensi, serta keselamatan kerja.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memiliki fasilitas lengkap untuk proses manufaktur, perakitan, dan pengujian. Mesin dan peralatan yang digunakan meliputi mesin las, gerinda, gurdi, peralatan ukur, dan peralatan pengujian hasil. Pelaksanaan penelitian sekitar 4 (empat) bulan mencakup seluruh tahapan dari perencanaan desain hingga pelaksanaan uji coba dan analisis hasil.

C. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat

Alat-alat utama yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan mesin peleleh plastik meliputi:

- Mesin las listrik (pengelasan rangka dan komponen logam)
- Mesin bor tangan dan bor duduk (pembuatan lubang dan kedudukan komponen)
- Mesin gerinda tangan dan mesin cutting (pemotongan plat logam dan pipa)
- Mesin bending dan roll (pembentukan struktur silinder tabung)
- Alat ukur: mistar baja, meteran, penggaris siku, waterpass
- Peralatan pendukung: palu, sikat las, kunci ring dan sock, alat pengikat
- Alat keselamatan kerja (APD)

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan mesin meliputi:

- Besi pelat 2 mm sebagai material utama rangka dan tabung
- Pipa baja diameter 1 inci untuk jalur output lelehan
- Baut M12 dan M17 untuk pengunci komponen
- Motor penggerak listrik berkapasitas 2 HP
- Pulley dan V-belt untuk sistem transmisi daya
- Kawat las LB 52 Ø2.6x350 mm dan Rd-460 Ø2.6x350 mm
- Cat pelapis anti karat
- Engsel dan bantalan poros
- Kompor gas dan tabung pemanas
- Oli bekas industri sebagai bahan campuran
- Limbah plastik jenis Low-Density Polyethylene (LDPE), High-Density Polyethylene (HDPE), dan Polypropylene (PP).

D. Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur

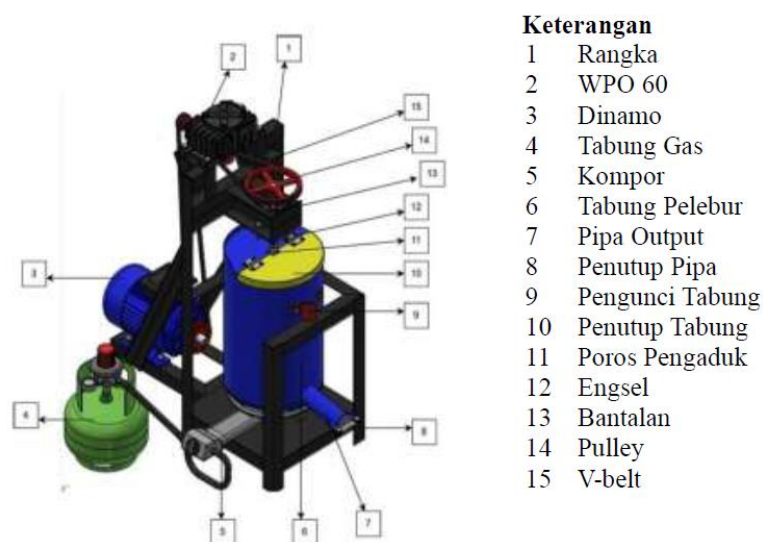
Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi literatur dari jurnal dan referensi terkait, serta laporan penelitian terdahulu terkait:

- Karakteristik limbah dan jenis plastik yang dapat dilelehkan pada suhu menengah.
- Teknologi pelelehan plastik dan prinsip kerja mesin peleleh.
- Formulasi campuran plastik untuk bahan dasar pembuatan batako.
- Desain mekanik sederhana yang efisien untuk skala masyarakat dan industri kecil. Hasil studi

literatur digunakan sebagai dasar dalam menentukan desain fungsional mesin, kapasitas, suhu operasi, serta sistem transmisi daya yang paling sesuai.

2. Tahap Perancangan Mesin

- Perancangan skema dan gambar teknik mesin peleleh plastik menggunakan perangkat lunak desain CAD Autodesk Inventor.
- Perhitungan dimensi komponen, termasuk rangka, tabung pelebur, agitator, pulley, dan sistem transmisi daya.
- Penentuan spesifikasi motor listrik, daya pemanas, serta volume tabung pelebur (kapasitas 5 kg plastik per batch).
- Perancangan sistem pengaman seperti pegangan isolasi panas dan penutup tabung.



Gambar 1. Desain Mesin Pelebur Sampah Plastik

3. Tahap Pembuatan Komponen

Pembuatan dilakukan secara bertahap berdasarkan gambar teknik:

- Pemotongan dan pembentukan rangka baja sebagai struktur penopang utama.
- Pembuatan tabung pelebur berbahan plat baja yang dilapisi cat pelindung panas.
- Pembuatan agitator (pengaduk) berbentuk blade dari baja padat.
- Pembuatan dudukan motor, pulley, dan sistem transmisi V-belt.
- Perakitan sistem pemanas gas pada bagian dasar tabung pelebur.

4. Tahap Perakitan

Setelah seluruh komponen selesai diproduksi, dilakukan proses:

- Penyusunan rangka dan pengelasan komponen.
- Pemasangan motor penggerak, pulley, dan v-belt.
- Pemasangan tabung pelebur, poros pengaduk, serta bantalan.
- Instalasi kompor gas dan jalur pemanas.
- Pengujian sambungan mekanik dan kelistrikan untuk memastikan keamanan dan stabilitas.

E. Pengujian Mesin

1. Pengujian Tanpa Material (Dry Run Test)

Dilakukan untuk memastikan semua komponen mekanik dan kelistrikan berfungsi dengan

baik. Aspek yang diuji:

- Putaran motor dan agitator stabil tanpa getaran berlebih.
- Suara mesin normal dan tidak ada gesekan abnormal.
- Sambungan mekanik kuat dan tidak ada kebocoran panas.
- Sistem pemanas menyala dengan suhu terkontrol.

2. Pengujian dengan Material

Pengujian dilakukan menggunakan campuran 3 kg plastik dan 2 liter oli bekas.

Tahapan pengujian:

- Pemanasan awal tabung hingga suhu 100 °C.
- Pemasukan plastik secara bertahap pada suhu 150–200 °C.
- Pengoperasian agitator untuk memastikan pencampuran merata.
- Pelelehan total dilakukan pada suhu 250–300 °C selama 60–90 menit.
- Penuangan lelehan ke dalam cetakan batako dan proses pendinginan alami. Pengujian ini dilakukan minimal dua kali percobaan, yakni:
- Campuran plastik dan oli.
- Campuran plastik, oli, dan pasir sebagai bahan tambahan.

F. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

- Pengukuran teknis mesin, mencakup kecepatan putar motor, torsi, suhu operasi, dan waktu peleburan.
- Pengukuran kapasitas produksi, berupa jumlah lelehan plastik yang dihasilkan per batch.
- Uji kuat tekan batako yang dihasilkan menggunakan alat uji tekan untuk mengetahui performa mekanik produk.
- Observasi visual terhadap tekstur, kepadatan, dan homogenitas hasil cetakan.

G. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Analisis mencakup: • Efisiensi kinerja mesin (kapasitas aktual dibandingkan kapasitas rencana). • Stabilitas suhu dan waktu proses pelelehan.

- Kekuatan tekan batako dari berbagai komposisi material.
- Hubungan antara komposisi campuran dan sifat mekanik produk.
- Identifikasi kendala teknis selama operasi.

Hasil analisis menjadi dasar evaluasi desain mesin serta rekomendasi pengembangan lanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk.

H. Validasi Hasil

Validasi dilakukan dengan cara:

- Membandingkan hasil kuat tekan batako plastik dengan standar kekuatan batako konvensional.
- Mengkaji stabilitas performa mesin pada beberapa kali pengujian.
- Wawancara dengan pengguna (operator bengkel dan teknisi) untuk menilai aspek ergonomi, kemudahan pengoperasian, dan potensi penerapan di masyarakat.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan dan Pembuatan Mesin

Tahapan perancangan dan pembuatan mesin peleleh limbah plastik dilakukan secara sistematis sesuai alur penelitian. Hasil akhir berupa prototipe mesin peleleh limbah plastik berkapasitas 5 kg per batch, dilengkapi dengan sistem pemanas gas, motor penggerak 2 HP, dan tabung pelebur baja berlapis pelindung panas. Hasil akhir dari proses perancangan dan pembuatan mesin dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Hasil Perancangan dan Pembuatan Mesin Peleleh Plastik

Desain mesin mengacu pada prinsip kerja pemanasan dan pengadukan simultan, sehingga plastik dapat meleleh secara merata dan stabil. Komponen utama mesin terdiri dari:

- Rangka utama berbahan baja siku sebagai struktur penopang.
- Tabung pelebur berbentuk silinder dengan volume efektif 35,48 liter, cukup untuk menampung 5 kg plastik per batch dan ruang ekspansi udara panas.
- Agitator (pengaduk) berbilah 4 blade yang terhubung langsung ke motor penggerak melalui sistem pulley dan V-belt.
- Motor listrik berkapasitas 2 HP yang diturunkan kecepatannya dari 1330 rpm menjadi ± 532 rpm pada poros agitator untuk menghasilkan gaya aduk yang stabil.
- Sistem pemanas berbasis kompor gas yang terpasang di bagian bawah tabung pelebur dengan pengaturan suhu hingga $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Saluran output yang dilengkapi penutup otomatis untuk mengalirkan lelehan plastik ke dalam cetakan batako.

B. Hasil Pengujian Mesin

1. Pengujian Tanpa Material (*Dry Run Test*)

Pengujian awal dilakukan tanpa plastik untuk memastikan kestabilan mekanik dan kelistrikan mesin. Hasil pengujian menunjukkan:

- Putaran motor stabil pada 532 rpm tanpa getaran signifikan.
- Suhu pemanas dapat mencapai $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ dalam waktu 15 menit.
- Tidak ditemukan gesekan abnormal pada poros penggerak.
- Sambungan mekanik dan kedudukan tabung dalam kondisi stabil.
- Sistem transmisi daya melalui V-belt bekerja efisien tanpa selip.

Temuan ini membuktikan bahwa desain transmisi dan sistem pemanas telah sesuai dengan perencanaan teknis.

2. Pengujian dengan Material

Pengujian dilakukan dalam dua skenario:

- Uji Coba I — Campuran 3 kg plastik + 2 liter oli bekas.
- Uji Coba II — Campuran 2 kg plastik + 2 liter oli bekas + 1 kg pasir

Proses pengujian dimulai dengan pemanasan awal hingga suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Plastik dimasukkan secara bertahap pada suhu $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk mencegah pemanasan mendadak yang dapat menimbulkan gelembung udara atau pembakaran lokal. Setelah seluruh plastik masuk ke tabung, agitator diaktifkan,

dan suhu dinaikkan ke 250–300 °C selama 60–90 menit. Pada suhu ini, plastik berubah menjadi cairan kental homogen. Campuran tersebut kemudian diarahkan ke saluran output dan dituangkan ke dalam cetakan batako dengan dimensi panjang 17 cm, lebar 8 cm, dan tinggi 5 cm. Proses pendinginan dilakukan secara alami pada suhu ruang. Hasil lelehan plastik yang telah homogen dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil Leleh Plastik.



Gambar 4. Hasil Pelelehan Plastik

C. Analisis Kinerja Mesin

1. Kapasitas dan Efisiensi Pelelehan

Berdasarkan hasil perhitungan desain:

- Volume tabung pelebur: 35,48 liter
- Volume plastik per batch: 5,43 liter
- Persentase pemakaian volume tabung: $\pm 15,3\%$

Kapasitas ini dinilai aman karena menyediakan ruang ekspansi panas serta sirkulasi udara selama proses pelelehan berlangsung. Dengan motor 2 HP, torsi yang dihasilkan sebesar 26,77 Nm, cukup untuk menggerakkan agitator dalam kondisi viskositas campuran tinggi.

Waktu pelelehan:

- 1 kg plastik $\rightarrow \pm 30\text{--}35$ menit
- 3 kg plastik $\rightarrow \pm 90$ menit pada suhu 300 °C

Data ini sesuai dengan perhitungan teoritis dan hasil eksperimen, menunjukkan bahwa mesin dapat bekerja secara stabil dan efisien.

2. Perbandingan Komposisi Campuran

Dari uji coba:

- Campuran plastik dan oli menghasilkan lelehan 4,74 kg, dengan persentase 63,29% plastik dan 36,70% oli.
- Campuran plastik, oli, dan pasir juga menghasilkan lelehan 4,74 kg, dengan komposisi 42,19% plastik, 36,70% oli, dan 21,09% pasir.

Dari kedua skenario tersebut, tampak bahwa volume total lelehan stabil, tetapi karakteristik mekanik produk berbeda tergantung komposisi bahan tambahan.

D. Analisis Sifat Mekanik Batako Plastik

1. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada batako hasil lelehan:

- Uji Coba I (Plastik + Oli):
 - Hasil kuat tekan: 4,01 MPa, 4,98 MPa, dan 5,83 MPa.
 - Rata-rata kuat tekan: 4,94 MPa.
- Uji Coba II (Plastik + Oli + Pasir):
 - Hasil kuat tekan: 1,72 MPa, 2,33 MPa, dan 2,65 MPa.
 - Rata-rata kuat tekan: 2,23 MPa.

Hasil ini menunjukkan bahwa proporsi plastik yang lebih tinggi memberikan kekuatan tekan lebih besar, sedangkan penambahan pasir cenderung menurunkan kekuatan tekan karena distribusi material menjadi kurang homogen. Pasir dapat menyebabkan terbentuknya rongga udara mikro pada struktur batako, sehingga menurunkan daya ikat antar partikel plastik cair. Perbedaan karakteristik visual antara kedua komposisi dapat diamati pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Hasil Uji Coba I (Oli+Plastik)



Gambar 6. Hasil Uji Coba II (Oli+Plastik+Pasir)

Secara visual, batako dari Uji Coba I memiliki permukaan yang lebih padat dan homogen, sedangkan batako dari Uji Coba II menunjukkan tekstur yang lebih kasar akibat distribusi pasir yang tidak merata dalam campuran plastik cair.

2. Estimasi Produksi

Dengan total campuran 4,8 kg per batch dan berat satu batako $\pm 2,5$ kg, mesin dapat menghasilkan sekitar 1–2 buah batako per proses peleburan. Jumlah ini masih dapat ditingkatkan dengan penyesuaian volume tabung pelebur atau penggunaan komposisi material yang lebih ringan.

E. Analisis Termal dan Viskositas Campuran

1. Stabilitas Suhu

Stabilitas suhu merupakan salah satu faktor penting dalam proses pelelehan plastik karena sangat mempengaruhi kualitas lelehan yang dihasilkan. Pada pengujian yang dilakukan, suhu operasi dijaga konstan pada rentang 250–300 °C. Rentang suhu ini berada di atas titik leleh plastik jenis LDPE, HDPE, dan PP, namun masih berada di bawah titik degradasi termalnya sehingga plastik dapat melebur secara sempurna tanpa mengalami pembakaran atau kerusakan material. Pada kondisi tersebut, campuran plastik dan oli menunjukkan viskositas yang relatif stabil sehingga lelehan plastik dapat mengalir dengan baik dan mudah dicetak ke dalam cetakan batako. Selain itu, kestabilan suhu selama proses pelelehan juga membantu mencegah terjadinya penyumbatan pada saluran output, sehingga proses pengaliran lelehan plastik menuju cetakan dapat berlangsung secara lancar dan kontinu.

Perhitungan Viskositas

Dari perhitungan:

- Viskositas campuran plastik + oli: 68,9 Pa

- Viskositas campuran plastik + oli + pasir: 282,8 Pa

Angka ini menunjukkan bahwa penambahan pasir meningkatkan viskositas campuran, membuat aliran lelehan lebih berat dan memperlambat waktu pencetakan. Hal ini menjelaskan pula mengapa kuat tekan batako campuran pasir lebih rendah: karena pencampuran kurang merata akibat viskositas tinggi.

F. Evaluasi Kinerja Mesin

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa mesin peleleh limbah plastik yang dirancang mampu beroperasi secara stabil dan proses pelelehan dapat dilakukan secara berulang tanpa mengalami gangguan mekanis yang signifikan. Selama pengujian, komponen mesin seperti motor penggerak, sistem transmisi, agitator, dan tabung pelebur bekerja dengan baik sehingga proses pencampuran dan pelelehan plastik berlangsung secara relatif homogen. Desain mesin yang sederhana juga memudahkan pengoperasian serta berpotensi untuk diterapkan oleh masyarakat maupun pelaku usaha kecil menengah. Selain itu, batako plastik yang dihasilkan dari campuran plastik dan oli menunjukkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 4,94 MPa yang mendekati karakteristik batako ringan konvensional, sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai material konstruksi non-struktural sekaligus mendukung program pengelolaan limbah plastik berbasis teknologi tepat guna. Namun demikian, mesin yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya kapasitas produksi yang relatif terbatas yaitu sekitar 1–2 batako per batch proses pelelehan. Penambahan bahan padat seperti pasir juga menyebabkan peningkatan viskositas campuran sehingga diperlukan sistem pengadukan yang lebih kuat agar proses pencampuran dapat berlangsung lebih homogen. Selain itu, sistem pendinginan produk masih dilakukan secara alami tanpa bantuan mekanisme pendinginan khusus, serta pengaturan suhu pemanasan masih dilakukan secara manual sehingga pada pengembangan selanjutnya diperlukan sistem kontrol suhu yang lebih otomatis untuk meningkatkan efisiensi dan kestabilan proses.

G. Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi pelelehan plastik dengan desain mesin yang relatif sederhana mampu menghasilkan material alternatif untuk konstruksi ringan. Pada pengujian yang dilakukan, campuran plastik dan oli menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 4,94 MPa, sedangkan campuran plastik, oli, dan pasir menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 2,23 MPa. Nilai kuat tekan ini menunjukkan bahwa batako berbasis plastik memiliki potensi untuk digunakan pada konstruksi non-struktural seperti pagar, jalan lingkungan, taman, atau trotoar.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, hasil ini menunjukkan kecenderungan yang sejalan. Saikia dan De Brito [5] menyatakan bahwa pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan campuran material konstruksi dapat menghasilkan material komposit yang memiliki ketahanan terhadap air serta berat yang relatif lebih ringan dibandingkan material konvensional. Selain itu, penelitian yang dibahas oleh Al-Salem et al. [8] juga menunjukkan bahwa plastik daur ulang dapat dimanfaatkan kembali dalam berbagai aplikasi material bangunan dengan karakteristik fisik yang cukup baik. Hasil penelitian ini memperkuat temuan tersebut karena batako berbasis plastik yang dihasilkan menunjukkan kuat tekan yang cukup kompetitif untuk kategori batako ringan.

Dari aspek termal, proses pelelehan pada penelitian ini berlangsung stabil karena suhu operasi dijaga pada rentang 250–300 °C, yang berada di atas titik leleh plastik jenis LDPE, HDPE, dan PP, namun masih di bawah suhu degradasi termalnya. Kondisi ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa plastik termoplastik seperti LDPE dapat dilelehkan pada suhu sekitar 200–300 °C untuk kemudian dibentuk kembali menjadi produk baru [7]. Stabilitas suhu tersebut juga didukung oleh keberadaan agitator yang membantu menjaga distribusi panas tetap merata selama proses pelelehan berlangsung, sehingga plastik dapat meleleh secara homogen.

Dari sisi mekanik, hasil penelitian menunjukkan bahwa homogenitas campuran sangat berpengaruh terhadap kualitas produk batako. Campuran plastik dan oli menghasilkan struktur yang lebih padat dan kuat dibandingkan campuran yang ditambahkan pasir. Penambahan pasir meningkatkan viskositas campuran sehingga proses pencampuran menjadi kurang merata dan berpotensi menimbulkan

rongga udara mikro pada struktur batako. Kondisi ini menyebabkan penurunan nilai kuat tekan yang cukup signifikan. Fenomena ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan tambahan padat memerlukan penyesuaian pada desain mesin, seperti peningkatan kecepatan agitator, penambahan daya motor, atau modifikasi desain blade pengaduk agar mampu mengolah campuran dengan viskositas lebih tinggi secara lebih homogen.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung temuan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa plastik daur ulang, khususnya jenis LDPE dan PP, dapat dilelehkan dan dicetak kembali menjadi produk material bangunan dengan karakteristik fisik yang cukup baik serta memiliki potensi mengurangi dampak lingkungan dari limbah plastik. Teknologi mesin peleleh plastik yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan potensi untuk diterapkan pada skala masyarakat maupun industri kecil sebagai bagian dari upaya pengelolaan limbah plastik berbasis teknologi tepat guna. Ke depan, pengembangan sistem kontrol suhu otomatis, sistem pendinginan yang lebih cepat, serta peningkatan kapasitas produksi dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mesin peleleh limbah plastik berhasil dirancang dan dibangun sebagai alat pengolah sampah plastik menjadi bahan dasar pembuatan batako. Prototipe mesin yang dihasilkan memiliki kapasitas pelelehan 5 kg plastik per batch dengan suhu operasi maksimum mencapai 300 °C, menggunakan motor penggerak 2 HP serta sistem pemanas berbasis gas, dan mampu mengolah plastik jenis Low-Density Polyethylene (LDPE), High-Density Polyethylene (HDPE), dan Polypropylene (PP).

Hasil pengujian kinerja mesin menunjukkan bahwa mesin dapat beroperasi secara stabil dengan waktu pelelehan plastik berkisar antara 30–90 menit tergantung massa material yang diproses. Sistem pemanas dan agitator mampu menghasilkan pelelehan plastik yang merata sehingga proses pencampuran dan pencetakan batako dapat berlangsung dengan baik.

Pengujian terhadap produk batako menunjukkan bahwa komposisi material mempengaruhi sifat mekanik yang dihasilkan. Campuran plastik dan oli menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 4,94 MPa, sedangkan campuran plastik, oli, dan pasir menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 2,23 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa komposisi material memiliki pengaruh terhadap kualitas batako yang dihasilkan, sehingga formulasi campuran perlu dioptimalkan untuk memperoleh produk dengan kekuatan yang lebih baik dan struktur yang lebih homogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana penelitian mengucapkan terimakasih kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Mesin serta Kepala Bengkel Mekanik, dan Bengkel Las, yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas yang sangat mendukung kegiatan penelitian ini. Terima kasih atas segala bentuk bantuan, kepercayaan, dan kesempatan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik, semoga dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta penerapan teknologi tepat guna di masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik dan INAPLAS, *Data Timbulan Sampah Plastik di Indonesia*. Jakarta, 2020.
- [2] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made," *Science Advances*, vol. 3, no. 7, pp. 1–5, 2017.
- [3] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *Strategi Nasional Pengelolaan Sampah Plastik Indonesia*. Jakarta, 2021.
- [4] B. Neville, *Properties of Concrete*, 5th ed. London: Pearson Education, 2011.
- [5] M. Saikia and B. De Brito, "Use of plastic waste as aggregate in cement mortar and concrete preparation: A review," *Construction and Building Materials*, vol. 34, pp. 385–401, 2012.
- [6] J. Hopewell, R. Dvorak, and E. Kosior, "Plastics recycling: Challenges and opportunities,"

- Philosophical Transactions of the Royal Society B*, vol. 364, pp. 2115–2126, 2009.
- [7] A. Efendi, “Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan campuran material konstruksi,” *Jurnal Rekayasa Material*, vol. 6, no. 2, pp. 75–82, 2021.
 - [8] P. Al-Salem, P. Lettieri, and J. Baeyens, “Recycling and recovery routes of plastic solid waste,” *Waste Management*, vol. 29, no. 10, pp. 2625–2643, 2009.
 - [9] S. Kalpakjian and S. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th ed. New York: Pearson, 2014.
 - [10] R. L. Norton, *Machine Design: An Integrated Approach*, 5th ed. Boston: Pearson, 2013.