

Rancang Bangun Mesin Injection Molding Tipe Vertikal Untuk Pembuatan Produk Tatakan Gelas Dari Limbah Plastik PET

Leo Van Gunawan^{1*}, Muhamad Ghozali¹, Ferry Sugara¹, Riki Factor Rohman²,
Excel Putra Pangestu², Syarif Rohidayat³

¹Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu
Jl. Raya Lohbener Lama No.08, Lohbener, Kab. Indramayu, Jawa Barat, Indonesia
²Prodi Teknik Mesin, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu
Jl. Raya Lohbener Lama No.08, Lohbener, Kab. Indramayu, Jawa Barat, Indonesia
³Prodi Perancangan Manufaktur, Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Indramayu
Jl. Raya Lohbener Lama No.08, Lohbener, Kab. Indramayu, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: leovangunawan@polindra.ac.id

Abstract

Plastic waste, particularly Polyethylene Terephthalate (PET), is a major contributor to environmental pollution due to its difficulty in decomposing naturally. Processing plastic waste through appropriate technology is crucial to reduce negative impacts while providing added value. This research aims to design and build a plastic shredding machine integrated with a vertical injection molding system to produce functional coasters from PET waste. This research method uses an experimental model to test the performance of the injection molding machine. The research variations used were injector temperatures of 290°C and 320°C, and barrel temperatures of 100°C and 125°C. Simulation results indicate that the machine frame has a safety factor of 24 with a maximum displacement of only 0.102 mm, making it safe to use. During the testing phase, the shredding process produced 5–10 mm PET plastic flakes with a relatively uniform shape, suitable for the subsequent melting stage. Furthermore, the machine can operate effectively at a barrel temperature of 290°–320°C and a mold temperature of 100°–125°C with an average heating time of 21–23 minutes and a molding holding time of approximately 2 minutes. The resulting coaster product is in accordance with the mold shape. The best coaster product results are produced by a barrel injector variation of 320°C and a molding temperature of 125°C.

Keywords: PET Waste, Injection Molding, Type Vertical, Coaster.

Abstrak

Limbah plastik, khususnya Polyethylene Terephthalate (PET), merupakan salah satu penyumbang terbesar pencemaran lingkungan karena sulit terurai secara alami. Upaya pengolahan limbah plastik melalui teknologi tepat guna menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak negatif sekaligus memberikan nilai tambah. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun mesin pencacah plastik yang terintegrasi dengan sistem injection molding tipe vertikal guna menghasilkan produk fungsional berupa tatakan gelas dari limbah PET. Metode penelitian ini menggunakan model experiment untuk menguji kinerja mesin injection molding. Variasi penelitian yang digunakan adalah variasi suhu injector 290°C dan 320°C serta variasi suhu barrel 100°C dan 125°C. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka mesin memiliki nilai safety factor sebesar 24 dengan displacement maksimum hanya 0,102 mm, sehingga aman digunakan. Pada tahap pengujian, proses pencacahan mampu menghasilkan serpihan plastik PET berukuran 5–10 mm dengan bentuk relatif seragam, sesuai untuk tahap peleburan berikutnya. Selanjutnya, mesin dapat beroperasi efektif pada suhu barrel 290°–320°C dan suhu cetakan 100°–125°C dengan waktu pemanasan rata-rata 21–23 menit serta waktu suhu tahan molding sekitar 2 menit. Produk tatakan gelas yang dihasilkan sesuai dengan bentuk cetakan / *molding*. Hasil produk tatakan gelas yang paling baik dihasilkan oleh variasi *barrel injector* 320°C dan suhu *molding* 125°C.

Kata kunci: Limbah PET, Cetakan Injeksi, Tipe Vertikal, Tatakan Gelas.

1. Pendahuluan

Produksi plastik secara global telah meningkat dari 1,5 juta ton di tahun 1950 an menjadi 367 juta ton di tahun 2020 [1]. Hal ini terjadi karena ketergantungan manusia

terhadap plastik dalam kehidupan sehari-hari. Meningkatnya ketergantungan manusia pada kemasan plastik untuk melindungi, mengawetkan dan mengangkut makanan atau minuman telah menciptakan berbagai dampak sosial ekonomi dan

lingkungan yang negatif tentang masalah sampah dan polusi plastik [2]. Berdasarkan data bank sampah dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2025. Sampah plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET) merupakan limbah anorganik yang paling banyak dihasilkan di Indonesia. Plastik jenis PET banyak digunakan sebagai bahan baku botol minuman ataupun wadah makanan. Sampah PET yang dihasilkan mencapai 38,5 Juta Ton/tahun. Jumlah sampah PET yang baru bisa di daur ulang hanya 2,5 juta ton/tahun. 36 juta ton sampah PET masih belum bisa diolah di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) [3].

Sampah jenis PET akan terurai selama 100-1000 tahun lamanya [4]. Hal ini akan menimbulkan dampak permasalahan terhadap lingkungan apabila sisa sampah PET yang berjumlah 36 juta ton tersebut di Indonesia hanya dilakukan proses *open dumping* atau *landfill* saja pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) [5]. Pada TPA sampah plastik PET mengalami berbagai proses degradasi seperti proses kimia, fisika dan biologi yang menghasilkan partikel plastik yang biasa disebut dengan mikroplastik [6]. Maraknya kontaminasi sampah mikroplastik yang berdampak buruk terhadap ekosistem lingkungan dan pada kesehatan manusia menjadikannya masalah prioritas yang dihadapi oleh pemerintah Indonesia saat ini [7].

Dibutuhkan suatu inovasi teknologi untuk solusi mengolah sampah plastik PET agar tidak berdampak buruk terhadap ekosistem lingkungan dan kesehatan manusia. Salah satu teknologi pengolahan plastik yang dapat diterapkan di TPA maupun di tempat usaha pengepul barang rongsokan adalah mesin injection molding. Mesin injection molding merupakan teknologi pencetakan plastik dengan cara melelehkan biji plastik menggunakan sekrap dan perangkat pemanas eksternal untuk disuntikan ke dalam cetakan / dies guna membuat produk saat cetakan mendingin [8]. Berdasarkan jenis penggerakannya mesin injection molding

dibagi menjadi dua jenis yaitu mesin injeksi elektrik dan mesin injeksi hidrolik [9]. Biji plastik yang dapat digunakan dalam mesin injection molding dapat berupa pellet ataupun bubuk [10]. Biji plastik juga dapat dibuat dari sampah plastik PET yang telah dibersihkan dan dicacah sampai ukuran 1-5 mm. Biji plastik dari sampah PET ini memiliki sifat yang kuat, nilai isolator yang tinggi dan suhu pencairan 260°C [11].

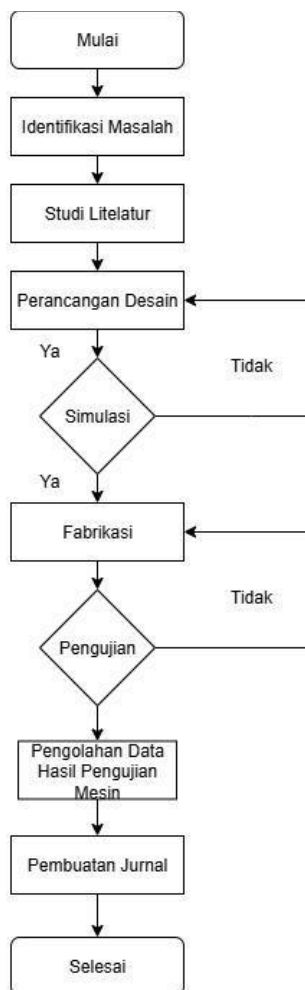
Teknologi injection molding telah dikembangkan lebih dari 150 tahun. Sebagian besar mesin injection molding yang digunakan di Industri masih menggunakan tipe sekrap model horizontal [12]. Pada mesin injection molding tipe sekrap model horizontal masih membutuhkan bantuan alat kompresi untuk mendorong cairan plastik masuk secara merata ke dalam cetakan (dies) [13]. Mesin injection molding dapat digunakan untuk berbagai macam jenis material seperti komposit, busa, plastik thermoplastic dan plastik thermosetting [14]. Sampah plastik PET termasuk kedalam jenis thermoplastic sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biji plastik. Pemanfaatan sampah PET sebagai bahan baku biji plastik untuk produksi produk rumah tangga seperti tatakan gelas menggunakan mesin *injection molding* model vertikal dapat digunakan sebagai solusi untuk mengurangi sampah anorganik.

Penelitian tentang mesin *injection molding* model horizontal untuk mengolah biji plastik PET sudah pernah dilakukan oleh orang lain sebelumnya, akan tetapi belum ada penelitian mengenai pemanfaatan sampah PET untuk bahan baku produksi produk rumah tangga seperti tatakan gelas menggunakan mesin *injection molding* model vertikal. Mesin *injection molding* model vertikal tidak membutuhkan bantuan alat kompresi seperti pada mesin *injection molding* model horizontal untuk membuat cairan plastik masuk merata ke dalam pola cetakan (*dies*). Hal ini dikarenakan mesin *injection molding* model vertikal memanfaatkan efek gaya gravitasi bumi yang membuat cairan plastik dapat masuk

secara merata ke dalam pola cetakan (*dies*) tanpa menggunakan bantuan alat kompresi. Hal ini dapat membuat biaya operasional mesin *injection molding* model vertikal dapat lebih murah dan area lahan yang digunakan lebih sedikit dibandingkan dengan mesin *injection molding* model horizontal sehingga cocok diterapkan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) ataupun tempat usaha pengepul barang rongsokan yang memiliki modal dan area lahan yang terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat mesin *injection molding* yang lebih murah tanpa menggunakan alat kompresi dan tidak membutuhkan lahan yang luas sehingga dapat digunakan oleh UMKM dan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) untuk mengolah sampah plastik jenis PET.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan mengacu pada diagram alir penelitian seperti pada gambar 1.

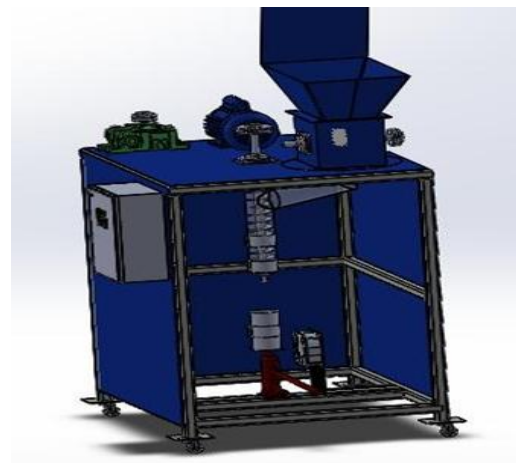
2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan kegiatan studi literatur baik pada jurnal, prosiding ataupun *book chapter* yang berkaitan dengan penelitian plastik PET dan mesin *injection molding*. Hal ini dilakukan untuk menemukan solusi pemecahan masalah terkait pemanfaatan sampah PET sebagai biji plastik guna pembuatan produk rumah tangga menggunakan mesin *injection molding* model vertikal.

2.2.2 Perancangan Desain

Pembuatan desain mesin *injection molding* model vertikal dilakukan menggunakan *Software Solidworks* seperti pada gambar 2. Adapun parameter yang dilakukan saat pengujian desain adalah proses kerja dan analisis struktural [15].



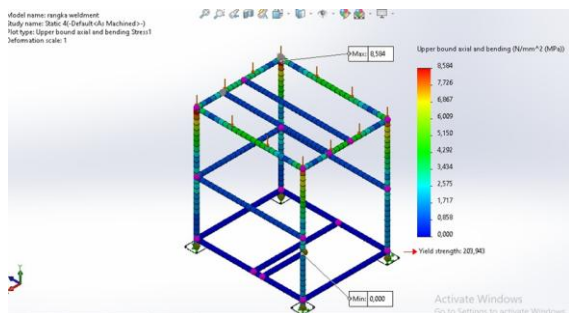
Gambar 2. Desain Mesin Injection Molding Tipe Vertikal

2.2.3 Simulasi

Simulasi pembebanan statis diberikan pada rangka mesin *injection molding* model vertikal untuk mengetahui apakah rangka dapat menahan beban komponen yang bertumpu [16], sehingga perlu dilakukan analisa tegangan *Von Mises*, *Displacement* dan *Safety of Factors* [17] yang bekerja pada rangka tersebut. Adapun hasil simulasi adalah sebagai berikut :

- 1) Tegangan *Von Mises*

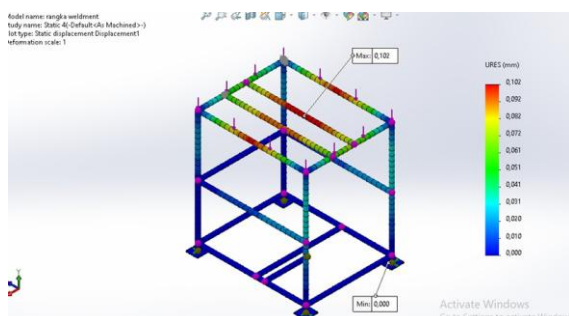
Tegangan *Von Mises* pada rangka mesin merupakan tegangan ekuivalen yang digunakan sebagai indikator untuk menentukan apakah rangka mesin berada dalam kondisi aman atau berpotensi mengalami kegagalan. Hasil simulasi Tegangan *Von Mises* pada rangka atas menggunakan *Software Solidworks 2021* menunjukkan nilai minimum 0,000 N/mm² dan nilai maksimum sebesar 8,584 N/mm² seperti pada gambar 3. Berdasarkan hasil tersebut diperkirakan rangka masih kuat menahan tegangan maksimal yang terjadi.



Gambar 3. Hasil Tegangan *Von Mises*

2) Displacement

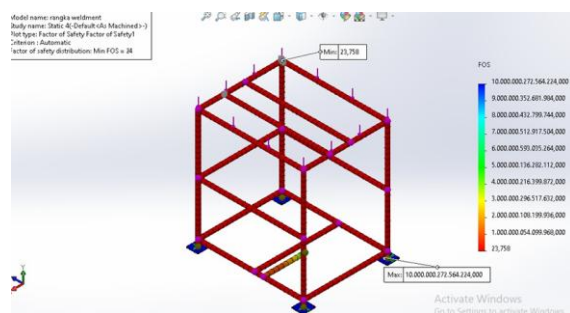
Displacement merupakan pergeseran atau perubahan bentuk suatu benda yang terjadi akibat adanya pengaruh gaya yang bekerja padanya, Hasil simulasi *displacement* (perubahan bentuk) pada rangka atas menggunakan *software Solidworks 2021* setelah diberikan beban statis dari berat komponen yang bertumpu menunjukkan nilai minimum 0,000 mm dan nilai maksimum sebesar 0.102 mm seperti pada gambar 4. Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa deformasi yang terjadi sangatlah kecil, sehingga kemungkinan terjadinya perubahan bentuk pada rangka juga sangat kecil.



Gambar 4. Hasil Simulasi *Displacement*

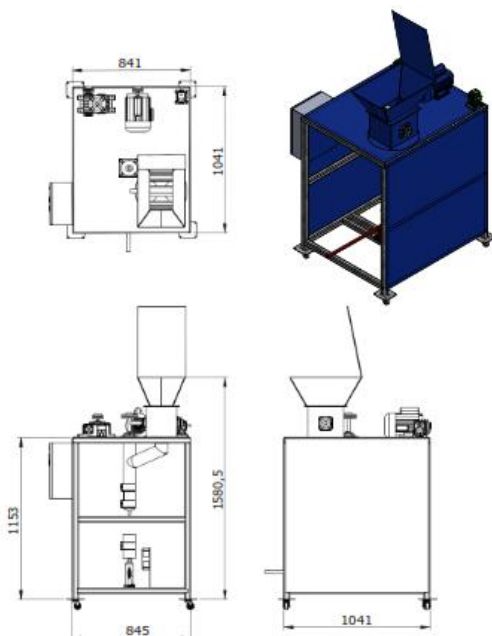
3) Safety of Factor

Safety of factor merupakan suatu nilai yang digunakan dalam perancangan elemen mesin untuk memastikan tingkat keamanannya, sekaligus memungkinkan penggunaan dimensi yang sekecil mungkin tanpa mengurangi kekuatan maupun fungsinya. Hasil simulasi *Safety of Factor* (faktor keamanan) pada rangka atas menggunakan *software Solidworks 2021* menunjukkan nilai sebesar 24 seperti pada gambar 5. Hal ini membuktikan bahwa rangka yang sudah dirancang aman untuk digunakan.



Gambar 5. Hasil Simulasi *Safety of Factors*

2.2.4 Fabrikasi



Gambar 6. Dimensi dan Geometri Mesin Injection Molding Model Vertikal

Fabrikasi merupakan proses pembuatan suatu alat atau mesin berdasarkan gambar kerja yang telah dirancang atau telah dibuat. Dengan

demikian, gambar kerja berfungsi sebagai pedoman utama dalam pelaksanaan proses fabrikasi [18]. Tahapan dalam proses ini mencakup proses marking, pemotongan bahan (*cutting*), proses *assembly* [19], pengelasan (*welding*) [20], hingga tahap akhir berupa *finishing*. Adapun tahapan yang dilakukan dalam proses fabrikasi adalah sebagai berikut :

1) Dimensi dan Geometri Mesin

Dimensi dan geometri mesin injection molding model vertikal yang dibuat dapat dilihat pada gambar 6. Adapun jenis material yang digunakan untuk membuat adalah adalah baja ST 37.

2) Proses *Marking*

Proses *marking* (penandaan) dilakukan pada semua material baik yang akan dipotong atau yang akan dilubangi seperti pada gambar 7.



Gambar 7. Proses *Marking*

3) Proses *Cutting*

Proses *Cutting* (pemotongan) ini menggunakan alat seperti gerinda tangan, *plasma cutting* dan mesin *cutting*. Pemilihan alat potong ini digunakan sesuai dengan kebutuhan benda yang akan kita potong seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Proses *Cutting*

4) Proses *Assembly*

Proses *Assembly* (Pemasangan) ini merupakan proses penyatuan material yang sudah dipotong dengan menggunakan metode *fitting* sesuai dengan desain gambar kerja yang telah dibuat sebelum dilakukan proses penyambungan seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Proses *Assembly*

5) Proses *Welding*

Proses *Welding* (Pengelasan) merupakan metode penyambungan dua buah material dengan cara memanaskan menggunakan energi dari busur listrik, sehingga menghasilkan panas yang dapat melelehkan logam pengisi dan material induk seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Proses *Welding*

6) Proses *Drilling*



Gambar 11. Proses *Drilling*

Proses *Drilling* (pelubangan) ini dilakukan untuk beberapa tujuan yakni

untuk jalur perkabelan dan sebagai lubang tempat baut untuk perekat *cover* mesin. Proses pelubangan dilakukan dengan menggunakan mesin bor seperti pada gambar 11.

7) Proses *Finishing*

Proses *Finishing* merupakan proses terakhir dalam fabrikasi yang dilakukan setelah semua material tergabung menjadi satu kesatuan. Dalam prosesnya pekerjaan *finishing* beberapa peralatan seperti gerinda tangan untuk menghaluskan permukaan yang tajam, sisa pemotongan dan menghilangkan karat. Kemudian dilanjutkan dengan pendempulan dan proses pengecatan dasar agar terhindar dari korosif seperti pada gambar 12



Gambar 12. Proses *Finishing*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Mesin



Gambar 13. *Molding* Tatakan Gelas

Mesin yang telah selesai dilakukan proses fabrikasi kemudian melalui tahap pengujian. Pada tahap ini dilakukan evaluasi kinerja untuk mengetahui kapasitas kerja mesin, kualitas hasil produk, serta efisiensi proses [21]. Mesin injection molding diuji untuk memastikan kemampuannya dalam melebur dan mencetak limbah plastik PET

menjadi produk tatakan gelas [22]. Selain itu, cetakan (*mold*) juga diuji dari segi kesesuaian bentuk produk dan ketahanan terhadap proses pemanasan maupun tekanan selama pencetakan. Jika hasil pengujian belum sesuai, maka dilakukan modifikasi pada mesin maupun perbaikan pada cetakan *mold*. Adapun desain *molding* tatakan gelas yang dibuat seperti pada gambar 13.

3.2 Hasil Cacahan Plastik PET

Dari hasil uji coba pencacahan botol plastik PET dengan ketebalan rata-rata 0,25–0,3 mm dapat dicacah menjadi serpihan dengan ukuran berkisar antara 5–10 mm. Cacahan yang diperoleh relatif seragam, meskipun pada beberapa percobaan masih terdapat potongan yang lebih panjang akibat posisi botol yang tidak merata saat masuk ke ruang pencacah. Secara visual, warna cacahan masih sesuai dengan botol asal (bening atau transparan kekuningan), dan tidak ditemukan tanda-tanda perubahan termal (seperti gosong atau meleleh) karena pada tahap pencacahan tidak terjadi kontak panas. Adapun plastik hasil cacahan botol PET dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Hasil Cacahan Botol PET

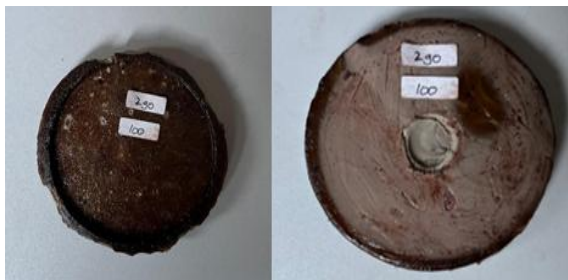
3.3 Hasil Produk Tatakan Gelas

Pada proses pengujian produk tatakan gelas memiliki beberapa variasi suhu diantaranya variasi suhu *barrel injector* 290°C dan 320°C [23] serta variasi suhu tahanan pada *molding* 100°C dan 125°C [24]. Adapun hasil pengujian pada setiap variasi adalah sebagai berikut :

1) Variasi Suhu *Injector* 290°C dan Suhu *Molding* 100°C

Pengujian ini dilakukan saat mesin

menyala dan mengatur *thermo controller* dari suhu *barrel injector* awal 32°C dipanaskan hingga menjadi 290°C dan suhu *molding/cetakan* 32°C dipanaskan hingga menjadi 100°C. Dalam proses untuk memenuhi suhu tersebut memerlukan waktu 21 menit dan penahanan suhu plastik yang diterapkan pada *molding* adalah 2 menit. Produk yang dihasilkan cenderung lebih berwarna coklat terang dan dalam profilnya memiliki kontur yang tidak merata dan ada bagian yang pecah seperti pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil Produk Suhu Injector 290°C dan Suhu Molding 100°C

2) Variasi Suhu *Injector* 290°C dan Suhu *Molding* 125°C

Pengujian ini dilakukan saat mesin menyala dan mengatur *thermo controller* dari suhu *barrel injector* awal 32°C dipanaskan hingga menjadi 290°C dan suhu *molding/cetakan* 32°C dipanaskan hingga menjadi 125°C. Dalam proses untuk memenuhi suhu tersebut memerlukan waktu 21 menit dan penahanan suhu plastik yang diterapkan pada *molding* adalah 2 menit. Produk yang dihasilkan cenderung lebih berwarna coklat gelap dan dalam profilnya memiliki kontur yang merata namun terdapat retakan seperti pada gambar 16.

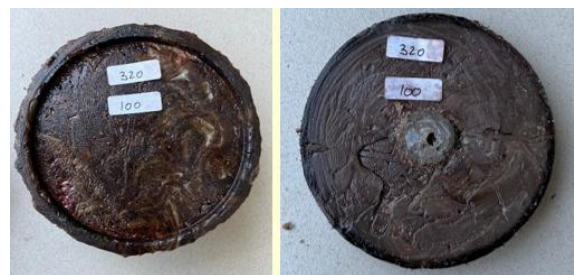


Gambar 16. Hasil Produk Suhu Injector 290°C dan Suhu Molding 125°C

3) Variasi Suhu *Injector* 320°C dan Suhu

Molding 100°C

Pengujian ini dilakukan saat mesin menyala dan mengatur *thermo controller* dari suhu *barrel injector* awal 32°C dipanaskan hingga menjadi 320°C dan suhu *molding/cetakan* 32°C dipanaskan hingga menjadi 100°C. Dalam proses untuk memenuhi suhu tersebut memerlukan waktu 23 menit dan penahanan suhu plastik yang diterapkan pada *molding* adalah 2 menit. Produk yang dihasilkan cenderung lebih berwarna coklat gelap dan dalam profilnya memiliki kontur yang merata namun terdapat retakan seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Hasil Produk Suhu Injector 320°C dan Suhu Molding 100°C

4) Variasi Suhu *Injector* 320°C dan Suhu *Molding* 125°C

Pengujian ini dilakukan saat mesin menyala dan mengatur *thermo controller* dari suhu *barrel injector* awal 32°C dipanaskan hingga menjadi 320°C dan suhu *molding/cetakan* 32°C dipanaskan hingga menjadi 125°C. Dalam proses untuk memenuhi suhu tersebut memerlukan waktu 23 menit dan penahanan suhu plastik yang diterapkan pada *molding* adalah 2 menit. Produk yang dihasilkan cenderung lebih berwarna coklat gelap dan dalam profilnya memiliki kontur yang merata dan tidak ada pecahan / retakan seperti pada gambar 18. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Devalia dan Arif yang menunjukkan bahwa warna coklat gelap terjadi jika bahan yang digunakan adalah material daur ulang serta kontur yang merata dan tidak ada retakan menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan berkualitas baik dan bebas dari cacat umum seperti *short shot*, retak ataupun distorsi [25].



Gambar 18. Hasil Produk Suhu Injector 320°C dan Suhu Molding 125°C

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun mesin injection molding tipe vertikal untuk mengolah limbah botol plastik PET menjadi produk fungsional berupa tatakan gelas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin dapat beroperasi dengan baik pada rentang suhu *barrel injector* 290°C–320°C dan suhu *molding* 100°C–125°C. Produk tatakan gelas yang dihasilkan sesuai dengan bentuk cetakan / *molding*. Hasil produk tatakan gelas yang paling baik dihasilkan oleh variasi *barrel injector* 320°C dan suhu *molding* 125°C. Inovasi ini membuktikan bahwa limbah botol plastik PET dapat dimanfaatkan kembali secara lebih efektif menjadi produk bernilai guna sekaligus mengurangi dampak pencemaran lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kami ucapkan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini melalui Skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2025.

Referensi

- [1] H. Amqam, M. F. Natsir, and Z. F. Yusriani, "Microplastic contamination in Indonesian consumable salts," *J. Sea Res.*, vol. 198, no. February, p. 102475, 2024, doi: 10.1016/j.seares.2024.102475.
- [2] M. Haward, "Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance," *Nat. Commun.*, vol. 9, no. 1, pp. 9–11, 2018, doi: 10.1038/s41467-018-03104-3.
- [3] D. PSLB3, "Data Bank Sampah - Komposisi Sampah." [Online]. Available: <https://pslb3.menlhk.go.id/dashboard/bankSampah/komposisi>
- [4] R. A. Kristanti, M. K. A. Kamisan, and T. Hadibarata, "Treatability of Methylene Blue Solution by Adsorption Process Using *Neobalanocarpus hepmii* and *Capsicum annum*," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 227, no. 5, 2016, doi: 10.1007/s11270-016-2834-y.
- [5] J. Jambeck et al., "the Ocean : the Ocean :," *Mar. Pollut.*, vol. 347, no. 6223, pp. 768-768, 2015, [Online]. Available: <https://science.sciencemag.org/CONTENT/347/6223/768.abstract>
- [6] P. He, L. Chen, L. Shao, H. Zhang, and F. Lü, "Municipal solid waste (MSW)landfill: A source of microplastics? -Evidence of microplastics in landfill leachate," *Water Res.*, vol. 159, pp. 38–45, 2019, doi: 10.1016/j.watres.2019.04.060.
- [7] P. Lestari, G. Purwiandono, A. N. Amalia, E. K. I. Ma'Rufi, M. R. Firdaus, and D. Wacano, "Coexistence of microplastic particles and heavy metals in landfill leachate: A case study of a landfill in Indonesia," *Case Stud. Chem. Environ. Eng.*, vol. 11, no. October 2024, pp. 0–5, 2025, doi: 10.1016/j.csee.2024.101082.
- [8] H. Fu et al., "Overview of Injection Molding Technology for Processing Polymers and Their Composites," *ES Mater. Manuf.*, vol. 8, pp. 3–23, 2020, doi: 10.30919/esmm5f713.
- [9] H. Liu et al., "Research on energy consumption of injection molding machine driven by five different types of electro-hydraulic power units," *J. Clean. Prod.*, 2019.

- [10] M. Krishnappa et al., “A Multifaceted Approach to Injection Mold Design, Analysis and Manufacturing,” *Res. Sq.*, 2024.
- [11] T. Horvath, M. Kalman, T. Szabo, K. Roman, G. Zsoldos, and M. Szabone Kollar, “The mechanical properties of polyethylene-terephthalate (PET) and polylactic-acid (PDLA and PLLA), the influence of material structure on forming,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 426, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/426/1/012018.
- [12] S. A. Elsheikhi and K. Y. Benyounis, “Review of Recent Developments in Injection Molding Process for Polymeric Materials,” *Ref. Modul. Mater. Sci. Mater. Eng.*, pp. 1–18, 2016, doi: 10.1016/b978-0-12-803581-8.04022-4.
- [13] D. Loaldi, D. Quagliotti, M. Calaon, P. Parenti, M. Annoni, and G. Tosello, “Manufacturing signatures of injection molding and injection compression molding for micro-structured polymer fresnel lens production,” *Micromachines*, vol. 9, no. 12, 2018, doi: 10.3390/mi9120653.
- [14] G. J. Bex, D. Seveno, J. De Keyzer, F. Desplentere, and A. Van Bael, “Wetting measurements as a tool to predict the thermoplastic/thermoset rubber compatibility in two-component injection molding,” *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 135, no. 13, pp. 12–14, 2018, doi: 10.1002/app.46046.
- [15] Sopyan, D., & Suryadi, D. (2020). Perancangan mesin pencacah plastik kapasitas 25 kg. *Jurnal Media Teknologi*, 6(2), 213–222.
- [16] Shulhany, A., Laksanawati, E. K., & Setiawan, A.Y. (2022). Analisis kekuatan rangka pada perancangan mesin press briket eceng gondok menggunakan Solidworks. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1), 29–34.
- [17] Izzuddin, M. S. M., & Musyono, A. D. N. I. (2024). Analisis tegangan von mises, displacement, dan safety factor pada rangka sheep handler. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 29(1), 86–96.
- [18] Oyetunji, A. (2010). Development of small injection moulding machine for forming small plastic articles for small-scale industries. *Journal of Engineering Science and Technology*, 5(1), 17–29.
- [19] Ibrahim, S., Aprilia, E., & Haris, A. (2022). Mesin vertical plastic injection molding untuk mendaur ulang sampah plastik rumah tangga. *Research Paper*, 4(1), 43–51.
- [20] Putra, R. C., Rofiroh, & Hakim, L. (2022). Analisa kekuatan sambungan las SMAW pipa galvanis 2 inch pipa PDAM dengan metode uji tarik. *Motor Bakar: Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1), 12–16.
- [21] Badruzzaman, B., Dionisius, F., Rachmatullah, R., & Maula, R. (2023). Rancang bangun mesin injeksi plastik sederhana tipe vertikal dengan memanfaatkan limbah plastik PET (Polyethylene Terephthalate). *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 9(1), 478–486. ISAS Publishing.
- [22] Suryana, A., & Budi, B. (2020). Analisa peleburan limbah plastik jenis PET menggunakan mesin ekstrusi satu ulir. *Jurnal Teknologi Mesin*, 5(2), 45–52.
- [23] L. Šudomová, H. Doležalová Weissmannová, Z. Steinmetz, V. Řezáčová, and J. Kučerík, “A differential scanning calorimetry (DSC) approach for assessing the quality of polyethylene terephthalate (PET) waste for physical recycling: a proof-of-concept study,” *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 148, no. 20, pp. 10843–10855, 2023, doi: 10.1007/s10973-023-12430-8.
- [24] F. Ronkay et al., “Melting temperature

versus crystallinity: new way for identification and analysis of multiple endotherms of poly(ethylene terephthalate),” *J. Polym. Res.*, vol. 27, no. 12, 2020, doi: 10.1007/s10965-020-02327-7.

- [25] Devalia, P. T., & Arief, T. M. (2019). Analisis dan Optimasi Parameter Proses Injeksi Plastik Multi Cavity untuk Meminimalkan Cacat Short Mold. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. 10(1), 553-560.