

Perancangan dan Pengujian Prototipe Ekstruder Plastik Skala Kecil untuk Daur Ulang Limbah HDPE

Ferri Festika^{1*}, Misswar Abd², Yudi Dopi Simanjuntak³, Rian Satrizan⁴, Amrijal⁵

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh, Indonesia

^{3,4}SMK SMTI Banda Aceh, Aceh, Indonesia

⁵Mahasiswa Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh, Indonesia

Email : ^{1*}ferri.festika@gmail.com , ²misswar@unida-aceh.ac.id, ³dopiyudi@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan limbah plastik yang terus meningkat menuntut solusi lokal berbasis teknologi sederhana dan edukatif. Penelitian ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji prototipe mesin ekstruder plastik skala kecil yang mampu mengolah limbah plastik jenis HDPE (*High-Density Polyethylene*) menjadi filamen daur ulang. Metode penelitian mencakup studi literatur, perancangan mekanik berbasis *open-source*, perakitan komponen lokal, dan pengujian fungsional dengan observasi kualitatif. Hasil menunjukkan prototipe berhasil mengekstrusi limbah HDPE menjadi filamen berdiameter ~2 mm meskipun tanpa sistem kontrol suhu otomatis. Degradasi termal terjadi akibat fluktuasi suhu, tetapi melalui penyesuaian manual kecepatan motor dan durasi pemanasan, konsistensi filamen dapat dicapai. Prototipe ini terbukti layak sebagai media pembelajaran di laboratorium serta solusi awal pengelolaan limbah plastik skala mikro.

Kata kunci: ekstruder plastik; daur ulang; limbah plastik; HDPE; prototipe

ABSTRACT

The escalating plastic waste problem demands locally-based solutions using simple and educational technology. This study aims to design, construct, and test a small-scale plastic extruder prototype capable of processing HDPE (High-Density Polyethylene) waste into recycled filament. The research methodology includes literature review, open-source-based mechanical design, assembly of locally available components, and functional testing with qualitative observation. Results show the prototype successfully extruded HDPE waste into filament with a consistent diameter of ~2 mm, despite the absence of an automatic temperature control system. Thermal degradation occurred due to temperature fluctuations, yet consistent filament output was achieved through manual adjustment of motor speed and heating duration. The prototype is proven viable as a laboratory learning tool and a preliminary solution for micro-scale plastic waste management.

Keywords: plastic extruder; recycling; plastic waste; HDPE; prototype

1. PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik telah menjadi krisis lingkungan global dengan lebih dari 400 juta ton plastik diproduksi setiap tahun, di mana sebagian besar berakhir di tempat pembuangan akhir atau ekosistem alam [1]. Di Indonesia, volume sampah plastik diperkirakan mencapai 64 juta ton per tahun, dengan tingkat daur ulang kurang dari 10% [2]. Kondisi ini menuntut inovasi teknologi daur ulang yang terjangkau, sederhana, dan dapat diadopsi di tingkat komunitas maupun institusi pendidikan.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan mesin ekstruder skala kecil untuk daur ulang plastik. Srivastava dan Kumar (2018) berhasil merancang ekstruder sederhana berbasis modifikasi komponen mesin [3], sementara penelitian lain menekankan pentingnya integrasi sistem kontrol suhu untuk mencegah degradasi termal [4]. Namun, sebagian besar desain tersebut masih mahal atau memerlukan komponen spesialis yang sulit diakses di daerah terpencil seperti Aceh. Selain itu, sedikit penelitian yang secara eksplisit mengevaluasi potensi alat tersebut sebagai media pembelajaran di laboratorium teknik.

Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan merancang prototipe ekstruder plastik skala kecil menggunakan komponen lokal yang mudah diperoleh, dengan biaya produksi di bawah Rp10 juta. Fokus utama adalah pada limbah HDPE karena titik lelehnya yang rendah (120–130°C) dan ketersediaannya yang melimpah. Tujuan penelitian adalah: (1) merancang dan membangun prototipe yang fungsional; (2) menguji kemampuannya dalam mengolah limbah HDPE; dan (3) mengevaluasi potensinya sebagai media pembelajaran. Inovasi utama terletak pada pendekatan rekayasa yang memadukan keterjangkauan, ketersediaan komponen lokal, dan nilai edukasi praktis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *engineering design research* dengan tahapan: studi literatur → perancangan → perakitan → pengujian fungsional → analisis → rekomendasi. Lokasi penelitian berada di Bengkel Rumah milik penulis utama di Banda Aceh.

2.1. Perancangan Sistem

Prototipe mengadopsi konfigurasi ekstruder sekrup tunggal (*single-screw extruder*). Komponen utama meliputi: (1) motor penggerak (mesin gerinda modifikasi, 220 V, 1,5 HP); (2) *barrel* (tabung baja karbon Ø2 inci × 30 cm); (3) *screw* (ulir bor baja hasil modifikasi bubut); (4) elemen pemanas (*band heater* 600 W); (5) *die* (tutup pipa dengan lubang Ø2 mm); dan (6) *hopper* (corong plat baja). Desain mekanik divalidasi melalui software CAD.

2.2. Pengujian Fungsional

Pengujian dilakukan menggunakan limbah HDPE yang telah disortir, dicuci, dikeringkan, dan dicacah (~5 mm). Parameter yang diamati meliputi: waktu pelelehan, konsistensi filamen keluaran, tanda degradasi termal (warna hitam/bau terbakar), dan stabilitas operasional. Tidak dilakukan pengukuran suhu digital karena ketiadaan termokopel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe berhasil melelehkan HDPE dan menghasilkan filamen kontinu dengan diameter ~2 mm setelah 12–15 menit pemanasan. Namun, tanpa kontrol suhu otomatis, pemanasan sering melebihi titik degradasi HDPE (>180°C), menghasilkan filamen berwarna kecoklatan atau hitam—indikasi degradasi termal [5].

Keberhasilan ini dicapai melalui penyesuaian manual terhadap kecepatan motor dan durasi pemanasan. Total biaya pembuatan prototipe adalah Rp8.900.000, termasuk biaya penggantian komponen yang rusak selama uji coba (*trial and error*). Penggunaan motor gerinda terbukti cukup untuk menggerakkan sekrup, meski tidak ideal karena kurangnya kontrol kecepatan [3].

Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun dengan keterbatasan komponen dan tanpa sistem kontrol yang canggih, prototipe yang sederhana tetap dapat menghasilkan output yang fungsional. Potensi utamanya terletak pada nilai edukasi: mahasiswa dapat mempelajari prinsip ekstrusi termoplastik, hubungan suhu–viskositas, dan tantangan teknis dalam daur ulang plastik. Temuan ini selaras dengan penelitian Dewi dan Wijaya (2021) yang menekankan pentingnya alat peraga sederhana dalam pembelajaran berbasis proyek [6].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji prototipe ekstruder plastik skala kecil untuk daur ulang limbah HDPE. Mesin beroperasi secara fungsional meskipun menggunakan komponen sederhana dan tanpa sistem kontrol suhu otomatis. Hasil ekstrusi berupa filamen plastik dengan diameter konsisten menunjukkan potensi prototipe sebagai solusi awal pengelolaan limbah dan media pembelajaran di laboratorium teknik. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan: (1) integrasi sistem kontrol suhu

berbasis termokopel dan modul PID; (2) penggantian motor gerinda dengan motor DC/AC berkecepatan variabel; (3) optimasi desain ulir; dan (4) ekspansi uji coba ke jenis plastik lain seperti PET dan PP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Iskandar Muda atas dukungan dana penelitian Dosen Mandiri tahun 2023 sebesar Rp8.900.000.

REFERENSI

- [1] United Nations Environment Programme (UNEP), "From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution," Nairobi, 2021.
- [2] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI, "Statistik Persampahan di Indonesia," Jakarta, 2022.
- [3] V. Srivastava and R. Kumar, "Design and Fabrication of Plastic Extruder Machine," *Int. J. Eng. Sci. Comput.*, vol. 8, no. 4, pp. 16867–16870, 2018.
- [4] K. Friedrich, *Plastics Extrusion: A Basic Guide*. Munich: Carl Hanser Verlag, 2011.
- [5] R. J. Crawford, *Plastics Engineering*, 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009.
- [6] L. Dewi and H. Wijaya, "Penerapan Project-Based Learning dengan Alat Peraga Sederhana untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa," *J. Pendidik. Tek.*, 2021.
- [7] J. Hopewell, R. Dvorak, and E. Kosior, "Plastics recycling: Challenges and opportunities," *Philos. Trans. R. Soc. B*, vol. 364, no. 1526, pp. 2115–2126, 2009.
- [8] Z. Tadmor and I. Klein, *Engineering Principles of Plasticating Extrusion*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1970.
- [9] Ellen MacArthur Foundation, "The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics," 2017.
- [10] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*. McGraw-Hill Education, 2016.