

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Plastik telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia *modern*. Namun, penggunaan plastik yang berlebihan telah menciptakan masalah lingkungan yang serius. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2023, total sampah nasional mencapai angka 38,3 juta ton/tahun, di mana setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan total 105 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut, 19,16% atau sekitar 20,1 ribu ton per hari merupakan sampah plastik (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2023). Lebih mengkhawatirkan lagi, hanya sekitar 10% dari total limbah plastik yang berhasil didaur ulang, sementara sisanya berakhir di tempat pembuangan akhir atau mencemari lingkungan. Menurut penelitian (Geyer, 2017), botol plastik PET membutuhkan waktu hingga 450 tahun untuk terurai di alam, dan produksinya terus meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 4,2% per tahun (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

Di tengah permasalahan limbah plastik yang semakin mengkhawatirkan ini, muncul sebuah harapan baru melalui perkembangan teknologi manufaktur aditif atau yang lebih dikenal dengan *3D printing*. Teknologi ini telah membuka peluang baru dalam dunia industri dan pendidikan karena kemampuannya membuat produk kompleks dengan lebih mudah dan efisien. Namun, ada kendala yang dihadapi dalam pengembangan teknologi *3D printing* di Indonesia, yaitu tingginya harga filamen sebagai bahan baku. Berdasarkan survei pasar tahun 2024, harga filamen *3D printing* berkualitas di Indonesia masih sangat mahal, berkisar antara Rp.250.000 hingga Rp.500.000 per kilogram, dan sebagian besar masih merupakan produk impor (Fomu.co.id, 2024).

Sebuah terobosan menarik datang dari penelitian (Méndez, Pérez 2024) yang membuktikan bahwa limbah botol PET bisa dimanfaatkan menjadi filamen *3D printing* berkualitas melalui proses yang disebut *pultrusion*. Proses ini menggabungkan dua konsep utama: "*pull*" (tarik) dan "*extrusion*" (ekstrusi).

Cara kerjanya cukup sederhana botol plastik bekas dipotong menjadi pita, kemudian ditarik dan diekstrusi melalui blok pemanas *nozzle 3D printing* untuk membentuk filamen dengan dimensi bulat. Yang menggembirakan, filamen hasil daur ulang ini memiliki kualitas yang tidak kalah dengan produk komersial, bahkan dengan kekuatan tarik mencapai 75-85 MPa.

Pemanfaatan limbah botol plastik sebagai bahan baku filamen *3D printing* ini memberikan dua keuntungan sekaligus: mengurangi masalah limbah plastik dan menciptakan peluang ekonomi baru. Namun, untuk menghasilkan filamen berkualitas tinggi, proses *pultrusion* memerlukan kontrol yang teliti terhadap beberapa parameter penting. Berdasarkan penelitian (Tylman and Dzierzek, 2020), suhu pemanasan harus dijaga optimal sekitar 260°C untuk material PET. Selain itu, kecepatan tarik harus diatur antara 0,5-3 rpm/min, dan pengumpanan material harus tepat. Sistem pendinginan yang efektif juga sangat penting untuk menjaga kualitas produk akhir.

Untuk merancang mesin pultrusi yang presisi, penggunaan teknologi *Computer-Aided Design (CAD)* menjadi sangat penting. Dalam hal ini, *Autodesk Inventor* dipilih karena kemampuannya yang lengkap dalam merancang komponen mekanik dengan tingkat akurasi tinggi. Perangkat lunak ini memungkinkan ang mendukung perancangan dan simulasi produk mekanik secara *detail*, memungkinkan validasi desain sebelum produksi fisik. (Wikipedia, 2025)

Filamen yang dihasilkan juga harus memenuhi standar kualitas yang ketat. Filamen berkualitas tinggi untuk cetak 3D angkanya sangat ketat, dengan toleransi diameter standar industri di kisaran  $\pm 0,05$  mm untuk diameter nominal 1,75 mm, dan produsen premium bahkan bisa mencapai presisi hingga  $\pm 0,02$  mm atau  $\pm 0,03$  mm (Prusa, 2025). Teknologi ini bisa menjadi solusi berkelanjutan untuk pengelolaan limbah plastik sekaligus mendukung perkembangan industri manufaktur aditif lokal.

Berdasarkan semua pertimbangan di atas, penelitian ini akan fokus pada pengembangan mesin pultrusi yang dirancang khusus untuk mengolah limbah botol plastik PET menjadi filamen *3D printing* berkualitas tinggi. melalui pendekatan ini, diharapkan dapat tercipta solusi yang efektif untuk mengurangi

dampak negatif limbah plastik di lingkungan dan mendukung pertumbuhan teknologi manufaktur aditif di Indonesia. Dengan memanfaatkan bahan daur ulang, proyek ini tidak hanya akan mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru tetapi juga membuka peluang bagi inovasi dan pengembangan ekonomi yang berkelanjutan. Pada akhirnya, kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan dampak positif yang luas bagi lingkungan, industri, dan masyarakat Indonesia.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berikut adalah identifikasi masalah pada penelitian sebagai berikut:

1. Limbah plastik, khususnya botol plastik yang terus meningkat menjadi ancaman serius bagi lingkungan karena sulit terurai dan belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Harga bahan baku filamen 3D *printing* yang tinggi dan bergantung pada import, sehingga menghambat pemanfaatan teknologi 3D *printing* secara luas di Indonesia.
3. Masih terbatasnya ketersediaan alat yang dapat mendaur ulang limbah botol plastik menjadi produk bernilai tambah, seperti filamen 3D *printing*.
4. Kurangnya informasi dan pengembangan terkait proses pembuatan alat yang dapat mengubah limbah botol plastik menjadi filamen 3D *printing*.

## 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini, penulis memberikan batasan masalah guna menghindari pembahasan yang terlalu luas serta agar fokus penelitian tetap terjaga. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada proses perancangan dan pembuatan mesin pultrusi untuk produksi filamen 3D *printing* yang menggunakan limbah botol plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan baku utama.
2. Pengujian kinerja mesin pultrusi hanya difokuskan pada analisis hasil produksi filamen, yang mencakup pengukuran diameter filamen, perhitungan produktivitas, serta estimasi biaya operasional produksi, tanpa

menyertakan pengujian sifat fisik-mekanik filamen maupun uji cetak menggunakan printer 3D.

#### **1.4 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana proses perancangan dan pembuatan mesin pultrusi untuk produksi filamen 3D *printing* dari limbah botol plastik PET?
2. Bagaimana kinerja alat pultrusi yang telah dibuat dalam memproduksi filamen 3D *printing* dari limbah botol plastik PET berdasarkan hasil pengukuran diameter, produktivitas, dan biaya operasional produksi?

#### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat mesin pultrusi untuk produksi filamen 3D *printing* dari limbah botol plastik PET.
2. Menguji kinerja alat pultrusi yang telah dibuat serta mengetahui kemampuan alat dalam memproduksi filamen 3D *printing* dari limbah botol plastik PET berdasarkan hasil pengukuran diameter, produktivitas dan biaya operasional produksi.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

##### **1. Bagi Peneliti dan Akademisi**

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi untuk pengembangan lebih lanjut, khususnya dalam pengujian karakteristik mekanik seperti kekuatan tarik, kelenturan, dan performa cetak filamen daur ulang dari limbah PET.

##### **2. Bagi Pelaku Usaha Daur Ulang**

Alat yang dikembangkan dapat dimanfaatkan oleh pelaku usaha kecil untuk mengolah limbah botol plastik menjadi produk bernilai seperti filamen 3D, dengan catatan penggunaan bahan baku yang seragam dan bersih guna menjaga kualitas produk.

### 3. Bagi Pemerintah dan Lembaga Pendidikan

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai contoh teknologi tepat guna dalam pengolahan limbah plastik, yang dapat diterapkan dalam program edukasi, pelatihan keterampilan, atau pengembangan usaha kecil berbasis daur ulang.

