

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern saat ini, manusia tidak dapat terlepas dari penggunaan bahan sintetis, khususnya plastik, dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa dekade yang lalu, masyarakat masih banyak memanfaatkan bahan-bahan alami seperti rotan, bambu, dan daun pisang sebagai alat bantu kebutuhan sehari-hari. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi dan industri, bahan-bahan tersebut secara bertahap digantikan oleh bahan sintetis seperti plastik karena sifatnya yang ringan, tahan lama, praktis, dan ekonomis.

Plastik merupakan material anorganik yang memiliki banyak manfaat, namun juga menimbulkan dampak negatif yang signifikan apabila tidak dikelola dengan baik. Peningkatan penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari menimbulkan kekhawatiran serius karena plastik merupakan material yang sulit terurai secara alami dan berpotensi mencemari lingkungan (Putra & Yuriandala, 2010). Lebih lanjut, sejumlah penelitian menyatakan bahwa penggunaan plastik secara berlebihan dapat berdampak buruk terhadap kesehatan manusia serta mengancam keseimbangan ekosistem. Sampah plastik diperkirakan membutuhkan waktu ratusan hingga ribuan tahun untuk terurai secara sempurna di alam.

Data terkini dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencatat bahwa pada tahun 2024, total timbulan sampah nasional Indonesia mencapai 35,9 juta ton, menjadikannya angka tertinggi dalam periode 2019–2024. Dari jumlah tersebut, hanya sekitar 63,3% atau setara 20,5 juta ton yang berhasil dikelola, sementara sisanya sebesar 11,3 juta ton sampah masih belum tertangani secara layak. Berdasarkan komposisi jenisnya, sampah plastik merupakan penyumbang terbesar kedua setelah sisa makanan, dengan proporsi mencapai 19,64% dari total timbulan sampah nasional pada tahun 2024. Angka ini meningkat signifikan dibandingkan tahun 2019 yang hanya sebesar 15,88%, mencerminkan tren peningkatan yang konsisten selama lima tahun terakhir (SIPSN-KLHK, 2025).

Pada tahun 2025, total timbunan sampah nasional tercatat sebesar 25,14 juta ton berdasarkan laporan dari 244 kabupaten/kota yang telah menyampaikan data ke SIPSN. Perlu dicatat bahwa angka ini bersifat parsial karena belum mencakup seluruh kabupaten/kota di Indonesia, sehingga tidak dapat dibandingkan secara langsung dengan angka total nasional tahun 2024 di atas. Dari sisi sumber penghasil, mayoritas sampah di Indonesia berasal dari rumah tangga, yakni sebesar 56,82% dari total timbunan sampah pada tahun 2025. Tingginya kontribusi ini didorong oleh wilayah berpenduduk padat seperti DKI Jakarta dan Jawa Barat yang menghasilkan limbah rumah tangga dalam jumlah besar setiap harinya (SIPSN-KLHK, 2025). Adapun komposisi sampah plastik pada tahun 2025 masih menempati posisi kedua dengan kontribusi sebesar 19,95–20,49% dari total timbunan sampah nasional, melampaui sampah kayu/ranting sebesar 13,29% dan kertas/karton sebesar 11,25%.

Selain data timbunan nasional di atas, terdapat pula proyeksi khusus mengenai volume sampah plastik dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Peneliti dari Pusat Riset Oseanografi BRIN mengungkapkan bahwa sebanyak 350.000 ton sampah plastik masuk ke perairan laut Indonesia selama tahun 2024. Selain itu, timbunan sampah plastik di Indonesia pada tahun 2025 diproyeksikan mencapai 9,9 juta ton (KLHK, 2024; BRIN, 2025).

Berdasarkan laporan World Bank dalam *Atlas of Sustainable Development Goals* tahun 2023, Indonesia tercatat sebagai negara penghasil sampah (*municipal solid waste*) terbesar kelima di dunia. Sebagai perbandingan pada indikator yang berbeda, yaitu potensi sampah plastik yang masuk ke laut, studi Jambeck et al. (2015) sebelumnya menempatkan Indonesia sebagai penyumbang sampah plastik ke laut terbesar kedua di dunia setelah Tiongkok. Meskipun kedua data tersebut mengukur hal yang berbeda dan tidak dapat dibandingkan secara langsung, keduanya sama-sama menunjukkan bahwa tantangan pengelolaan sampah plastik di Indonesia masih sangat besar.

Pengelolaan limbah plastik harus dilakukan dengan metode yang benar dan bertanggung jawab. Pembakaran sampah plastik secara terbuka masih sering dilakukan oleh masyarakat, khususnya di kawasan padat penduduk. Praktik ini

sangat berbahaya karena dapat menghasilkan emisi partikel halus (PM2.5), senyawa dioksin, dan furan yang berdampak buruk terhadap sistem pernapasan manusia. Selain itu, pembakaran sampah plastik juga berkontribusi terhadap pencemaran udara perkotaan. Di wilayah DKI Jakarta, sejumlah penelitian menunjukkan adanya temuan partikel mikroplastik di udara ambien dan air hujan yang diduga berasal dari degradasi plastik serta aktivitas pembakaran sampah. Kondisi ini memperlihatkan bahwa limbah plastik tidak hanya mencemari tanah dan perairan, tetapi juga berpotensi menjadi polutan udara yang membahayakan kesehatan masyarakat perkotaan.

Salah satu pendekatan yang umum diterapkan dalam pengelolaan sampah plastik adalah prinsip 3R (*Reuse*, *Reduce*, dan *Recycle*). *Reuse* berarti menggunakan kembali produk plastik yang masih layak pakai, *Reduce* berarti mengurangi penggunaan plastik secara keseluruhan, sedangkan *Recycle* berarti mendaur ulang limbah plastik menjadi produk baru yang memiliki nilai guna. Daur ulang limbah plastik menjadi salah satu solusi yang efektif, terutama bagi masyarakat dan pelaku usaha yang belum memiliki sistem pengelolaan sampah yang memadai. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 97 Tahun 2017 juga telah menetapkan target ambisius berupa 30% pengurangan sampah dan 70% penanganan sampah pada tahun 2025, yang menuntut kolaborasi aktif dari seluruh elemen masyarakat, termasuk sektor industri kecil dan menengah.

Salah satu upaya konkret yang dapat dilakukan oleh masyarakat dan pelaku industri kecil adalah dengan merancang dan mengembangkan mesin daur ulang plastik berskala kecil. Metode pengolahan plastik yang banyak digunakan dan memiliki tingkat efisiensi tinggi adalah proses *injection molding* (cetak injeksi), karena memiliki kapasitas produksi yang relatif tinggi, menghasilkan limbah material yang minimal, serta membutuhkan tenaga kerja yang lebih sedikit (Firdausi & Fikri, 2020). *Injection molding* merupakan proses manufaktur di mana material plastik dilelehkan di dalam barrel, kemudian disuntikkan ke dalam cetakan (mold) hingga mengisi rongga cetakan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan. Proses ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu clamping, injection, cooling, dan ejection (penguncian, injeksi, pendinginan, dan pelepasan) (Gusniar,

2018). Melalui proses ini, limbah plastik rumah tangga khususnya jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang umum digunakan sebagai kemasan botol minuman dapat diolah kembali menjadi produk bernilai guna.

Namun demikian, mesin injection molding yang tersedia di pasaran umumnya berukuran besar dan memiliki biaya investasi yang tinggi, serta kurang sesuai untuk digunakan oleh pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) seperti bank sampah komunitas. Kondisi ini menjadi hambatan utama bagi penerapan teknologi daur ulang plastik di tingkat masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan perancangan mesin injeksi plastik yang bersifat portabel, ekonomis, dan mudah dioperasikan, khususnya untuk pengolahan limbah plastik rumah tangga jenis PET.

Dalam penelitian ini, dirancang tiga opsi desain mesin injeksi plastik portabel yang dibedakan berdasarkan jenis mekanisme penggerakannya, yaitu mekanisme *handwheel* (penggerak manual), motor listrik (penggerak elektrik), dan silinder pneumatik (penggerak udara bertekanan). Salah satu dari ketiga desain tersebut akan dipilih untuk dijadikan acuan desain akhir. Ketiga opsi desain tersebut akan dianalisis dan dibandingkan untuk menentukan desain yang paling efisien dari segi kemudahan perakitan, biaya manufaktur, serta efektivitas penggunaan komponen. Metode yang digunakan dalam proses evaluasi desain adalah *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA). Penerapan metode DFMA bertujuan untuk menghasilkan desain mesin injeksi plastik yang optimal, mudah diproduksi, mudah dirakit, serta memiliki biaya pembuatan yang relatif rendah sehingga sesuai untuk kebutuhan UMKM dan bank sampah dalam mendukung upaya pengelolaan limbah plastik secara mandiri dan berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi masalah yaitu:

1. Mesin injeksi plastik yang tersedia di pasaran umumnya memiliki dimensi yang besar, biaya investasi yang tinggi, serta kurang sesuai digunakan oleh UMKM dan bank sampah.

2. Diperlukan metode perancangan yang mampu menghasilkan desain mesin dengan jumlah komponen yang lebih sedikit, proses manufaktur yang lebih sederhana, serta proses perakitan yang lebih mudah.
3. Belum diketahui alternatif mekanisme penggerak mesin injeksi plastik horizontal portabel yang paling efektif dan efisien di antara mekanisme handwheel, motor listrik, dan pneumatik berdasarkan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA).
4. Diperlukan evaluasi desain berdasarkan jumlah komponen, proses manufaktur, proses perakitan, dan estimasi biaya rancang bangun untuk memperoleh desain mesin yang optimal.
5. Diperlukan rancangan mesin injeksi plastik horizontal portabel yang sesuai dengan kebutuhan UMKM dan bank sampah dalam mendukung kegiatan daur ulang limbah plastik PET.

1.3 Batasan Masalah

Supaya penulisan proposal tidak menyimpang dari masalah yang akan dibahas, maka perlu diberikan pembatasan masalah. Oleh karena itu, penulis memfokuskan pembahasan tugas akhir ini mengenai:

1. Penelitian ini hanya membahas perancangan mesin injeksi plastik horizontal portabel untuk pengolahan limbah plastik rumah tangga jenis PET dengan menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA).
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) sebagai metode evaluasi desain berdasarkan aspek kemudahan manufaktur (*manufacturing*) dan kemudahan perakitan (*assembly*).
3. Penelitian difokuskan pada proses perancangan konsep, pemilihan komponen, penyusunan model tiga dimensi (*3D modeling*) mesin injeksi plastik horizontal portabel.
4. Evaluasi desain dilakukan berdasarkan jumlah komponen, proses manufaktur, tahapan perakitan, serta estimasi biaya rancang bangun menggunakan metode DFMA.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka dalam penelitian ini dapat ditetapkan suatu rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana merancang mesin injeksi plastik horizontal portabel untuk pemanfaatan limbah plastik rumah tangga jenis PET?
2. Bagaimana menentukan desain mesin injeksi plastik horizontal portabel yang efektif dan efisien berdasarkan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA)?
3. Bagaimana hasil evaluasi setiap alternatif desain mesin injeksi plastik horizontal portabel berdasarkan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) ditinjau dari aspek kemudahan manufaktur dan kemudahan perakitan?
4. Bagaimana hasil evaluasi desain mesin injeksi plastik horizontal portabel berdasarkan jumlah komponen, perakitan, estimasi biaya manufaktur, serta aspek teknis seperti portabilitas, keamanan, kemudahan perawatan, dan berbagai aspek teknis?
5. Bagaimana menghasilkan desain mesin injeksi plastik horizontal portabel yang sesuai dengan kebutuhan UMKM dan bank sampah untuk pemanfaatan limbah plastik PET?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan yang ingin dicapai dari perancangan mesin injeksi plastik horizontal portabel ini adalah untuk:

1. Merancang mesin injeksi plastik horizontal portabel untuk pemanfaatan limbah plastik rumah tangga jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET).
2. Mengembangkan dan membandingkan tiga alternatif mekanisme penggerak mesin injeksi plastik horizontal portabel, yaitu mekanisme *handwheel* (penggerak manual), mekanisme motor listrik (penggerak elektrik), dan mekanisme silinder pneumatik (penggerak udara bertekanan).

3. Mengevaluasi setiap alternatif desain menggunakan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) berdasarkan aspek jumlah komponen, kemudahan proses manufaktur, kemudahan proses perakitan, serta berbagai aspek teknis seperti portabilitas, keamanan, kemudahan perawatan, dan estimasi biaya rancang bangun.
4. Menentukan desain mesin injeksi plastik horizontal portabel yang paling efektif dan efisien berdasarkan hasil evaluasi metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA).
5. Menghasilkan desain akhir mesin injeksi plastik horizontal portabel berupa model tiga dimensi (3D model), *Detail Engineering Drawing* (DED), serta estimasi biaya rancang bangun yang sesuai untuk digunakan oleh UMKM, khususnya bank sampah, dalam mendukung kegiatan daur ulang limbah plastik PET

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Manfaat Teoritis

1. Menambah referensi dan memperkaya kajian ilmiah di bidang perancangan mesin, khususnya mengenai penerapan metode *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) pada perancangan mesin injeksi plastik horizontal portabel.
2. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik mesin, khususnya dalam pengembangan desain produk yang berorientasi pada kemudahan manufaktur (*manufacturing*) dan kemudahan perakitan (*assembly*).
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan perancangan mesin injeksi plastik, pengembangan teknologi daur ulang limbah plastik PET, serta penerapan metode DFMA pada produk teknik.
4. Menambah pemahaman mengenai hubungan antara proses perancangan, proses manufaktur, proses perakitan, serta efisiensi biaya dalam pengembangan suatu produk teknik.

5. Memberikan dasar ilmiah mengenai penerapan metode DFMA sebagai salah satu pendekatan dalam menghasilkan desain mesin yang lebih sederhana, efektif, efisien, dan mudah diproduksi.

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Menghasilkan rancangan mesin injeksi plastik horizontal portabel yang sederhana dan mudah dioperasikan oleh pengguna dengan keterampilan teknis dasar sekalipun.
2. Membantu UMKM dan bank sampah dalam mengolah limbah plastik rumah tangga jenis PET menjadi produk yang memiliki nilai tambah dan nilai ekonomi.
3. Memberikan alternatif desain mesin injeksi plastik horizontal portabel yang dapat diwujudkan dengan biaya rancang bangun yang relatif terjangkau melalui penerapan metode DFMA.
4. Mempermudah proses manufaktur dan perakitan mesin melalui pengurangan jumlah komponen, penyederhanaan proses produksi, serta pengurangan waktu perakitan.
5. Menjadi media pembelajaran, praktikum, dan penelitian di bidang teknik mesin, khususnya pada mata kuliah perancangan mesin, proses manufaktur, dan sistem produksi.
6. Memberikan acuan bagi perancang (*designer*) maupun industri manufaktur skala kecil dalam mengembangkan mesin yang lebih efektif, efisien, dan mudah diproduksi menggunakan pendekatan DFMA.
7. Mendukung upaya pelestarian lingkungan melalui pemanfaatan kembali limbah plastik PET menjadi produk yang bermanfaat sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik.