

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin *injection molding* yang digunakan pada industri umumnya merupakan mesin berkapasitas besar dengan sistem operasi otomatis yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan produksi massal secara berkelanjutan. Sebagian besar mesin tersebut menggunakan sistem penggerak hidrolik karena mampu menghasilkan gaya injeksi yang besar sehingga proses pengisian material ke dalam rongga cetakan dapat berlangsung secara optimal. Meskipun memiliki performa yang tinggi, penggunaan sistem hidrolik menyebabkan konstruksi mesin menjadi lebih kompleks, membutuhkan ruang instalasi yang relatif luas, memerlukan biaya investasi yang tinggi, serta membutuhkan biaya perawatan yang tidak sedikit akibat penggunaan fluida hidrolik. Selain itu, potensi kebocoran fluida hidrolik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan meningkatkan biaya pemeliharaan mesin (Sufiyanto dkk., 2023). Kondisi tersebut menyebabkan mesin *injection molding* konvensional kurang sesuai apabila diterapkan sebagai media pembelajaran di laboratorium pendidikan maupun sebagai sarana produksi pada industri kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan biaya, ruang kerja, dan sumber daya manusia (Gunawan dkk., 2025).

Dalam lingkungan pendidikan, khususnya pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, keberadaan mesin *injection molding* memiliki peranan yang penting sebagai media pembelajaran berbasis praktik. Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa tidak hanya mempelajari teori mengenai proses pembentukan material termoplastik, tetapi juga memahami secara langsung hubungan antara sistem pemanas, mekanisme injeksi, karakteristik material, desain cetakan, hingga kualitas produk yang dihasilkan. Namun demikian, tingginya harga mesin *injection molding* komersial menyebabkan tidak semua institusi pendidikan mampu menyediakan fasilitas praktikum yang memadai. Akibatnya, proses pembelajaran masih didominasi oleh penyampaian teori sehingga pengalaman mahasiswa dalam memahami proses manufaktur berbasis *injection molding* menjadi terbatas (Hau dkk., 2024).

Salah satu alternatif yang dapat diterapkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah penggunaan sistem pneumatik sebagai penggerak utama proses injeksi. Sistem pneumatik memanfaatkan udara bertekanan sebagai media penghantar energi sehingga memiliki konstruksi yang lebih sederhana dibandingkan sistem hidrolik. Selain itu, sistem pneumatik memiliki biaya pembuatan dan perawatan yang relatif lebih rendah, proses pengoperasian yang lebih mudah, serta tingkat keamanan yang lebih baik karena tidak menggunakan fluida cair yang berpotensi menimbulkan kebocoran maupun pencemaran lingkungan. Penggunaan sistem pneumatik juga memungkinkan proses perawatan menjadi lebih sederhana sehingga sangat sesuai diterapkan pada mesin *injection molding vertical* skala laboratorium maupun industri kecil. Dengan berbagai keunggulan tersebut, sistem pneumatik menjadi salah satu alternatif yang potensial dalam pengembangan mesin *injection molding* yang lebih ekonomis dan mudah diaplikasikan (Arohman dkk., 2025).

Berbagai penelitian mengenai mesin *injection molding vertical* telah dilakukan sebagai upaya mengembangkan mesin yang lebih sederhana dan ekonomis. Penelitian yang dilakukan oleh Sufiyanto dkk.,(2023) berhasil merancang dan membangun mesin *injection molding vertical* untuk mengolah limbah plastik PET menjadi produk fungsional melalui tahapan perancangan, simulasi struktur, fabrikasi, hingga pengujian hasil cetakan. Sementara itu, penelitian Ammar & Mas'ud,(2025) mengkaji desain rangka mesin *injection molding vertical* menggunakan metode *finite element analysis* (FEA) sehingga diperoleh konfigurasi rangka dengan nilai *factor of safety* yang memenuhi kriteria desain. Penelitian lain yang dilakukan oleh Gunawan dkk.,(2025) lebih menitikberatkan pada aspek perancangan mesin. Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengembangan mesin *injection molding* skala kecil memiliki prospek yang baik untuk mendukung kegiatan pendidikan maupun industri kecil.

Meskipun demikian, berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek tertentu secara terpisah, seperti proses perancangan, analisis struktur, fabrikasi, maupun pengujian hasil produk. Kajian yang mengintegrasikan proses perancangan mesin,

analisis kekuatan struktur menggunakan metode *finite element analysis* (FEA), analisis distribusi temperatur pada *barrel*, proses fabrikasi dan perakitan, serta pengujian performa mesin berbasis sistem pneumatik dalam satu penelitian yang komprehensif masih relatif terbatas. Padahal, integrasi seluruh tahapan tersebut sangat diperlukan untuk memastikan bahwa mesin yang dirancang tidak hanya memiliki struktur yang aman, tetapi juga mampu menghasilkan distribusi temperatur yang sesuai, gaya injeksi yang mencukupi, serta performa operasi yang baik ketika digunakan dalam proses pencetakan material termoplastik. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat mengisi kesenjangan penelitian (*research gap*) melalui pengembangan mesin *injection molding vertical* berbasis sistem pneumatik yang dikaji mulai dari tahap perancangan hingga pengujian performa mesin secara menyeluruh.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan membuat mesin *injection molding vertical* berbasis sistem pneumatik dengan kapasitas injeksi skala laboratorium.

1.2 Fokus Penelitian

Fokus penelitian ditetapkan untuk membatasi ruang lingkup pembahasan agar penelitian berjalan terarah, sistematis, dan sesuai tujuan yang telah direncanakan. Adapun fokus penelitian meliputi:

1. Perancangan mesin *injection molding vertical* berbasis sistem pneumatik skala laboratorium.
2. Pembuatan dan perakitan mesin berdasarkan desain yang telah dirancang.
3. Pengujian performa mesin pada kapasitas *barrel* 36,7 cm³.
4. Analisis kekuatan struktur dan kinerja mesin.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin *injection molding vertical* berbasis pneumatik dengan kapasitas *barrel* 36,7 cm³
2. Bagaimana proses pembuatan dan perakitan komponen mesin *injection molding vertical*.

3. Bagaimana kinerja mesin *injection molding vertical* pneumatik dengan kapasitas *barrel* $36,7\text{cm}^3$

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang mesin *injection molding vertical* berbasis pneumatik.
2. Membuat dan merakit mesin sesuai desain yang telah dirancang.
3. Menguji dan menganalisis kinerja mesin berdasarkan kapasitas *barrel* $36,7\text{ cm}^3$

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai media pembelajaran di laboratorium teknik manufaktur.
2. Menambah wawasan dan keterampilan dalam bidang perancangan, rancang bangun, dan perakitan mesin manufaktur.

