

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan material memegang peran penting dalam kemajuan teknologi dan inovasi di berbagai sektor industri. Tantangan terbesar dalam pengembangan material adalah menciptakan material baru yang ringan. Material-material ringan yang mempertahankan kekuatan struktural menjadi kunci dalam pengembangan teknologi efisien dan ramah lingkungan. Teknologi *additive manufacturing* (AM) menjadi salah satu solusi yang menarik perhatian dalam industri manufaktur. AM menawarkan fleksibilitas dalam menciptakan geometri kompleks dan menghasilkan produk dengan biaya yang lebih rendah. AM merupakan teknologi baru yang dikendalikan oleh komputer untuk membuat produk lebih cepat dibandingkan dengan proses manufaktur konvensional, seperti *milling* dan *moulding*. AM hanya menambahkan material secara selektif untuk membangun objek dari data digital (Park *et al.*, 2022).

Ada banyak jenis teknik dalam AM, *Fused Deposition Modeling* (FDM) merupakan salah satu teknik AM yang dikembangkan peneliti karena biaya relatif rendah, lebih sedikit limbah material, dan memiliki ambang batas teknis yang lebih rendah (Hsueh *et al.*, 2021). Prinsip kerja FDM yaitu mengekstrusi material filamen (*plastic/thermoplastic*) melalui *nozzle* yang dipanaskan pada suhu sedikit di atas titik transisi filamen menjadi semi-cair, kemudian dicetak secara lapisan demi lapisan hingga membentuk objek 3D. Teknologi FDM dicirikan oleh kemampuannya memanfaatkan beragam zat termoplastik, seperti *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polyethylene terephthalate glycol* (PETG) dan *polylactic acid* (PLA) (Hozdić, 2024). Teknologi FDM seringkali diaplikasikan dalam proses pembuatan struktur komposit *sandwich*. Proses FDM memungkinkan pencetakan struktur *sandwich* dengan tingkat presisi yang tinggi, dimana lapisan material ditambahkan secara bertahap untuk membentuk lapisan inti (*core*) yang ringan.

Sebagian besar struktur *sandwich* terbuat dari plastik dan bahan non-ramah lingkungan dengan proses produksi energi tinggi. Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian struktur *sandwich* yang dapat didaur ulang dan terbiodegradasi terus meningkat. Penelitian dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh polimer sintetik konvensional yang berasal dari sumber tak terbarukan, seperti minyak bumi. Oleh karena itu, biopolimer *polylactic acid* (PLA) merupakan salah satu solusi yang memungkinkan

untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh polimer sintetik konvensional. PLA adalah poliesther termoplastik (*aliphatic*) *biodegradable* yang berasal dari sumber daya terbarukan, seperti tepung jagung, akar tapioka, tepung kentang, dan tebu (Zoumaki *et al.*, 2022).

Banyak parameter proses FDM yang memiliki pengaruh besar terhadap kualitas dan kekuatan akhir dari hasil cetakan, antara lain orientasi bangunan (*build orientation*), densitas pengisi (*infill density*), pola pengisi (*infill pattern*) dan sebagainya (Gao *et al.*, 2022). Geometri pengisi ditentukan oleh dua parameter utama, yaitu *Infill pattern* dan *infill density* (Cojocaru *et al.*, 2022). *Infill pattern* adalah pola atau susunan yang digunakan dalam proses pencetakan 3D untuk mengisi ruang di dalam objek yang dicetak (Wijayanto *et al.*, 2022). Pemilihan *infill pattern* yang tepat dapat menghasilkan konsumsi material lebih sedikit, sambil tetap mempertahankan kinerja mekanis yang hampir sama dengan objek PLA yang utuh (*solid*) (Aldosari *et al.*, 2023).

Infill density merupakan faktor utama yang memengaruhi secara signifikan kekuatan dan massa akhir dari objek yang dicetak. Parameter *infill density* diukur dalam satuan persentase, di mana nilai 0% menunjukkan objek yang kosong dan 100% menunjukkan objek yang padat (*solid*). Semakin tinggi densitas pengisi semakin padat struktur objek, sehingga meningkatkan kekuatan keseluruhan namun juga menghabiskan lebih banyak filamen. Sebaliknya, jika densitas pengisi yang lebih rendah mengurangi konsumsi bahan tetapi dapat mengakibatkan objek cetak lebih rapuh (Cahyati & Putra, 2023). Tanveer *et al.*, (2019) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa kekuatan spesimen meningkat sejalan dengan peningkatan kepadatan pengisi. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan mekanik spesimen berbanding lurus dengan persentase kepadatan pengisi, karena kepadatan pengisi membantu mendistribusikan beban secara merata dan mencegah retak pada material.

Para peneliti masih berusaha untuk mendapatkan pengaturan parameter terbaik. Selain *Infill pattern* dan *infill density*, menentukan *build orientation* juga sangat berpengaruh dalam proses pencetakan 3D. *Build orientation* dalam pencetakan 3D merujuk pada cara objek dicetak dalam ruang pencetakan relatif terhadap sumbu pencetakan. Pemilihan *build orientation* yang tepat dapat memengaruhi sifat-sifat akhir dari objek cetakan, termasuk kekuatan, ketahanan dan kualitas permukaan. Dalam beberapa kasus, *build orientation* yang berbeda dapat menghasilkan perbedaan signifikan kinerja mekanik dari material (Eryildiz, 2021). Katiyar *et al.*, (2022), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ada beberapa jenis

build orientation yang umum digunakan dalam proses pencetakan 3D, namun *on-edge orientation* paling kuat selama pembebanan tarik dan lentur, sedangkan *upright orientation* paling lemah pada pembebanan tarik dan *upright-45 orientation* paling lemah pada pembebanan lentur.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian berfokus pada pengaruh variasi *infill pattern* dan *infill density* dengan *on-edge orientation* terhadap sifat mekanik PLA yang dicetak menggunakan printer 3D berbasis FDM. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan mekanik dari spesimen hasil cetak 3D *printing* berbahan PLA. *Infill pattern* dan *Infill density* yang berbeda dengan *On-Edge orientation* akan dicetak menggunakan mesin 3D *printing* dan kemudian sifat mekanik spesimen dievaluasi melalui pengujian mekanik. Spesimen dibuat dan diproses sesuai dengan standar ASTM D638 untuk uji tarik. Selain itu, simulasi pengujian tarik menggunakan *software* ANSYS dilakukan untuk membandingkan keakuratan hasil simulasi terhadap kondisi nyata.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, berikut merupakan rumusan masalah dari penelitian ini.

1. Bagaimana pengaruh variasi *infill pattern* dan *infill density* pada *on-edge orientation* terhadap kekuatan tarik struktur 3D *printing* berbahan PLA?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengujian eksperimen dan simulasi pengujian tarik *software* ANSYS?
3. Bagaimana pola patahan yang terjadi pada spesimen hasil pengujian tarik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan hasil rumusan masalah, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini.

1. Mengetahui pengaruh variasi *infill pattern* dan *infill density* pada *on-edge orientation* terhadap kekuatan tarik struktur 3D *printing* berbahan PLA.
2. Mengetahui perbandingan hasil pengujian eksperimen dan simulasi pengujian tarik *software* ANSYS.
3. Mengetahui pola patahan yang terjadi pada spesimen hasil pengujian tarik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi dalam pengolahan limbah plastik menjadi filamen yang dapat digunakan dalam proses pencetakan 3D.

2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemilihan *infill pattern* dan *infill density* terbaik pada struktur *sandwich*.
3. Hasil penelitian ini digunakan untuk mengetahui keakuratan hasil simulasi terhadap kondisi nyata.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan beberapa batasan masalah untuk mengendalikan hasil penelitian agar lebih jelas dan tidak meluas. Berikut merupakan batasan masalah dalam penelitian ini.

1. Kecepatan pencetakan pada mesin 3D *printing* dianggap konstan.
2. Suhu lingkungan dianggap seragam.
3. Jarak antara *bed* dan *nozzle* dianggap seragam.

1.6 Sistematika Penulisan Proposal

Sistematika penulisan proposal penelitian yang digunakan antara lain sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab satu terdapat pendahuluan dari penelitian yang akan dilakukan. Pendahuluan ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan proposal penelitian. Tujuan adanya bab pendahuluan adalah untuk mengendalikan hasil penelitian agar lebih jelas dan tidak meluas.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua terdapat tinjauan pustaka dari penelitian yang akan dilakukan. Tinjauan pustaka ini menjelaskan disiplin ilmu pendukung penelitian, landasan teori yang digunakan dalam penelitian, review dari penelitian terdahulu dan kebaruan (*novelty*) penelitian yang menjadi pembeda dari penelitian-penelitian terdahulu.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga terdapat metode penelitian atau perancangan sistem penelitian. Metode penelitian menjelaskan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Rancangan penelitian harus mengikuti standar yang telah diterapkan serta harus sesuai dengan rumusan masalah yang telah ditentukan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat terdapat hasil dan pembahasan dari penelitian. Hasil dan pembahasan berisi uraian hasil percobaan berupa data penelitian yang telah berhasil disimpulkan serta dianalisis. Bab ini juga menjelaskan temuan penting dari penelitian dan

membandingkannya dengan penelitian terdahulu untuk memperkuat kesimpulan dari penelitian yang telah diperoleh.

5. **BAB V PENUTUP**

Bab lima terdapat penutup dari penelitian. Penutup berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini didasarkan pada bab hasil dan pembahasan, kemudian saran berfungsi sebagai perbaikan untuk penelitian yang selanjutnya agar lebih baik lagi.