

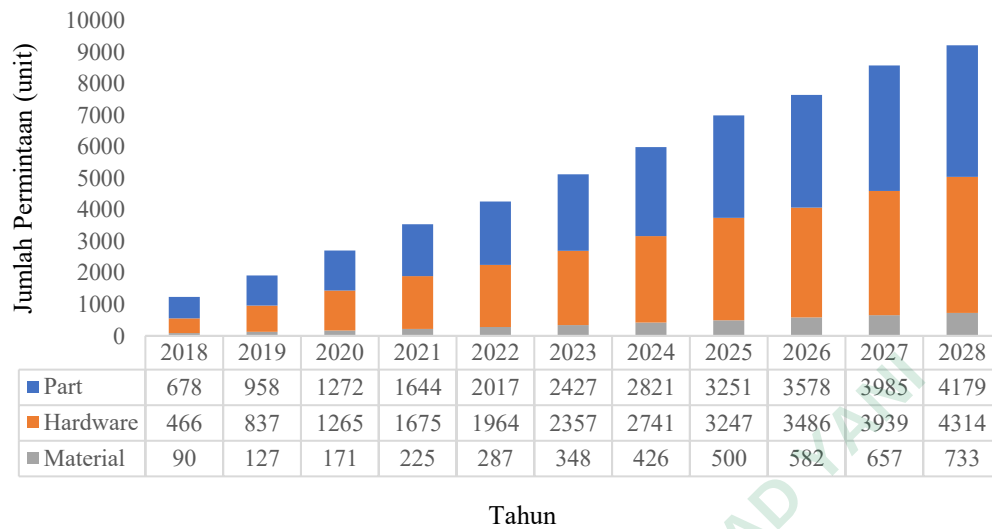
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi *additive manufacturing* (AM) atau disebut juga dengan teknologi 3D *printing*, merupakan inovasi dalam dunia industri manufaktur yang memperkenalkan kembali model fisik secara intuitif untuk mendemonstrasikan konsep-konsep mekanik (Donyadari *et al.*, 2024). Pada teknologi 3D *printing*, objek tiga dimensi dibangun dengan cara menambahkan material secara bertahap atau *layer by layer* (Zamheri *et al.*, 2021). Dengan mengintegrasikan sistem *Computer Aided Design* (CAD), teknologi 3D *printing* dapat mengubah gambar dua dimensi menjadi benda tiga dimensi (Rinanto & Sutopo, 2017). Berbeda dengan metode manufaktur konvensional, penggunaan teknologi 3D *printing* memiliki keunggulan, yaitu memungkinkan pembuatan produk dengan kompleksitas geometris yang tinggi tanpa memerlukan waktu yang lama (Nugraha & Wahyujati, 2022). Menurut Hossain *et al.*, (2020) penerapan 3D *printing* dapat mengefektifkan permesinan dengan mengurangi kebutuhan material hingga 70%, mengurangi limbah sebesar 30-50%, efisiensi waktu hingga 70%, dan mengurangi *labor cost* sebesar 40-80%. Pada Industri Manufaktur teknologi ini digunakan sebagai *rapid prototyping* (RP) atau alat peraga untuk menunjang pembuatan desain teknik dan pengembangan produk (Karuniawan *et al.*, 2022).

Saat ini teknologi 3D *printing* terus mengalami perkembangan yang pesat di berbagai negara. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan pendapatan pasar manufaktur aditif sebanyak 8 kali lipat dari tahun 2012 hingga tahun 2018 dan terus meningkat sebanyak lebih dari 36 kali lipat hingga tahun 2025 (Mukhamadeyeva, 2020). IDTechEX memperkirakan pasar global untuk peralatan 3D *printing*, material, dan perangkat keras diperkirakan bernilai USD 31 miliar pada akhir tahun 2028 (Gambar 1.1).



Gambar 1. 1 Grafik Pertumbuhan Pasar 3D *printing* tahun 2018 - 2028

Sumber: Mukhamadeyeva, (2020)

Berdasarkan penelitian sebelumnya, teknologi 3D *printing* memiliki peluang yang besar di masa depan (Sujana & Prasetyo, 2022). Penggunaan 3D *printing* dapat ditemukan di berbagai bidang, seperti bidang konstruksi, *aerospace*, arsitektur, *automoblies*, manufaktur, hingga kedokteran (Ismianti & Herianto, 2018). Bidang-bidang tersebut sangat memerlukan 3D *printing* karena kebutuhan terhadap produk yang tidak ada di pasaran sehingga perlu memproduksi secara mandiri. Oleh karena itu diperlukan kajian yang mendalam mengenai peluang-peluang pemanfaatan 3D *printing* dengan material dan teknologi terbaru.

Teknologi 3D *printing* memiliki beberapa jenis teknologi yang disesuaikan dengan sistem kerja dan material yang digunakan seperti *Stereolithography Apparatus* (SLA), *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Digital Light Processing* (DLP) dan *Liquid Deposition Modeling* (LDM) (Bezzi *et al.*, 2022). Di antara teknologi 3D *printing* tersebut, teknologi 3D *printing* LDM memiliki keunggulan yaitu proses pencetakan yang dilakukan secara simultan sehingga meminimalkan risiko kelelahan (*fatigue*) pada mesin (Chaari *et al.*, 2022). Teknologi 3D *printing* LDM digunakan untuk memproses berbagai macam bahan dalam bentuk pasta sebagai fase padat dalam media cair (Bodenschatz & Rosenthal, 2024). Proses pembuatan produk dengan teknologi 3D *printing* LDM melibatkan deposisi material pasta secara berlapis-lapis untuk membentuk objek tiga dimensi

dengan detail yang tinggi (Daniel *et al.*, 2022). Penggunaan teknologi 3D *printing* LDM dinilai jauh lebih hemat energi dibandingkan dengan teknologi lainnya seperti teknologi 3D *printing* FDM yang memerlukan energi untuk melelehkan material sebelum dibentuk (Bodenschatz & Rosenthal, 2024).

Teknologi 3D *printing* LDM memanfaatkan material dengan karakteristik reologi semi-padat yang dapat diekstrusi (Widjaja & Sutisna, 2015). Salah satu material yang kompatibel dengan teknologi ini yaitu material tanah liat (Kladovasilakis *et al.*, 2024). Penggunaan material tanah liat pada 3D *printing* LDM memberikan peluang baru dalam bidang industri khususnya industri keramik, arsitektur, dan seni (Bartolo *et al.*, 2020). Material tanah liat memiliki karakteristik unik yang membedakan dengan material cetak lainnya, seperti plastik dan logam. Perbedaan mendasar antara material tanah liat dengan material cetak yang lain terletak pada sifat reologi yang dapat mempengaruhi dimensi, kekuatan, dan permukaan akhir produk (Giannini *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Chen *et al.*, (2021) sifat reologi dari tanah liat membawa pengaruh yang substansial pada akurasi dimensi hasil cetak. Selain sifat reologi, akurasi dimensi hasil cetak dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter lainnya seperti kecepatan cetak, tekanan ekstrusi, dan kelembapan tanah liat itu sendiri (Rosa *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan analisis mengenai pengaruh parameter proses mesin 3D *printing* LDM terhadap akurasi dimensi pada material tanah liat. Pengukuran akurasi dimensi dapat dilakukan dengan uji *error* dimensi (Latif *et al.*, 2024). Uji *error* dimensi digunakan untuk mengetahui selisih antara dimensi desain dengan dimensi hasil cetak 3D *printing* (Rosid & Tontowi, 2021). Penilaian akurasi dimensi sangat diperlukan untuk memastikan kesesuaian antara desain digital dengan desain hasil cetak. Akurasi dimensi yang tinggi sangat penting untuk memastikan bahwa objek tersebut dapat berfungsi dengan baik seperti pada pembuatan *prototype* atau komponen fungsional. Objek yang dicetak dengan akurasi yang tinggi cenderung memerlukan lebih sedikit perbaikan atau penyesuaian setelah proses cetak, sehingga menghemat waktu dan biaya produksi (Bataille *et al.*, 2020).

Metode yang dapat diterapkan guna menyelesaikan permasalahan pengaruh parameter proses terhadap akurasi dimensi adalah metode *Design of Experiment* (DOE). Metode DOE merupakan metode yang digunakan untuk mengembangkan proses pemecahan masalah guna meningkatkan kinerja suatu proses (Montgomery, 2017). Tipe metode DOE yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Response Surface Methodology* (RSM). Metode RSM digunakan untuk mengoptimalkan proses pencetakan dengan mengidentifikasi kombinasi terbaik dari beberapa variabel yang saling mempengaruhi (Widarsaputra *et al.*, 2022). Konsep utama dari metode ini adalah memanfaatkan desain eksperimen yang didukung oleh analisis statistik untuk menentukan nilai optimal dari suatu respons (Veza *et al.*, 2023). Metode RSM memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, seperti terdapat fungsi kuadrat yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai signifikan setiap parameter dengan mudah (Nurbaiti *et al.*, 2023). Selain itu, RSM juga dapat mengolah data dalam jumlah yang banyak dengan hasil yang akurat dan tidak memerlukan waktu yang lama dalam penerapannya (Nugraha & Wahyujati, 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari setiap parameter mesin 3D *printing* LDM terhadap akurasi dimensi yang kemudian akan dilakukan optimasi menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM). Adapun material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material tanah liat komersial, dan parameter proses yang digunakan yaitu *print speed*, *layer height*, *nozzle diameter*, dan *wall thickness*. Parameter tersebut dipilih karena memiliki sinkronisasi yang erat terhadap bentuk produk yang akan dicetak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka dirumuskan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apa parameter proses cetak yang paling berpengaruh terhadap respons hasil cetak pada mesin 3D *printing* LDM menggunakan metode RSM?

2. Bagaimana kombinasi parameter proses cetak yang optimal pada mesin 3D *printing* LDM guna menghasilkan akurasi dimensi tertinggi untuk material tanah liat komersial?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi pengaruh parameter proses terhadap respons hasil cetak menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM).
2. Mendapatkan kombinasi parameter yang optimal pada proses cetak mesin 3D *printing* LDM untuk menghasilkan akurasi dimensi tertinggi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Menemukan kombinasi parameter proses cetak yang optimal untuk meningkatkan kualitas hasil cetak pada material tanah liat.
2. Mengembangkan produk-produk inovatif berbahan dasar tanah liat dengan memanfaatkan teknologi 3D *printing*.
3. Sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai optimasi parameter proses cetak pada mesin 3D *printing* LDM khususnya pada material tanah liat.

1.5 Batasan dan Asumsi

1.5.1 Batasan

1. Mesin 3D *printing* yang digunakan merupakan mesin LDM merek Tronxy Moore 1 dengan spesifikasi dimensi *bed* 180×180×180 mm dengan model *slurry extrusion*.
2. Material tanah liat yang digunakan merupakan tanah liat komersial (*consumable tinta 3D printing*).
3. Parameter yang digunakan yaitu *print speed*, *layer height*, *nozzle diameter*, dan *wall thickness*.

1.5.2 Asumsi

Asumsi pada penelitian ini yaitu:

1. Suhu dan kelembapan pada ruang penelitian diasumsikan sebagai faktor pengganggu (*noise factor*)
2. Nilai parameter yang digunakan mengikuti parameter awal dari pabrik, kecuali parameter yang akan di optimasi.

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANI
YOGYAKARTA