

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi manufaktur aditif atau lebih dikenal dengan 3D *printing* telah mengalami kemajuan pesat dalam satu dekade terakhir (Gibson *et al.*, 2015). Menurut laporan tahunan yang dirilis oleh Wohlers Associates Inc, industri manufaktur aditif (3D *printer*) menunjukkan tren pertumbuhan dengan laju sebesar 25,9% pada tahun 2015, 17,4% pada tahun 2016, dan 21% pada tahun 2017 (Cue, 2018). *Additive manufacturing* (AM) adalah proses manufaktur untuk mencetak produk tiga dimensi dengan menambahkan material secara lapis-perlapis (Hossain *et al.*, 2024). Teknologi ini diaplikasikan di beberapa bidang seperti industri manufaktur, kesehatan, pendidikan, dan sebagainya (Sukiman *et al.*, 2021). Sebagai contoh dalam industri manufaktur teknologi 3D *printer* digunakan sebagai *rapid prototyping* (RP) atau alat bantu visual untuk menunjang perancangan suatu produk (Latif *et al.*, 2024).

Terdapat beragam teknologi manufaktur aditif tersedia di pasaran antara lain *Fused Deposition Modeling* (FDM), *Direct Metal Deposition* (DMD), *Selective Laser Sintering* (SLS), *Inkjet Modeling* (IJM), *Digital Light Processing* (DLP), dan *Stereolithography* (SLA) (Febrian *et al.*, 2022). Berbagai jenis *additive manufacturing* yang saat ini digunakan, *Digital Light Processing* (DLP) merupakan salah satu teknologi terbaru dalam 3D *printing* secara khusus percetakan DLP banyak digunakan untuk mikro fabrikasi karena memiliki resolusinya yang tinggi (Luo *et al.*, 2023). 3D *printer* berbasis DLP merupakan salah satu yang menggunakan prinsip *vat photopolymerization* yaitu proses dimana material cair seperti resin mengalami reaksi kimia dan berubah menjadi material *solid* akibat paparan cahaya *ultraviolet* (UV) (Seprianto *et al.*, 2021). Penggunaan sinar *ultraviolet* secara simultan pada teknologi DLP diklaim mampu mempercepat proses pencetakan dibandingkan dengan jenis 3D *printer* lainnya (Latif *et al.*, 2024).

Material resin yang digunakan pada teknologi 3D *printer Digital Light Processing* (DLP) tersedia dalam beberapa jenis, khususnya untuk kebutuhan *prototyping* seperti resin *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)-Like, *Polylactic Acid* (PLA)-Like, dan *Polymethyl Methacrylate* PMMA-Like (Fomu Karya Bersama, 2024) . Material PMMA-Like merupakan salah satu jenis resin cetak 3D *printer* yang memiliki tampilan transparan (Ronca *et al.*, 2017). Ragheb & Ibrahim (2021) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pencetakan gigi tiruan menggunakan material PMMA menunjukkan metode CAD/CAM mampu menghasilkan dimensi yang lebih akurat dan permukaan yang lebih halus serta kekerasan permukaan menggunakan teknologi *digital* yang presisi, namun penggunaan material tersebut dikombinasikan dengan beberapa material lain. Oleh karena itu, material PMMA menjadi pilihan material yang fungsional dan potensi untuk penggunaan dalam industri dan aplikasi.

Minimnya standarisasi dalam teknologi 3D *printing* dan juga *gap* pengetahuan mengenai parameter proses menjadikan penelitian tentang optimasi proses pencetakan sangat penting untuk dilakukan. Febrian (2022) menyatakan bahwa pemilihan parameter proses yang tepat berpengaruh signifikan dalam menentukan keberhasilan hasil cetakan pada mesin 3D *printer*. Hal ini turut mempengaruhi kualitas hasil cetak 3D *printer*, dari beberapa respon seperti pengujian mekanik, dimensi, dan kekerasan permukaan (Ummah, 2019). Spesimen yang dihasilkan memiliki penyimpangan yang cukup jauh dari toleransi yang diharapkan, maka hasil optimasi spesimen tidak bisa digunakan (Seprianto *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan Ibrahim (2017) menyatakan bahwa parameter ketebalan lapisan dan *exposure time* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses cetak 3D *printer* DLP pada respon akurasi dimensi. Sedangkan pada penelitian (Seprianto *et al.*, 2020) menyatakan parameter *layer thickness* mempengaruhi respon kekuatan *impact*. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian terhadap akurasi dimensi dan kekerasan permukaan untuk memastikan bahwa hasil cetak memiliki penyimpangan yang masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima dan mendapatkan nilai kekerasan yang maksimum.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan penentuan parameter proses cetak mesin 3D *printer* yang optimal, penyesuaian *setting* parameter proses guna memperoleh kualitas produk yang diinginkan. Proses optimasi dilakukan melalui berbagai metode salah satunya menggunakan *Design of Experiment* (DoE) (Mantgomery, 2012). Menurut Mantgomery (2012) penggunaan DoE memungkinkan untuk mengidentifikasi variabel *input* (faktor) yang berpengaruh terhadap respon, serta menentukan kombinasi variabel *input* yang menghasilkan respon mendekati nilai yang diinginkan. Jenis metode DoE yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2^k *factorial design*. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan serta mengevaluasi bagaimana kombinasi dari faktor-faktor tersebut mempengaruhi respon yang diukur (Montgomery, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimasi parameter proses pada mesin 3D *printer* DLP guna memperoleh *error* dimensi minimum dan kekerasan permukaan maksimum terhadap spesimen berbahan PMMA-Like, dengan metode 2^k *factorial design*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan atau pertimbangan dalam proses pembuatan objek tiga dimensi menggunakan teknologi 3D *printer* DLP khususnya dengan material PMMA-Like.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi parameter proses yang paling berpengaruh terhadap hasil cetak mesin 3D *printer* untuk material PMMA-Like?
2. Bagaimana kombinasi parameter proses pada mesin 3D *printer* DLP yang optimal guna menghasilkan *error* dimensi minimum dan kekerasan permukaan maksimum untuk material PMMA-Like?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai parameter proses yang optimal terhadap respon *error* dimensi minimum mesin 3D *printer* DLP untuk metode 2^k *factorial design*.

2. Mengetahui nilai parameter proses yang optimal terhadap respon kekerasan permukaan maksimum mesin 3D *printer* DLP untuk metode 2^k *factorial design*.
3. Untuk mengetahui kombinasi parameter proses cetak pada mesin 3D *printer* DLP yang optimal guna menghasilkan *error* dimensi minimum dan kekerasan permukaan maksimum menggunakan metode 2^k *factorial design*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan parameter optimal pada proses pencetakan Mesin 3D *printer* DLP dengan material PMMA-Like guna memperoleh proses yang efisien dan efektif.
2. Memberikan dasar bagi penelitian selanjutnya terkait parameter pencetakan material resin PMMA-Like pada Mesin 3D *printer* DLP.

1.5 Batasan dan Asumsi

Batasan dan asumsi pada penelitian:

1.5.1. Batasan

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Metode *Design of Experiment* (DoE) yang digunakan adalah 2^K *factorial design*.
2. Parameter yang digunakan untuk optimasi yaitu *Exposure Time*, *Layer Thickness*, dan *Bottom Exposure Layer*, sementara parameter lain ditetapkan pada satu nilai.
3. Penelitian ini hanya dilakukan untuk memperoleh *error* dimensi minimum dan kekerasan permukaan maksimum.
4. Pemakaian parameter mesin Creality UW-03 digunakan sesuai spesifikasi standar.

1.5.2. Asumsi

Asumsi dalam penelitian ini adalah:

1. Mesin 3D *printer* yang digunakan berfungsi sesuai spesifikasi.
2. Proses kalibrasi sesuai dengan standar.