

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi *additive manufacturing* atau *3D printing* adalah teknologi pada bidang manufaktur yang digunakan dalam fabrikasi komponen dengan teknik lapis demi lapis (*layer-by-layer*) (Mohamed, 2015). Proses ini digunakan untuk membuat produk tiga dimensi dimana lapisan material dibentuk dengan bantuan komputer untuk membuat objek tertentu. Industri manufaktur dengan teknologi *additive manufacturing* banyak digunakan pada produk dengan bentuk kompleks yang tidak bisa dibuat dengan teknologi fabrikasi konvensional. Teknologi ini diaplikasikan diberbagai bidang teknik dan industri seperti pesawat terbang, *bioengineering*, *medical devices*, *medical implant* dan produk otomotif. Ada banyak sistem *additive manufacturing* yang tersedia di pasaran seperti *fused deposition modeling* (FDM), *direct metal deposition* (DMD), *selective laser sintering* (SLS), *inkjet modeling* (IJM) dan *stereo-lithography* (SLA) (Mohamed, 2015).

Aplikasi proses *additive manufacturing* telah sampai pada tahap yang lebih sederhana dan mudah digunakan dengan mesin yang lebih kompak (*kit*). Teknik *additive manufacturing kit* yang banyak digunakan adalah *rapid prototyping* berbasis *fused deposition modeling* (FDM) dimana telah menyumbang hampir setengah dari jumlah mesin yang ada di pasaran (Anithaa dkk, 2001).

FDM adalah mesin *gantry* yang dikontrol oleh bahasa komputer (CNC) untuk menggerakkan *nozzle extruder* dengan menggunakan bahan polimer yang berbentuk filamen (Bellehumeur dkk, 2004). Ada sejumlah filamen dengan bahan polimer yang tersedia dari produsen dan setiap material memiliki karakteristik yang berbeda sesuai dengan kebutuhan. Beberapa pilihan material filamen polimer meliputi *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polycarbonate* (PC), *polystyrene*, *nylon*, *polylactic acid* (PLA), dan *polyurethane*.

PLA dan ABS menjadi bahan yang sangat umum digunakan untuk bahan filamen saat ini. Kedua bahan tersebut memiliki temperatur leleh yang cukup rendah saat digunakan dalam proses pencetakan, sementara itu proses fabrikasi

dapat dilakukan pada temperatur ruangan (Tymark, 2014). ABS memiliki kekurangan yaitu tidak dapat terurai secara alami dan umumnya tidak biokompatibel. Sedangkan pada PLA memiliki kelebihan yaitu *biodegradable* atau dapat terurai secara alami. PLA dapat terurai secara alami dalam jangka waktu enam bulan sampai dua tahun, waktu tersebut jauh lebih baik dibandingkan dengan plastik berbahan lain yang membutuhkan waktu 500 sampai 1000 tahun untuk terurai.

Untuk banyak aplikasi, sifat mekanik merupakan salah satu kriteria penting pada kualitas produk. Pada penelitian sebelumnya oleh Ebel dan Sinnemann, (2014) telah dibahas sifat material dari produk FDM, dengan bahan yang digunakan ABS dan PLA dimana parameter proses terdiri dari densitas *infill*, pola *infill* dan merek 3D *printing*. Hasil uji tarik menunjukkan perbandingan antara sifat mekanik yang berbeda pada setiap parameter dan bahan yang digunakan.

Proses manufaktur FDM dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, namun biaya prototipe umumnya tinggi, sehingga ada kebutuhan untuk mengoptimalkan parameter proses (Anithaa dkk, 2001). Metode Taguchi digunakan sebagai salah satu metode untuk mengoptimalkan parameter pada produk 3D *printing*. Pendekatan metode Taguchi menunjukkan pengaruh pada setiap parameter yang dimasukkan. Penelitian menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dilakukan dalam mengidentifikasi pentingnya masing-masing variasi parameter proses terhadap respon kualitas produk. Keuntungan utama dari desain eksperimen menggunakan teknik Taguchi adalah penyederhanaan rencana eksperimen dan efek interaksi pada parameter yang berbeda (Anithaa dkk, 2001). Sembilan percobaan pernah dilakukan dengan menggunakan *array ortogonal* Taguchi L9 (3^4) menunjukkan tebal lapisan (*layer height*) sebesar 0.3 mm memberikan hasil yang lebih baik pada bidang XY, sedangkan nilai terbaik untuk bidang Z diperoleh dengan tebal lapisan (*layer height*) sebesar 0.2 mm (Moza dkk, 2015).

Di sisi lain perkembangan yang semakin baik juga terjadi pada *software* 3D *printing tools*. Penggunaannya yang sudah secara *open source*, telah membuat 3D *printing* tersedia untuk umum dengan biaya yang rendah. *Software* ini sangat penting untuk memudahkan proses *slicing* pada desain CAD yang akan dicetak.

Beberapa contoh *software* yang dapat diunduh dan digunakan secara gratis seperti Repetier-Host, Slic3r, dan Cura. Namun, dengan kemudahan itu penggunaan aplikasi dari produk *3D printing* pada umumnya masih terbatas secara DIY (*do it yourself*). Bahan filamen polimer untuk FDM banyak digunakan untuk membuat prototipe dan produk untuk kinerja rendah, namun sebenarnya permintaan produk berbahan polimer untuk kinerja tinggi semakin meningkat (Foster, 2015). Tantangan pada teknologi *3D printing* adalah kemungkinan untuk membuat prototipe untuk mendesain ulang suatu produk dengan cepat, kuat, dan murah. Salah satu contohnya adalah dengan cara membuat produk yang berongga dengan struktur pada bagian dalam (*infill*) dan tidak sepenuhnya terisi bahan sehingga dapat mengurangi jumlah material, berat, dan waktu pencetakan (Thomas dkk, 2016). Oleh karena itu, penelitian tentang pengaruh parameter terhadap kualitas dan kekuatan produk *3D printing* perlu dilakukan.

Penelitian ini memfokuskan pada pengaruh variasi parameter proses *3D printing* dengan bahan ramah lingkungan yaitu PLA. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *nozzle temperature*, *extrusion width*, *infill density* dan *infill pattern*. Selanjutnya dilakukan pengukuran dimensi dan uji kekuatan tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari produk *3D printing*. Dengan menggunakan desain eksperimen taguchi akan didapat data-data hasil percobaan, kemudian diolah secara statistik untuk mengetahui jumlah percobaan dan variasi yang disesuaikan dengan jumlah level yang digunakan pada penelitian. Pada hasil respon dilakukan analisis menggunakan ANOVA dan SNR untuk mengetahui pengaruh parameter optimum dan kombinasi level optimum untuk memperbaiki kualitas produk *3D printing*. Selanjutnya dilakukan validasi pada hasil kombinasi yang didapat dari metode taguchi tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

1. Pengaturan parameter yang tersedia oleh produsen *3D printing* masih terbatas, sehingga ada kebutuhan untuk mengoptimalkan parameter proses.
2. Tantangan pada manufaktur *3D printing* untuk membuat produk dengan ringan dan hemat material namun memiliki kualitas yang baik.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, pada penelitian ini penulis membatasi hanya membahas permasalahan bagaimana mengoptimalkan parameter proses pada mesin 3D *printing* dengan filamen berbahan PLA menggunakan metode desain eksperimen taguchi meliputi:

1. 3D *Printing* yang digunakan adalah Prusa-I3 dengan *software tools* yang digunakan adalah Slic3r dan Repetier-Host.
2. Parameter proses yang digunakan adalah *nozzle temperature*, *extrusion width*, *infill density* dan *infill pattern*.
3. Besarnya nilai parameter proses yang terdapat selain *nozzle temperature*, *extrusion width*, *infill density* dan *infill pattern* mengikuti parameter *default 3D printing software tools* yang digunakan pada Slic3r dan Repetier-Host.
4. *Slicing* yang digunakan adalah teknik *uniform* atau nilainya seragam.
5. Validasi dilakukan pada kombinasi parameter proses optimal untuk respon kekuatan tarik.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh parameter proses optimum pada 3D *printing* untuk bahan PLA terhadap respon akurasi dimensi dan nilai kuat tarik.
2. Mendapatkan kombinasi level parameter proses yang optimal terhadap respon akurasi dimensi dan nilai kuat tarik pada proses 3D *printing* untuk bahan PLA.
3. Melakukan pengujian terhadap kombinasi level parameter optimum.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi mengenai pengaturan parameter proses 3D *printing* yang berpengaruh terhadap sifat mekanik dari produk dengan menggunakan metode desain eksperimen taguchi. Sehingga dapat mengetahui pengaruh parameter terhadap akurasi dimensi dan sifat mekanik dari produk dari filamen berbahan PLA.

1.6. Sistematika Penulisan

Proses penyusunan tugas akhir ini beberapa sub bab disusun dengan maksud agar penulisan tugas akhir ini dapat dilakukan secara sistematis. Susunan penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I: Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan yang menjadi dasar
- BAB II: Bab ini berisi tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk penelitian yang akan dilakukan dan dasar teori yang menjadi landasan untuk melaksanakan penelitian.
- BAB III: Bab ini berisi metode penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir.
- BAB IV: Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan
- BAB V: Bab ini berisi kesimpulan dan saran untuk penelitian yang dilakukan