

PENGARUH VARIASI *INFILL* DAN *SPEED PRINTING* TERHADAP SIFAT MEKANIK *ADDITIVE MANUFACTURING*

The Variation Effect of Infill and Speed Printing on The Mechanical Properties of Additive Manufacturing

Fernando Desfriandi Saragih^{*}, A. Sofwan FA, Yovan Witanto
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. WR. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371
^{*}) Email : fdesfriandi@gmail.com

ABSTRAK

Additive Manufacturing (AM) is a production process that does not remove or remove some of the material in the production process but adds material. The added material is extruded by means of Fused Deposition Modeling (FDM) technique. The way it works is to create a number of layers or layers one on top of the other. The software application used is Inventor to create 3D models in the form of STL files. Then the STL file is opened in the Ultimaker Cura (UC) application, to create a Numerical Code in G-Code which is used as a control on a 3D printing machine. The filler material used to produce molds is Polylactic Acid (PLA). PLA filament is very widely used in the manufacturing process, because this PLA can produce strong and very neat prints. The general print temperature of PLA is between 180oC to 220oC. The purpose of this test is to find out the steps for implementing the AM process and to analyze the mechanical properties of the AM product using the FDM technique. In this study, the printed material was based on ASTM D638 type IV. This research was conducted to determine the effect of variations in infill and printing speed on printed results, with a horizontal orientation of the printing angle of 0o. The infill variations are line infill and concentric infill with printing speeds of 50mm/s and 60mm/s. The research procedure is to make a 3D printing model, the manufacturing process, and the testing process. The results showed that the choice of infill and speed printing variations had an effect on the mechanical properties. The mechanical properties of printing products differ according to the mode and speed. The infill line mode provides greater mechanical strength than that produced in concentric infill. At a speed of 60 mm/s, the product strength of the infill line mode is 32.5 MPa greater than the 27 MPa strength of the printed product from the concentric infill mode.

Keywords: Additive manufacturing, 3D printing, ultimaker cura, Infill, speed

1. PENDAHULUAN

Di Pusat Teknologi Penerbangan (PUSTEKBANG)-BRIN, merupakan pusat riset studi yang berhubungan dengan bahan penerbangan. Dalam perkembangan bidang industri manufaktur, PUSTEKBANG juga ikut dalam penggunaan perkembangan tersebut, salah satunya penggunaan teknologi 3D *Printing*. 3D *Printing* atau yang biasanya disebut dengan *Additive Manufacturing (AM)* merupakan proses membuat objek padat 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital. Cara kerjanya hampir sama dengan printer laser dengan teknik membuat objek dari sejumlah layer atau lapisan yang masing-masing dicetak di atas setiap lapisannya. Proses pembuatan komponen dengan 3D printer menjadi lebih efektif, bersih, aman dan hemat waktu. Hal ini dikarenakan pada saat printing kegiatan lain dapat dilakukan sambil menunggu proses printing selesai. Teknologi 3D *printing* lebih ramah lingkungan dan memberikan kemungkinan tanpa batas dari geometri yang kompleks dapat diwujudkan [1].

Fused Deposition Modelling (FDM) merupakan teknik 3D *Printing* yang digunakan untuk mencetak produk filamen, sebagai material yang di dalamnya terdapat *bottom plat* yang berfungsi untuk membentuk permukaan cetak. Di dalam FDM, sebuah objek dibentuk dengan cara melelehkan material lalu tempatkan lapisan demi lapisan sehingga membentuk sebuah objek yang diinginkan. Teknik pencetakan FDM ini merupakan realisasi fisik model *Computer Aided Design (CAD)*. Di dalam pencetakan 3D *printing* berbasis FDM ini, format file yang digunakan yaitu *STereo Lithography (STL)*, dimana format ini hanya mendeskripsikan geometri dari permukaan sebuah objek tiga dimensi tanpa representasi mengenai warna, tekstur atau pun atribut lainnya dari sebuah objek yang akan dicetak [2].

Filamen *Poly Lactic Acid (PLA)* merupakan salah jenis plastik yang biasanya terkandung dalam kelompok polyester alifaktik, yang dapat terdegradasi dengan hidrolisis. Filamen PLA ini sangat banyak digunakan dalam proses *manufacturing*, dikarenakan PLA ini dapat menghasilkan cetakan yang kuat dan sangat rapi. Suhu cetak

umum PLA adalah antara 180°C hingga 220°C, bahan ini sedikit fleksibel namun menghasilkan cangkang luar yang halus dari benda cetak. Dengan demikian aplikasi yang cocok dengan PLA ini digunakan untuk membuat *prototype* terutama pada bagian medis [3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Teknologi 3D printing merupakan sebuah cara pencetakan yang mencetak suatu objek 3 dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Proses penciptaan objek 3D dicetak dengan meletakkan lapisan demi lapisan sehingga objek tersebut terbentuk.

2.1 Printing

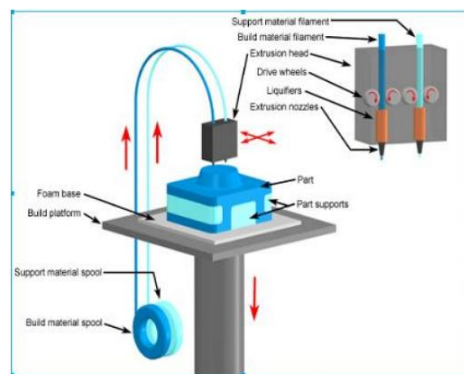
Printing atau pencetakan adalah sebuah proses industri untuk memproduksi secara massal tulisan dan gambar, terutama dengan tinta diatas kertas menggunakan sebuah mesin cetak. Pada umumnya ada 2 teknik cara pencetakan, yaitu teknik cetak offset (*Offset Printing*) dan teknik cetak digital (*Digital Printig*). Dalam proses nya teknik *offset printing* ini, desain yang sudah disiapkan akan dibakar ke plat aluminium dengan tinta basah, jenis, teknik yang kedua yaitu teknik cetak digital printing, dimana teknik ini berbasis digital, yang biasanya berupa *file*, kemudian bisa langsung dicetak diberbagai media dengan cara yang lebih cepat [4].

2.2 3D Printing

Teknologi 3D *printing* merupakan sebuah cara pencetakan yang mencetak suatu objek 3 dimensi yang bisa dilihat, dipegang dan mempunyai volume. Proses penciptaan objek 3D dicetak dengan meletakkan lapisan demi lapisan sehingga objek tersebut terbentuk. 3D printing ini menggunakan teknik *Fused Deposition Modelling* (FDM) [5].

2.3 Fused Deposition Modelling (FDM)

Teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) merupakan teknologi yang bekerja melepaskan filamen plastik atau kawat logam dari koil dan mensuplai material ke nosel *ekstrusi*, yang mana dapat menghidupkan dan mematikan aliran. *Ekstrusi* itu sendiri merupakan suatu cara untuk membuat benda dengan penampang *Nozzel* yang dipanaskan berguna untuk mencairkan material dan proses pemindahannya bisa dilakukan pada arah horizontal dan vertikal oleh mekanisme yang dikontrol secara numerik, yang secara langsung dikontrol oleh paket perangkat lunak *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Benda tersebut dihasilkan dengan mencairkan material lalu membentuk suatu lapisan dan lapisan tersebut dapat mengeras sebelum membentuk lapisan berikutnya, proses FDM dapat dilihat pada Gambar 1 [6].



Gambar 1. Proses FDM

2.4 Additive Manufacturing (AM)

Manufacturing adalah suatu cabang industri yang mengoperasikan peralatan, mesin, dan tenaga kerja dalam suatu medium proses untuk mengolah bahan baku, suku cadang, dan komponen lainnya untuk di produksi menjadi barang jadi yang memiliki nilai jual. *Manufacturing* mengacu pada produksi skala besar barang yang mengubah bahan baku, suku cadang

Additive Manufacturing (AM) ini adalah suatu proses produksi yang tidak membuang atau menghilangkan sebagian material dalam proses produksi akan tetapi proses yang digunakan adalah dengan menggunakan metode penambahan material. AM saat ini merupakan teknologi yang sangat berkembang sangat berkembang dengan pesat diberbagai belahan dunia. AM ini juga memiliki beberapa jenis teknologi, salah satunya adalah 3D *printing*, dimana 3D *printing* ini material akan disusun *layer by layer* yang telah di kontrol menggunakan computer sehingga dapat menghasilkan struktur 3 dimensi [7].

2.5 Ultimaker Cura

Ultimaker cura (UC) adalah aplikasi yang dirancang untuk 3D Printing, UC ini dibuat oleh David Bran, dimana UC ini dapat mengubah parameter pencetakan dan kemudian mengubahnya menjadi G-Code. Ultimaker cura ini ditandai dengan menyediakan antarmuka grafis untuk menyiapkan model untuk pencetakan 3D, yang disesuaikan dengan model dan program, aplikasi berurutan dari setiap lapisan. Mesin Cura digunakan untuk menerjemahkan model 3D kedalam set instruksi printer 3D [8].

2.6 UTM Tensilon RTF-2410

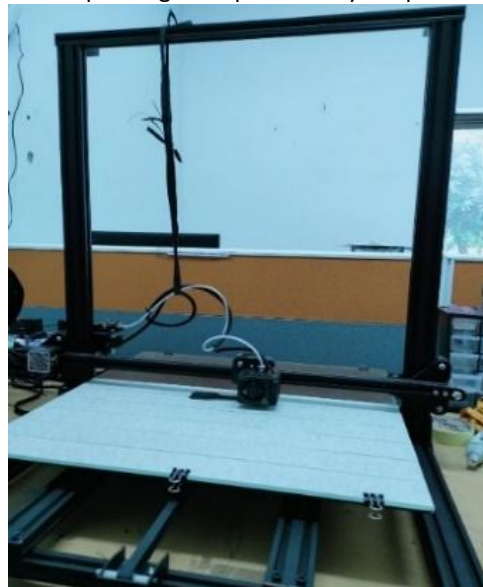
UTM (Universal Testing Machine) Tensilon RTF-2410 adalah alat yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan material. Bahan material yang dapat diuji menggunakan UTM Tensilon RTF-2410 adalah bahan material mulai dari jenis plastik, kayu, kertas, karet, metal, dan komposit. Alat ini digunakan untuk menguji sifat mekanik specimen yang di cetak[7]. UTM Tensilon RTF-2410 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. UTM Tensilon RTF-2410

3. METODE PENELITIAN

Mesin 3D printing merupakan alat utama dalam pembuatan specimen ASTM D638 tipe 04. Adapun mesin 3D printing yang digunakan dalam pembuatan specimen cetak berbasis Fused Deposition Modelling (FDM). Mesin 3D printing akan membuat specimen sesuai perintah dari motherboard atau G-Code dengan file yang sudah ditransfer terlebih dahulu. 3D printing dan spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin 3D printing FDM

Spesifikasi Mesin FDM

- Forming Technology: FDM
- Printing Size :500*500*500mm
- Printing accuracy : ± 0.1 mm

- Nozzle Diameter: Standard 0.4mm(can be changed to 0.3 or 0.2mm)
- Printing Speed : Normal: 50mm/s, Max.: 100mm/s
- Materials : 1.75mm PLA, Copper, Wood, Carbon Fiber, Gradient Color etc. Software supporting : PROE, Solid-works, UG, 3d Max, Rhino 3D design software, etc.
- Format : STL, OBJ, G-Code, JPG
- Printing Method: SD card(off-line) contact to the PC(on-line)
- Body Structure: Imported V Slot Aluminum Bearings.
- Operating System: Linux,Windows,OSX

Material yang digunakan yaitu Filamen PLA (*Polylactic Acid*) merupakan bahan utama dalam pembuatan specimen cetak, yang mana filamen ini berupa polimer berupa thermoplastik. Untuk filamen PLA (*polylactic acid*) dan spesifikasinya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Filament PLA

Tabel 1. Spesifikasi Filamen PLA (Polylactid Acid)

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Filament Diameter | 1.75 mm |
| Print Temperature | 205-225 ⁰ |
| Bed Temperature | No Heat |
| Density | 1.24g/cm ³ |
| Tensile Strength | 60Mpa |
| Elongation at Break | 29% |

Pada pengujian mekanik menggunakan mesin uji UTM Tensilone RTF-2410. Bahan material yang dapat diuji menggunakan UTM Tensilon RTF-2410 adalah bahan material mulai dari jenis plastik, kayu, kertas, karet, metal, dan komposit. Beberapa uji yang dapat dilakukan menggunakan alat UTM Tensilon ini adalah uji tarik, uji tekan, uji geser dan uji bending. Mesin UTM Tensilone RTF-2410 dan spesifikasi dari alat uji dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Spesifikasi Mesin UTM Tensilon RTF-2410

| SPESIFIKASI : Mesin UTM <i>Tensilon</i> RTF-2410 | |
|--|--------------------------|
| Dimension (WxDxH) | 1022x700x2274 mm |
| MAX CAPACITY | 100kN |
| EFFECTIVE TEST WIDTH | 590mm |
| CROSSHEAD STROKE | 1160mm |
| EFFECTIVE STROKE | 720mm |
| CROSSHEAD SPEED | 0,0005 - 1000mm/min |
| CROSSHEAD RETURN SPEED | 1000-500mm/min |
| LOAD MEASURMENT ACCURACY | 0,5% of reading |
| SAMPLING SPEED | 1msec |
| WEIGHT | 780kg |
| POWER SUPPLY | 200V AC, 3phase, 50/60Hz |
| POWER CONSUMPTION | 3500VA |
| AMBIENT TEMPERATURE | 5-40 |
| HUMIDITY | 80% |

Pada penelitian yang dilakukan terdapat langkah-langkah prosedur didalam mendapatkan hasil data didalam penelitian ini. Berikut prosedur yang boleh dilakukan yaitu :

1. Pembuatan Model Spesimen uji ASTM D638 tipe IV pada *software* CAD yaitu inventor dan mengexport menjadi file STL
2. Membuka aplikasi Ultimaker Cura, membuka file specimen yang di export menjadi file STL
3. Mengatur parameter proses yaitu variasi *infill* (*Infill line* dan *infill concentric*) dan *speed print* (50mm/s dan 60mm/s dan) lalu melakukan proses slicing untuk mendapatkan G-Code.
4. Menyimpan File G-Code ke *Flashdisk*
5. Melihat *File G-Code* pada *Motherboard*
6. Proses *Printing*
7. Melepaskan Spesimen Uji dari *Bed Printing*
8. Melepaskan specimen dari *Base* atau proses finishing
9. Hasil cetakan model specimen uji.
10. Melakukan pengujian specimen dengan mesin UTM RTF-2410

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesimen uji tarik yang sudah selesai dicetak, kemudian diuji menggunakan mesin UTM *Tensilon* RTF-2410. Hal yang harus dijaga atau diperhatikan dalam proses uji tarik ini yaitu suhu ruangan, suhu ruangan yang normal yaitu 28,3°C, kemudian hal yang tidak boleh dilakukan pada saat pengujian yaitu tidak sesuai nya ukuran specimen yang terhadap ukuran specimen yang diinput pada sistem operator mesin uji Tarik, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji Tarik

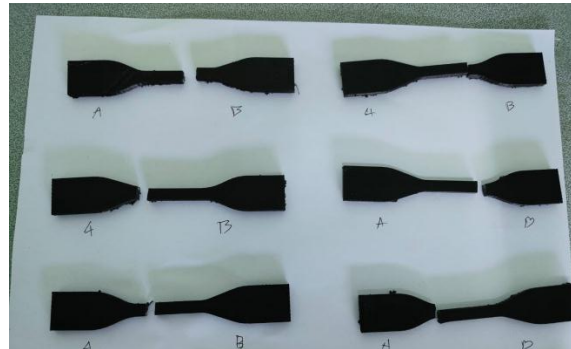
| Data | Nilai | <i>Infill Line</i> , <i>speed printing</i> 50mm/s | <i>Infill Line</i> , <i>speed printing</i> 60mm/s | <i>Infill Concentric</i> , <i>speed printing</i> 50mm/s | <i>Infill Concentric</i> , <i>speed printing</i> 60mm/s |
|---------------------------------|---------|---|---|---|---|
| Stress (MPa) | Min | 24.01 | 29.786 | 25.859 | 23.463 |
| | Maks | 35.219 | 36.197 | 28.663 | 31.613 |
| | Avarage | 29.711 | 32.525 | 27.707 | 27.001 |
| Elastisitas Modulus (Gpa) | Min | 8.79 | 9.28 | 9.5 | 5.48 |
| | Max | 12.85 | 13.63 | 12.85 | 11.2 |
| | Average | 11.072 | 10.97 | 11.3 | 9.006 |
| Strain (%GL) | Min | 2.98 | 3.8 | 3.85 | 5.9 |
| | Maks | 4.3 | 6.8 | 4.96 | 2.5664 |
| | Avarage | 3.662 | 4.846 | 4.46 | 4.9 |

Sifat mekanik suatu material sangat dibutuhkan dalam merancang produk yang diinginkan. Hal ini diperlukan untuk menentukan kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan kondisi yang akan dilalui produk tersebut. Temperatur yang digunakan pada proses pencetakan ini yaitu *Nozzle Temperatue* 250°, *Bed Temperature* 60°, *Layer Thickness* 0,1mm.

Dari pengujian tarik yang dilakukan didapatkan nilai kekuatan tarik yang berbeda di setiap *infill*nya. Ini terjadi karena pengaruh dari variasi *infill* pada hasil cetakan, dan dapat diketahui kuat atau tidak dari hasil cetakan. Pada *infill line*, *layers* lapisan pertama tersusun dari bentuk garis memanjang, ditarik dari bagian ujung ke bagian ujung lainnya, yang membentuk sesuai model specimen tersebut, kemudian *layers* kedua terbentuk dengan bentuk menyerupai persegi panjang, lalu pada *layers* bagian ke tiga *layers* dibentuk dari atas ke bawah bagian specimen, pada *layers* ke empat, dibentuk miring dari bagian satu kebagian lainnya. Ini terus berlanjut sesuai arahan dari sisem yang sudah diatur pada UC. Bentuk dari susunan *layers* yang dicetak mempengaruhi juga kepadatan dari hasil cetakan dari specimen uji, dan kemudian dipengaruhi juga oleh *speed printing* dimana *speed printing* yang digunakan sebesar 50mm/s dan 60mm/s. *Speed printing* dapat mempengaruhi tingkat dari kepadatan hasil cetakan specimen uji.

Pada variasi *infill* kedua, yaitu *infill concentric* specimen dicetak menyerupai specimen variasi pertama dengan pencetakan lapisan demi lapisan atau *layers* demi *layers*. Pada *layers* bagian pertama dibentuk dari

atas ke bawah bagian spesimen, *layers* bagian kedua, *layers* terbentuk dengan bentuk menyerupai persegi panjang, *layers* ke tiga ditarik miring dari bagian satu ke bagian lainnya, *layers* ke empat dengan menarik dari ujung spesimen ke ujung spesimen lainnya berdasarkan model spesimen yang sudah didesain. Pencetakan ini terus dilakukan dengan *layers layers* tersebut sampai membentuk spesimen uji yang sudah didesain. Dari pengujian tarik yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa setiap spesimen, terdapat jenis patahan spesimen. Patahan spesimen dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pengujian

Pada Gambar 6. dapat dilihat patahan disetiap spesimennya berbeda, dimana patahan tersebut terjadi pada bagian atas dan bawahnya dari spesimen uji yang berdekatan dengan tab, pada spesimen di atas rata-rata patahannya yaitu patahan getas.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Implementasi proses AM yaitu untuk mendesain model menggunakan aplikasi Inventor, lalu dalam proses penyettingan sebelum di lakukan pencetakan menggunakan aplikasi UC. Setelah model dibuat dan disetting dalam aplikasi UC melakukan proses pencetakan lalu, pengambilan dan pengujian produk *printing* dilakukan pada saat spesimen sudah siap diuji, setelah di analisis sifat mekaniknya.
2. Sifat mekanik produk *printing*, berbeda menurut mode dan *speed*. Mode *infill line* memberi memberi kekuatan mekanik lebih besar dari yang dihasilkan *infill concentric*. Pada *speed* 60mm/s, kekuatan produk dari mode *infill line* sebesar 32,5MPa lebih besar dari 27MPa kekuatan produk cetak dari mode *infill concentric*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amin. 2017. Replikasi Anatomi Jantung Pada Pasien Penderita Ventricle Septum Defect (VSD), Dengan 3D *Printing* Abstrak. In Prosiding Seminar Nasional Energi dan Teknologi. 374–380
- [2] Partner 3D. 2015. Mengenal Teknologi Printer 3D, Mesin *Printing* Canggih Serbaguna-Partner3D. <http://www.partner3d.com/mengenal-teknologiprinter-3d-mesin-printing-canggihserbaguna>. Diakses pada 20 Maret 2022
- [3] Pristiansyah.P., Hasdiansah.H. & Sugiyarto.S. 2019. Optimasi Parameter Proses 3D *Printing* FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur, 11(1), 33–40.
- [4] Maxipro. 2019. Pengertian dan Perbedaan Ofset dan Digital *Printing*. <https://maxipro.co.id/pengertian-dan-perbedaan-digital-printing-dan-offset>. Diakses pada 20 Maret 2022.
- [5] Yang, W.X. Jin, L.W., Tao, D.C. Xie, Z.C., Feng, Z.Y. 2016. Drop sample: a new training method to enhance deep convolutional neural networks for large-scale unconstrained handwritten chinese character recognition, Pattern Recognit.
- [6] Abdillah, H., Ulikaryani. 2019. Aplikasi 3D Printer Fused Deposite Material (FDM) pada pembuatan pola cor". Sintek Jurnal : 13 (2)
- [7] Priharto, S. 2020. Perusahaan Manufaktur : Pengertian, Jenis, Proses, dan Contohnya. <https://ruangpedia.my.id/cara-https-id.wikipedia.org/wiki/Manufaktur>. Diakses pada 20 Maret 2022
- [8] Linux. 2018. Ultimaker Cura: aplikasi luar biasa untuk menyiapkan model untuk pencetakan 3D. <https://blog.desdelinux.net/id/ultimaker-cura-una-excelente-aplicacion-para-preparar-modelos-para-impresion-3d/>. Diakses pada 21 Maret 2022.