

## ANALISA PENGARUH PEMILIHAN KOMPONEN TERHADAP KETELITIAN DIMENSI DAN KUALITAS PERMUKAAN PRODUK PADA MESIN 3D PRINTING JENIS FDM (*FUSED DEPOSITION MODELLING*)

Tri Hannanto Saputra\*, Herianto, Herda Agus Pamasaria

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika 2, Yogyakarta

\*Email: hannanto\_ths@yahoo.co.id

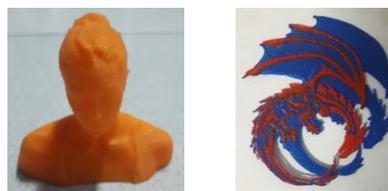
### Abstrak

Mesin 3D printing adalah teknologi aditif manufaktur yang dapat mencetak objek 3 dimensi (3D) dengan biaya yang murah dengan waktu yang singkat. Mesin 3D printing memungkinkan untuk membuat produk dengan model yang bervariasi, berongga maupun kompleks, sehingga akan mendorong orang untuk menghasilkan desain produk kreatif. Mesin 3D printing jenis FDM (*Fused Deposition Modelling*) merupakan metode yang umum digunakan pada teknologi 3D Printing karena membutuhkan biaya relatif murah dibandingkan dengan teknik yang lain. Penelitian ini fokus pada pemilihan komponen yaitu ball screw dan lead screw untuk menghasilkan objek cetak yang memiliki keakuratan dimensi, geometri dan kekasaran yang baik. Material yang digunakan pada penelitian ini yaitu PolyLactic Acid (PLA). Penelitian ini fokus pada pengukuran keakuratan dimensi, geometri dan kekasaran permukaan pada produk. Pengukuran dimensi dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dan outside micrometer. Pengukuran geometri dilakukan dengan menggunakan dial indicator. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan surface roughness tester. Metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu metode eksperimental dengan mengacu pada parameter suhu nozzle dan kecepatan cetak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mesin 3D printing dengan sumbu Z menggunakan penggerak ball screw menghasilkan keakuratan dimensi, kerataan permukaan dan kekasaran yang lebih baik dibandingkan Mesin 3D printing dengan sumbu Z menggunakan penggerak lead screw.

**Kata kunci:** Mesin 3D printing, *Fused Deposition Modelling* (FDM), *Additive Manufacturing*, Ball Screw, Lead Screw

## 1. PENDAHULUAN

Mesin 3D Printing adalah teknik *Additive Manufacturing* (AM) untuk membuat berbagai struktur dan geometri kompleks dari data model tiga dimensi (3D). Proses ini terdiri dari pencetakan lapisan bahan yang berurutan di atas satu sama lain. Teknologi ini telah dikembangkan oleh Charles Hull pada tahun 1986 dan dalam proses dikenal sebagai *Stereolithography* (SLA), yang diikuti oleh perkembangan selanjutnya seperti *Fused Deposition Modelling* (FDM). 3D printing melibatkan berbagai metode, bahan, dan peralatan, telah berkembang selama bertahun-tahun dan memiliki kemampuan untuk mengubah proses manufaktur dan logistik. *Additive Manufacturing* telah banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk konstruksi, kesehatan, prototyping dan biomekanik (Tuan D.Ngo dkk, 2018).



**Gambar 1. Contoh produk mesin 3D printing**

Teknologi *Additive Manufacturing* sampai saat ini sangat berkembang dengan cepat. Perkembangan tersebut memicu munculnya jenis-jenis *Additive Manufacturing* antara lain yaitu *Fused Deposition Modelling* (FDM). Teknologi ini banyak digunakan karena teknik ini paling mudah untuk digunakan dan membutuhkan biaya yang relatif murah. Prinsip kerja metode ini adalah dengan cara lapis demi lapis yang mengandalkan komponennya, seperti *heater*, *nozzle* komponen ini

berfungsi untuk memanaskan *fillament* sampai meleleh, kemudian dicetak di *bottom plate*. Proses pencetakan menjadi objek 3D, mesin tersebut harus digunakan pada suhu tertentu sesuai dengan titik lebur yang dimiliki oleh *fillament*. Pham, D., 1998. Material yang paling sering digunakan adalah *PolyLactic Acid (PLA)* dan *ABS ((Acrylonitrile Butadine Styrene)* (Sood, A. K., 2009).

Penelitian untuk meningkatkan kualitas hasil Mesin 3D printing yang berfokus pada desain konstruksi, telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti. Penelitian dilakukan untuk memperbaiki kualitas hasil produk dari Mesin 3D printing, baik berupa peningkatan hasil ukuran dimensi, kualitas permukaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Shankali U. Pradhan, Yiyun Zhang, Jiayu Li dan James D. Litster (2017) mengenai *Tailored Granule Properties Using 3D Printed Screw Geometries In Twin Screw Granulation*. Penelitian ini meneliti tentang pemanfaatan screw sebagai elemen pemindah atau penggerak material pada pencetakan 3D printing. Penelitian juga dilakukan oleh Namsoo Peter Kim, Diana Cho dan Matthew Zielewski (2018) mengenai *Optimization of 3D Printing Parameters of Screw Type Extrusion (STE) for Ceramics Using the Taguchi Method*. Penelitian ini juga meneliti tentang pemanfaatan screw sebagai elemen pemindah atau penggerak material pada pencetakan 3D printing. Penelitian yang dilakukan oleh Peng Geng, Ji Zhao, Wenzheng Wu., Wenli Ye, Yulei Wang, Shuobang Wang, Shuo Zhang (2018) mengenai *effects of extrusion speed and printing speed on the 3D printing stability of extruded PEEK filament*. Penelitian ini meneliti tentang efek kecepatan ekstrusi dan kecepatan pencetakan pada struktur mikro dan dimensi dari serat PEEK (*PolyEther Ether Ketone*) yang diekstrusi dalam pencetakan 3D.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa belum terdapat penelitian yang meneliti pengaruh *ball screw* dan *lead screw* terhadap kualitas hasil pencetakan mesin 3D printing. Hal ini menarik diteliti, karena berdasarkan penelitian ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil dari mesin 3D printing khususnya jenis FDM.

## 2. METODOLOGI

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan menggunakan mesin 3D printing jenis FDM berdasarkan pemilihan komponen serta parameter-parameter yang berpengaruh terhadap keakuratan dimensi, geometri dan kekasaran permukaan. Pemilihan komponen pada penelitian ini dibatasi pada penggerak yang berupa *lead screw* dan *ball screw*. Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui penggerak terbaik yang ideal digunakan di mesin 3D printing jenis FDM. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat meliputi, satu unit mesin 3D printing FDM, filament *PolyLactic Acid (PLA)*, alat ukur, *software* desain, *software slicing*.

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah filemant *PolyLactic Acid (PLA)* Ø1,75 mm. Filament ini dipilih karena sering digunakan pada mesin 3D printing jenis FDM, mudah didapatkan serta harganya relatif murah. Propertis filament PLA dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Properties filament PLA**

<i>Data properties</i>	Nilai
<i>Diameter</i>	1,75 mm
<i>Printing temperature</i>	190 °C - 225 °C
<i>Melting temperature</i>	173 °C
<i>Tensile stress</i>	37 Mpa

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Mesin 3D printing tipe FDM Ender 3 dengan spesifikasi sebagai berikut :

<i>Printing Size</i>	: 220 x 220 x 250 mm
<i>Max Traveling Speed</i>	: 180 mm/s
<i>Filament</i>	: 1.75 mm PLA,TPU,ABS
<i>Layer Thickness</i>	: 0.1 - 0.4 mm



**Gambar 2. Mesin 3D printing Ender 3**

b. Alat Ukur

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jangka sorong, *outside micrometer*, *dial indicator*, *surface roughness tester*.



**Gambar 3. (a) Jangka sorong, (b) Outside micrometer**



**Gambar 4. (a) Dial indicator, (b) Surface roughness tester**

c. Laptop

Laptop dengan spesifikasi 3D *modelling* merk Aspire 4752G, digunakan untuk melakukan proses desain objek cetak pada penelitian.



**Gambar 5. Laptop Aspire 4752G**

d. Software CAD

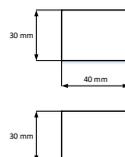
Software CAD yang digunakan untuk menggambar 3D yaitu *SolidWorks*.

1. Software *Slicer printing*

Software *Slicer* yang digunakan untuk slicing yaitu Cura 2.7.0 (*Open Source*).

**2.3 Objek Penelitian**

Objek dari penelitian ini adalah produk hasil dari mesin 3D *printing* dan mesin 3D *printing* tipe FDM Ender 3 dengan filament PLA Ø 1.75 mm. Gambaran produk yang diteliti adalah sebagai berikut.



**Gambar 6. Dimensi Produk**

## 2.4 Proses Penelitian

Proses penelitian meliputi langkah-langkah berikut ini :

### 2.4.1 Study Awal

Pada langkah ini, dilakukan proses pencarian studi *literatur* yaitu mencari data dan mempelajari teori tentang mesin 3D *printing*, filament PLA dan jurnal penelitian yang berkaitan dengan masalah yang didapat serta parameter - parameter yang akan digunakan pada proses penelitian.

### 2.4.2 Penyusunan Proposal

Setelah langkah pertama selesai, maka dilanjutkan penyusunan proposal. Proposal berisi tentang gambaran penelitian yang akan dilakukan, tinjauan pustaka serta teori yang mendasari penelitian, serta rencana jadwal penelitian.

### 2.4.3 Desain Gambar Mesin

Desain gambar mesin dilakukan setelah proposal disetujui. Desain di gambar dengan menggunakan *Software Solidworks*. Gambar mulai dari gambar 3D sampai dengan gambar detail.

### 2.4.4 Proses Manufaktur dan *Asembly*

Proses manufaktur dan *assembly* komponen dilakukan setelah gambar permesinan atau gambar detail selesai dikerjakan. Proses *assembly* komponen dilakukan mulai dari komponen mekanik, kemudian dilanjutkan komponen elektrik.

### 2.4.5 Trial Mesin

Trial mesin dilakukan setelah semua komponen mekanik dan elektrik selesai terinstal. Trial mesin dilakukan mulai dari trial fungsi mekanik kemudian dilanjutkan trial fungsi mekanik. Trial mesin kemudian dilakukan dengan kombinasi fungsi semua komponen yaitu dengan mencetak *sample product*. Setelah hasil *sample product* sesuai dengan yang diharapkan, maka dapat dilanjutkan pada proses pengujian produk.

### 2.4.6 Desain CAD Produk

Proses pencetakan produk diawal dengan pembuatan gambar 3D produk. Pembuatan gambar 3D produk dikerjakan di *software CAD Solidworks*. Gambar 3D yang sudah jadi kemudian disimpan dengan format STL.

### 2.4.7 Desain *Slicer*

Desain produk yang sudah disimpan dalam format STL kemudian di rubah kedalam G-Code. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *software slicer*. *Software slicer* yang digunakan pada penelitian ini yaitu Cura 2.7.0 (*Open Source*).

### 2.4.8 *Setting* Parameter dan Pencetakan 3D

*Setting* Parameter dilakukan sebelum proses pencetakan. Ada beberapa parameter yang harus di *setting* sebelum melakukan pencetakan. Penelitian ini fokus pada parameter suhu dan kecepatan. Setelah *setting* parameter dilakukan maka proses pencetakan dapat dilakukan.

### 2.4.9 Pengujian Produk

Pengujian produk dilakukan dengan melakukan pengukuran dimensi, geometri dan pengujian kekasaran permukaan produk. Masing-masing pengujian telah ditentukan alat uji yang akan digunakan. Pengukuran dimensi dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dan *outside micrometer*. Pengukuran geometri dilakukan dengan menggunakan *dial indicator*. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan *surface roughness tester*.

### 2.4.10 Analisa Hasil dan Kesimpulan

Tahapan yang terakhir adalah penarikan kesimpulan, dimana pada tahap ini semua parameter yang diuji dan objek 3D yang dihasilkan akan disampaikan dalam laporan penelitian. Penarikan kesimpulan ini dilakukan berdasarkan fakta dilapangan, mulai dari proses persiapan alat dan bahan sampai dengan proses pengukuran dan penentuan parameter yang ideal untuk menghasilkan produk 3D printing jenis FDM.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini fokus pada variabel suhu dan variabel kecepatan. Variabel suhu menggunakan tiga macam variasi suhu yaitu 205 °C, 215 °C, 225 °C. Variabel kecepatan menggunakan tiga macam variasi kecepatan yaitu 40 mm/s, 50 mm/s, 60 mm/s. Tiap variasi diuji dengan menggunakan masing-masing 5 *sampel*. Tiap *sampel* diukur dimensi, geometri dan diukur kekasaran permukaannya. *Density* mesin ketika percobaan di *setting* 20%. Fokus variasi *setting* parameter yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. *Setting* parameter pada penggerak *ball screw***

<i>Sampel</i>	Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)
1 – 5	205	40
6 – 10	215	50
10 – 15	225	60

**Tabel 3. *Setting* parameter pada penggerak *leadscrew***

<i>Sampel</i>	Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)
1 – 5	205	40
6 – 10	215	50
10 – 15	225	60

Hasil cetak dari tiap variasi akan diukur dimensi dengan menggunakan jangka sorong dan *outside micrometer*. Pengukuran geometri dilakukan dengan menggunakan *dial indicator*. Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan menggunakan *surface roughness tester*. Hasil tiap variasi dilakukan pada 5 *sampel* kemudian di rata-rata. Hal tersebut dilakukan agar kesalahan pada saat proses pengukuran dapat dikurangi. Contoh hasil cetak dari *setting* parameter proses dapat dilihat pada Gambar 8, proses pengukuran dimensi dengan menggunakan jangka sorong dan *outside micrometer* dapat dilihat pada Gambar 9, proses pengukuran geometri dengan menggunakan *dial indicator* dapat dilihat pada Gambar 10, proses pengukuran kekasaran dengan menggunakan *surface roughness tester* dapat dilihat pada Gambar 11.



**Gambar 8. Produk hasil *printing***



**Gambar 9. (a) Pengukuran produk dengan jangka sorong, (b) Pengukuran produk dengan *outside micrometer***



**Gambar 10. Pengukuran produk dengan *dial indicator***



**Gambar 11. Pengukuran produk dengan *surface roughness tester***

Setelah dilakukan pengukuran, maka didapatkan hasil pengukuran tersebut. Hasil pengukuran dimensi dapat dilihat Tabel 4 dan Tabel 5, hasil pengukuran kekasaran dapat dilihat pada Tabel 6, hasil pengukuran geometri dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 4. Hasil pengukuran dimensi pada penggerak *ball screw***

Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)	Input Mesin (mm)			Hasil pengukuran (mm)			Penyimpangan (mm)		
		p	l	t	P	l	t	P	l	t
205	40	40	30	30	39.36	29.84	29.90	-0.64	-0.16	-0.10
215	50	40	30	30	39.38	29.86	29.92	-0.62	-0.14	-0.08
225	60	40	30	30	39.34	29.84	29.84	-0.66	-0.16	-0.16

**Tabel 5. Hasil pengukuran dimensi pada penggerak *lead screw***

Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)	Input Mesin (mm)			Hasil pengukuran (mm)			Penyimpangan (mm)		
		P	l	t	p	l	t	p	l	t
205	40	40	30	30	40.52	30.52	29.61	0.52	0.52	-0.39
215	50	40	30	30	40.50	30.50	29.63	0.50	0.50	-0.37
225	60	40	30	30	40.55	30.55	29.56	0.55	0.55	-0.44

**Tabel 6. Hasil pengukuran kekasaran**

No	Penggerak	Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)	Roughness Muka		Roughness Samping	
				Ra (µm)	Grade	Ra (µm)	Grade
1	<i>Ball Screw</i>	205	40	14.20	N11	3.94	N9
		215	50	10.58	N10	2.68	N8
		225	60	15.59	N11	4.39	N9
2	<i>Lead Screw</i>	205	40	15.85	N11	24.39	N11
		215	50	13.00	N11	24.03	N11
		225	60	37.91	N11	24.65	N11

**Tabel 7. Hasil pengukuran geometri**

No	Penggerak	Suhu (°C)	Kecepatan (mm/s)	Kerataan		Siku (±)
				Muka	Samping	
1	<i>Ball Screw</i>	205	40	0.04	0.01	0.05
		215	50	0.03	0.01	0.05
		225	60	0.05	0.01	0.05
2	<i>Lead Screw</i>	205	40	0.045	0.02	0.1
		215	50	0.035	0.02	0.1
		225	60	0.06	0.02	0.1

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisa data hasil pengukurun, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Nilai keakuratan dimensi khususnya ketebalan pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *ball screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Penyimpangan yang terjadi yaitu sebesar -0.08 mm

- b. Nilai keakuratan dimensi khususnya ketebalan pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *lead screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Penyimpangan yang terjadi yaitu sebesar -0.37 mm
- c. Nilai pengukuran geometri pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *ball screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Kerataan muka yang dihasilkan yaitu 0.03 mm, kerataan samping yaitu 0.01 mm dan siku yaitu 0.05 mm.
- d. Nilai pengukuran geometri pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *lead screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Kerataan muka yang dihasilkan yaitu 0.035 mm, kerataan samping yaitu 0.02 mm dan siku yaitu 0.01 mm
- e. Nilai pengukuran kekasaran pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *ball screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Nilai kekasaran muka diperoleh  $Ra = 10.58 \mu m$  atau N10 dan nilai kekasaran samping diperoleh  $Ra = 2.68 \mu m$  atau N8
- f. Nilai pengukuran kekasaran pada mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *lead screw* diperoleh ketika parameter suhu material 215 °C dan kecepatan 50 mm/s. Nilai kekasaran muka diperoleh  $Ra = 13.00 \mu m$  atau N11 dan nilai kekasaran samping diperoleh  $Ra = 24.03 \mu m$  atau N11
- g. Berdasarkan data tersebut diatas, dapat disimpulkan bahwa mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *ball screw* menghasilkan keakuratan dimensi, kerataan permukaan dan kekasaran yang lebih baik dibandingkan mesin 3D *printing* dengan sumbu Z menggunakan penggerak *lead screw*.

Dengan demikian hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh para penggiat 3D *printing* untuk menyelesaikan pekerjaannya. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat membantu para pelaku industri menengah kebawah dalam menciptakan sebuah produk dengan keunikan yang tinggi dalam waktu relatif singkat.

Produk yang dihasilkan pada proses cetak 3D *printing* FDM ini masih mempunyai tingkat kekasaran permukaan yang kurang baik. Hal ini disebabkan karena proses pencetakan menggunakan prinsip lapisan demi lapisan, sehingga dibutuhkan proses tambahan setelah proses pencetakan selesai yaitu *infiltrasi*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- C.P. Brett, G.P. Manogharan, A.N. Martof, L.M. Rodomsky, C.M. Rodomsky, D.C. Jordan, et al., Making sense of 3-D printing: creating a map of additive manufacturing products and services, *Addit. Manuf.* 1–4(2014)64–76, <https://doi.org/10.1016/j.addma.2014.08.005>.
- K.V. Wong, A. Hernandez, A review of additive manufacturing, *ISRN Mech. Eng.* 2012 (2012) 1–10, <https://doi.org/10.5402/2012/208760>.
- Mao M, He J, Li X, Zhang B, Lei Q, Liu Y, Li D. The Emerging Frontiers and Applications of High-Resolution 3D Printing. *Micromachines.* 2017;8(4):113.
- Mohamed OA, Masood SH, Bhowmik JL. *Optimization of fused deposition modeling.*
- Namsoo Peter Kim, Diana Cho, Matthew Zielewski. Optimization of 3D Printing Parameters of Screw Type Extrusion (STE) for Ceramics Using the Taguchi Method. *Ceramics International.* 2018.
- Pham, D., Gault R. A., 1998, A Comparison Of Rapid Prototyping Technologies, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 38 (1998) 1257–1287.
- Shankali U. Pradhan, Yiyun Zhang, Jiayu Li & James D. Litster. 2017. Tailored Granule Properties Using 3D Printed Screw Geometries In Twin Screw Granulation. *Powder Technology* 341, 75 – 84.
- Sood, A. K., Ohdar, R. K. and Mahapatra, S. S., (2009), Improving dimensional accuracy of Fused Deposition Modelling processed part using grey Taguchi method, *Materials and Design.* Elsevier Ltd, 30(10), pp. 4243–4252. doi: 10.1016/j.matdes.2009.04.030.
- Tuan D. Ngo., Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate T. Q. Nguyen & David Hui. 2018. *Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges.* *Jurnal Composite Part B : engineering.*
- W.E. Frazier, Metal additive manufacturing: a review, *J. Mater. Eng. Perform.* 23 (2014) 1917–1928, <https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>.