

# Pengaruh Parameter 3D Printing Terhadap Transparansi Produk yang Dihasilkan

Pristiansyah<sup>1</sup>, Herianto<sup>2</sup>

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

E-mail: \*<sup>1</sup>[pristian\\_pay@yahoo.com](mailto:pristian_pay@yahoo.com), <sup>4</sup>[herianto@ugm.ac.id](mailto:herianto@ugm.ac.id)

**Abstrak** – 3D Printing adalah salah satu dari teknologi aditif manufaktur yang dapat mencetak sebuah objek 3 dimensi (3D) dengan biaya yang relatif rendah dan dalam rentang waktu yang singkat. Hal tersebut sangat berguna untuk proses manufaktur yang lebih cepat, termasuk juga dalam dunia kedokteran yang membutuhkan objek yang lebih transparan dengan waktu yang lebih singkat, seperti organ tubuh tiruan. Teknik FDM (Fused Deposition Modelling) merupakan metode yang umum digunakan pada teknologi 3D Printing karena hanya membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan teknik yang lain. Penelitian ini fokus pada pengukuran tingkat transparansi hasil cetak mesin 3D Printing FDM untuk filament PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol) dengan mengacu pada pengaturan parameter dari software slicing 3D Printing dan mesin yang digunakan, dan tingkat transparansi hasil cetak menggunakan Lux Meter. Metode yang digunakan pada penelitian ini, yaitu metode eksperimental dengan mengacu pada parameter seperti, suhu nozzle, suhu bed, kecepatan cetak, dan tebal tipis material per layer (layer height). Berdasarkan hasil eksperimen dan pengukuran maka akan ditentukanlah parameter yang menghasilkan objek cetak yang memiliki tingkat transparansi paling baik. Dengan adanya penelitian ini diharapkan para penggiat 3D Printing dapat membantu para dokter untuk bekerja secara optimal dalam menganalisa kerusakan pada organ dalam tubuh manusia.

**Kata Kunci** — 3D Printing, FDM, PETG, Transparan

## 1. PENDAHULUAN

Sejak pertama kali ditemukannya teknologi 3D Printing atau yang dikenal juga dengan sebutan *Additive Manufacturing* pada tahun 1980an, dunia manufaktur mengalami perubahan kearah kemajuan, terutama dalam proses pembuatan *prototyping*. Benda/objek yang dicetak menggunakan teknologi 3D Printing ini tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume. 3D Printing merupakan sebuah terobosan baru dalam dunia teknologi. Terobosan ini sangatlah populer hampir di seluruh belahan dunia, terutama di kalangan ilmunan dan industrialis. Hal ini karena mereka percaya bahwa teknologi ini akan mampu membawa dunia pada kemajuan dan kesejahteraan. Terkait dengan definisinya sendiri, 3D Printing adalah sebuah printer dengan kecanggihan khusus, yakni mampu mencetak benda, yang sama persis dengan gambar soft file-nya, dalam bentuk 3D.

Salah satu teknik atau metode yang sering digunakan pada teknologi 3D Printing adalah teknik FDM (*Fused Deposition Modelling*), karena teknik tersebut paling mudah untuk digunakan dan murah. Prinsip kerja dengan teknik/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* [1]. Material yang paling sering digunakan adalah ABS

(*Polylactic/Poly lactide Acid*) dan PLA (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*). Teknologi 3D Printing FDM ini masih terbatas dalam variasi bentuk yang dapat dicetak [2].

Seiring berkembangnya teknologi, 3D Printing selalu menjadi pilihan utama untuk mencetak bentuk-bentuk yang rumit atau bentuk dengan detail yang kompleks. Seperti pada bidang medis, 3D Printing FDM mampu mencetak hampir seluruh organ tiruan (*prototype*) yang ada pada tubuh manusia, misalnya tiruan jantung, tiruan liver, rahang palsu, sendi dan kulit. Tujuan dari hal tersebut adalah untuk mengetahui secara detail organ-organ manusia yang sering mengalami kerusakan atau terserang penyakit. Para dokter bedah sering memanfaatkan teknologi ini untuk mempelajari organ manusia sebelum dilakukannya operasi. Organ-organ tersebut dicetak setransparan mungkin dengan menggunakan jenis *fillament* transparan, agar detail dari organ tersebut terlihat jelas dan para dokter bisa melakukan study kasus dari media tersebut, misalnya untuk pemasangan ring jantung. Selain itu dalam dunia industri, objek yang transparan juga dibutuhkan, misalnya untuk mencetak *cover* tempat oli mesin-mesin manufaktur supaya sirkulasi oli dan volume oli dapat langsung diketahui, serta dapat juga dijadikan sebagai *trainer kit* untuk pembelajaran tentang mekanisme pelumasan untuk keperluan studi.

Melihat dari pentingnya kebutuhan akan objek yang transparan terutama yang berkaitan dengan dunia kesehatan dan kedokteran, teknologi 3D Printing FDM dengan *fillament* transparan memiliki

potensi yang besar untuk membantu para dokter dalam melakukan pembelajaran awal menggunakan organ tiruan yang dicetak setransparan mungkin. Ada beberapa jenis *fillament* transparan seperti, PETT (*PolyEthylene coTrimethylene Terephthalate*)/T-Glass, PETG (*Polyethylene Terephthalateco Gliserol*), PMMA (*Polymethyl methacrylate*)/Acrylic, PP (*Polypropylene*) dan PLA transparan. Akan tetapi, untuk menghasilkan objek 3D dengan tingkat transparansi yang baik menggunakan teknologi 3D *Printing* FDM bukanlah hal yang mudah. Permasalahan yang sering muncul dalam proses cetak dari jenis *fillament* transparan yaitu membutuhkan suhu yang tinggi, serta sulitnya mendapatkan kecepatan cetak serta tebal layer pada saat proses pencetakan [3]. Penelitian tentang dampak parameter proses pada sifat mekanik komponen yang dibuat dari *Polylactic Acid* (PLA) dengan menggunakan *Printer* 3D *Open-source* pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik akhir (*ultimate tensile strength*) dan regangan nominal (*nominal strain*) [4].

Penelitian tentang proses 3D *Printing* menggunakan teknik FDM dengan jenis *fillament* transparan pernah dilakukan juga. *Fillament* yang digunakan pada penelitian ini, yaitu *Polypropylene* (PP) dan *Glass reinforced polypropylene* (GRPP) [5]. Penelitian tersebut membandingkan proses pencetakan dengan menggunakan mesin 3D *Printing* untuk *fillament* PP dan sistem konvensional atau *compression molding* untuk GRPP. Parameter yang digunakan pada mesin 3D *Printing* yaitu, suhu *nozzle* dan *bed*, tebal layer, dan tipe pola *infill*, serta mesin dikondisikan terbuka. Objek cetak dari kedua material akan diuji kekuatan tariknya berdasarkan beberapa parameter yang digunakan pada penelitian.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa parameter-parameter yang mendukung dalam proses pencetakan dari jenis *fillament* transparan yang mempengaruhi tingkat transparansi dari objek cetak menggunakan teknologi 3D *Printing* FDM. Parameter yang akan dianalisis yaitu, suhu *nozzle*, suhu *bed*, tebal tipis material per layer (*layer height*), dan kecepatan cetak. Setelah itu, akan dilakukan proses pengukuran tingkat transparansi dari hasil cetak menggunakan *Lux Meter*. *Fillament* transparan yang digunakan pada penelitian ini adalah PETG (*Polyethylene Terephthalateco Gliserol*). *Fillament* tersebut dicetak berdasarkan parameter-parameter yang telah ditetapkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan percobaan (Eksperimental) menggunakan mesin 3D *Printing* FDM berdasarkan parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas tingkat transparansi objek cetak. Percobaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan parameter pengerjaan yang tepat terhadap kualitas tingkat transparansi yang baik dari hasil cetak. Setelah itu, baru dilakukan *setting*

parameter tersebut pada mesin dengan menggunakan *software slicing* untuk 3D *Printing*. Percobaan ini dilakukan dengan mempersiapkan perangkat meliputi, satu unit mesin 3D *Printing* FDM *cartesian* DIY (*Do it Yourself*), *fillament* transparan, *Lux Meter*, *software slicing* 3D *Printing*, *Software* desain dan 1 unit komputer.

### 2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fillament* PETG *clear* diameter 1,75 mm. *Fillament* ini dipilih karena dianggap *water clear*, sehingga mempunyai tingkat transparansi yang baik serta mudah untuk didapatkan dipasaran. Propertis *fillament* PETG dapat dilihat pada tabel 1.

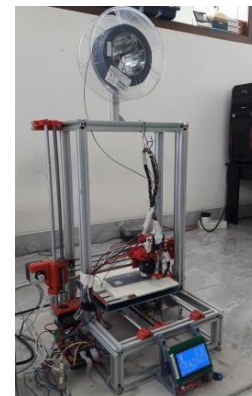
Tabel 1. Propertis *Fillament* PETG

Diameter	1,75 mm
<i>Printing temperature</i>	230-250°C
<i>Melting Temperature</i>	207°C
<i>Maximum Print Bed Temperature</i>	68°C
<i>Printing Speed</i>	10 m/s-15 m/s
<i>Tensile Stress</i>	7.700 Psi
<i>Cooling</i>	<i>No Needed</i>

### 2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Mesin 3D *Printing* FDM DIY (*Do it Yourself*) tipe *Cartesian*, dengan *build size* 20 cm x 20 cm x 30 cm dan *single nozzle*.



Gambar 1. Mesin 3D *Printing* DIY

2. *Digital Lux Meter* Dekko HS 6612 digunakan untuk mengukur tingkat transparansi hasil cetak 3D yang dicetak oleh mesin.



Gambar 2. *Digital Lux Meter*

- Laptop/komputer dengan spesifikasi 3D *modelling* merk Dell E6330, digunakan untuk melakukan proses desain objek cetak pada penelitian.



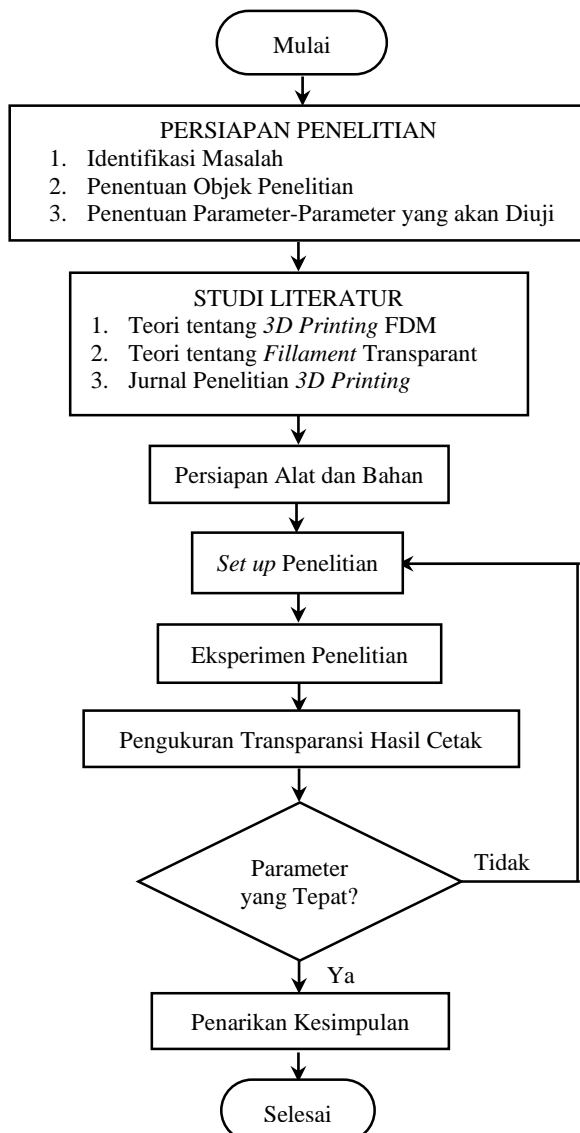
Gambar 3. Laptop Dell E6330

- Aplikasi *Slicing 3D Printing*, Cura 2.7.0 *Open Source*.
- Senter *Police 9900W*

### 2.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah Mesin 3D *Printing* FDM dengan tipe *Cartesian* DIY dan *fillament* PETG diameter 1,75 mm.

### 2.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

### 2.5 Proses Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah seperti pada Gambar 4:

#### 1. Persiapan Penelitian

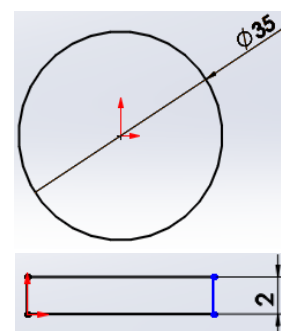
Pada langkah ini, akan dilakukan proses identifikasi masalah yang sering terjadi pada proses pencetakan dari mesin 3D *Printing*, khususnya pada jenis *fillament* transparant yang membutuhkan suhu lebih tinggi dibandingkan dengan *fillament* lainnya. Jadi, dari masalah tersebut akan ditentukan objek yang akan diteliti serta parameter-parameter yang mendukungnya seperti propertis *filament*, suhu *nozzle*, suhu meja, kecepatan cetak, tebal tipis material per layer. Parameter yang divariasikan ada dua, yaitu kecepatan cetak (V) dan tebal tipis material per layer (t), sedangkan untuk suhu *nozzle* dan suhu meja tetap.

#### 2. Studi Literatur

Setelah langkah pertama selesai dilakukan, maka akan dilanjutkan ketahap pencarian studi literatur yaitu mencari dan mempelajari teori tentang mesin 3D *Printing*, *fillament* transparant dan jurnal-jurnal penelitian yang berkaitan dengan masalah yang didapat serta parameter-parameter yang akan digunakan pada proses penelitian.

#### 3. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini, semua alat dan bahan yang berhubungan dengan penelitian akan disiapkan sebaik mungkin supaya proses penelitian berjalan dengan lancar. Selain itu, dimensi objek cetak juga akan ditentukan yaitu, berukuran  $\varnothing 35$  mm dan tebal 2 mm. Penentuan dimensi tersebut berdasarkan pada penelitian sebelumnya. Ukuran objek cetak ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Ukuran Objek Cetak

#### 4. Set up Penelitian

Sebelum melakukan proses penelitian dan eksperimen, akan dilakukan proses *setting* mesin dan alat yang akan digunakan. Mesin dan alat *setting* sesuai dengan parameter-parameter yang akan diuji. Tujuannya adalah supaya proses eksperimen berjalan dengan baik sesuai dengan rencana penelitian yang telah ditetapkan. Setelah *set up* dilakukan, maka dilanjutkan dengan proses eksperimen.

5. Eksperimen Penelitian.

Eksperimen dilakukan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dan parameter tersebut diolah menggunakan *software slicing 3D Printing*. Setelah *dislice* file akan berupa G-Code yang kemudian akan ditransfer ke mesin 3D *Printing FDM* menggunakan *micro SD card*.

6. Pengukuran Tingkat Transparansi Hasil Cetak.

Objek cetak yang dihasilkan dari 9 eksperimen dengan 4 parameter yang paling berpengaruh akan diukur tingkat transparansinya menggunakan *Lux Meter*.

7. Penentuan Parameter yang Tepat.

Pada tahap ini akan ditentukan parameter yang tepat berdasarkan hasil pengukuran tingkat transparansi hasil cetak menggunakan *Lux Meter* dengan hasil yang paling baik.

8. Penarikan Kesimpulan

Tahap yang terakhir adalah penarikan kesimpulan, dimana pada tahap ini semua parameter yang diuji dan objek 3D yang dihasilkan akan disampaikan dalam laporan penelitian, serta akan mengerucutkan pada parameter yang paling berpengaruh untuk proses pencetakan *fillament* transparant. Penarikan kesimpulan ini dilakukan berdasarkan fakta dilapangan, mulai dari proses persiapan alat dan bahan sampai dengan proses pengukuran dan penentuan parameter yang tepat dengan tingkat transparansi paling baik dari produk yang dihasilkan oleh mesin 3D *Printing FDM* sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan.

Hasil cetak dari 9 percobaan tersebut akan diukur tingkat transparansinya menggunakan *Lux Meter*. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali untuk tiap sampelnya kemudian dirata-ratakan. Hal tersebut dilakukan agar kesalahan pada saat proses pengukuran dapat dikurangi. Hasil cetak dari *setting* parameter proses dapat dilihat pada Gambar 6, dan proses pengukuran sampel dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6. Sampel Hasil Cetak



Gambar 7. Proses Pengukuran Transparansi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel pada penelitian ini yang akan dicetak menggunakan mesin 3D *Printing FDM* dan diukur tingkat transparansinya dengan *Lux Meter* adalah berjumlah 9 sampel. Sampel didapat dari *setting* parameter proses pada *software slicing 3D Printing Cura 2.7.0*. Variasi *setting* parameter proses tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. *Setting* Parameter Proses Cetak

Sampel	Variabel Tetap		Variabel yang divariasikan	
	Suhu Nozzle (°C)	Suhu Meja (°C)	Kecepatan Cetak (mm/s)	Tebal Layer (mm)
1	235	68	10	0,1
2	235	68	10	0,15
3	235	68	10	0,2
4	235	68	13	0,1
5	235	68	13	0,15
6	235	68	13	0,2
7	235	68	15	0,1
8	235	68	15	0,15
9	235	68	15	0,2

Proses pengukuran transparansi seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7 dimulai dari mempersiapkan sampel uji, kemudian memasang alat bantu pengukuran, memasang sampel uji pada alat bantu pengukuran, *lux meter* dihidupkan dan yang terakhir menyinari alat bantu pengukuran yang telah terpasang pada *lux meter* menggunakan senter *police 9900W*. Setelah itu, lakukan pembacaan pada *lux meter* digital sesuai dengan angka yang muncul pada *display*. Hasil pengukuran sampel uji ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sampel

		Pengukuran ke-			X $\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	Deviasi
		1	2	3		
Sampel 1	P <sub>1</sub>	338	336	336	36,667	3,215
	P <sub>2</sub>	300	297	303		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	38	39	33		
Sampel 2	P <sub>1</sub>	333	330	334	77,000	1,732
	P <sub>2</sub>	255	255	256		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	78	75	78		
Sampel 3	P <sub>1</sub>	338	334	330	42,667	9,452
	P <sub>2</sub>	288	288	298		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	50	46	32		
Sampel 4	P <sub>1</sub>	334	332	333	47,000	4,583
	P <sub>2</sub>	286	281	291		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	48	51	42		
Sampel 5	P <sub>1</sub>	340	336	338	79,000	3,606
	P <sub>2</sub>	257	258	262		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	83	78	76		
Sampel 6	P <sub>1</sub>	332	330	333	59,667	4,163
	P <sub>2</sub>	271	275	270		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	61	55	63		
Sampel 7	P <sub>1</sub>	336	338	335	36,667	4,509
	P <sub>2</sub>	304	297	298		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	32	41	37		
Sampel 8	P <sub>1</sub>	327	328	330	117,667	4,041
	P <sub>2</sub>	214	208	210		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	113	120	120		
Sampel 9	P <sub>1</sub>	330	332	334	66,333	10,693
	P <sub>2</sub>	276	259	262		
	$\Delta$ P <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	54	73	72		

Keterangan :

P<sub>1</sub> = Pengukuran tanpa menggunakan sampel uji (satuan dalam *Lux*)

P<sub>2</sub> = Pengukuran menggunakan sampel uji (satuan dalam *Lux*)

$\Delta$ P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Selisih antara P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> (satuan dalam *Lux*)

X $\Delta$ P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> = Rata-rata dari  $\Delta$ P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> (satuan dalam *Lux*)

Berdasarkan Tabel 3, maka hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Tingkat transparansi hasil cetak sangat berpengaruh terhadap ketebalan layer dan kecepatan cetak.
2. Semakin kecil nilai  $\Delta$ P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>, maka tingkat transparansi hasil cetak semakin baik.
3. Parameter ketebalan layer dengan nilai 0,1 mm memiliki tingkat transparansi yang lebih baik dibandingkan dengan ketebalan layer 0,15 mm dan 0,2 mm pada setiap kecepatan cetak yang diuji.
4. Nilai transparansi paling rendah ditunjukkan oleh sampel 8.

5. Nilai deviasi paling tinggi terdapat pada pengukuran tingkat transparansi sampel 3.

6. Parameter proses yang berpengaruh terhadap tingkat transparansi yang paling baik adalah sampel 1, dengan nilai kecepatan cetak 10 mm/s dan ketebalan layer 0,1 mm.

Hasil pengukuran sampel uji menggunakan *Lux Meter* dengan 9 sampel uji menampilkan sebuah fenomena pada parameter tebal layer dengan nilai 0,2 mm. Nilai yang didapat dari proses pengukuran menunjukkan sampel dengan variasi nilai tersebut memiliki tingkat transparansi yang kurang baik jika dibandingkan dengan variasi yang lain untuk setiap kecepatan cetak. Hal tersebut terjadi karena keterbatasan spesifikasi mesin untuk dapat memproses perintah kerja dengan ketebalan layer bernilai 0,15 mm atau lebih tepatnya kemampuan motor *stepper* yang digunakan pada mesin mempunyai spesifikasi yang rendah.

#### 4. SIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis data hasil pengukuran, maka dapat disimpulkan bahwa nilai tingkat transparansi produk hasil cetak mesin 3D *Printing* FDM dengan *fillament* PETG yang paling tinggi adalah 36,667 lux, dan nilai tingkat transparansi yang paling rendah adalah 117,667 lux. Dengan demikian, hasil dari penelitian ini dapat digunakan oleh para penggiat 3D *Printing* untuk membantu para pengguna objek 3D transparan dalam menyelesaikan pekerjaannya. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat membantu para pelaku industri-industri menengah kebawah dalam menciptakan sebuah produk dengan keunikan yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat.

Produk yang dihasilkan pada proses cetak 3D *Printing* FDM ini masih mempunyai tingkat kekasaran permukaan yang kurang baik, karena proses pencetakan menggunakan prinsip lapisan demi lapisan, sehingga dibutuhkan proses tambahan setelah proses pencetakan selesai. Diharapkan dengan adanya proses tersebut tingkat transparansi hasil cetak dapat lebih baik.

#### 5. SARAN

Penelitian tentang pengaruh tingkat transparansi produk hasil dari *fillament* PETG yang dicetak menggunakan mesin 3D *Printing* FDM ini diharapkan akan terus dikembangkan, terutama bagi para penggiat 3D *Printing* dan akademisi. Tahap pengembangan dapat dimulai dari ditambahkannya parameter-parameter yang berpengaruh terhadap tingkat transparansi hasil cetak dengan *fillament* yang sama, atau dengan menggunakan parameter sama tetapi *fillament* yang dipilih berbeda.

Selain itu, untuk mengoptimalkan parameter-parameter proses yang dipilih, penggunaan *Design of Experiments (DOE)* seperti metode *Taguchi* atau *Response Surface Methode (RSM)* akan sangat membantu para peneliti. Perlu jadi pertimbangan pemilihan tipe mesin juga menjadi penentu untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang sama pada penelitian sebelumnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pham, D., Gault R. A., 1998, A Comparison Of Rapid Prototyping Technologies, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 38 (1998) 1257–1287.
- [2] Sood, A. K., Ohdar, R. K. S., 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.
- [3] Amin, N., 2016, Pengembangan Model Anatomi Jantung Pada Kasus Penyakit Jantung Struktural Dengan 3D Printing Berbasis Fused Deposition Method, *Tesis Program Studi S2 Teknik Mesin Bidang Rekayasa Peralatan Medis*, UGM Yogyakarta.
- [4] Lanzotti, Antonio., *et al.*, 2015, The Impact Of Process Parameters On Mechanical Properties of Parts Fabricated in PLA with An Open-Source 3-D Printer, *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 21 Iss 5 pp.
- [5] Carneiro, O.S., *et al.*, 2016. Fused Deposition Modeling with Polypropylene, *Materials & Design*, 83 (2015) 768–776.