

ANALISA PARAMETER 3D PRINTING TIPE FDM TERHADAP AKURASI DIMENSI DENGAN FILAMEN BERBAHAN DAUR ULANG PLASTIK LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) DAN POLYPROPYLENE (PP)

Tri Hannanto Saputra¹⁾, Adhi Setya Hutama²⁾, Ana Ningsih³⁾, dan Herda Agus Pamasaria⁴⁾

¹⁾ Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

²⁾ Perancangan Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

³⁾ Rekayasa Teknologi Manufaktur, Politeknik ATMI Surakarta

⁴⁾ Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

^{1,2,3,4}Jl. Mojo No. 01 Karangasem, Laweyan, Surakarta, 57145

E-mail : hannanto.saputra@atmi.ac.id¹⁾, setya.hutama@atmi.ac.id²⁾, ana.ningsih@atmi.ac.id³⁾, herda.agus@atmi.ac.id⁴⁾

ABSTRAK

Perkembangan mesin 3D printing dapat membawa dampak negatif bagi lingkungan karena dapat meningkatkan jumlah sampah plastik. Pembuatan 3D printing filament dari bahan plastik daur ulang merupakan salah satu langkah tepat untuk mengatasi permasalahan sampah plastik, selain itu juga sejalan dengan semakin maraknya penggunaan mesin 3D printing khususnya dengan metode FDM. Optimalisasi 3D printing filament dari bahan plastik daur ulang merupakan salah satu langkah tepat untuk mengatasi permasalahan sampah plastik. Namun, diperlukan parameter yang tepat untuk mengolah filamen dari bahan plastik daur ulang menjadi produk cetakan dengan mempertimbangkan kualitas hasil. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter proses yang optimum pada mesin 3D printing FDM untuk menghasilkan kualitas produk yang maksimal dari bahan plastik daur ulang, sehingga sampah plastik dapat dikurangi. Penelitian ini menggunakan mesin 3D Printing tipe FDM dan filamen plastik daur ulang *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP) sebagai bahan cetak. Metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan metode taguchi. Parameter penelitian yang digunakan adalah *printing temperature*, *layer height* dan *print speed*. Kualitas diukur dengan dimensi yang terdiri dari panjang (sumbu x) dan lebar (sumbu y), geometri yang terdiri dari tegak lurus dan *paralelisme*, dan kekasaran permukaan produk. Pengolahan data menggunakan metode Taguchi yang dipadukan dengan PCR-TOPSIS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Parameter optimum untuk filament berbahan recycle LDPE adalah kombinasi *printing temperature* 230 °C, *layer height* 0.16 mm dan *print speed* 30 mm/s. Parameter optimum untuk filament berbahan recycle PP adalah kombinasi *printing temperature* 245 °C, *layer height* 0.12 mm dan *print speed* 35 mm/s.

Kata Kunci: 3D Printing, FDM, LDPE, PP, Parameter, Recycle

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah sampah plastik di Indonesia adalah dampak dari penggunaan produk plastik yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dalam Publikasi Statistik Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) tahun 2018, timbunan sampah plastik di Indonesia pada tahun 2018 diperkirakan mencapai 24.500 ton per hari atau setara dengan 8,96 juta ton per tahun. Hal ini akan meningkatkan polusi dan kualitas lingkungan hidup akan terancam. Salah satu langkah yang cukup tepat dalam mengatasi masalah sampah plastik adalah dengan mengolah sampah plastik tersebut menjadi filamen 3D printing, hal ini juga sejalan dengan semakin meluasnya penggunaan mesin 3D Printing terutama dengan metode *Fused deposition modeling* (FDM). Sehingga dengan mengubah sampah plastik menjadi filamen 3D printing, selain dapat mengurangi sampah plastik juga dapat memenuhi kebutuhan filamen 3D printing tipe FDM.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses cetak 3D printing adalah kualitas produk hasil cetak, salah satu faktor penting untuk menghasilkan produk cetak yang berkualitas adalah dimensi, karena semakin akurat dimensi yang dihasilkan, maka kualitas produk yang dihasilkan akan semakin baik. Parameter 3D Printing yang mempengaruhi akurasi dimensi adalah *layer thickness*, *build orientation*, *raster orientation*, *extrusion temperature*, *air gap*, *raster width* dan *print speed* (Arup dan Nita, 2019). Pengaruh Parameter 3D Printing Tipe *Fused Deposition Modelling* (FDM) Terhadap Kualitas Hasil Produk menggunakan Filamen Berbahan Daur Ulang Plastik (Pamasaria, 2019). Kombinasi variasi parameter yang tepat akan menghasilkan produk 3D printing dengan akurasi dimensi paling baik (Pamasaria, 2019). Analisa pengaruh kopling terhadap ketelitian dimensi dan kualitas Permukaan produk pada mesin 3d printing jenis FDM (Saputra, 2019). Pemilihan Komponen Terhadap Ketelitian Dimensi dan Kualitas Permukaan Produk Pada Mesin 3D Printing Jenis FDM

(Saputra, 2019). Ramdani dkk (2015) melakukan penelitian pengaruh variasi parameter terhadap kualitas produk hasil 3D printing. Penelitian kemudian dilanjutkan oleh Singh dkk (2017) yang meneliti kemungkinan peningkatan kualitas permukaan pada kombinasi antara proses FDM dan penguapan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola *Vapor Smoothing Station* (VSS) dan FDM telah berhasil digabungkan dan karakteristik kualitas yang terkait dengan permukaan produk telah ditingkatkan ke tingkat nano tanpa mempengaruhi fitur dimensi. Reddy dkk (2018) melakukan variasi *layer thickness*, *build inclination*, *material infill* dan *print quality* untuk meningkatkan kualitas permukaan hasil printing dengan teknik FDM, penelitian ini menunjukkan kualitas permukaan yang dihasilkan oleh proses FDM bervariasi sehubungan dengan *layer thickness* yang berbeda dan kemiringan yang dihasilkan, sedangkan pengaruh material infill dan *print quality* tidak terlalu signifikan terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Setiawan dkk (2018) melakukan penelitian variasi parameter 3D printing terhadap keakuratan dimensi dan kekasaran permukaan produk, parameter yang divariasikan adalah *printing speed*, *printing parameter* dan *layer height*. Penelitian dilakukan pada material filament PLA dan menghasilkan nilai parameter terbaik yang didapatkan adalah *print speed* 20 mm/s, *printing temperature* 210°C, dan *layer height* 0,1 mm. Nilai kekasaran yang didapat dari hasil terbaik yang didapatkan adalah 8,55 µm. Nilai terakurat didapat adalah 29,945 mm, dikatakan akurat karena nilainya mendekati angka 30 mm. dengan keakuratan 99.81%. Galantucci dkk (2009) melakukan penelitian dengan memberikan perlakuan kimia untuk meningkatkan kualitas kekasaran permukaan, penelitian ini menunjukkan bahwa dengan perlakuan kimia yang diberikan dapat meningkatkan kualitas permukaan material hasil 3D Printing secara signifikan. Daekeon dkk (2009) meneliti kekasaran permukaan berdasarkan perubahan sudut permukaan hasil printing, serta membandingkan antara data empirik dengan data computer, dari hasil penelitian ini dapat dilakukan prediksi terhadap kualitas permukaan yang dihasilkan pada proses 3D Printing. Croccolo dkk (2013) melakukan penelitian dengan membandingkan kekuatan antara data analisis pemodelan dengan data eksperimen, hasilnya menunjukkan bahwa nilai pada analisis pemodelan tidak berbeda jauh dengan nilai pada data eksperimen. Penelitian tentang kualitas pada produk hasil 3D Printing dengan teknik FDM juga dilakukan oleh Nuñez dkk (2015) dengan melakukan variasi *layer thickness* dan *density*, hasilnya permukaan akhir terbaik diperoleh dengan *layer thickness* (0,178 mm) dan *density* (100%). Penelitian kemudian dilanjutkan oleh Jin dkk (2015) yang melakukan penelitian dengan variasi *layer thickness*, serta rasio antara *feed rate* dan *flow rate*, dan dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kualitas permukaan yang baik dapat dicapai dengan mengkoordinasikan kecepatan *feed rate* dan *flow rate*

secara serempak. Boschetto dkk (2016) mengembangkan metode untuk memprediksi kekasaran permukaan pada produk FDM melalui proses desain, hasilnya dengan proses desain memungkinkan mengetahui terlebih dahulu kualitas permukaan produk FDM pada parameter proses yang dipilih. Chohan dkk (2016) membuat model matematika untuk meneliti kekasaran permukaan pada proses FDM dengan memberikan penguapan pada material ABS, Model matematika ini memberikan output dalam bentuk perubahan persentase dalam kekasaran permukaan sebagai fungsi waktu penghalusan dan jumlah siklus di mana kekasaran akhir dari bagian-bagian FDM yang terpapar uap dapat diprediksi. Chohan dkk (2016) juga melakukan penelitian kekasaran permukaan dengan kombinasi antara FDM dan penguapan untuk pembuatan produk *replica implant biomedis*, Hasil penelitian menunjukkan bahwa durasi penguapan cepat (30 detik) dan siklus berulang (*precooling-smoothing-postcooling*) dapat menghasilkan finishing permukaan yang sempurna. Adel dkk (2018) melakukan penelitian kekasaran permukaan pada produk hasil FDM dengan memberikan semburan udara panas pada produk, dalam studi ini, teknik pasca-pemrosesan baru dikembangkan dengan menggunakan udara panas untuk secara lokal melelehkan profil permukaan (sudut mikroskopisnya) dari bagian FDM. Andriyansyah dkk (2018) melakukan penelitian dengan melakukan variasi parameter printing menggunakan filament *foodgrade PLA* hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa parameter optimum untuk material tersebut adalah, suhu ekstrusi 200 °C, suhu bed 55 °C ketinggian lapisan 0,1 mm serta *feed rate* 50 mm/s. sementara Hasdiansah (2018) melakukan penelitian dengan melakukan variasi parameter *printing* terhadap material *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) Dari penelitian ini diperoleh bahwa tingkat elastisitas produk dipengaruhi oleh variasi ekstruder *temperature* dan *layer thickness*. Ekstruder *temperature* memberikan pengaruh terhadap tingkat bahwa tingkat elastisitas produk dipengaruhi oleh variasi ekstruder *temperature* dan *layer thickness*. Ekstruder *temperature* memberikan pengaruh terhadap tingkat elastisitas produk jadi, namun *layer thickness* memberikan efek yang paling dominan dalam menghasilkan tingkat elastisitas produk. Tiga variasi ekstruder *temperature* dengan *layer thickness* 0,2 mm memiliki nilai rata-rata pengujian elastisitas yang relatif sama. Dari pertimbangan tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan kombinasi parameter yang paling tepat untuk menghasilkan produk 3D printing dengan kualitas paling baik menggunakan filamen berbahan daur ulang plastik.

Pada penelitian ini akan digunakan filamen berbahan daur ulang plastik LDPE dan PP. Parameter proses yang digunakan adalah *layer thickness*, *extrusion temperature* dan *print speed*. Ketiga parameter itu dipilih karena cukup mudah disetting dalam pemrosesan menggunakan 3D printing type FDM. Parameter ini

dipilih, karena merupakan faktor pembentuk kualitas hasil 3D *Printing* FDM.

2. RUANG LINGKUP

Dalam penelitian ini permasalahan mencakup:

2.1 Cakupan permasalahan

Cakupan permasalahan penelitian meliputi peningkatan jumlah sampah plastik, yang salah satunya dihasilkan oleh mesin 3D printing. Hal lain yang menjadi permasalahan yaitu belum ditemukannya setting parameter ideal untuk material daur ulang *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP)

2.2 Batasan-batasan penelitian.

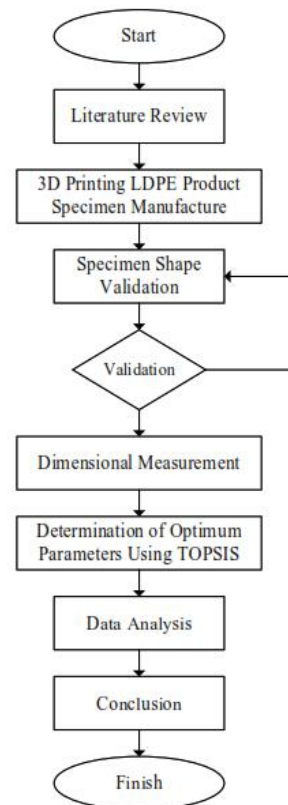
Batasan permasalahan penelitian meliputi Mesin 3D printing yang digunakan yaitu jenis FDM, Material daur ulang yang digunakan yaitu jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP), Parameter yang digunakan yaitu *printing temperature*, *layer height* dan *print speed*

2.3 Rencana hasil yang didapatkan.

Hasil yang ingin didapatkan dari penelitian ini yaitu parameter optimum untuk filament berbahan recycle *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *Polypropylene* (PP)

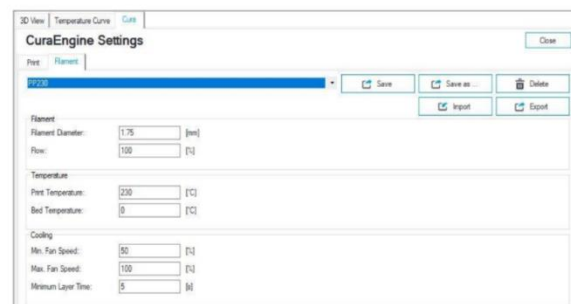
3. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yaitu menggunakan metode taguchi. Penelitian ini menggunakan 3 jenis parameter dengan masing – masing parameter memiliki 3 level (tabel 1), sedangkan respon dari pengujian ini adalah panjang (sumbu x), lebar (sumbu y) dan tebal (sumbu z). Proses penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



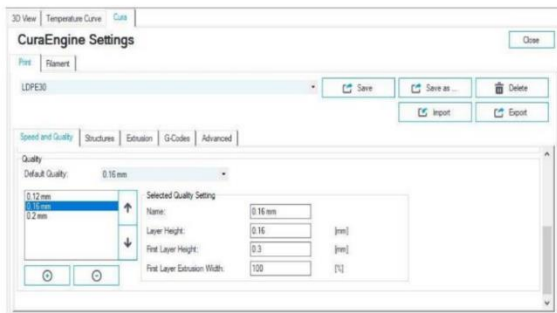
Gambar 1. Proses Penelitian

Software pada 3D printing menggunakan software Cura Engine. Setting utama pada software CuraEngine yaitu *printing temperature*, *layer height* dan *printing speed*. Setting *printing temperature* dapat dilihat di gambar 2.



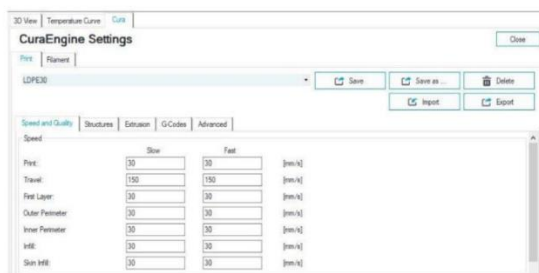
Gambar 2. Proses Setting *Printing Temperature*

Setting *layer height* dapat dilihat di gambar 3.



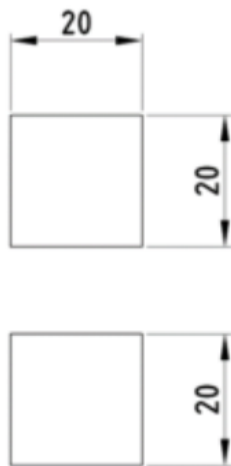
Gambar 3. Proses Setting Layer Height di Software Repetier Host

Setting *printing speed* dapat dilihat di gambar 4.



Gambar 4. Proses Setting Printing Speed di Software Repetier Host

Produk sampel yang dicetak dengan menggunakan 3D printing memiliki ukuran 20 x 20 x 20 mm. Bentuk dan ukuran sampel dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Ukuran Produk

Produk hasil 3D printing dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Produk Hasil Printing

Proses pengukuran dimensi sampel menggunakan outside micrometer. Proses pengukuran dapat dilihat di gambar 7.



Gambar 7. Pengukuran Dimensi dengan Outside Micrometer

Proses pengujian menggunakan nilai temperature, layer thickness dan print speed yang bervariasi. Detail nilai variasi parameter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter dan Level Pengujian

No	Parameter	Level		
		1	2	3
A	Temperature (C)	230	245	260
B	Layer thickness (mm)	0,12	0,16	0,2
C	Print speed (mm/s)	20	35	50

Perhitungan derajat kebebasan (dof) yang didapatkan dalam penelitian ini adalah $dof = 3 \times (3-1) = 6$, maka jumlah eksperimen yang harus diambil minimal berjumlah 6. Sehingga penelitian ini menggunakan orthogonal array L9 yang memiliki jumlah eksperimen berjumlah 9. Data tabel orthogonal array L9 untuk penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Orthogonal Array L9

No	Printing Temperature ($^{\circ}$ C)	Layer Height (mm)	Print Speed (mm/s)	Parameter Respon
1	230	0.12	20	x
2	230	0.16	35	x
3	230	0.20	50	x
4	245	0.12	35	x
5	245	0.16	50	x
6	245	0.20	20	x
7	260	0.12	50	x
8	260	0.16	20	x
9	260	0.20	35	x

Selanjutnya adalah proses pelaksanaan penelitian, dalam tahap ini dilakukan proses printing, setiap variasi parameter di cetak sebanyak 3 spesimen, sehingga spesimen yang digunakan berjumlah 27 spesimen. Kemudian Semua spesimen diukur dengan alat ukur

yang telah disediakan meliputi ukuran panjang, lebar dan tebal. Kemudian dihitung deviasi dari masing – masing ukuran (Arup dkk, 2019).

Nilai respon dari pengukuran yang dilakukan kemudian dianalisa dengan Taguchi yang dipadukan dengan PCR TOPSIS. Metode taguchi memiliki keuntungan dalam hal uji coba, karena parameter terukur telah dimodifikasi menjadi susunan orthogonal array, dan transformasi data yang diperoleh dalam bentuk Signal to Noise Ratio (SNR) (Nugroho dkk, 2019). Untuk nilai SNR dalam penelitian ini menggunakan kriteria smaller the better yang nilainya didapatkan melalui persamaan 1.

$$\frac{s}{NR} = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

Dari nilai SNR yang didapat, kemudian diolah untuk mendapatkan nilai Process Capability Ratio (PCR). PCR merupakan kemampuan sebuah proses untuk memenuhi spesifikasi desain yang ditetapkan. Bagi sebuah proses untuk dapat dikatakan mampu, nilainya harus berada diantara spesifikasi atas dan bawah. Hal ini berarti kemampuan proses berada dalam ± 3 standar deviasi dari rata-rata proses (Djami dkk, 2014). Nilai PCR dapat diperoleh melalui persamaan 2.

$$C_j^i = \frac{\eta_j^i - \bar{x}_{\eta_j}}{3s_{\eta_j}} \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai PCR, maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). TOPSIS menggunakan prinsip bahwa alternatif yang terpilih harus mempunyai jarak terdekat dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang (terjauh) dari solusi ideal negatif. Nilai TOPSIS dari hasil perhitungan diperoleh dari persamaan 3.

$$S^i = \frac{d^{i-}}{d^{i+} + d^{i-}} \quad (3)$$

Dari nilai TOPSIS yang didapatkan kemudian di analisa agar diperoleh parameter yang paling optimal untuk menghasilkan produk dengan akurasi dimensi paling baik para proses cetak 3D printing dengan menggunakan filamen dari bahan daur ulang plastik LDPE dan PP.

4. PEMBAHASAN

Hasil dari pengukuran spesimen LDPE dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Spesimen LDPE

Variasi i	Deviasi Panjang Sumbu X (mm)			Deviasi Panjang Sumbu Y (mm)		
	DP ₋	DP ₋	DP ₋	DL ₋	DL ₋	DL ₋
	A	B	C	A	B	C
1	-0,64	-0,61	-0,62	-0,68	-0,65	-0,68
2	-0,67	-0,68	-0,69	-0,69	-0,71	-0,72
3	-0,55	-0,56	-0,56	-0,63	-0,63	-0,62
4	-0,66	-0,66	-0,67	-0,69	-0,64	-0,66
5	-0,66	-0,66	-0,67	-0,65	-0,66	-0,67
6	-0,54	-0,54	-0,55	-0,56	-0,58	-0,58
7	-0,59	-0,59	-0,62	-0,59	-0,64	-0,65
8	-0,59	-0,58	-0,57	-0,61	-0,58	-0,59
9	-0,63	-0,63	-0,61	-0,67	-0,66	-0,65

Hasil pengukuran spesimen PP dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Spesimen PP

Variasi i	Deviasi Panjang Sumbu X (mm)			Deviasi Panjang Sumbu Y (mm)		
	DP ₋	DP ₋	DP ₋	DL ₋	DL ₋	DL ₋
	A	B	C	A	B	C
1	-0,26	-0,26	-0,24	-0,28	-0,28	-0,27
2	-0,32	-0,29	-0,29	-0,37	-0,34	-0,33
3	-0,33	-0,34	-0,33	-0,39	-0,39	-0,38
4	-0,30	-0,29	-0,28	-0,36	-0,34	-0,33
5	-0,32	-0,34	-0,34	-0,33	-0,35	-0,39
6	-0,24	-0,23	-0,22	-0,25	-0,26	-0,28
7	-0,29	-0,29	-0,29	-0,36	-0,37	-0,38
8	-0,23	-0,21	-0,23	-0,27	-0,28	-0,27
9	-0,25	-0,24	-0,24	-0,33	-0,32	-0,28

Dari setiap hasil pengukuran tersebut kemudian di hitung nilai SNR menggunakan persamaan 1. Hasil nilai SNR spesimen LDPE dapat dilihat di tabel 5.

Tabel 5. Nilai SNR LDPE dari Setiap Respon

Variasi	SNR Deviasi Panjang	SNR Deviasi Lebar
1	4,52	3,84
2	3,66	3,34
3	5,50	4,57
4	3,96	3,92
5	3,76	3,79
6	5,53	5,15
7	4,82	4,24
8	5,13	4,92
9	4,52	3,68

Hasil nilai SNR spesimen PP dapat dilihat di tabel 6.

Tabel 6. Nilai SNR PP dari Setiap Respon

Variasi	SNR Deviasi Panjang	SNR Deviasi Lebar
1	12,66	11,71
2	10,92	9,34
3	10,21	8,63
4	11,24	9,82
5	10,11	8,56
6	13,37	11,28
7	11,25	8,82
8	13,95	11,82
9	12,62	10,59

Setelah diketahui nilai SNR, kemudian nilai tersebut diolah sehingga diketahui nilai PCR (Process Capability Ratio) melalui persamaan 2 Hasil nilai PCR spesimen LDPE dapat dilihat di tabel 7

Tabel 7. Nilai PCR-SNR LDPE dari Setiap Respon

Variasi	PCR Deviasi Panjang	PCR Deviasi Lebar
1	-0,07	-0,23
2	-0,47	-0,53
3	0,42	0,08
4	-0,33	-0,18
5	-0,34	-0,15
6	0,51	0,56
7	0,09	0,14
8	0,24	0,43
9	-0,07	-0,15

Hasil nilai PCR spesimen PP dapat dilihat di tabel 8.

Tabel 8. Nilai PCR-SNR PP dari Setiap Respon

Variasi	PCR Deviasi Panjang	PCR Deviasi Lebar
1	0,25	0,43
2	-0,23	-0,18
3	-0,39	-0,38
4	-0,15	-0,08
5	-0,42	-0,38
6	0,38	0,32
7	-0,15	-0,28
8	0,52	0,46
9	0,20	0,12

Hasil dari nilai PCR yang didapatkan kemudian digunakan untuk menghitung nilai TOPSIS dengan

menggunakan persamaan 3. Hasil nilai TOPSIS spesimen LDPE dapat dilihat di tabel 9.

Tabel 9. Nilai TOPSIS LDPE

Variasi	d+	d-	PCR-TOPSIS
1	2,03	1,85	0,49
2	2,14	1,93	0,48
3	1,69	2,08	0,56
4	2,16	2,01	0,47
5	2,18	1,62	0,45
6	1,87	2,19	0,63
7	2,12	1,77	0,54
8	1,12	2,55	0,69
9	1,86	1,80	0,61

Hasil nilai TOPSIS spesimen PP dapat dilihat di tabel 10.

Tabel 10. Nilai TOPSIS PP

Variasi	d+	d-	PCR-TOPSIS
1	1,87	1,68	0,48
2	1,72	1,72	0,51
3	2,33	1,06	0,32
4	1,15	2,21	0,67
5	1,88	1,98	0,52
6	2,15	1,37	0,38
7	1,63	2,02	0,56
8	2,48	1,43	0,37
9	1,56	1,91	0,56

Berdasarkan nilai TOPSIS dari tabel 9 dan tabel 10, maka dapat digunakan untuk penentuan parameter filament LDPE dan PP yang paling berpengaruh. Hasil urutan parameter yang paling berpengaruh pada spesimen LDPE dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Urutan Parameter LDPE Paling Berpengaruh

Level	Parameter		
	Temp	Layer	Speed
1	0,53	0,48	0,57
2	0,49	0,54	0,48
3	0,57	0,54	0,48
Selisih	0,060	0,062	0,088
Rangking	3	2	1

Hasil urutan parameter yang paling berpengaruh pada spesimen PP dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Urutan Parameter PP Paling Berpengaruh

Level	Parameter		
	Temp	Layer	Speed
1	0,43	0,57	0,42
2	0,53	0,46	0,58
3	0,49	0,42	0,46
Selisih	0,09	0,14	0,16
Rangking	3	2	1

5. KESIMPULAN

Parameter optimum untuk filament berbahan *recycle* LDPE adalah kombinasi *printing temperature* 230 °C, *layer height* 0.16 mm dan *print speed* 30 mm/s, sedangkan parameter yang paling berpengaruh adalah *layer height*. Parameter optimum untuk filament berbahan *recycle* PP adalah kombinasi *printing temperature* 245 °C, *layer height* 0.12 mm dan *print speed* 35 mm/s, sedangkan parameter yang paling berpengaruh adalah *print speed*. Filament dari bahan *recycle* plastik PP merupakan filament yang menghasilkan kualitas produk 3D *printing* paling baik dibandingkan dengan filament dari bahan *recycle* plastik LDPE.

6. SARAN

Peneliti memberikan saran agar dapat dikembangkan penelitian dengan menggunakan nilai *temperature* 245 °C, 250 °C dan 265 °C. Penelitian tersebut dapat dilihat parameter yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk 3D *printing* berbahan *recycle* PP apakah *print speed* dan LDPE apakah *layer height*.

7. DAFTAR PUSTAKA

Adel M., Abdelaal O., Gad A., Nasr A.B., Khalil A.M., 2018, Polishing of fused deposition modeling products by hot air jet: Evaluation of surface roughness. *Materials Processing Tech.* 251 (2018) 73–82.

Andriyansyah D., 2018, Optimasi parameter proses 3d printing terhadap kekuatan tarik filamen foodgrade pada fused deposition method. UGM, Yogyakarta.

Arup, D, Nita, Y, A Systematic Survey of FDM Process Parameter Optimization and Their Influence on Part Characteristics. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 2019, vol 3, no. 3.

Badan Pusat Statistik Indonesia. Pengelolaan Sampah di Indonesia. Publikasi Statistik Lingkungan Hidup Indonesia, 2018.

Boschetto A., Bottini L., Veniali F., 2016, Integration of FDM surface quality modeling with process design. *Additive Manufacturing* 12 (2016) 334–344.

Chohan J.S., Singh R., Boparai K.S., 2016, Mathematical modelling of surface roughness for vapour processing of ABS parts fabricated with fused

deposition modelling. *Manufacturing Processes* 24 (2016) 161–169.

Croccolo D., Agostinis M.D., Olmi G., 2013, Experimental characterization and analytical modelling of the mechanical behaviour of fused deposition processed parts made of ABS-M30. *Computational Materials Science* 79 (2013) 506–518.

Daekeon A., Kweon J., Kwon S., Song J., Lee S., 2009, Representation of surface roughness in fused deposition modeling. *Materials Processing Technology* 209 (2009) 5593–5600.

Galantucci L.M., Lavecchia F., Percoco G., 2009, Experimental study aiming to enhance the surface finish of fused deposition modeled parts. *Manufacturing Technology* 58 (2009) 189–192

Hasdiansah, 2018, Optimasi parameter proses terhadap akurasi dimensi dan kekasaran permukaan objek 3d berbasis fused deposition modelling (fdm) material fleksibel, UGM, Yogyakarta.

Jin Y., Li H., He Y., Fu J., 2015, Quantitative analysis of surface profile in fused deposition modelling. *Additive Manufacturing* 8 (2015) 142–148.

Nuñez P.J., Rivas A., García-Plaza E., Beamud E., Sanz-Lobera A., 2015, Dimensional and surface texture characterization in Fused Deposition Modelling (FDM) with ABS plus. *The Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC 132 (2015) 856 – 863.*

Pamasaria, H.A. Pengaruh Parameter 3D Printing Tipe FDM (Fused Deposition Modelling) Terhadap Kualitas Hasil Produk menggunakan Filament Berbahan Daur Ulang Plastik. Thesis. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada, 2019.

Pamasaria, H.A., Herianto, Saputra, T.H., Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Tipe FDM (Fused Deposition Modelling) Terhadap Kualitas Hasil Produk, Seminar Nasional IENACO. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jawa Tengah, 2019, pp. 201-207.

Ramdani, L., dan Tontowi, A.E., 2015, Optimasi Parameter Proses 3D Printer Untuk Memperoleh Galat Dimensi Terkecil dan Kuat Tarik Tertinggi Pada Part Berbahan Baku Polylactic Acid (PLA), UGM Yogyakarta.

Reddy, V., Flys, O., Chaparala, A., Berrimi, C.E., Amogh, V., and Rosen, B.G., 2018, Study on Surface Texture of Fused Deposition Modeling, 8th Swedish Production Symposium, vol. 25, pp. 389–396.

Saputra, T.H. Analisa pengaruh kopleng terhadap ketelitian dimensi dan kualitas Permukaan produk pada mesin 3D printing jenis FDM. Thesis. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada, 2019.

Saputra, T.H., Herianto, Pamasaria, H.A, Analisa Pengaruh Pemilihan Komponen Terhadap Ketelitian Dimensi dan Kualitas Permukaan Produk Pada Mesin 3D Printing Jenis FDM (Fused

Deposition Modelling), Seminar Nasional IENACO, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jawa Tengah, 2019, pp. 208-214.

Setiawan, A.A., Karuniawan, B.W., Arumsari, N., Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis, Conference on Design Manufacture Engineering and its Application, 2018, pp. 165-168

Singh R., Singh S., Singh I.P., Fabbrocino F., Fraternali F., 2017, Investigation for surface finish improvement of FDM parts by vapor smoothing process. Composites Part B 111 (2017) 228-234.