

PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TIPE FDM (FUSED DEPOSITION MODELING) TERHADAP KUALITAS HASIL PRODUK

Herda Agus Pamasaria^{*}, Herianto, Tri Hannanto Saputra

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada

Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta.

^{*}Email: herda_agus@yahoo.co.id

Abstrak

Kehadiran 3D printer menjawab kebutuhan akan mencetak sebuah desain secara digital menjadi sebuah produk nyata. 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. Pada proses pengerjaan 3D printer dengan teknik FDM, kekasaran permukaan, dimensi serta geometri menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas hasil cetakan mesin 3D printer. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh variasi parameter proses 3D printing dengan teknik FDM terhadap kualitas hasil produk. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan beberapa variasi parameter dalam proses 3D printing, sehingga didapatkan parameter yang paling tepat untuk menghasilkan kualitas produk yang paling baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan parameter cukup berpengaruh terhadap kualitas hasil 3D Printing. Dimensi dan kekasaran permukaan mengalami perubahan ketika parameter juga diubah, sedangkan pada geometri tidak terlalu berpengaruh. Parameter yang menghasilkan kualitas produk paling baik dilakukan pada suhu nozzle 215 °C dan kecepatan 50 mm/s.

Kata kunci: 3d printing, FDM, kualitas, parameter

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan mencetak tidak lagi sekedar di atas kertas. Kemajuan teknologi dapat mewujudkan apa yang ada di imajinasi ke dalam bentuk yang lebih nyata dan dapat dirasakan melalui sentuhan. Kehadiran 3D printer menjawab kebutuhan akan mencetak sebuah desain secara digital menjadi sebuah produk nyata. 3D printer adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi dari sebuah desain secara digital menjadi bentuk 3D yang tidak hanya dapat dilihat tapi juga dipegang dan memiliki volume. 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.

Pada proses pengerjaan 3D printer dengan teknik FDM, kekasaran permukaan, dimensi serta geometri menjadi faktor penting yang mempengaruhi kualitas hasil cetakan mesin 3D printer. Faktor tersebut menjadi pertimbangan utama dalam mencetak komponen kritis, sebab kekasaran permukaan yang tinggi pada hasil cetakan dapat menimbulkan berbagai macam masalah seperti keausan komponen atau menimbulkan celah ketika komponen digabungkan dengan komponen lain. Selain itu, ketika hasil 3D printer digunakan sebagai benda akhir fungsional, maka perlu dihasilkan kualitas dengan dimensi serta geometri yang baik pada produk yang dicetak menggunakan mesin 3D printer.

Penelitian untuk melihat kualitas produk hasil proses 3D printing telah banyak dilakukan, diantaranya (Galantucci dkk., 2009) memberikan perlakuan kimia untuk meningkatkan kualitas permukaan material, (Daekeon dkk., 2009) meneliti kekasaran permukaan berdasarkan perubahan sudut permukaan hasil printing, serta membandingkan antara data empirik dengan data computer. Kemudian (Nuñez dkk., 2015) melakukan penelitian dengan melakukan variasi *layer thickness* dan *density*, sehingga menghasilkan nilai yang paling tepat untuk menghasilkan produk paling baik, penelitian itu kemudian dilanjutkan (Jin dkk., 2015) yang melakukan dengan variasi *layer thickness*, serta rasio antara *feed rate* dan *flow rate*, dan dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa kualitas produk yang baik dapat dicapai dengan mengkoordinasikan kecepatan *feed rate* dan *flow rate* secara serempak. (Boschetto dkk., 2016) mengembangkan metode untuk memprediksi kualitas produk FDM melalui proses desain, hasilnya dengan proses desain dapat diprediksi kualitas produk pada parameter proses yang dipilih, (Jasgurpreet dkk., 2016) memberikan penguapan pada produk FDM hasilnya dengan penguapan dapat menghasilkan *finishing* permukaan yang sempurna,

penelitian dilanjutkan (Rupinder dkk., 2017) yang memberikan penguapan selama proses FDM dan menghasilkan kualitas permukaan produk yang baik tanpa mempengaruhi dimensi. (Adel dkk., 2018) memberikan semburan udara panas pada produk, teknik ini dapat mengurangi cacat pada permukaan yang diproses sehingga permukaannya mengkilap.

Dari penelitian diatas menunjukkan bahwa produk *3D printing* yang baik sangat dibutuhkan dalam produksi, sehingga dilakukan berbagai macam cara untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, hal yang cukup berpengaruh terhadap kualitas produk adalah penentuan parameter umumnya diatur oleh operator, sehingga perlu ditemukan parameter proses FDM yang tepat agar operator dapat dengan mudah menginput data parameter pada mesin, sehingga dapat menghasilkan produk sesuai keinginan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi parameter proses 3D printing dengan teknik FDM terhadap kualitas hasil produk

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat meliputi, satu unit mesin *3D Printing FDM* cartesian Ender 3, *fillament PLA*, *software slicing 3D Printing*, *Software* desain, 1 unit komputer dan alat ukur produk. Metode yang digunakan adalah komparatif, penelitian ini membandingkan parameter – parameter optimum yang direkomendasikan oleh para peneliti sebelumnya, sehingga ditemukan kombinasi parameter yang menghasilkan kualitas produk cetak *3D printing* yang paling baik.

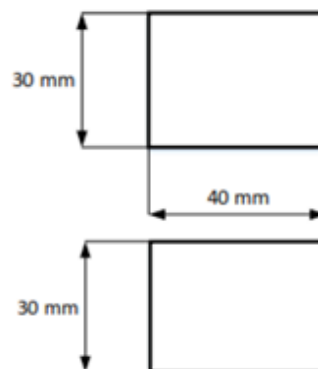
2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fillament PLA* diameter 1,75 mm. *Fillament* ini dipilih karena merupakan *fillament* yang sering digunakan dalam proses *3D Printing*, serta mudah untuk didapatkan dipasaran. *Properties fillament PLA* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Properties Fillament PLA

| Data Properties | Nilai |
|--------------------------------------|-----------------|
| <i>Diameter</i> | 1,75 mm |
| <i>Printing temperature</i> | 190°C - 225°C |
| <i>Melting Temperature</i> | 173°C |
| <i>Maximum Print Bed Temperature</i> | 70°C |
| <i>Printing Speed</i> | 30 mm/s-60 mm/s |
| <i>Tensile Stress</i> | 37 Mpa |

Objek dari penelitian ini adalah produk hasil printing dari Mesin *3D printing*. Hasil produk dari mesin *3D printing* akan diteliti dan diamati untuk melihat produk yang dibuat dengan variasi parameter manakah yang memiliki hasil paling baik. Gambaran produk hasil printing dari mesin *3D Printing* adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Ukuran produk hasil printing

2.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Mesin *3D Printing FDM* Ender 3 tipe *Cartesian*, dengan *build size* 22 cm x 22 cm x 25 cm dan *single nozzle*. Sedikit perbedaan mesin ini dengan mesin yang lainnya adalah mesin menggunakan *roller support* untuk mendukung transmisi.



Gambar 2. Mesin 3D Printing Ender 3

- b. Laptop/komputer merk Asus A455L, digunakan untuk melakukan proses desain objek cetak pada penelitian.



Gambar 3. Laptop Asus A455L

- c. Aplikasi *Slicing 3D Printing*, Cura 2.7.0 Open Source.
- d. Alat Ukur Dimensi : *Outside Micrometer*



Gambar 4. Outside Micrometer

- e. Alat Ukur Geometri : *Dial Indicator*
- f. Alat Ukur kekasaran permukaan : *Surface Roughness Tester*



Gambar 5. Surface Roughness Tester

2.3. Proses Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut.

2.3.1 Persiapan Penelitian

Pada langkah ini, dilakukan proses identifikasi masalah yang sering terjadi pada proses pencetakan mesin *3D Printing*, dari masalah tersebut akan ditentukan objek yang akan diteliti serta parameter-parameter yang mendukungnya seperti propertis *fillament*, suhu *nozzle*, suhu meja, kecepatan cetak, tebal tipis material per *layer*. Parameter yang divariasikan ada dua, yaitu kecepatan cetak (V) dan suhu *nozzle* (T), sedangkan parameter lain dibuat tetap

2.3.2 Studi Literatur

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

2.3.3 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.

2.3.4 Set up Penelitian

Setelah semua peralatan disiapkan, mesin dan alat disetting sesuai dengan parameter - parameter yang akan diuji. Tujuannya adalah supaya proses eksperimen berjalan dengan baik sesuai dengan rencana penelitian yang telah ditetapkan.

2.3.5 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*.

2.3.6 Pengukuran

Semua benda yang telah dicetak dengan mesin *3D Printing* diukur dimensi, geometri serta kekasaran permukaan menggunakan alat ukur yang telah ditetapkan

2.3.7 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 tepat untuk menghasilkan produk yang paling baik.

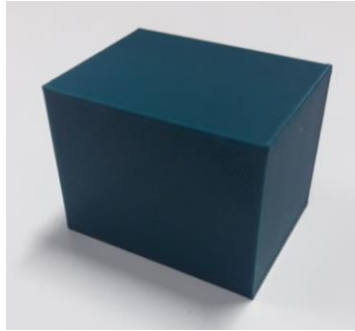
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel produk yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 6 pcs yang dicetak dengan menggunakan parameter sebagai berikut :

Tabel 2. Parameter Proses Cetak

| Sampel | Variabel Tetap | | | Variabel yang di variasikan | |
|--------|----------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Tebal <i>Layer</i> (mm) | Suhu Meja (°c) | <i>Density</i> (%) | Suhu <i>Nozzle</i> (°c) | Kecepatan Cetak (mm/s) |
| 1 | 0,2 | 45 | 20 | 205 | 40 |
| 2 | 0,2 | 45 | 20 | 205 | 40 |
| 3 | 0,2 | 45 | 20 | 215 | 50 |
| 4 | 0,2 | 45 | 20 | 215 | 50 |
| 5 | 0,2 | 45 | 20 | 225 | 60 |
| 6 | 0,2 | 45 | 20 | 225 | 60 |

Hasil cetak tersebut diukur dimensinya menggunakan *Outside Micrometer*, diukur geometri menggunakan *Dial Indicator* dan diukur kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester*. Hasil cetak dari setting parameter proses dapat dilihat pada Gambar 6, dan proses pengukuran sampel dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



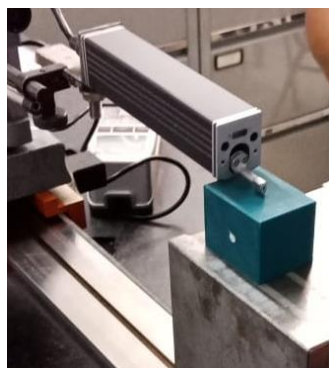
Gambar 6. Benda hasil cetak 3D Printing



Gambar 7. Pengukuran dimensi dengan *Outside Micrometer*



Gambar 8. Pengukuran geometri dengan *Dial Indicator*



Gambar 9. Pengukuran kekasaran dengan *Surface Roughness Tester*

Hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Hasil Pengukuran Sampel

| No | Suhu Nozzle (°c) | Kecepatan (mm/s) | Rata2 Panjang (mm) | Rata2 Lebar (mm) | Rata2 Tebal (mm) | Rata2 Ra Muka (µm) | Rata2 Ra Samping (µm) | Rata2 Kerataan Muka (mm) | Rata2 Kerataan Samping (mm) | Siku (mm) |
|----|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------|
| 1 | 205 | 40 | -0,645 | -0,16 | -0,1 | 14,2 | 3,94 | 0,04 | 0,1 | 0,05 |
| 2 | 215 | 50 | -0,62 | -0,145 | -0,08 | 10,585 | 2,685 | 0,03 | 0,1 | 0,05 |
| 3 | 225 | 60 | -0,665 | -0,165 | -0,16 | 15,595 | 4,395 | 0,05 | 0,1 | 0,05 |

Dari data pada tabel 3 maka didapatkan hasil dari penelitian sebagai berikut :

- Nilai penyimpangan dimensi paling kecil di dapat pada proses pengerjaan dengan parameter suhu *nozzle* 215 °C dan kecepatan 50 mm/s sedangkan nilai penyimpangan dimensi paling besar terjadi pada suhu *nozzle* 225 °C dan kecepatan 60 mm/s
- Nilai kekasaran permukaan paling baik di dapat pada proses pengerjaan dengan parameter suhu 215 °C dan kecepatan 50 mm/s sedangkan nilai kekasaran permukaan paling besar terjadi pada suhu *nozzle* 225 °C dan kecepatan 60 mm/s
- Nilai penyimpangan geometri paling kecil di dapat pada proses pengerjaan dengan parameter suhu *nozzle* 215 °C dan kecepatan 50 mm/s sedangkan nilai penyimpangan geometri paling besar terjadi pada suhu *nozzle* 225 °C dan kecepatan 60 mm/s.
- Perubahan parameter suhu *nozzle* dan kecepatan cetak hanya berpengaruh pada kerataan di sisi permukaan, sedangkan kerataan di sisi samping tidak terlalu berpengaruh.
- Perubahan parameter suhu *nozzle* dan kecepatan cetak tidak terlalu berpengaruh terhadap kesikuan yang terjadi pada produk hasil *printing*
- Hampir semua produk yang dihasilkan dari proses *3D Printing* mengalami penyimpangan ukuran dari ukuran yang diberikan pada gambar, karena ukuran yang dihasilkan lebih kecil dari ukuran sebenarnya.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan analisis data hasil pengukuran, maka dapat disimpulkan bahwa perubahan parameter suhu *nozzle* dan kecepatan cetak cukup berpengaruh pada dimensi produk dan kekasaran permukaan produk, sedangkan penyimpangan geometri tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan suhu *nozzle* dan kecepatan cetak yang terjadi. Parameter yang menghasilkan kualitas produk paling baik dilakukan pada suhu *nozzle* 215 °C dan kecepatan 50 mm/s

4.1 Saran

Penelitian tentang pengaruh parameter proses *3D printing* tipe FDM terhadap kualitas hasil produk ini diharapkan akan terus dikembangkan, terutama bagi para penggiat *3D Printing* dan akademisi. Tahap pengembangan dapat dimulai dari ditambahkannya variasi parameter-parameter yang berpengaruh terhadap kualitas hasil produk atau dengan menggunakan filament yang berbeda. Selain itu, untuk mengoptimalkan parameter parameter proses yang dipilih, penggunaan *Design of Experimen (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

- L.M. Galantucci, F. Lavecchia, G. Percoco, 2009, Experimental study aiming to enhance the surface finish of fused deposition modeled parts. *Journal Manufacturing Technology*, 58, 189–192
- Daekeon Ahn, Jin-Hwe Kweon, Soonman Kwon, Jungil Song, Seokhee Lee, 2009, Representation of surface roughness in fused deposition modeling. *Journal Materials Processing Technology*, 209, 5593–5600
- P.J. Nuñez, A. Rivas, E. García-Plaza, E. Beamud, A. Sanz-Lobera, 2015, Dimensional and surface texture characterization in Fused Deposition Modelling (FDM) with ABS plus, *The Manufacturing Engineering Society International Conference, MESIC*, 132, 856 – 863
- Yu-an Jin, Hui Li, Yong He, Jian-zhong Fu, 2015, Quantitative analysis of surface profile in fused deposition modelling, *Journal Additive Manufacturing*, 8, 142–148

- Alberto Boschetto, Luana Bottini, Francesco Veniali, 2016, Integration of FDM surface quality modeling with process design, *Journal Additive Manufacturing*, 12, 334–344
- Jasgurpreet Singh Chohan, Rupinder Singh, Kamaljit Singh Boparai, 2016, Mathematical modelling of surface roughness for vapour processing of ABS parts fabricated with fused deposition modelling, *Journal Manufacturing Processes*, 24, 161–169
- Jasgurpreet Singh Chohan, Rupinder Singh, Kamaljit Singh Boparai, 2016, Parametric optimization of fused deposition modeling and vapour smoothing processes for surface finishing of biomedical implant replicas, *Journal Measurement*, 94, 602–613
- Rupinder Singh, Sunpreet Singh, Iqwinder Preet Singh, Francesco Fabbrocino, Fernando Fraternali, 2017, Investigation for surface finish improvement of FDM parts by vapor smoothing process, *Journal Composites Part B*, 111, 228-234
- Mohamed Adel, Osama Abdelaal, Abdelrasoul Gad, Abu Bakr Nasr, Aboel Makaram Khalil, 2018, Polishing of fused deposition modeling products by hot air jet: Evaluation of surface roughness, *Journal Materials Processing Tech*, 251, 73–82
- Vijeth Reddy, Olena Flys, Anish Chaparala, Chihab E Berrimi, Amogh V, BG Rosen, 2018, Study on surface texture of Fused Deposition Modeling, *8th Swedish Production Symposium*, Stockholm Sweden, 25, 389–396