

EVALUASI AKURASI DIMENSI PADA OBJEK HASIL 3D PRINTING

Deni Andriyansyah¹, Sriyanto², Agus Jamaldi³, Ikhwan Taufik⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta, Surakarta, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

E-mail: andriyansyah.d@gmail.com

ABSTRAK

Fused Deposition Method (FDM) merupakan salah satu metode *3D printing* yang paling populer digunakan. Teknologi FDM menawarkan proses manufaktur yang relatif lebih cepat dan murah bila dibandingkan dengan CNC atau *injection moulding*. Pada FDM, *filament* diumpankan ke dalam ekstruder yang dipanaskan pada temperatur tertentu kemudian didorong keluar melalui sebuah *nozzle* untuk menghasilkan lapisan-lapisan objek. Hingga saat ini, banyak komunitas yang menghasilkan mesin-mesin *3D printer* skala kecil karena proyek-proyek teknologi *3D printing* bersifat *open-source*. Masing-masing komunitas memiliki standar tersendiri dalam membuat mesin *3D printer* sehingga salah satu masalah yang timbul dari aktifitas ini adalah akurasi objek hasil *3D printing* yang kurang seragam. Penyimpangan geometri akan mempengaruhi proses desain dan produksi objek-objek hasil *3D printing*. Hal ini terutama dalam pembuatan objek-objek yang memerlukan proses pemasangan/perakitan. Artikel ini bertujuan untuk mengetahui penyimpangan geometri objek hasil *3D printing* yang dihasilkan dari mesin *3D printer* FDM DIY. Pembuatan objek menggunakan *3D printing* DIY mengalami deviasi pada dimensi geometri dan posisi. Deviasi geometri bervariasi dari -0,08 mm hingga +0,14 mm. Sedangkan deviasi posisi berada di rentang -0,08 mm hingga +0,12 mm. Berdasarkan data deviasi yang dihasilkan dari perbandingan di atas, maka pembuatan objek *3D printing* dapat disesuaikan dengan simpangan masing-masing. Hal ini menjadi penting untuk mendapatkan objek dengan akurasi yang maksimal sehingga proses perakitan komponen dapat dilakukan dengan mudah dan sesuai dengan peruntukannya.

Kata kunci: FDM, akurasi, poros, lubang

ABSTRACT

The Fused Deposition Method (FDM) is one of the most popular *3D printing* methods used. FDM technology offers a manufacturing process that is relatively faster and cheaper when compared to CNC or *injection molding*. In FDM, the *filament* is fed into an extruder which is heated to a certain temperature and then pushed out through a *nozzle* to produce layers of objects. Until now, many communities have produced small-scale *3D printer* machines because *3D printing* technology projects are *open-source*. Each community has its own standard in making *3D printer* machines so that one of the problems that arise from this activity is the accuracy of the objects resulting from *3D printing* which is less uniform. Geometry deviations will affect the design and production processes of *3D printed* objects. This is especially true in the creation of objects that require an assembly / assembly process. This article aims to determine the irregularities in the *3D printed* object's geometry resulting from the FDM DIY *3D printer* machine. Making objects using DIY *3D printing* experiences a deviation in the dimensions of the geometry and position. The geometry deviation varies from -0.08 mm to +0.14 mm. While the position deviation is in the range of -0.08 mm to +0.12 mm. Based on the deviation data generated from the above comparisons, the creation of *3D printing* objects can be adjusted according to the respective deviation. It is important to obtain objects with maximum accuracy so that the component assembly process can be carried out easily and according to its purpose.

Keyword: FDM, accuration, pivot, hole

PENDAHULUAN

Metode manufaktur *3D printing* (cetak 3 dimensi) merupakan metode manufaktur baru yang bekerja dengan menumpuk lapisan-lapisan material sehingga termasuk pada kategori *additive manufacturing*. Teknologi ini pada awalnya hanya digunakan untuk membuat *prototype*. Namun perkembangannya yang pesat membuat teknologi *3D printing* mulai diaplikasikan pada pembuatan produk-produk final [1]. Aplikasi teknologi *3D printing* sangat luas, meliputi bidang manufaktur, aeronautika, medis, *3D modelling*, dan lain sebagainya [2].

Fused Deposition Method (FDM) merupakan salah satu metode *3D printing* yang paling populer digunakan. Teknologi FDM menawarkan proses manufaktur yang relatif lebih cepat dan murah bila dibandingkan dengan CNC atau *injection moulding*. Teknik atau metode FDM ini memungkinkan untuk membuat produk (yang telah dimodelkan atau didesain di komputer) dengan bahan material berupa *Polylactic Acid* (PLA) *Filament*. Material tersebut dimasukkan ke bagian ekstruder (*nozzle* atau kepala ekstrusi pada mesin *3D Printing*) sembari dipanaskan hingga di atas *melting point* [3].

Pada FDM, *filament* diumpankan ke dalam ekstruder yang dipanaskan pada temperature tertentu kemudian didorong keluar melalui sebuah *nozzle* untuk menghasilkan lapisan-lapisan objek. Hingga saat ini banyak komunitas yang menghasilkan mesin-mesin *3D printer* skala kecil karena proyek-proyek teknologi *3D printing* bersifat

open-source [4]. Masing-masing komunitas memiliki standar tersendiri dalam membuat mesin *3D printer* sehingga salahsatu masalah yang timbul dari aktifitas ini adalah akurasi objek hasil *3D printing* yang kurang seragam.

Banyak peneliti yang melakukan investigasi terhadap akurasi dimensi objek hasil *3D printing*. Iuliano dkk. melakukan penelitian mengenai akurasi objek hasil FDM dan menemukan penyimpangan dimensi objek sebesar 0,7 mm [5]. Penyimpangan dimensi sebesar 5-15% ditemukan oleh Mahesh dkk. melalui karakterisasi geometri objek hasil *3D printing*. Bahkan dalam satu kasus tertentu terjadi penyimpangan geometri sebesar 2,5mm [6]. Sementara itu, Stratasys sebagai vendor untuk mesin-mesin FDM memastikan bahwa toleransi objek hasil *3D printing* berkisar antara $\pm 0,0015$ hingga $\pm 0,127$ mm [7].

Penyimpangan geometri akan mempengaruhi proses desain dan produksi objek-objek hasil *3D printing*. Hal ini terutama dalam pembuatan objek-objek yang memerlukan proses pemasangan/perakitan. Artikel ini bertujuan untuk mengetahui penyimpangan geometri objek hasil *3D printing* yang dihasilkan dari mesin *3D printer* FDM DIY.

METODE

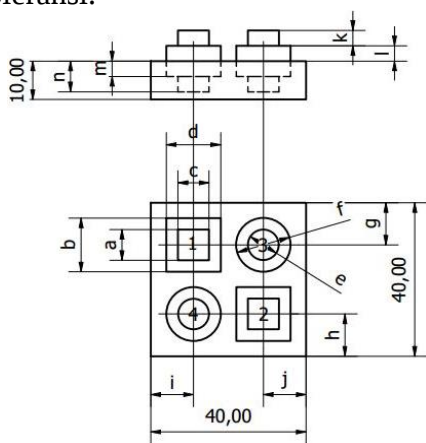
Material *filament* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Polylactic Acid* (PLA) dengan massa jenis 1.24 g/cm^3 . *Filament* PLA merupakan salahsatu material yang sering digunakan pada proses *3D printing* FDM. Diameter nominal

filament yang digunakan adalah 1.75 mm dengan warna kuning.



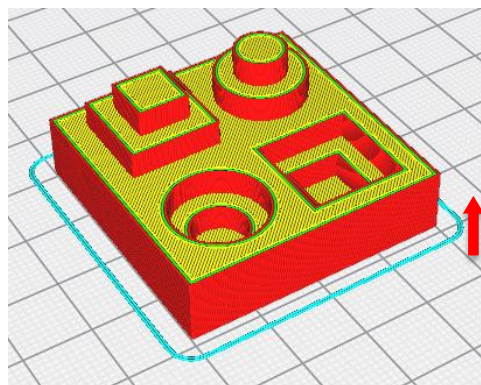
Gambar 1. Mesin 3D Printer

Filament dicetak menggunakan mesin 3D printer dengan tipe cantilever printer Do It Yourself (DIY) seperti tampak pada Gambar 1. Spesimen uji yang dicetak menggunakan 3D printer mempunyai geometri berupa persegi dan lingkaran, dimana masing-masing geometri objek terdiri dari poros (nomor 1 dan 3) dan lubang (nomor 2 dan 4). Objek yang dievaluasi dapat dilihat pada Gambar 2. Desain objek kemudian di-export kedalam software slicer agar dapat dicetak menggunakan mesin 3D printer. Ukuran nominal objek dibandingkan dengan ukuran riil ketika objek telah dicetak untuk mendapatkan data simpangan/toleransi.



Gambar 2. Sketsa Objek Cetak

Data simpangan tersebut nantinya akan digunakan sebagai pedoman dalam pembuatan desain objek sehingga didapatkan ukuran objek yang mendekati ukuran nominal. Parameter yang diatur pada nilai tetap antara lain *nozzle temperature* 200°C, *bed temperature* 60°C, dan *print speed* 60mm/s. Sedangkan *build orientation* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Orientasi Objek Cetak

HASIL

Objek dicetak menggunakan parameter ketinggian *layer* 0,2 mm dan kecepatan cetak 60 mm/s sedangkan *infill density* diatur pada 20%. Objek yang telah dicetak diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Objek Cetak

Objek cetak kemudian diukur dimensi riilnya untuk dibandingkan dengan dimensi nominal. Notasi yang terdapat dalam gambar sketsa

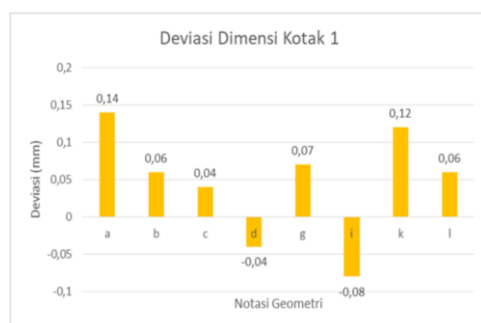
ditampilkan pada Tabel 4.1. agar lebih mudah dibandingkan dengan ukuran riil objek hasil cetak.

Tabel 1. Dimensi nominal objek cetak

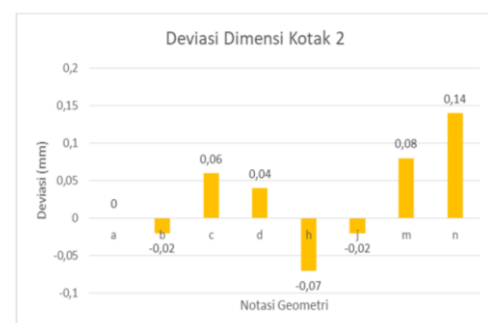
Notasi	Dimensi Nominal (mm)	Notasi	Dimensi Nominal (mm)
a	8	h	11
b	14	i	11
c	8	j	11
d	14	k	4
e	8	l	4
f	14	m	4
g	11	n	4

Pengukuran dimensi riil objek cetak dilakukan menggunakan vernier caliper dengan ketelitian 0,02 mm. Masing-masing dimensi dalam notasi diukur sehingga didapatkan nilai deviasi antara dimensi nominal dengan dimensi riil objek cetak. Data yang didapatkan dari proses

pengukuran dibagi menjadi dua kelompok. Pertama dimensi geometri (a, b, c, d, e, f, k, l, m, dan n) lalu yang kedua adalah dimensi posisi pusat geometri (g, h, i, dan j) kotak dan lingkaran yang terdiri dari poros dan lubang.



(a)



(b)

Gambar 5. Deviasi Dimensi (a) Kotak 1/poros dan (b) Kotak 2/lubang

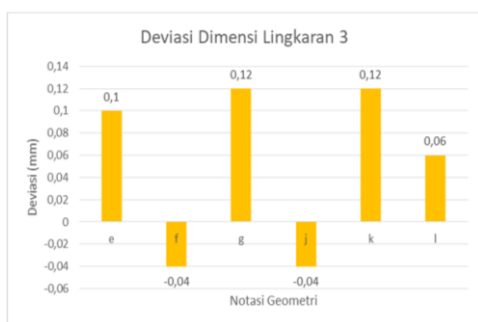
Gambar 5. memperlihatkan hasil pengukuran untuk geometri kotak dengan nomor 1 (poros) dan 2

(lubang). Berdasarkan chart yang dihasilkan, tampak bahwa deviasi dimensi a, b, c, d untuk poros

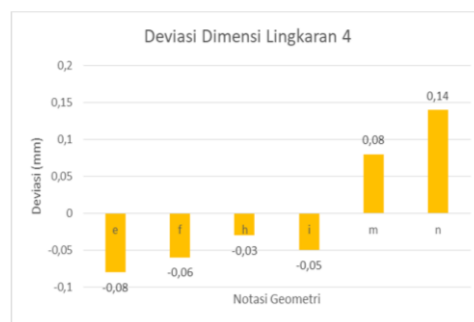
bervariasi dari -0,04 mm hingga +0,14 mm. Sedangkan untuk lubang, penyimpangan yang terjadi sebesar +0,06 mm pada dimensi c serta paling kecil 0 mm pada dimensi a. Dimensi tinggi dan kedalaman direpresentasikan oleh notasi k, l, m, dan n. Ketinggian poros mengalami deviasi sebesar +0,06 mm dan +0,12 mm, sedangkan kedalaman lubang mengalami penyimpangan sebesar +0,08 mm dan +0,14 mm. Deviasi dimensi posisi pusat geometri untuk poros mengalami penyimpangan sebesar +0,07 mm pada g dan -0,08 mm pada i. Sementara itu deviasi untuk lubang sebesar -0,07 mm pada h dan -0,02 mm pada j.

Selanjutnya Gambar 6. memperlihatkan hasil pengukuran

untuk geometri lingkaran dengan nomor 3 (poros) dan 4 (lubang). Berdasarkan chart yang dihasilkan, tampak bahwa deviasi dimensi e dan f untuk poros bervariasi dari -0,04 mm hingga +0,10 mm. Sedangkan untuk lubang, penyimpangan yang terjadi sebesar -0,08 mm pada dimensi e serta paling kecil -0,06 mm pada dimensi f. Sementara itu untuk deviasi ketinggian poros dan kedalaman lubang geometri lingkaran mempunyai nilai yang sama dengan geometri kotak. Deviasi dimensi posisi pusat geometri untuk poros mengalami penyimpangan sebesar +0,12 mm pada g dan -0,04 mm pada i. Sementara itu deviasi posisi untuk lubang sebesar -0,03 mm pada h dan -0,05 mm pada j.



(a)



(b)

Gambar 6. Deviasi dimensi (a) Lingkaran 3/poros dan (b) Lingkaran 4/lubang

Besaran deviasi yang terjadi pada proses pencetakan objek menggunakan mesin 3D printer DIY bergantung pada beberapa faktor seperti akurasi komponen mekanis mesin, pengaturan *software*, pengaturan parameter proses serta ketidaksesuaian desain objek. Pada mesin-mesin DIY, faktor komponen mekanis lebih dominan menyebabkan ketidakakuratan objek cetak. Hal ini

disebabkan kualitas komponen yang digunakan dalam pembuatan mesin sangat bervariasi. Salah satu hal yang biasa dipertimbangkan dalam pembuatan mesin-mesin DIY adalah biaya. Sehingga untuk mesin-mesin *low-cost*, user memerlukan usaha yang lebih besar dalam pengaturan mesin dan parameter untuk menghasilkan objek cetak dengan akurasi yang bagus.

SIMPULAN

Pembuatan objek menggunakan *3D printing* DIY mengalami deviasi pada dimensi geometri dan posisi. Deviasi geometri bervariasi dari -0,08 mm hingga +0,14 mm. Sedangkan deviasi posisi berada di rentang -0,08 mm hingga +0,12 mm. Berdasarkan data deviasi yang dihasilkan dari perbandingan di atas, maka pembuatan objek *3D printing* dapat disesuaikan dengan simpangan masing-masing. Hal ini menjadi penting untuk mendapatkan objek dengan akurasi yang maksimal sehingga proses perakitan komponen dapat dilakukan dengan mudah dan sesuai dengan peruntukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H.I. Medellin-Castillo, J. Zaragoza-Siqueiros, "Design and Manufacturing Strategies for Fused Deposition Modelling in Additive Manufacturing: A Review," *Chin J. Mech. Eng.*, vol. 32, December 2019.
- [2]. T. D. Ngo, A. Kashani, G. Imbalzano, K. T. Q. Nguyen, D. Hui, "Additive Manufacturing (3D Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges," *Composites Part B*, vol. 143, pp. 172-196, February 2018.
- [3]. Taufik, I., Budiono, H. S., Herianto, H. and Andriyansyah, D. (2020) "PENGARUH PRINTING SPEED TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN HASIL ADDITIVE MANUFACTURING DENGAN POLYLACTIC ACID FILAMENT", *Journal of Mechanical Engineering (JOM)*, 4(2), pp. 15 - 20. Available at: <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/mechanical/article/view/3412>.
- [4]. Sells, E., Bailard, S., Smith, Z., Bowyer, A., Olliver, V., 2009. RepRap: The Replicating Rapid Prototyper – maximizing customizability by breeding the means of production. In F. T. Pillar & M. M. Tseng (Eds.), *Handbook of Research in Mass Customization and Personalization, Strategies and Concepts*. New Jersey: World Scientific, 1(1): 568-580.
- [5]. R. Ippolito, L. Iuliano, A. Gatto, A benchmarking of rapid prototyping techniques in terms of dimensional accuracy and surface finish, *CIRP Ann.* 44 (1) (1995) 157–160.
- [6]. M. Mahesh, Y.S. Wong, J.Y.H. Fuh, H.T. Loh, Benchmarking for comparative evaluation of RP systems and processes, *Rapid Prototyp. J.* 10 (2) (2004) 123–135.
- [7]. C.K. Chua, K.F. Leong, C.S. Lim, *Rapid Prototyping: Principles and Applications*, World Scientific, River Edge, 2010