

Pengaruh Parameter Proses Pencetakan 3D Printing Terhadap Kebulatan Produk Menggunakan Filament PETG

Wahyudi¹, Zaldy S. Suzen¹, Pristiansyah^{1*}

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : pristiansyah@polman-babel.ac.id

Received: 8 Januari 2025; Received in revised form: 9 Januari 2025; Accepted: 13 Januari 2025

Abstract

3D printing technology, specifically Fused Filament Fabrication (FFF) or Fused Deposition Modeling (FDM), is a popular manufacturing method that uses thermoplastic to print products layer by layer. However, dimensional accuracy is still a challenge. This study evaluates the effect of 3D printing process parameters on the roundness of PETG-based products, using the Taguchi L9 method. Roundness measurement was performed with an indicator dial. The results showed that the optimal parameters were layer height 0,1 mm, nozzle temperature 250° and print speed 25 mm/s, with an average roundness value of 0,078 and the highest S/N value of 21,7347. The most influential factor was layer height, followed by nozzle temperature and printing speed. The Taguchi method is effective in optimizing process parameters to improve dimensional accuracy and reduce the number of experiments without compromising data quality.

Keywords: FDM; PETG Filament; Roundness; Taguchi; 3D Printing.

Abstrak

Teknologi 3D printing, khususnya Fused Filament Fabrication (FFF) atau Fused Deposition Modelling (FDM), merupakan metode manufaktur populer yang menggunakan *thermoplastic* untuk mencetak produk lapis per lapis. Namun, keakurasian dimensi masih menjadi tantangan. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh parameter proses 3D printing terhadap kebulatan produk berbahan PETG, menggunakan metode Taguchi L₉. Pengukuran kebulatan dilakukan dengan *dial* indikator. Hasil menunjukkan bahwa parameter optimal adalah *layer height* 0,1 mm, *nozzle temperature* 250°, dan kecepatan cetak 25 mm/s, dengan rata-rata nilai kebulatan 0,078 dan nilai S/N tertinggi 21,7347. Faktor yang paling berpengaruh adalah *layer height*, diikuti oleh *nozzle temperature* dan kecepatan cetak. Metode Taguchi efektif mengoptimalkan parameter proses untuk meningkatkan keakurasian dimensi dan mengurangi jumlah percobaan tanpa mengorbankan kualitas data.

Kata kunci: FDM; Filamen PETG; Kebulatan; Taguchi L₉; 3D Printing.

1. PENDAHULUAN

Selama lima dekade terakhir, industri manufaktur telah mengalami perkembangan pesat dan berkelanjutan, dengan pencetakan 3D menjadi salah satu teknologi yang tumbuh dengan cepat. Kehadiran teknologi pencetakan 3D membawa dampak signifikan, terutama di sektor industri. Meskipun begitu, teknologi ini masih memiliki kelemahan dalam hal akurasi dimensi, yang dapat mengakibatkan perbedaan ukuran produk cetakan dibandingkan desain aslinya, baik berupa pengurangan maupun penambahan. Teknologi 3D printing memungkinkan pembuatan objek fisik tiga dimensi secara

bertahap (lapis demi lapis) dengan bantuan pemodelan desain berbasis komputer (CAD) [1,2].

FFF (Fused Filament Fabrication) atau dikenal sebagai Fused Deposition Modeling (FDM), adalah teknologi pencetakan 3D yang populer dan terjangkau. Proses FDM bekerja dengan mengekstruksi *thermoplastic* melalui *nozzle* panas pada suhu lelehnya, mencetak produk secara bertahap, lapisan demi lapisan. Material seperti PLA dan ABS sering digunakan dalam metode ini. Pencetakan 3D tipe FDM mampu menghasilkan produk duplikat dengan akurasi tinggi, terutama dengan material ABS, sehingga pemahaman tentang

keakuratan dimensi produk menjadi sangat penting [3].

Dalam penelitian *3D printing* yang berfokus pada akurasi dimensi, kebulatan adalah salah satu aspek yang dianalisis. Pengukuran kebulatan digunakan untuk mengevaluasi seberapa sempurna bentuk bulat suatu objek atau untuk memastikan, dengan alat ukur, apakah objek tersebut benar-benar bulat ketika diperiksa secara detail. Profil kebulatan dianggap sempurna jika jarak antar titik pada bentuk geometris tersebut seragam dari pusatnya. Sebaliknya, kebulatan dinilai tidak ideal jika terdapat variasi jarak antar titik terhadap pusat bentuk tersebut [4,5].

Dial Indikator adalah alat yang digunakan untuk mengukur penyimpangan kebulatan suatu objek. Alat ini berfungsi untuk mengukur variasi ketinggian pada permukaan benda, sehingga dapat diidentifikasi apakah permukaan tersebut rata atau tidak. Hal ini memungkinkan evaluasi kebulatan suatu spesimen. Dengan menetapkan titik pusat spesimen sebagai referensi (titik nol), pengukuran dapat dilakukan pada berbagai titik untuk mendeteksi adanya deformasi atau tonjolan yang memengaruhi kebulatan serta menentukan besarnya penyimpangan. Metode Taguchi adalah pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses. Metode ini bertujuan untuk mencapai ketahanan produk dan proses terhadap variasi yang disebabkan oleh faktor-faktor seperti material, fasilitas produksi, tenaga kerja, dan kondisi operasional [6,7].

Dalam penelitian yang menggunakan metode Taguchi L27 OA, ditemukan bahwa *Nozzle temperature* (235°C) dan *Bed temperature* (100°C) merupakan parameter yang paling berpengaruh, diikuti oleh *Infill density* (25%). Meskipun kebulatan bukan fokus utama dalam penelitian ini, temuan tersebut menunjukkan bahwa *Nozzle Temperature* tetap menjadi faktor penting yang perlu diperhatikan, sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya oleh penulis [8].

Pada penelitian yang menguji kekasaran permukaan menggunakan filament PETG ketebalan lapisan yang tipis, seperti 0,15 mm, memiliki potensi untuk meningkatkan akurasi dimensi, yang juga dapat mendukung kebulatan cetakan. Selain

itu, kecepatan pencetakan 40 mm/s yang diidentifikasi sebagai optimal untuk kekasaran permukaan juga dapat digunakan sebagai acuan awal dalam menentukan pengaturan kecepatan yang sesuai untuk mencapai kebulatan [9].

Penelitian yang menganalisis pengaruh parameter proses pada pencetakan 3D terhadap transparansi filamen PETG menggunakan metode Taguchi menemukan bahwa spesimen dengan desain faktorial L9 memberikan hasil optimal. Parameter terbaik terdiri dari *nozzle temperature* 250°C, persentase *infill overlap* 70%, dan *layer height* 0,05 mm. Ketebalan lapisan 0,05 mm terbukti menghasilkan cetakan dengan tingkat transparansi tinggi dalam hal dimensi [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menemukan parameter yang paling optimal dan berpengaruh terhadap kebulatan produk dengan menggunakan filamen PETG, penelitian ini untuk mendapatkan hasil optimum kebulatan untuk pembuatan poros pada produk tertentu seperti pembuatan poros roda gigi untuk mekanisme sederhana pada mainan atau alat mekanis kecil. Penelitian ini meneliti variasi parameter seperti *nozzle temperature*, *print speed*, dan *layer height*, yang telah diidentifikasi dalam penelitian sebelumnya sebagai faktor penting untuk mencapai hasil yang optimal.

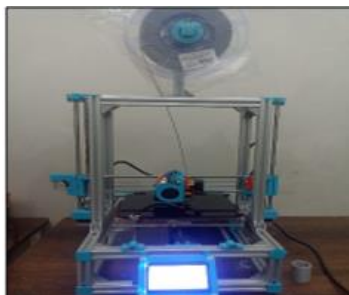
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan kajian pustaka untuk menghimpun referensi terkait kasus konflik. Referensi ini diperoleh dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, artikel, laporan, dan situs web. Kajian pustaka tersebut menjadi pondasi untuk melanjutkan eksperimen atau penelitian.

2.1. Alat Penelitian dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Mesin *3D Printing Model Haltech H-01 Cartesian* (Gambar 1), dial Indikator dan Mesin bubut, alat yang digunakan untuk pengujian kebulatan pada penelitian ini adalah dial indikator dengan ketelitian 0,01mm dan mesin bubut dial otomatis untuk membantu dalam pengujian sebagai dudukan pada spesimen yang ditunjukkan pada Gambar 2(a) dan 2(b), dan Laptop digunakan untuk menjalankan

Software Autodesk Fusion 360° Software
Ultimaker Cura 5.7.0 dan Minitabs, yang
ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Mesin 3D Printing Model Haltech H-01 Cartesian



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Dial Indikator dan (b) Mesin Bubut



Gambar 3. Labtop

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah Filament PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol). Filament ini merupakan variasi Polyethylene

Terephthalate (PET) yang telah dimodifikasi dengan penambahan glycol untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu. gambar filament ini terdapat pada Gambar 4.

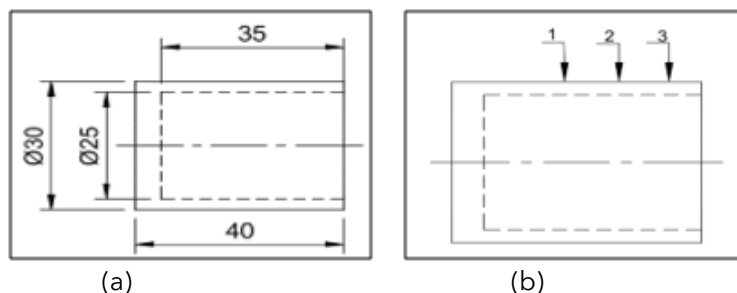


Gambar 4. Filament PETG

2.2. Rancangan Spesimen

Penelitian ini mencetak 9 variasi sampel dengan 3 replikasi pada setiap variasi sampel, dengan parameter antara lain: Nozzle temperature (°), print speed

(mm/s), dan layer height (mm), menggunakan desain Taguchi L9 dengan 3 faktor dan 3 level. Desain sampel pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5(a) dan (b).



Gambar 5. (a) Desain Spesimen dan (b) Titik Pengujian

Gambar 5(a) dan (b) menunjukkan desain dan ukuran spesimen (mm).

2.3. Penentuan Parameter

Dipengaruhi oleh metode yang diterapkan, yang mencakup berbagai faktor

dan percobaan. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Nozzle temperature* (°), *Print Speed* (mm/s), dan *Layer Height* (mm) yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Proses

Faktor	Parameter Proses	Level		
		1	2	3
1	<i>Nozzle Temperature</i> (°)	230	240	250
2	<i>Print Speed</i> (mm/s)	20	25	30
3	<i>Layer Height</i> (mm)	0,1	0,15	0,2

Tabel 1 menunjukkan parameter yang didapatkan berdasarkan studi pendahuluan. Desain eksperimen dengan matriks

orthogonal L9 (3³) dengan memiliki 3 kolom dan 9 baris, tampilan desain Faktorial ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Desain Factorial

Exp.	<i>Nozzle temperature</i> (°)	<i>Print Speed</i> (mm/s)	<i>Layer Height</i> (mm)
1	230	20	0,10
2	230	25	0,15
3	230	30	0,20
4	240	20	0,10
5	240	25	0,15
6	240	30	0,20
7	250	20	0,10
8	250	25	0,15
9	250	30	0,20

Tabel 2 yang menunjukkan angka mendekati nilai optimal pada akurasi dimensi suatu produk. Variasi parameter ini bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi optimal yang memengaruhi kebulatan produk cetakan

2.4. Pembuatan Spesimen

Pengumpulan data dalam penelitian perlu dilakukan dengan langkah-langkah

yang terstruktur agar hasil yang diperoleh dapat dipastikan keakuratannya dan dapat dipertanggungjawabkan. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pembuatan spesimen, dimana spesimen dibuat berdasarkan desain yang telah dirancang menggunakan perangkat lunak CAD, yaitu *Fusion 360*, dan disimpan dalam format file STL. Spesimen yang sudah dicetak dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Spesimen yang Sudah Dicetak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil uji kebulatan pada setiap titik dari berbagai eksperimen (Exp 1 hingga Exp 9), dengan tiga kali pengulangan pengukuran (R1, R2, dan R3) untuk setiap titik. Pengujian dilakukan pada tiga titik, yang diberi nomor 1, 2, dan 3, di setiap eksperimen. Total terdapat 9 eksperimen, di mana masing-masing mengukur kebulatan pada tiga titik berbeda pada spesimen. Desain dalam format STL tersebut dimasukkan ke dalam perangkat lunak slicer, yaitu *Ultimaker Cura 5.7.0.*, untuk mengatur parameter proses dan level yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu, *Software* ini akan menghasilkan *file G-code*. Selanjutnya, dilakukan pencetakan spesimen

menggunakan filamen PETG sesuai dengan parameter proses yang telah dirancang. Setelah semua spesimen dicetak, maka selanjutnya dilakukan pengujian kebulatan. Gambar spesimen yang telah dicetak ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengulangan pengukuran (R) dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap titik, yaitu R1, R2, dan R3, guna memastikan konsistensi hasil dan meminimalkan kemungkinan kesalahan pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kebulatan di setiap titik bervariasi antar eksperimen dan pengulangan. Variasi ini mencerminkan pengaruh parameter cetak yang berbeda terhadap kebulatan objek. Hasil dari pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Setiap Titik

Exp	Replikasi (R)	Titik		
		1	2	3
Exp 1	R1	0.38	0.54	0.61
	R2	0.30	0.39	0.57
	R3	0.54	0.62	0.78
Exp 2	R1	0.61	0.81	1.04
	R2	0.33	0.50	0.69
	R3	0.52	0.72	1.17
Exp 3	R1	0.34	0.50	0.82
	R2	0.38	0.49	0.56
	R3	0.59	0.69	0.96
Exp 4	R1	0.38	0.49	0.56
	R2	0.39	0.58	0.79
	R3	0.11	0.08	0.10
Exp 5	R1	0.51	0.63	0.76
	R2	0.61	0.82	1.09
	R3	0.21	0.26	0.36
Exp 6	R1	0.22	0.30	0.35
	R2	0.44	0.52	0.64
	R3	0.16	0.29	0.51
Exp 7	R1	0.75	1.08	1.38
	R2	0.34	0.45	0.53

Exp 8	R3	0.23	0.24	0.34
	R1	0.05	0.09	0.11
	R2	0.19	0.16	0.26
Exp 9	R3	0.16	0.17	0.17
	R1	0.69	0.72	0.74
	R2	0.56	0.36	0.64
	R3	0.84	0.79	0.51

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian pada setiap titik, ini merupakan nilai awal, untuk mendapatkan nilai hasil pada setiap titik harus dibagi dua dan sesudah dibagi

dua untuk mendapatkan nilai akhir pada setiap replikasi harus menghitung rata-rata pada ketiga titik, untuk hasil dari langkah ini ditunjukkan pada Tabel 4.

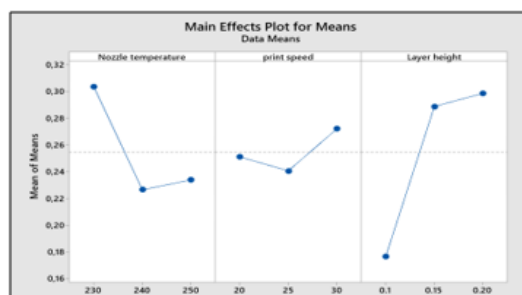
Tabel 4. Hasil Perhitungan Rata-Rata Setiap Titik

No EXP	R1(mm)	R2(mm)	R3(mm)	Rata-rata(mm)	SNRA1
1	0.257	0,21	0.316	0,261	11,5489
2	0.41	0.26	0.374	0,353	9,0242
3	0.29	0.24	0,373	0,305	10,2868
4	0,24	0,29	0,05	0,189	13,1816
5	0,32	0,426	0,14	0,292	9,9500
6	0,146	0,266	0,16	0,193	14,0645
7	0,536	0,223	0,137	0,299	9,2592
8	0,046	0,103	0,086	0,078	21,7347
9	0,353	0,260	0,36	0,313	9,6952

Tabel 4 menampilkan nilai *S/N Ratio* untuk kebulatan pada setiap eksperimen, terlihat bahwa setiap eksperimen menghasilkan nilai kebulatan rata-rata (dalam mm) yang berbeda, yang memengaruhi nilai *S/N Ratio*.

Eksperimen dengan nilai *S/N Ratio* tertinggi terdapat pada eksperimen 8

dengan nilai 21,7347 yang menunjukkan bahwa parameter pada eksperimen tersebut memberikan hasil kebulatan paling optimal. Sebaliknya, nilai *S/N Ratio* terendah terdapat pada eksperimen 2 dengan nilai 9,0242, yang menunjukkan hasil kebulatan yang kurang optimal. Hasil analisis data ditunjukkan pada Gambar 7 dan Tabel 5.



Gambar 7. Grafik Main Effects Plot for SN

Tabel 5. Response Table For Signal To Noise Ratio

Level	Nozzle temperature	Print speed	Layer height
1	10,287	11,330	15,783
2	12,399	13,570	10,634
3	13,563	11,349	9,832
Delta	3,276	2,240	5,951
Rank	2	3	1

Pada Gambar 7 dan Tabel 5 menunjukkan pengaruh tiga parameter, yaitu *layer height*, *nozzle temperature*, dan *print speed* terhadap rasio sinyal terhadap *noise* (SNR) dalam proses pencetakan. *Layer Height* memiliki pengaruh terbesar (Delta 5,951), diikuti oleh *nozzle temperature* (Delta 3,276), dan *print speed* yang memiliki pengaruh terkecil (Delta 2,240). Berdasarkan peringkat, *layer height* adalah parameter paling signifikan dalam memengaruhi kualitas kebulatan, diikuti oleh *nozzle temperature* dan *print speed*.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis metode Taguchi terhadap kebulatan spesimen, diperoleh faktor dengan pengaruh terbesar dari uji kebulatan dengan faktor yang berpengaruh terhadap filamen jenis PETG berturut-turut yaitu: *Layer height*, *nozzle temperature*, *print speed*. Parameter yang paling optimal adalah dengan *layer Height* (0,10 mm), *nozzle temperature* (250°), dan *print speed* (25 mm/s).

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan khusus kami berikan kepada keluarga, rekan-rekan, dan pembimbing atas arahan, saran, serta dorongan yang tiada henti selama proses penelitian berlangsung. Kami juga mengapresiasi kerja sama dari berbagai pihak yang telah mendukung penyediaan bahan dan fasilitas penelitian. Semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat dalam mendorong pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama di bidang energi alternatif yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Christiliana, "Optimasi Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi

Dimensi *Filament PLA Food Grade*," Sungailiat: *Manutech*, 2021.

- [2] W. R. Saputra, "Pengaruh parameter proses terhadap kekuatan tarik produk hasil 3D *printing* menggunakan filament asa," Sungailiat: *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2023.
- [3] Pristiansyah, "Optimasi parameter proses 3D *printing* FDM terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex," Sungailiat: *Manutech*, 2019.
- [4] M. Yanis, "Analisis Profil Kebulatan untuk Menentukan Kesalahan Geometrik pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut," Ogan Ilir: media neliti, 2010.
- [5] J. E., "Pengaplikasian Pengolah Data Pengukuran Kebulatan (*Roundness*) pada Alat Ukur (*Roundness Tester Machine*) Di Laboratorium Pengukuran Teknik Mesin Universitas Riau," Pekanbaru, 2019.
- [6] S. I., "Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi," vol. 1, p. 1, 2009.
- [7] P. Sidi, "Aplikasi Metode Taguchi untuk mengetahui optimasi kebulatan pada proses bubut CNC," Surabaya, 2013.
- [8] Mawar Lestari, "Pengaruh Parameter Proses 3D *Printing* Terhadap Akurasi Dimensi," Sungailiat, 2022.
- [9] Bayu Aji, "Pengaruh Parameter Proses terhadap Kekasaran Permukaan Menggunakan *Filament PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol)*," Sungailiat: *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 2023.
- [10] Pristiansyah, "Pengaruh Parameter Proses pada Pencetakan 3d *Printing* terhadap Transparansi Filamen Petg Menggunakan Metode Taguchi," *J Proteksion* Vol. 9 No. 1 Agustus 2024.