

Analisa Pengaruh Parameter Proses FDM Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3 Dimensi

Afiq Durrani Irdin¹, Pristiansyah^{1*}, Zaldy Sirwansyah Suzen¹

¹Politeknik Manufaktur Bangka Belitung, Sungailiat

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

Received: 8 Januari 2025; Received in revised form: 13 Januari 2025; Accepted: 14 Januari 2025

Abstract

3D Printing, commonly referred to as Additive Manufacturing, has facilitated rapid advancements and brought significant changes to the manufacturing industry, particularly in revolutionizing production processes. This technology is extensively employed for rapid prototyping, allowing the creation of designs that are both visually perceptible and physically tangible, with actual volume. This research aims to examine the tensile strength of PLA+ filament under various parameter settings and assess their impact using the Taguchi method. The experiments were performed using an FDM Creality Ender 3 Pro 3D printer, which features a printing area of 220mm x 220mm x 250mm and a 0.4 mm nozzle diameter. The parameters investigated include Nozzle Temperature (220°C, 230°C, 240°C), Bed Temperature (65°C, 70°C, 75°C), and Layer Thickness (0.10mm, 0.15mm, 0.20mm). The findings revealed that the optimal tensile strength was achieved in the first trial, with a Nozzle Temperature of 220°C, Bed Temperature of 65°C, and Layer Thickness of 0.10mm, yielding an average tensile strength of 22 MPa across three replications.

Keywords: 3D Printing; Taguchi Method; PLA+ Filament; Tensile Strength.

Abstrak

Pencetakan 3D, yang biasa disebut sebagai Manufaktur Aditif, telah memfasilitasi kemajuan pesat dan membawa perubahan signifikan pada industri manufaktur, terutama dalam merevolusi proses produksi. Teknologi ini banyak digunakan untuk pembuatan prototipe cepat, memungkinkan pembuatan desain yang terlihat secara visual dan nyata secara fisik, dengan volume aktual. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kekuatan tarik filamen PLA+ di bawah berbagai pengaturan parameter dan menilai dampaknya menggunakan metode Taguchi. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan printer 3D FDM Creality Ender 3 Pro, yang memiliki area pencetakan 220mm x 220mm x 250mm dan diameter nosel 0,4 mm. Parameter yang diselidiki meliputi Suhu Nosel (220°C, 230°C, 240°C), Suhu Tempat Tidur (65°C, 70°C, 75°C), dan Ketebalan Lapisan (0.10mm, 0.15mm, 0.20mm). Temuan mengungkapkan bahwa kekuatan tarik optimal dicapai pada uji coba pertama, dengan Suhu Nosel 220°C, Suhu Tempat Tidur 65°C, dan Ketebalan Lapisan 0,10mm, menghasilkan kekuatan tarik rata-rata 22 MPa di tiga replikasi.

Kata kunci: 3D Printer; Metode Taguchi; Filamen PLA+; Uji Tarik.

1. PENDAHULUAN

3D Printing, atau yang juga dikenal sebagai Additive Manufacturing, telah mendorong perkembangan pesat dan memberikan pengaruh besar pada dunia manufaktur. Teknologi ini, yang menggunakan printer 3D, telah merevolusi berbagai aspek, khususnya dalam sektor industri. Banyak orang memanfaatkan 3D Printing sebagai solusi produksi yang memungkinkan pembuatan prototipe dengan cepat, sesuai desain yang diinginkan, dan dapat dilihat serta disentuh secara langsung [1]. Teknologi yang paling sering dimanfaatkan

oleh para peneliti dalam pencetakan 3D adalah FDM (Fused Deposition Modelling). Hal ini disebabkan oleh kemudahan penggunaannya, biaya yang relatif terjangkau, sifatnya yang ramah lingkungan, serta kemampuannya mendukung proses pengembangan, pembuatan prototipe, dan produksi produk. Namun, untuk menghasilkan permukaan yang halus, diperlukan proses finishing tambahan, karena teknik FDM pada pencetakan 3D memiliki kelemahan mekanis akibat adanya titik-titik lemah di antara lapisan yang terbentuk [2].

Dalam proses produksi menggunakan 3D printing, filamen berfungsi sebagai bahan

utama yang menjadi elemen inti dalam pencetakan. Ada berbagai jenis filamen yang umum digunakan pada printer 3D, seperti Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG), Nylon, Polylactic Acid (PLA), Polycarbonate (PC), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), dan lainnya [3]. Pada penelitian ini, peneliti memutuskan untuk menggunakan filamen PLA+ karena dikenal ramah lingkungan, bersifat biodegradable (plastik berbasis bio), memiliki aroma yang tidak mengganggu, serta menawarkan tingkat deformasi lengkung yang rendah dan kualitas cetakan yang unggul dengan formula (C3HO). Untuk meningkatkan kualitas produk sekaligus menekan biaya dalam proses desain dan produksi, peneliti mengadopsi metode Taguchi dengan fokus pada penguatan sifat tarik filamen PLA+ [4].

Metode Taguchi adalah pendekatan teknik inovatif yang dirancang untuk meningkatkan kualitas produk dan proses sekaligus meminimalkan penggunaan sumber daya secara efisien. Metode ini bertujuan mencapai kualitas yang optimal dengan membuat produk atau proses lebih tahan terhadap berbagai faktor gangguan. Faktor-faktor tersebut mencakup material, peralatan produksi, tenaga kerja, dan kondisi operasional, yang semuanya diperlakukan sebagai parameter gangguan [5]. Melakukan analisis terhadap parameter proses yang diuji untuk menentukan nilai optimum menggunakan metode Taguchi L9. Hasil analisis tersebut kemudian dimanfaatkan untuk menarik kesimpulan dari eksperimen atau penelitian yang telah dilakukan [6].

Penelitian ini menerapkan metode Taguchi dengan konsep eksperimen menggunakan L9 (3⁴) Orthogonal Array (OA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter proses yang paling berpengaruh secara berurutan adalah Bed Temperature (92°C), Nozzle Temperature (237°C), dan Layer Thickness (0,22 mm). Hal ini menegaskan bahwa suhu meja, suhu nozzle, dan ketebalan lapisan tetap menjadi faktor utama yang perlu diperhatikan, sejalan dengan hasil eksperimen yang dilakukan oleh penulis [7]. Penelitian yang mengkaji pengaruh parameter terhadap kekuatan tarik dengan menggunakan filamen ASA menghasilkan parameter optimal untuk kekuatan terbaik berdasarkan metode Taguchi, yaitu Nozzle Temperature (240°C), Bed Temperature (50°C), Print Speed (60 mm/s), Cooling Speed (50°C), dan Layer Thickness (0,4 mm). Pada pengujian konfirmasi, kombinasi parameter optimum ini menghasilkan kekuatan tarik sebesar 20,16 MPa. Penelitian

ini menunjukkan bahwa Nozzle Temperature, Bed Temperature, dan Layer Thickness merupakan parameter penting, sehingga penulis memfokuskan pengujian pada ketiga parameter tersebut [8].

Rovi. A, DKK pernah melakukan penelitian tentang kekuatan tarik dari produk 3D *Printing* menggunakan filamen PETG dengan menggunakan parameter proses pengujian tarik yang paling optimal mencakup ketebalan dinding (1,2 mm), suhu *nozzle* (230°C), kecepatan cetak (40 mm/s), ketebalan lapisan (0,24 mm), suhu meja (60°C), laju aliran (80%), dan densitas *infill* (25%). Kombinasi ini menghasilkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 30,1 MPa, suhu *nozzle* 230°C dan suhu meja 60°C menunjukkan parameter yang optimum sesuai parameter yang akan digunakan penulis [9]. Penelitian lain mengenai kekuatan tarik menggunakan filamen PLA+ esun menunjukkan bahwa suhu nozzle dan tipe *infill* concentric adalah yang paling optimal. Penelitian tersebut secara khusus hanya menggunakan tipe *infill* concentric [10]. Penelitian tentang optimasi parameter proses 3D *Printing* terhadap kelengkungan dengan menggunakan Layer Thickness 0,2 menghasilkan kepadatan spesimen yang baik serta fleksibilitas yang memadai, sehingga cocok digunakan dalam pengujian Tarik [11]. Penelitian mengenai nilai parameter proses optimal berdasarkan standar ASTM D638 dengan menggunakan filament PETG menunjukkan bahwa suhu nozzle dan ketebalan lapisan merupakan parameter yang berpengaruh [12]. Penelitian yang menggunakan mesin 3D *Printing* SOVOL SV06 dan filamen PETG SUNLU menunjukkan bahwa suhu nozzle dan ketebalan lapisan mempengaruhi hasil pengujian Tarik [13]. Penelitian yang bertujuan untuk menentukan kekuatan tarik bahan yang digunakan pada printer 3D, yaitu ABS, menemukan bahwa ketebalan lapisan sebesar 0,15mm merupakan yang paling optimal [14]. Berdasarkan analisis hasil uji tarik spesimen ASTM D638-10 tipe 1, diperoleh bahwa parameter suhu cetak sebesar 260°C, ketebalan lapisan 0,12 mm, dan kecepatan cetak maksimal 50 mm/s merupakan hasil yang optimum [15]. Dalam penelitian tentang pengaruh parameter proses pada 3D *printing* terhadap transparansi filamen PETG, nilai transparansi yang paling optimal ditemukan pada spesimen desain faktorial L27 dengan suhu nozzle 250°C dan ketebalan lapisan 0,05 mm [16].

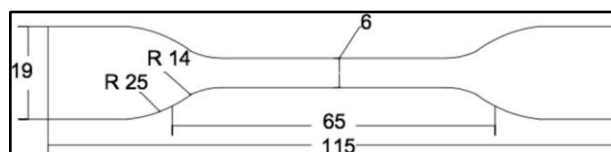
Berdasarkan penelitian sebelumnya yang melibatkan material lain, eksperimen ini difokuskan pada tiga parameter proses dalam pencetakan 3D Printing FDM yang diatur melalui Software Slicing, yaitu suhu nozzle, suhu bed, dan ketebalan lapisan, dengan menggunakan filamen PLA+. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor utama yang dapat menghasilkan hasil optimal sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya, serta memberikan bantuan kepada para praktisi 3D Printing dan industri dalam mengembangkan produk manufaktur plastik.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini harus ditentukan agar proses penelitian berjalan dengan terarah dan fokus pada tujuan akhir yang ingin dicapai. Penelitian dimulai dengan studi literatur, yaitu pencarian referensi yang relevan dengan kasus konflik yang sedang diteliti. Referensi tersebut mencakup berbagai sumber, seperti jurnal, buku, laporan, artikel, dan situs web. Setelah semua alat dan bahan siap, langkah berikutnya adalah menentukan parameter cetak, seperti *Nozzle Temperature*, *Bed Temperature* dan *Layer Thickness*, sebagaimana tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Cetak Desain Taguchi

Exp	Nozzle Temperature (°C)	Bed Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)
1	220	65	0,10
2	220	70	0,15
3	220	75	0,20
4	230	65	0,15
5	230	70	0,20
6	230	75	0,10
7	240	65	0,20
8	240	70	0,10
9	240	75	0,15



Gambar 1. Desain Spesimen Standar Ukuran ASTM D638-IV Type 4

Eksperimen dalam Tabel 1. dirancang menggunakan metode Taguchi, dengan pembuatan spesimen uji yang terdiri dari 9 variasi dan masing-masing direplikasi sebanyak 3 kali. Desain spesimen yang digunakan dalam penelitian ini dengan standar ukuran ASTM D638-IV Type 4 ditunjukkan pada Gambar 1.

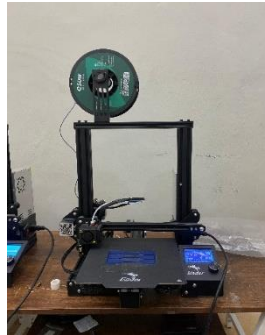
Selanjutnya, file akan diproses menggunakan software Crealty Slicer untuk mempersiapkan desain agar siap dicetak dan diproses oleh mesin 3D Printer. Setelah seluruh tahapan selesai, spesimen uji akan diuji tarik

menggunakan alat uji tarik tipe Zwick Roell guna memperoleh nilai kekuatan tarik.

Alat dan Bahan Penelitian

Mesin 3D Printer Ender dengan volume XYZ 220 mm x 220 mm x 250 mm dan filamen PLA+ dengan diameter 1,75 mm yang

digunakan untuk mencetak spesimen ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin 3D Printer

Spesimen uji hasil dari proses pencetakan mesin 3D Printer Ender seperti pada gambar 3a. Dan kemudian diuji dengan mesin uji tarik untuk

mengetahui kekuatan tarik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin Uji Tarik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari pencetakan spesimen atau benda kerja dengan variasi parameter pada mesin 3D Printing akan dianalisis untuk menentukan nilai hasil uji tariknya.

3.1 Data Hasil Eksperimen

Hasil uji tarik diperoleh melalui pengambilan sampel dan pengujian yang dilakukan sebanyak tiga kali replikasi (R1, R2, dan R3). Selanjutnya, rata-rata dari ketiga replikasi tersebut dihitung, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Rata-Rata Pengujian Tarik

Exp	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Mean Mpa
1	21,4	21,5	23,1	22
2	21,2	21,1	20,5	20,93
3	21,4	20,8	21,8	21,3
4	16,7	17,7	18,9	17,76
5	17,8	17,1	16,2	17,03
6	16,9	18,7	18,1	17,9
7	17,5	17,9	17,2	17,5
8	17,2	16,9	16,9	17
9	18,6	16,9	18,4	17,96

Berdasarkan data eksperimen pada Tabel 3, rata-rata hasil pengujian transparansi yang paling optimal diperoleh pada percobaan

nomor 1. Percobaan ini menghasilkan nilai rata-rata tertinggi sebesar 22 Mpa, dengan parameter *Nozzle Temperature 220°C, Bed*

Temperature 65°C, dan Layer Thickness 0,10 mm.

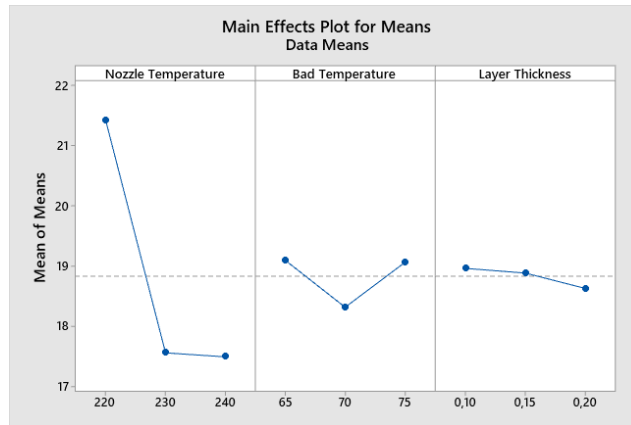
dimasukkan ke dalam software Minitab untuk menghasilkan Mean Plot dan Rasio S/N.

3.2 Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data hasil pengujian dianalisis untuk menentukan konfigurasi parameter proses yang paling optimal dan berpengaruh signifikan terhadap uji tarik menggunakan metode Taguchi. Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis, dimana nilai-nilai hasil pengujian

3.3 Grafik Mean Plot

Berikut ini adalah tampilan *Analyze Taguchi Design* yang menampilkan hasil Rasio *Signal to Noise (S/N)* dan nilai *Mean*. Perhitungan *Mean Plot* disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 4, lengkap dengan hasil perhitungannya.



Gambar 4. Grafik Mean Plot

Berdasarkan data pengujian yang diperoleh, hasil tersebut disajikan secara grafis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Parameter seperti suhu *nozzle*, kecepatan pencetakan,

dan bentuk geometris memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan tarik spesimen uji, menghasilkan nilai tertinggi dan terendah pada setiap pengujian.

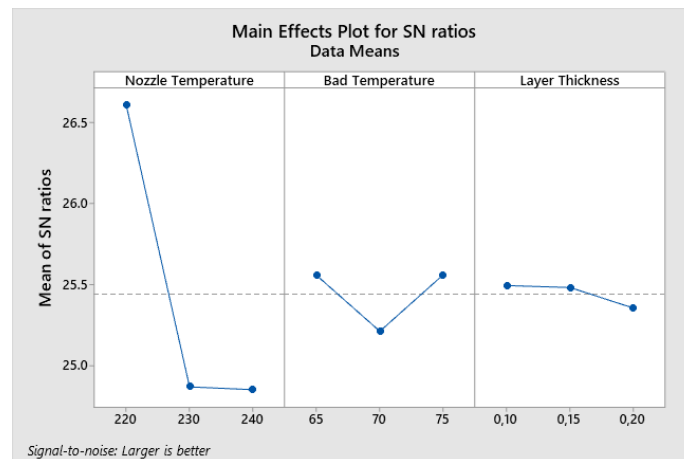
Tabel 3. Mean Plot

Response Table for Means			
Level	Nozzle Temperature	Bad Temperature	Layer Thickness
1	21,42	19,10	18,97
2	17,57	18,32	18,89
3	17,50	19,07	18,63
Delta	3,92	0,78	0,33
Rank	1	2	3

Grafik S/N Rasio

Berdasarkan Tabel 4, parameter proses yang memberikan pengaruh terbesar terhadap kekuatan tarik dalam penelitian ini meliputi suhu nozzle, kecepatan pencetakan, suhu bed, dan kecepatan pendinginan. Dari grafik

yang disajikan, parameter-parameter tersebut menunjukkan dampak signifikan, dengan tingkat faktor optimal ditentukan berdasarkan nilai S/N Ratio. Nilai optimal dari parameter proses mencakup *Nozzle Temperature* 220°C (26,61), *Bad Temperature* 65°C (25,56), dan *Layer Thickness* 0,10 mm (25,49)



Gambar 5. Grafik S/N Rasio

Berdasarkan Gambar 5 dan Tabel 4, parameter proses yang paling optimal untuk kekuatan tarik adalah Suhu Nozzle (220°C),

Suhu Bed (75°C), dan Ketebalan Layer (0,10 mm).

Tabel 4. S/N Rasio

	Nozzle	Bed	Layer
Level	Temperature	Temperature	Thickness
1	26,61	25,56	25,49
2	24,87	25,21	25,48
3	24,85	25,56	25,35
Delta	1,76	0,35	0,14
Rank	1	2	3

4. SIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis dengan metode Taguchi menunjukkan bahwa faktor yang paling memengaruhi kekuatan tarik filamen PLA+ secara berurutan adalah suhu nozzle, suhu bed, dan ketebalan lapisan. Parameter optimal yang didapatkan meliputi suhu nozzle 220°C, suhu bed 65°C, dan ketebalan lapisan 0,10 mm, dengan rata-rata kekuatan tarik dari tiga kali pengujian mencapai 22 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malinda Christiliana¹, P. Y. (2021). Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 1-8.
- [2] Bari, M, H. (2021). Optimasi Parameter Proses 3d Printing Terhadap . Prosiding Seminar Nasional , 171-174.
- [3] Riskullah Dirga Trisaplin¹, Z. S. (2021). Analisis Pada Proses 3d Printer Terhadap Pengujian Tarik Menggunakan Filamen PLA Pro. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*:p-ISSN: 2723 -6609, 2107-2117.
- [4] Wahyudi, H.P. (2021). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik. E-ISSN 2685-8916, 39-45.
- [5] Soejanto, "Desain eksperimen dengan Metode Taguchi," Soejanto, Irwan, vol. 1, p. 1, 2009.
- [6] M. I. F. and P. Hasdiansah, "Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi Pla Food Grade

- Menggunakan Metode Taguchi,”” Prosiding Seminar Nasional NCIET, vol. 1, 2020.
- [7] Ade Ferdiansyah¹, P. B. (2021). Optimasi Parameter Proses 3d Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE Menggunakan Metode Taguchi L9. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, 224-229.
- [8] Saputra¹, W. R. (2023). Pengaruh Parameter Proses terhadap Kuat Tarik Produk Hasil 3d Printing Menggunakan . J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin, 73-78.
- [9] R. Avriansyah, and dkk. (2022). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Filament Polyethylene Terephthalet Glycol. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan, 395-400.
- [10] Z.S.Suzen and dkk, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen PLA+ ESUN," Sungailiat: Manutech, 2020.
- [11] Hadiansah, dkk, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kelengkungan Soft Pneumatic Gripper Dengan Menggunakan Filament Eflex", JRM (Jurnal Rekayasa Mesin), ISSN 2477-6041 articles 9, pp.685 – 692, 2024.
- [12] Duta Sultan Paksi, H. B. (2023). Optimasilisasi Kekuatan Tarik Produk Drone Propeller FDM Dengan Filamen Petg Pada Proses 3d Printing Dengan Metode Response Surface Methodology (RSM). Skripsi yang dipublikasikan, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- [13] Silsa Z. (2022). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament PETG Menggunakan Metode Taguchi. Jurnal Sistem Dan Teknik Industri, 538-545.
- [14] A.Kholil. (2020). Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3D Printing Terhadap Uji Tarik Material ABS. Prosiding Seminar Nasional NCIET, 219-226.
- [15] Felix.K.A.N. (2022). Optimasi Parameter 3D Printing Menggunakan Material PP Daur Ulang pada Spesimen ASTM 638 D 10 type 1 dengan Response Surface Method. Jurnal Teknologi, 82-87.
- [16] Pristiansyah, dkk, "Pengaruh Parameter Proses pada Pencetakan 3d Printing terhadap Transparansi Filamen Petg Menggunakan Metode Taguchi," J-Proteksion Vol. 9 No. 1 Agustus 2024.