Jurnal Ilmiah jurutera
Journal of Applied Engineering
ISSN 2356-5438

Experimental Investigation of Line Width Effects on the Tensile Strength of FDM-Printed PLA Specimens

Faris Ahmad Mizanus Sabri [1], ***Syahiir Kamil***[2], ***Sumawijaya***[3], ***Syamsul Bahri Widodo***[5], ***Taufan Arif Adlie***[6], ***Zainal Arif***[7]

[1,2,3,4,5,6,7] *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:
Dikirim 6 Juni 2025
Direvisi dari 6 Juli 2025
Diterima 30 Nopember 2025
Dipublikasi 30 Desember 2025

***Keywoard's*:**
3D Printer, FDM, PLA+, Ekstrusi

DOI:
doi.org/10.55377/jurutera.v12i02.12351

A B S T R A C T

3D printers of the extrusion type, also known as Fused Deposition Modelling (FDM), are widely used to create products from polymer materials in the desired shapes, such as bricks, holders, toys, and so on. The quality of the printed results is significantly influenced by the process parameters that can be adjusted. This study aims to analyse the effect of the line width parameter on the tensile strength of the prints produced using extrusion-type 3D printers. The specimen design follows the ASTM D638 type IV standard, with variations in the line-width printing parameters: 0.3 mm (P1), 0.4 mm (P2), and 0.5 mm (P3). The specimens were printed in PLA. Testing was conducted on 9 specimens, 3 for each line width parameter (P1, P2, P3), using a Universal Testing Machine. The average tensile strength values obtained were 27.97 MPa (P1), 31.61 MPa (P2), and 30.52 MPa (P3). The highest tensile strength was achieved with a line width of 0.4 mm. The results of the study indicate that the line width parameter affects the tensile strength of the printed results. Determining appropriate printing parameters can improve the quality of the printed product.

A B S T R A K

3D Printer jenis ekstrusi atau dikenal dengan Fused Deposition Modeling (FDM) saat ini banyak digunakan untuk membuat produk yang terbuat dari bahan polimer sesuai dengan bentuk yang kita inginkan seperti briket, holder, mainan, dan sebagainya. Kualitas hasil cetak sangat dipengaruhi oleh parameter proses yang dapat kita atur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh parameter line width terhadap kekuatan tarik dari hasil cetak menggunakan 3D Printer jenis ekstursi. Desain spesimen menggunakan standar ASTM D638 tipe IV dengan variasi parameter cetak line width 0.3 mm (P1), 0.4 mm (P2), dan 0.5 mm (P3). Spesimen dicetak menggunakan material PLA. Pengujian dilakukan terhadap 9 spesimen yang terdiri dari 3 spesimen untuk setiap variasi parameter line width (P1, P2, P3) menggunakan Universal Testing Machine. Nilai kekuatan tarik rata-rata didapatkan sebesar 27.97 MPa (P1), 31.61 MPa (P2), 30.52 MPa (P3). Kekuatan tarik tertinggi didapatkan pada spesimen dengan line width 0.4 mm. Hasil penelitian menunjukkan parameter line width mempengaruhi kekuatan tarik dari hasil cetak. Penentuan parameter cetak yang sesuai dapat menghasilkan kualitas produk hasil cetak yang lebih baik.

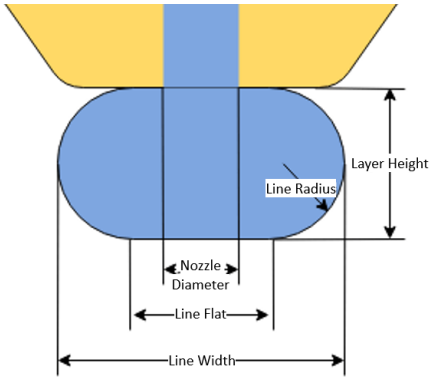
© 2025 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

E-mail Coresponden : farisahmadmizanus@unsam.ac.id
© 2025 ISSN. 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi pencetakan 3D telah mengalami perkembangan yang pesat dan menjadi salah satu metode yang paling inovatif dalam pembuatan produk [1]. Salah satu jenis teknologi pencetakan 3D yang paling umum digunakan adalah Fused Deposition Modeling (FDM), yang memanfaatkan proses ekstrusi filamen untuk membentuk objek tiga dimensi [2]. Teknologi ini banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk industri manufaktur, desain produk, dan bahkan dalam bidang medis.

Kualitas hasil cetak dari proses FDM sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti ketinggian layer, suhu nozzle, kecepatan cetak, dan lebar garis (line width). Parameter proses pencetakan memainkan peran penting dalam menentukan kekuatan dan integritas struktural dari produk yang dihasilkan [3-14]. Parameter line width umumnya akan mengikuti diameter nozzle, namun parameter tersebut dapat dirubah pada saat melakukan slicing. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter line width terhadap kekuatan tarik dari hasil cetak menggunakan 3D Printer jenis ekstrusi. Ilustrasi parameter line width dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Parameter proses ekstrusi pada nozel 3D Printer

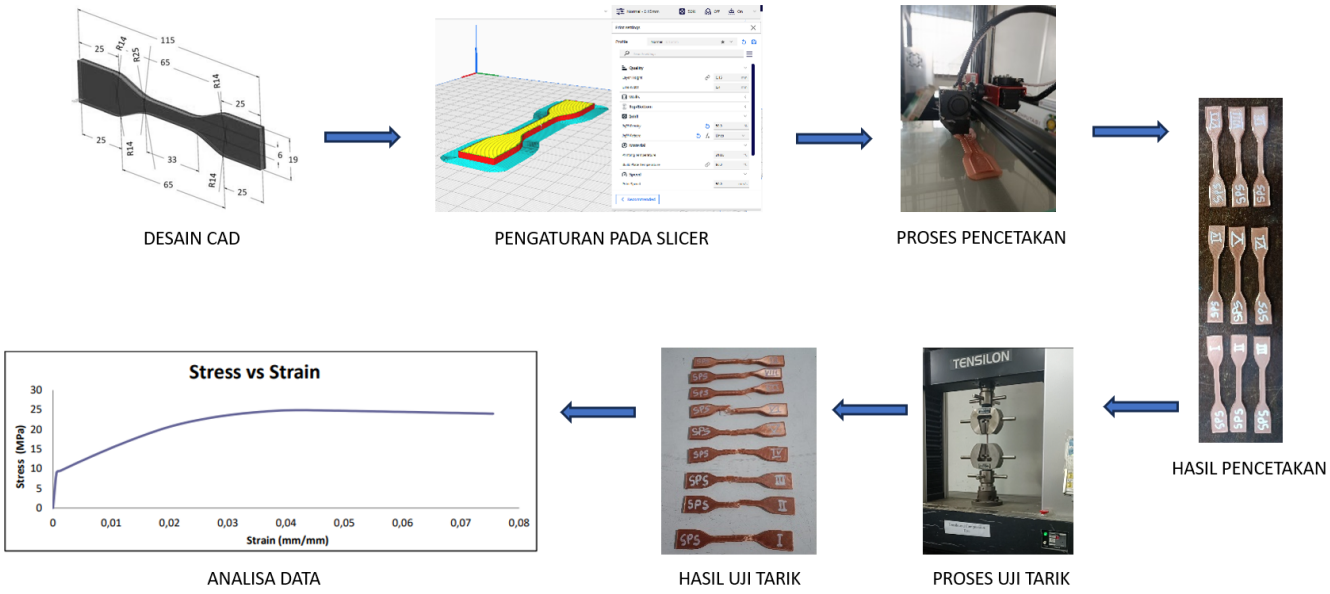
Dalam penelitian ini, spesimen akan dirancang berdasarkan standar ASTM D638 tipe IV dengan variasi line width 0,3 mm, 0,4 mm, dan 0,5 mm. Pengujian kekuatan tarik akan dilakukan untuk mengevaluasi performa spesimen yang dihasilkan. Dengan memahami pengaruh parameter line width terhadap kekuatan tarik, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pencetakan 3D dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan parameter pencetakan yang optimal untuk meningkatkan kualitas dan performa spesimen, serta memberikan wawasan lebih dalam mengenai interaksi antara parameter proses dan hasil cetak. Penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi bagi praktisi dan peneliti di bidang pencetakan 3D dalam memilih parameter yang tepat untuk aplikasi spesifik.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dimana peneliti melakukan pencetakan spesimen menggunakan 3D Printer dan hasil cetak di uji menggunakan Universal Testing Machine (UTM) untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik. Spesimen didesain terlebih dahulu menggunakan software CAD berdasarkan standar ASTM D638 tipe IV. Hasil desain spesimen kemudian di convert menjadi format

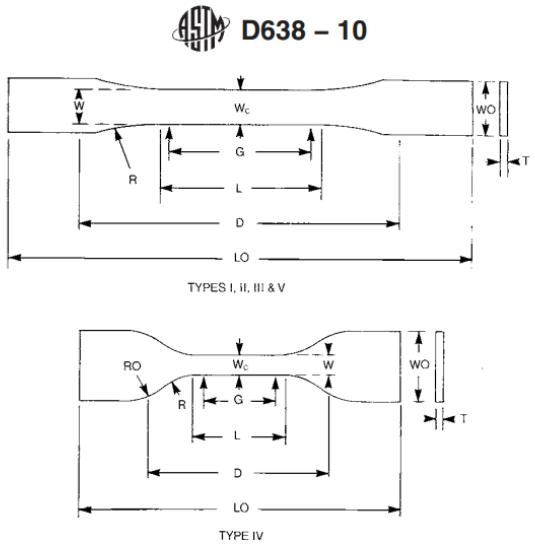
.stl untuk diproses pada software slicer. Pada software slicer akan ditentukan parameter proses pencetakan yang kemudian akan menghasilkan G-Code untuk 3D Printer yang digunakan. 3D Printer melakukan proses pencetakan berdasarkan G-Code yang telah disiapkan untuk masing-masing spesimen. Spesimen hasil cetak 3D Printer kemudian dilakukan uji tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik. Skema penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Skema penelitian

2.1. Desain eksperimen

Desain spesimen dihasilkan menggunakan software CAD dengan ketentuan ukuran berdasarkan standar ASTM D638 tipe IV yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Spesimen ini didesain khusus untuk melakukan uji tarik terhadap material jenis polimer.

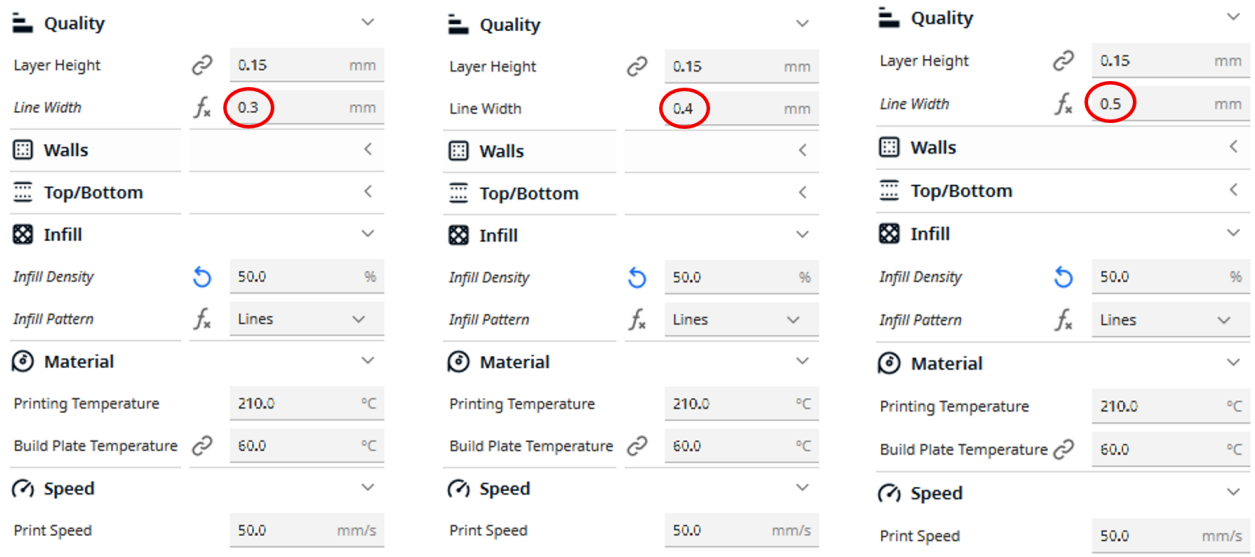


Dimensions (see drawings)	Specimen Dimensions for Thickness, *T*, mm (in.)[A]					Tolerances
	7 (0.28) or under		Over 7 to 14 (0.28 to 0.55), incl	4 (0.16) or under		
	Type I	Type II	Type III	Type IV[B]	Type V[C,D]	
W—Width of narrow section[E,F]	13 (0.50)	6 (0.25)	19 (0.75)	6 (0.25)	3.18 (0.125)	±0.5 (±0.02)[B,C]
L—Length of narrow section	57 (2.25)	57 (2.25)	57 (2.25)	33 (1.30)	9.53 (0.375)	±0.5 (±0.02)[C]
WO—Width overall, min[G]	19 (0.75)	19 (0.75)	29 (1.13)	19 (0.75)	...	+ 6.4 (+ 0.25)
WO—Width overall, min[G]	...	...	...	...	9.53 (0.375)	+ 3.18 (+ 0.125)
LO—Length overall, min[H]	165 (6.5)	183 (7.2)	246 (9.7)	115 (4.5)	63.5 (2.5)	no max (no max)
G—Gage length[I]	50 (2.00)	50 (2.00)	50 (2.00)	...	7.62 (0.300)	±0.25 (±0.010)[C]
G—Gage length[I]	...	...	...	25 (1.00)	...	±0.13 (±0.005)
D—Distance between grips	115 (4.5)	135 (5.3)	115 (4.5)	65 (2.5)[J]	25.4 (1.0)	±5 (±0.2)
R—Radius of fillet	76 (3.00)	76 (3.00)	76 (3.00)	14 (0.56)	12.7 (0.5)	±1 (±0.04)[C]
RO—Outer radius (Type IV)	...	...	...	25 (1.00)	...	±1 (±0.04)

Gambar 3. Spesifikasi dimensi spesimen ASTM D638

File CAD specimen di convert menjadi format .stl untuk diproses pada software slicer Ultimaker Cura. Parameter proses line width menjadi variabel bebas pada penelitian ini dengan variasi P1 = 0.3 mm, P2 = 0.4 mm, dan P3 = 0.5 mm. Parameter proses lainnya yang menjadi variabel kontrol ditentukan dengan pengaturan standar dari slicer Cura. Pengaturan pada slicer Cura menghasilkan G-Code untuk spesimen P1, P2, dan P3 yang siap dicetak menggunakan 3D Printer. Konfigurasi parameter proses cetak dapat dilihat pada **Gambar 4**.

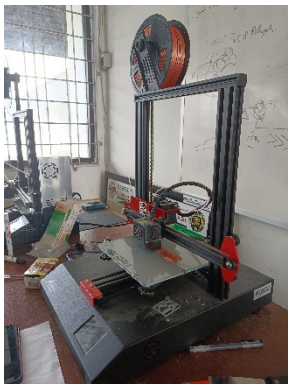
Masing-masing G-Code (P1, P2, dan P3) akan dicetak sebanyak 3 spesimen, sehingga total spesimen yang dicetak menggunakan 3D Printer sebanyak 9 spesimen. Spesimen hasil cetak 3D Printer kemudian dilakukan uji tarik menggunakan Universal testing machine dengan pengaturan *test speed* 5 mm/min.



Gambar 4. (a) Konfigurasi P1, **(b)** Konfigurasi P2, **dan (c)** Konfigurasi P3

2.2. Alat dan bahan

Pencetakan spesimen dilakukan menggunakan 3D Printer Anet ET4 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 5**. Spesifikasi 3D Printer Anet ET4 menggunakan nozzle 0.4 mm dengan ukuran bed 220 x 220 mm.



Gambar 5. 3D Printer Anet ET4
(Sumber : Foto Penelitian)

Uji tarik spesimen hasil cetak 3D Printer dilakukan menggunakan Universal testing machine – Tensilon TF-1350 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Tensilon TF memiliki kapasitas jangkauan mulai dari 1 kN hingga 300 kN dengan akurasi pengukuran beban yaitu ± 0.5% dan akurasi *stroke* (kecepatan *crosshead*) yaitu ± 0.1%.



Gambar 6. Universal testing machine – Tensilon TF-1350
(Sumber : Foto Penelitian)

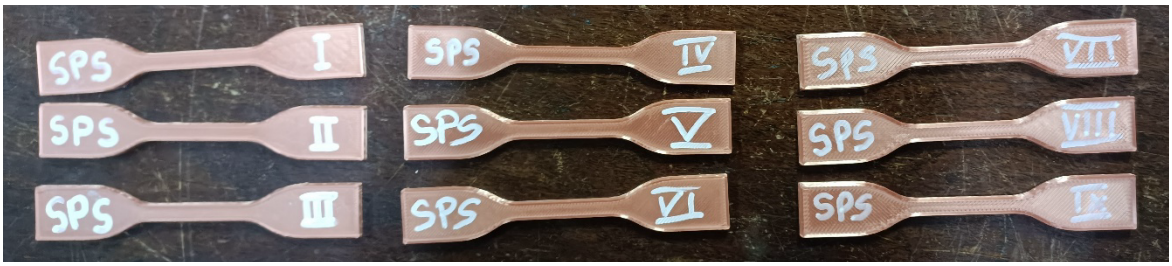
Material spesimen yang dicetak menggunakan Filamen *Polylactid Acid* (PLA) merek SUNLU dengan diameter 1.75 mm. Spesifikasi material dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. PLA SUNLU
(Sumber : Foto Penelitian)

3. Hasil dan Pembahasan

Spesimen telah berhasil dicetak menggunakan 3D Printer Anet ET4 dengan hasil yang memuaskan tanpa kecacatan seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 8**. Spesimen yang telah dicetak terdiri dari 3 spesimen P1, 3 spesimen P2, dan 3 spesimen P3. Spesimen hasil cetak telah dilakukan uji tarik dan didapatkan data kekuatan tarik untuk masing-masing spesimen. Spesimen yang telah dilakukan uji tarik dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Spesimen hasil cetak 3D Printer Anet ET4
(Sumber : Foto Penelitian)



Gambar 9. Spesimen yang telah diuji tarik
(Sumber : Foto Penelitian)

Hasil uji tarik pada 9 spesimen telah ditabulasi pada Tabel 1. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekuatan tarik spesimen P1 rata-rata sebesar 27,97 MPa, spesimen P2 rata-rata 31,61 MPa, dan spesimen P3 rata-rata 30,52 MPa. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen P2, artinya parameter line width 0,4 mm meghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik daripada line width 0,3 mm dan 0,5 mm.

Tabel 1. Hasil pengujian nilai panjang

No.	Kekuatan Tarik (MPa)		
	P1	P2	P3
1	28,32	32,06	31,39
2	28,59	31,05	30,01
3	27,01	31,71	30,16
Rata-rata	**27,97**	**31,61**	**30,52**

Analisis hasil uji tarik menunjukkan bahwa spesimen P2, yang dicetak dengan parameter line width 0,4 mm, memiliki kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan spesimen P1 dan P3. Hal ini dapat dijelaskan oleh kesesuaian antara ukuran line width dan ukuran nozzle yang digunakan, yaitu 0,4 mm. Ketika line width disetel lebih kecil, seperti pada spesimen P1 dengan line width 0,3 mm, keluaran filamen dari nozzle menjadi tidak optimal, yang dapat menyebabkan pengisian yang tidak merata dan mengurangi integritas struktural spesimen. Sebaliknya, jika line width disetel lebih besar, seperti pada spesimen P3 dengan line width 0,5 mm, dapat terjadi kelebihan material yang mengakibatkan penumpukan filamen dan potensi distorsi pada lapisan cetak. Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut untuk memahami secara mendalam bagaimana variasi line width mempengaruhi aliran filamen dan interaksi antar lapisan, serta untuk menentukan parameter pencetakan yang paling efisien untuk mencapai kekuatan tarik yang optimal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa spesimen yang dicetak menggunakan 3D Printer Anet ET4 menunjukkan hasil yang memuaskan tanpa adanya kecacatan. Uji tarik yang dilakukan pada sembilan spesimen, yang terdiri dari tiga kelompok spesimen P1, P2, dan P3, menunjukkan perbedaan signifikan dalam kekuatan tarik antar spesimen. Spesimen P2, yang dicetak dengan parameter line width 0,4 mm, memperoleh nilai kekuatan tarik tertinggi rata-rata sebesar 31,61 MPa. Penelitian ini menunjukkan pentingnya pengaturan parameter pencetakan dalam proses 3D printing untuk meningkatkan kualitas dan performa spesimen. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi pengaruh variasi parameter lainnya dan untuk mengoptimalkan proses pencetakan guna mencapai hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Su and S. J. Al'Aref, *History of 3D printing*. Elsevier Inc., 2018. doi: 10.1016/B978-0-12-803917-5.00001-8.

[2] ISO/ASTM52900-15, "Standard Terminology for Additive Manufacturing – General Principles – Terminology (ASTM52900)," *International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland*, vol. i, 2015.

[3] L. Auffray, P. A. Gouge, and L. Hattali, "Design of experiment analysis on tensile properties of PLA samples produced by fused filament fabrication," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 118, no. 11–12, pp. 4123–4137, 2022, doi: 10.1007/s00170-021-08216-7.

[4] G. D. Lim, M. J. Abd Latif, M. R. Alkahari, M. S. Yob, S. Thapliyal, and L. R. Threemurty, "Optimization Of Tensile Strength And Processing Time Using Pcr-Topsis Method For Fdm Process," *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 14, no. 3, pp. 1–14, 2020.

[5] M. Mani, A. G. Karthikeyan, K. Kalaiselvan, P. Muthusamy, and P. Muruganandhan, "Optimization of FDM 3-D printer process parameters for surface roughness and mechanical properties using PLA material," *Mater Today Proc*, vol. 66, pp. 1926–1931, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.05.422.

[6] A. Alafaghani and A. Qattawi, "Investigating the effect of fused deposition modeling processing parameters using Taguchi design of experiment method," *J Manuf Process*, vol. 36, no. December, pp. 164–174, 2018, doi: 10.1016/j.jmapro.2018.09.025.

[7] S. Maurya, B. Malik, P. Sharma, A. Singh, and R. Chalisgaonkar, "Investigation of different parameters of cube printed using PLA by FDM 3D printer," *Mater Today Proc*, vol. 64, pp. 1217–1222, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.700.

[8] V. B. Nidagundi, R. Keshavamurthy, and C. P. S. Prakash, "Studies on Parametric Optimization for Fused Deposition Modelling Process," *Mater Today Proc*, vol. 2, no. 4–5, pp. 1691–1699, 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.097.

[9] J. Singh, K. Kumar Goyal, and R. Kumar, "Effect of filling percentage and raster style on tensile behavior of FDM produced PLA parts at different build orientation," *Mater Today Proc*, vol. 63, pp. 433–439, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.03.444.

[10] T. Lieneke, V. Denzer, G. A. O. Adam, and D. Zimmer, "Dimensional Tolerances for Additive Manufacturing: Experimental Investigation for Fused Deposition Modeling," *Procedia CIRP*, vol. 43, pp. 286–291, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.02.361.

[11] N. Lokesh, B. A. Praveena, J. Sudheer Reddy, V. K. Vasu, and S. Vijaykumar, "Evaluation on effect of printing process parameter through Taguchi approach on mechanical properties of 3D printed PLA specimens using FDM at constant printing temperature," *Mater Today Proc*, vol. 52, pp. 1288–1293, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.11.054.

[12] V. Wankhede, D. Jagetiya, A. Joshi, and R. Chaudhari, "Experimental investigation of FDM process parameters using Taguchi analysis," *Mater Today Proc*, vol. 27, pp. 2117–2120, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.09.078.

[13] P. Patil, D. Singh, S. J. Raykar, and J. Bhamu, "Multi-objective optimization of process parameters of Fused Deposition Modeling (FDM) for printing Polylactic Acid (PLA) polymer components," *Mater Today Proc*, vol. 45, pp. 4880–4885, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.01.353.

[14] F. A. M. Sabri, M. Sabri, Q. A. D. Syahfitri, and E. B. H. Sinulingga, "FDM 3D Printer Parametric Process Optimization of Creality Ender 3 3D Printer for Dimensional Accuracy Printing Quality Using PLA+ (Polylactid Acid) Material," *Lecture notes in mechanical engineering*, pp. 569–577, Jan. 2025, doi: https://doi.org/10.1007/978-981-97-7898-0_64.