

Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi

Wahyudi Hafizi Pratama*, Hasdiansah, Husman

Teknik Mesin & Manufaktur, Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

*Wyudi3064@gmail.com

Abstract

FDM (Fused Deposition Modeling) is one of the methods often used by researchers in 3D printing technology which is used to print filaments products as a materials, due to the easy technique for 3D printing with relatively low production costs. One of the materials that can be processed in a 3D printing machine ia PLA+. Research in tensile testing has been done on PLA and ABS filaments. Meanwhile, tensile testing using PLA+ filaments is still rarely done. From these problems, research is needed to get the optimal process parameters on the 3D printing machine to get the highest tensile strenght value using PLA+ filaments. This research uses the taguchi method, carried out on a PRUSA area model FDM 3D Printing machine with dimensions of 300mm x 300mm x 350mm using a nozzle size of 0.4mm. The material used is PLA + Esun filament with a diameter of 1.75 mm with a variety of printing speed parameters (30 mm/s, 35 mm/s, 40 mm/s, 45 mm/s, 50 mm/s), nozzle temperature (195⁰C, 200⁰C, 205⁰C, 210⁰C, 215⁰C), layer thickness (0.10mm, 0.15mm, 0.20mm, 0.25mm, 0.30mm), cooling speed (20%, 40%, 60%, 80%, 100%), orientation (0⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰, 90⁰) which will be determined in ideamaker 3.6.1 to produce 75 printed samples. This research aims to determine the optimal tensile strength value. From the research results there is an optimal tensile strength value, namely in experiment 10 with the parameter values of printing speed (35 mm/s), Nozzle Temperature (215⁰C), Layer Thickness (0.10mm), Cooling speed (20%), and Orientation (45⁰). with a tensile strength value of 48.1 MPa from 3 replications.

Keywords : 3D Printing, FDM, tensile strenght, taguchi method, Esun PLA +

1.PENDAHULUAN

Baru-baru ini teknologi *Rapid Prototyping* (RP), terutama pada pencetakan tiga dimensi (*3D Printing*), telah berhasil digunakan di banyak aspek. Teknologi *3D Printing* memiliki masa depan yang cerah, serta teknologi *rapid prototyping* masih terus berkembang menjadi teknologi yang bersifat support bagi bidang lain yang mendukung manusia untuk kemajuan teknologi yang 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 metode yang sering digunakan peneliti pada teknologi *3D Printing* adalah Teknik FDM (Fused Deposition Modelling), dikarenakan teknik mudah untuk mencetak 3D, dengan biaya produksi yang terbilang murah, dan material filamen juga sudah banyak dijual dipasaran. Teknologi FDM (Fused Deposition Modelling) juga memiliki kelemahan karena teknologi ini menggunakan proses building per layer sehingga hasil

cetak sangat mudah terlihat garis yang menunjukkan batas antar layer, sehingga perlu proses finishing agar mendapatkan permukaan yang halus. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan bahan filament Esun PLA + karena reputasi lingkungan yang hijau, biocompostability (*bio-based plastic*), aroma yang menyenangkan serta deformasi lengkung yang rendah dan kualitas bagian printed yang sangat baik dengan formula (C3H₆O). Untuk meningkatkan kualitas produk dan menurunkan biaya dalam desain dan pembuatan produk, peneliti menggunakan metode taguchi, metode ini berfokus pada kekuatan tarik filament Esun PLA + [1].

Dimana penelitian Suzen. 2020 yang menggunakan filamen Esun PLA + melakukan penelitian mengenai pengaruh tipe infill dan temperature nozzle terhadap kekuatan tarik produk 3D printing filamen PLA+ Esun, didapat nilai kekuatan tarik yang bervariasi terhadap temperature nozzle 205⁰C, 215⁰C, dan 225⁰C dengan 13 *type infill* yang berbeda yaitu *Grid, Lines, Triangles, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D dan Gyroid*. Berdasarkan data hasil pengujian bentuk geometri *infill* dan *temperature nozzle* memiliki pengaruh pengaruh besar terhadap kekuatan tarik spesimen uji, sehingga nilai pengujian tertinggi dan terendah pada setiap temperature spesimen dapat diketahui. Pada *temperature nozzle* 215⁰C menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada *infill type concentric* yaitu 43,20 Mpa dan *temperature nozzle* 225⁰C memiliki kekuatan tarik 38,10 Mpa. Sedangkan pada *temperature nozzle* 205⁰C *infill Triangles* dan *Gyroid* memiliki kekuatan tarik 33,30 Mpa [2].

Pengaruh *layer thickness* dan orientasi 3D printing terhadap uji tarik material ABS hasil pengujian tarik dari ke 6 spesimen didapat nilai tegangan tarik yaitu sebesar 21,56 Mpa terdapat pada spesimen AO.25 dan pada spesimen lateral nilai terbesar yaitu 20,78 Mpa terdapat pada spesimen LO.25. dari keseluruhan yang memiliki nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada spesimen AO.25 [3]

Adriyansyah, 2018 menjelaskan tentang optimasi parameter proses 3D *printing* terhadap kuat tarik filamen *Polylactic Acid* menggunakan metode taguchi, dimana hasil pengujian tarik tertinggi pada spesimen nomor 6 dengan (temperature ekstruder 200⁰C, temperature meja 65⁰C, *layer thickness* 0,1 mm, dan kecepatan deposisi 60 mm/s), memiliki nilai kuat tarik dengan nilai 18,7 Mpa sedangkan nilai kuat tarik terendah yaitu pada spesimen nomor 3 dengan (temperature ekstruder 190⁰C, temperature meja 65⁰C, *layer thickness* 0,3 mm, dan kecepatan deposisi 70 mm/s), memiliki nilai kuat tarik dengan nilai 16,1 Mpa. Masing-masing parameter dihitung tingkat pengaruhnya terhadap nilai kuat tarik spesimen hingga didapatkan parameter optimum yaitu suhu ekstrusi 200⁰C, suhu bed 55⁰C, ketinggian lapisan 0,1 mm serta *feed rate* 50 mm/s [4].

Sutanto, 2016 dalam penelitiannya tentang tentang pengaruh orientasi objek pada poses rapid prototyping 3D *printing* terhadap kekuatan tarik material polymer, yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi bahan polymer PLA yang tertinggi adalah sebesar 14,97 N/mm² yang terjadi pada proses 3D *printing* dengan posisi orientasi spesimen horizontal. Selain itu orientasi posisi spesimen memberi pengaruh terhadap karakteristik material yang dihasilkan [5].

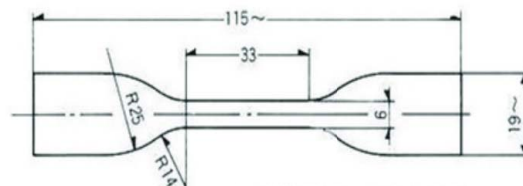
Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan filamen Esun PLA+ yang akan dilakukan pencarian nilai optimum dari *Printing speed* (30mm/s, 35mm/s, 40mm/s, 45mm/s, dan 50mm/s.), *Temperature nozzle* (195⁰, 200⁰, 205⁰, 210⁰, dan 215⁰), *Layer thicness* (0,10mm, 0,15mm, 0,20mm, 0,25mm, dan 0,30mm), *Cooling speed* (20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%), dan Orientasi (0⁰, 30⁰, 45⁰, 60⁰, dan 90⁰). Untuk mengetahui faktor mana yang paling ideal untuk meningkatkan kualitas dari filamen

Esun PLA+. Penelitian ini menggunakan metode taguchi, karena metode Taguchi dapat membantu meningkatkan kualitas produk dan sumber daya seminimal mungkin. Metode ini dipilih untuk berfokus pada kekuatan tarik filamen Esun PLA+ [6].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Objek Penelitian

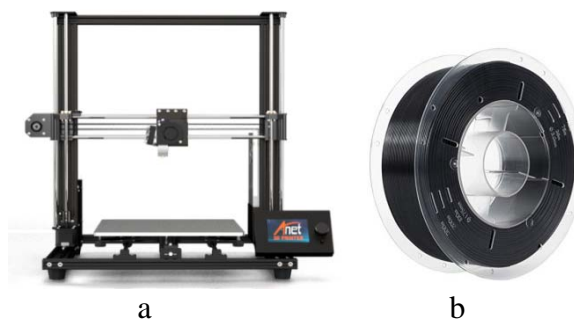
Objek penelitian dilakukan pada mesin 3D *Printing* XYZ dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 350 mm dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan *fillament* PLA + dengan diameter 1,75 mm. Desain objek dibuat menggunakan *software* gambar dengan bentuk berdasarkan spesimen pengujian pada gambar 1.



Gambar 1. Dimensi dan bentuk spesimen uji

2.2 Alat dan Bahan

1. Mesin 3D *Printing* Anet 8 plus pro dengan volume XYZ 300 mm x 300 mm x 350 mm seperti gambar 2a dan fillamen PLA + dengan diameter 1,75 mm yang digunakan untuk mencetak spesimen ditunjukkan pada gambar 2b.



Gambar 2.a. mesin 3D Printer, b. Filamen PLA +

2. Spesimen uji hasil dari proses pencetakan mesin 3D Printer Anet 8 plus pro seperti gambar 3a. Dan kemudian di uji dengan mesin uji tarik untuk mengetahui kekuatan tariknya seperti pada gambar 3b.



Gambar 3. a. Spesimen uji, b. Mesin uji tarik (*zwick roell*)

2.3 Prosedur Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan persiapan mesin 3D *Printing*, filamen PLA+, *software* ideamaker 3.6.1 dan *software* gambar. Semua alat dan bahan yang berhubungan dengan penelitian ini akan disiapkan dengan sebaik mungkin supaya proses penelitian ter-arah. Setelah alat dan bahan sudah dipersiapkan selanjutnya akan dilakukan penentuan parameter cetak seperti, *Printing speed*, *Nozzle temperature*, *Layer thickness*, *Cooling speed*, dan Orientasi seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter cetak Desain Taguchi L₂₅ (O^A)

Exp. No	Printing speed (mm/s)	Nozzle Temperature (°c)	Layer Thickness (mm)	Cooling speed (%)	Orientasi (°)
1	30	195	0,10	20	0
2	30	200	0,15	40	30
3	30	205	0,20	60	45
4	30	210	0,25	80	60
5	30	215	0,30	100	90
6	35	195	0,15	60	60
7	35	200	0,20	80	90
8	35	205	0,25	100	0
9	35	210	0,30	20	30
10	35	215	0,10	40	45
11	40	195	0,20	100	30
12	40	200	0,25	20	45
13	40	205	0,30	40	60
14	40	210	0,10	60	90
15	40	215	0,15	80	0
16	45	195	0,25	40	90
17	45	200	0,30	60	0
18	45	205	0,10	80	30
19	45	210	0,15	100	45
20	45	215	0,20	20	60
21	50	195	0,30	80	45
22	50	200	0,10	100	60
23	50	205	0,15	20	90
24	50	210	0,20	40	0
25	50	215	0,25	60	30

Selanjutnya file diproses pada *software* ideamaker 3.6.1, dimana tujuan dari proses ini adalah agar desain yang disiapkan dapan dibuat dan diproses oleh mesin 3D *Printing*. Setelah semua proses selesai, maka akan dilakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik (*zwick roell*), untuk mengetahui nilai kekuatan tarik dari spesimen uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Hasil dari pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter-parameter proses yang terdapat pada mesin 3D *Printing*. Adapun parameter

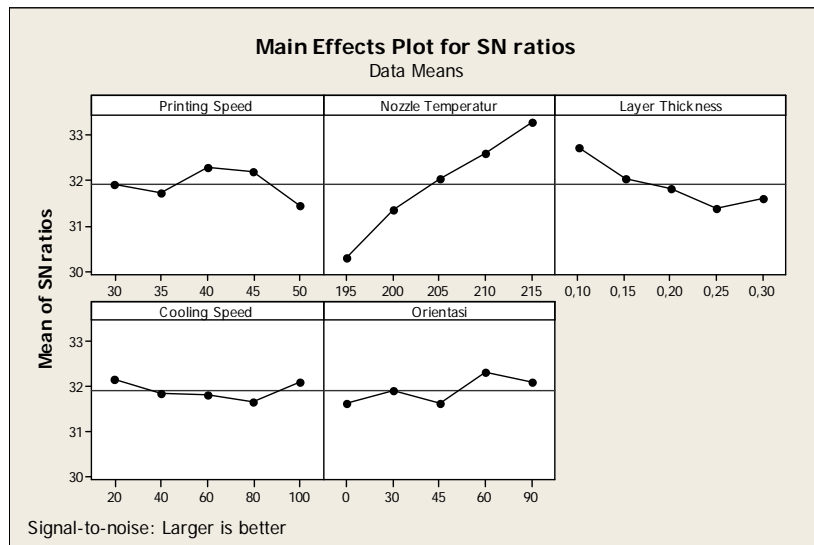
yang berpengaruh pada kekuatan tarik adalah *Nozzle temperature*, *Layer thickness*, *Printing speed*, Orientasi, dan *Cooling speed*. Berikut merupakan hasil dari pengujian kekuatan tarik pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai kuat tarik L_{25}

Exp	Printing speed (mm/s)	Nozzle temperature ($^{\circ}$ C)	Layer Thickness (mm)	Cooling speed (%)	Orientasi ($^{\circ}$)	Replikasi 1 MPa	Replikasi 2 MPa	Replikasi 3 MPa
1	30	195	0,10	20	0	36.2	37.0	33.0
2	30	200	0,15	40	30	34.6	33.8	35.8
3	30	205	0,20	60	45	40.4	38.3	39.5
4	30	210	0,25	80	60	41.2	39.5	43.5
5	30	215	0,30	100	90	46.7	46.7	48.9
6	35	195	0,15	60	60	34.8	33.5	34.5
7	35	200	0,20	80	90	35.1	37.6	36.3
8	35	205	0,25	100	0	34.1	33.7	33.9
9	35	210	0,30	20	30	44.0	43.7	42.1
10	35	215	0,10	40	45	49.3	47.4	47.8
11	40	195	0,20	100	30	35.4	35.3	34.2
12	40	200	0,25	20	45	36.2	37.3	37.4
13	40	205	0,30	40	60	40.5	42.5	40.9
14	40	210	0,10	60	90	46.7	43.9	47.3
15	40	215	0,15	80	0	47.0	49.4	47.0
16	45	195	0,25	40	90	33.1	32.7	35.3
17	45	200	0,30	60	0	36.4	35.9	35.1
18	45	205	0,10	80	30	44.9	45.2	45.4
19	45	210	0,15	100	45	44.0	43.3	43.3
20	45	215	0,20	20	60	46.8	47.7	47.5
21	50	195	0,30	80	45	26.1	27.0	25.7
22	50	200	0,10	100	60	42.5	43.7	42.3
23	50	205	0,15	20	90	41.5	41.9	39.3
24	50	210	0,20	40	0	38.9	41.0	37.9
25	50	215	0,25	60	30	41.4	39.3	40.1

3.2. Perhitungan Respon Signal to Noise

Dari data yang telah diperoleh dapat dicari nilai dari rasio S/N pada tiap parameter dengan karakteristik *large the better* dan berikut hasil perhitungan respon dapat dilihat pada gambar 4 dan tabel 3.



Gambar 4. Plot rasio S/N untuk respon kekuatan tarik

Tabel 3. Rasio S/N respon kekuatan tarik

Level	Printing speed (mm/s)	Nozzle Temperature (°C)	Layer Thickness (mm)	Cooling Speed (%)	Orientasi (°)
1	31,90	30,29	32,71	32,15	31,61
2	31,71	31,35	32,02	31,84	31,92
3	32,27	32,03	31,80	31,80	31,61
4	32,20	32,58	31,38	31,65	32,29
5	31,44	33,27	31,60	32,08	32,08
Delta	0,83	2,98	1,33	0,50	0,68
Rank	3	1	2	5	4

Berdasarkan gambar 4 dan tabel 3 diperoleh urutan parameter yang paling berpengaruh terhadap respon adalah *Nozzle temperature* adalah pengaruh yang pertama dikarenakan jika tingkat suhu *nozzle* ditambah maka aliran filamen yg keluar juga semakin banyak dan laju alirannya semakin besar. *Layer thickness* merupakan pengaruh yang kedua dimana jika ditingkatkan maka ketebalan filamen yang diekstrusikan semakin tebal dan proses pencetakan nya semakin cepat, akan tetapi nilai kekuatannya semakin lemah. *Printing speed* merupakan pengaruh yang ketiga kecepatan alur pencetakan tergantung dari *printing speed* apabila *printing speed* ditingkatkan maka proses pencetakan akan semakin cepat, akan tetapi jika tetapi spesimen yang dihasilkan tidak terisi penuh oleh aliran filamen. Orientasi merupakan pengaruh yang keempat parameter ini bisa mengatur posisi cetak spesimen sesuai dengan derajat yang ditentukan. dan *Cooling speed* merupakan pengaruh yang kelima pada saat *nozzle* melakukan ekstrusi yang mengakibatkan suhu *nozzle* panas, *cooling speed* dapat menjaga suhu *nozzle* agar tetap terjaga pada level yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh setting parameter terbaik dalam menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi adalah 215°C untuk *nozzle temperature*, 0,10 mm untuk *layer thickness*, 35 mm/s untuk *printing speed*, 45° untuk orientasi dan 40% untuk *cooling speed*.

4. KESIMPULAN

Nilai kekuatan tarik yang paling kuat diantara Parameter Taguchi L25 OAYaitu pada eksperimen ke 10 dengan *printing speed* (35), *nozzle temperature* (215), *layer thickness* (0,10), *cooling speed* (20), &orientasi(45), dengan kekuatan tarik dari 3 replikasi sebesar 48,1 MPa. Pada hasil pengujian tarik urutan faktor yang paling berpengaruh terhadap filamen Esun PLA+ adalah *nozzle temperature*, *layer thickness*, *printing speed*, orientasi dan *cooling speed*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Yolanda , Djami, S., & Lubis, S. (2016). Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3D Printing Bahan Polyner PLA dan ABS Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketelitian Dimensi Produk. *SINERGI Vol. 20, No. 1, Februari 2016*, 1-9.
- [2]. Suzen, Z. S., Hasdiansah, & Yulianto. (2020). Pengaruh Tipe Infil Dan Temperature Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla + Esun. *Manutech*, 1-8.
- [3]. Kholil, A., Afi, F., & Syaefudin, E. A. (2020). Pengaruh layer thickness dan orientasi 3D Printing terhadap uji tarik material ABS. *NCIET*, 1-8.
- [4]. Andriyansyah, D., Herianto, & Purfaji. (2018). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi. *Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta 55281 Indonesia* , 8.
- [5]. Sutanto. Lubis, D. (2016). Pengaruh Posisi Orientasi Objek Pada Proses Rapid Prototyping 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Materal Polymer. *SINERGI Vol.20, No.3, Oktober 2016: 229-238*, 1-10.
- [6]. Soejanto, I. (2009). *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta; Graha Ilmu.