E -ISSN : 2746-0835
Volume 5 No 3 (2024) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)

STUDI PENGOPTIMALAN PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN PLA+ DENGAN PENDEKATAN METODE TAGUCHI

Rohmat[1], Dianda Aryntya Firia Ferlania[2], Ishlahuddin Abdullah[3]
[123]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi dan Pendidikan,
Universitas Muhammadiyah Lamongan,
Jl. Raya Plalangan, Plosowahyu, Lamongan Indonesia, 62218
E-mail: rohmat.weld@umla.ac.id

ABSTRAK

Penentuan parameter yang optimal dalam proses pencetakan 3D Printing guna memperoleh kuat tarik maksimum pada hasil pencetakan objek sangat penting diketahui. Tujuan ini bisa direalisasikan dengan memanfaatkan metode Taguchi yaitu dengan menggunakan rancangan L9 orthogonal array . Rancangan ini dipilih karena efisien dalam kondisi keterbatasan biaya, waktu, dan bahan, namun tetap memberikan hasil yang representatif. Dalam penelitian ini, tiga parameter utama yang diuji adalah layer thickness, infill pattern, dan z-orientation, masing-masing pada tiga level. Hasil analisis menunjukkan bahwa kombinasi parameter optimum untuk mencapai kuat tarik maksimum adalah layer thickness sebesar 0,24 mm (level 2), infill pattern tipe triangels (level 3), dan z-orientation sebesar 0° (level 1). Uji signifikansi menunjukkan bahwa semua parameter memiliki *p-value* > 0,05, sehingga tidak ada yang berpengaruh signifikan secara statistik terhadap kuat tarik maksimum. Namun, parameter infill pattern memiliki *p-value* terkecil, yang mengindikasikan potensi pengaruh dominan diantara ketiga parameter tersebut. Model regresi yang dibangun untuk memprediksi kuat tarik maksimum menunjukkan nilai *R-squared* sebesar 95,99%, yang menandakan bahwa model tersebut sangat baik dalam merepresentasikan data aktual.
Kata kunci: Parameter, 3D Printing, Metode Taguchi, Kuat Tarik

ABSTRACT

Determining the optimal parameters in the 3D printing process to achieve maximum tensile strength of printed objects is critically important. This objective can be realized by applying the Taguchi method, specifically using the L9 orthogonal array design. This design was chosen for its efficiency under constraints of cost, time, and material, while still producing representative results. In this study, three main parameters were tested: layer thickness, infill pattern, and z-orientation, each at three levels. The analysis results indicate that the optimal combination of parameters for achieving maximum tensile strength is a layer thickness of 0.24 mm (level 2), a triangular infill pattern (level 3), and a z-orientation of 0° (level 1). Significance testing showed that all parameters had p-values greater than 0.05, indicating that none of them had a statistically significant effect on tensile strength. However, the infill pattern had the lowest p-value, suggesting it may have the most dominant influence among the three parameters. The regression model developed to predict maximum tensile strength showed an R-squared value of 95.99%, indicating that the model effectively represents the actual data.
Keywords: Parameters, 3D Printing, Taguchi Method, Tensile Strength

Jejak Artikel
Upload artikel : 25 April 2025
Revisi : 29 April 2025
Publish : 3 Mei 2025

1. PENDAHULUAN

Teknologi 3D printing telah mengalami perkembangan pesat dan menjadi salah satu metode manufaktur yang banyak digunakan di berbagai industri, seperti otomotif, medis, hingga industri kreatif (Pristiansyah et al., 2019). Salah satu keunggulan utama 3D printing adalah kemampuannya untuk memproduksi komponen dengan bentuk kompleks secara cepat dan efisien, tanpa memerlukan cetakan atau alat bantu tambahan (Nugraha &Wahyujati, 2022). Namun demikian, performa mekanik dari produk

hasil 3D printing, khususnya kekuatan tarik (*tensile strength*), sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses seperti suhu nozzle, kecepatan pencetakan, ketebalan layer, dan orientasi pencetakan.

Untuk memastikan kualitas dan kekuatan benda kerja optimal, diperlukan pendekatan sistematis dalam mengidentifikasi dan mengoptimalkan parameter-parameter tersebut. Salah satu metode yang efektif dalam melakukan optimasi proses manufaktur adalah metode Taguchi. Metode ini menggunakan prinsip desain eksperimen *(Design of Experiment*) untuk menentukan kombinasi parameter yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk, dengan jumlah eksperimen yang minimal namun tetap menghasilkan informasi yang signifikan (Riza et al., 2020).

Dalam penelitian ini, metode Taguchi diterapkan untuk menentukan kombinasi parameter 3D printing yang optimal dalam upaya memaksimalkan kekuatan tarik benda kerja. Dengan menggunakan rancangan orthogonal array dan analisis signal-to-noise ratio, diharapkan dapat diperoleh parameter setting yang menghasilkan benda kerja dengan performa mekanik terbaik dan memberikan panduan praktis bagi pengguna dan industri dalam mengatur parameter proses secara efektif dan efisien.

3D printing atau *Additive Manufacturing* adalah proses manufaktur aditif di mana objek fisik dibuat dengan menambahkan material secara bertahap berdasarkan model digital tiga dimensi. 3D printing membangun produk lapis demi lapis dari bawah ke atas. Teknologi ini memungkinkan pembuatan geometri kompleks yang sulit atau bahkan tidak mungkin dibuat dengan metode konvensional.

Proses 3D printing dimulai dengan desain model menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD). Model tersebut kemudian diubah menjadi format file tertentu, seperti .STL, yang diterjemahkan ke dalam lapisan-lapisan tipis (*slicing*) oleh perangkat lunak khusus sebelum dicetak.

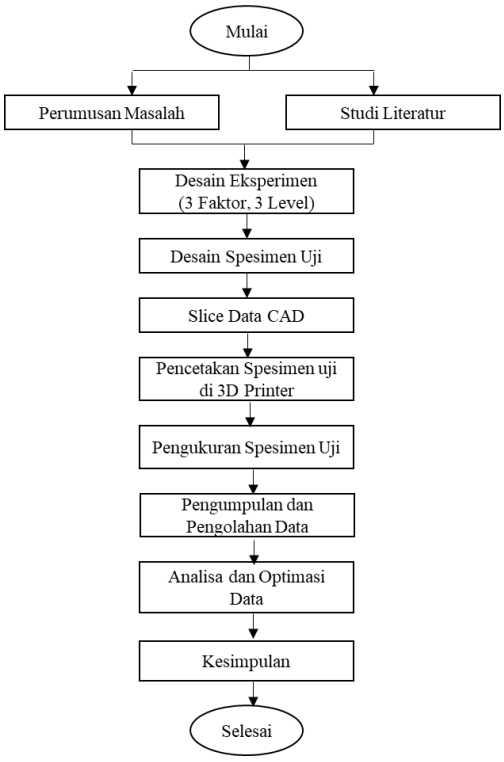
Beberapa teknologi 3D printing yang umum digunakan ada *Fused Deposition Modeling* (FDM), Stereolithography (SLA), Selective Laser Sintering (SLS). Dalam konteks penelitian ini, metode FDM menjadi fokus utama karena kemudahan penggunaan, biaya rendah, dan aplikasinya yang luas.

Metode Taguchi adalah suatu teknik optimasi kualitas yang dikembangkan oleh Dr. Genichi Taguchi, seorang ahli statistik asal Jepang. Metode ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses manufaktur melalui perancangan eksperimen yang sistematis dan efisien (Riza et al., 2020). Pendekatan utama Taguchi adalah meminimalkan variabilitas sistem terhadap faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan (noise factors), dengan cara menemukan pengaturan parameter proses (kontrol faktor) yang optimal.

Ciri khas metode Taguchi adalah rancangan eksperimental khusus yang memungkinkan pengujian kombinasi faktor-faktor dalam jumlah eksperimen yang jauh lebih sedikit dibandingkan percobaan penuh (Setiawan et al., 2018). Setiap faktor diuji pada beberapa level, dan susunan eksperimen dirancang sedemikian rupa sehingga pengaruh masing-masing faktor terhadap respon dapat dianalisis secara independen.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah-langkah penelitian bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

a. Persiapan Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan persiapan mesin 3D Printing mengunakan merek Cobra, filamen menggunakan PLA+, software *slicer* menggunakan Anycubic slicer next, software gambar menggunkan inventor 2021, dan mesin uji menggunakan uji tarik (zwick roell). Semua alat dan bahan yang berhubungan dengan penelitian ini akan disiapkan dengan sebaik mungkin supaya proses penelitian terlaksana dengan baik. Setelah alat dan bahan sudah dipersiapkan selanjutnya akan dilakukan penentuan parameter cetak seperti, Layer thickness, Nozzle temperature, dan Printing speed. Jenis mesin 3D Printer dan filament bisa dilihat pada Gambar 2a dan 2b.

Gambar 2a. 3D Printer Cobra

Gambar 2b. Filamen PLA+

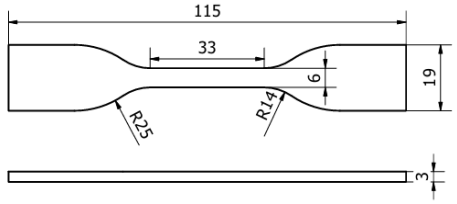
b. Penentuan Parameter 3D Printing
Pada penelitian ini digunakan beberapa jenis parameter proses pencetakan pada 3D Printing. Parameter-parameter ini bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter 3D Printing dan Levelnya

Parameter	Level		
	1	2	3
Layer Thickness (mm)	0.21	0.24	0.27
Infill Pattern	Rectilinier	Grid	Triangels
Z-Orientation (Derajat)	0	15	30

c. Spesimen Benda Uji

Desain objek spesimen benda uji digambar menggunakan software Autodesk Inventor. Dimensi dan ukuran pada benda uji disesuaikan dengan standar baku pengujian (Pratama et al., 2021). Desain bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Benda Uji Standard Ukuran ASTM D638 type IV

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengolahan dengan Metode Taguchi
Pada penelitian ini, seluruh pengolahan data dengan metode Taguchi akan dilakukan dengan bantuan software Minitab17. Hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan dalam perhitungan secara manual. Tingkat efisiensi waktu dan efektifitas penggunaan software ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan cara manual. Desain kombinasi yang digunakan untuk metode Taguchi yang digunakan pada penelitian ini adalah L9 orthogonal array. Desain ini digunakan dengan mempertimbangkan waktu dan biaya penelitian.

b. Perhitungan *S/N Ratio*
Dari beberapa perhitungan S/N ratio, Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas yang *the higher - the better*. Hal ini digunakan karena untuk mencari nilai kuat tarik dari specimen benda uji yang paling maksimum yang dipengaruhi oleh bebrapa parameter yaitu Layer thickness, Infill pattern, dan Z-Orientation. Untuk formulasi S/N Ratio bisa dilihat pada formula berikut (Christiyan et al., 2016):

S/N Ratio (*the higher the better*)

$$S/N = -10(\log(\Sigma(1/Y2)/n)) \quad (1)$$

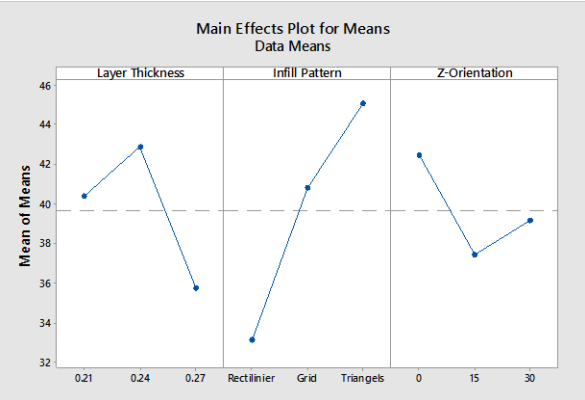
di mana Y = respon untuk kombinasi tingkat faktor yang diberikan dan n = jumlah respons dalam kombinasi tingkat faktor.

Pada Tabel 2. menunjukkan rancangan desain eksperimen beserta hasil perhitungan S/N Ratio yang didapatkan dari memformulasikan di software minitab17. Rancangan desain penelitian ini digunakan sebagai parameter pengambilan sampel yang kebetulan diambil sebanyak 9 kali.

Tabel 2. Rancangan Penelitian dan Hasil S/N Ratio

No.	Parameter			Kekuatan Tarik (Mpa)	S/N ratio (dB)
	Layer Thickness (mm)	Infill Pattern	Z-Orientation		
1	0.21	Rectilinier	0	37	31.36403448
2	0.21	Grid	15	37.6	31.5037569
3	0.21	Triangels	30	46.6	33.36771833
4	0.24	Rectilinier	15	35.4	30.98006524
5	0.24	Grid	30	43.9	32.8492904
6	0.24	Triangels	0	49.4	33.87453898
7	0.27	Rectilinier	30	27	28.62727528
8	0.27	Grid	0	41	32.25567713
9	0.27	Triangels	15	39.3	31.88785101

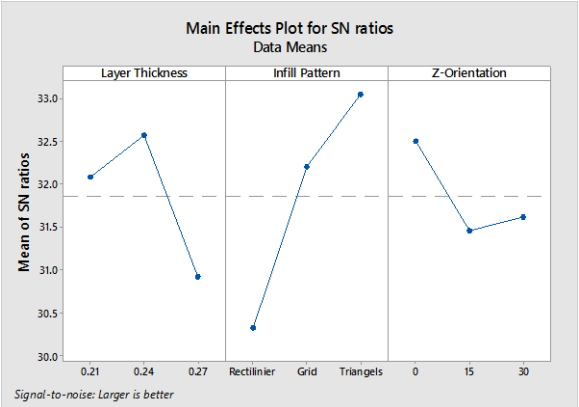
c. Plot Pengaruh Parameter 3D Printing terhadap Kuat Tarik
Setelah melakukan proses perhitungan *S/N ratio*, langkah selanjutnya adalah membuat plot pengaruh untuk mengetahui parameter atau faktor mana yang paling berpengaruh terhadap kuat tarik. Dari hasil pengolahan software, kita memperoleh plot pada Gambar 4.



Gambar 4. Plot Pengaruh Parameter 3D Printing terhadap Kuat Tarik

Dari gambar plot diatas, dapat dilihat bahwa setiap parameter dengan nilai tertinggi merupakan parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap kuat tarik.

d. Pemilihan Parameter Optimum dari Setiap Level untuk Memaksimalkan Kekuatan Tarik
Langkah ini akan dilakukan dengan melihat plot dan hasil perhitungan tabel respon pada *S/N Ratio*. Pemilihan setiap parameter optimum dilakukan dengan memilih nilai terbesar dari setiap nilai parameter pada tabel respon. Berdasarkan metode Taguchi, *S/N Ratio* yang lebih tinggi mencerminkan deviasi sekecil mungkin antara output yang diinginkan dan yang diukur. Untuk hasil yang lebih jelas mengenai parameter mana yang optimum, dapat dilihat pada Gambar 5. pada plot *S/N Ratio* di bawah ini.



Gambar 5. Plot S/N Ratio

Rincian nilai setiap hasil perhitungan respon *S/N Ratio* pada setiap parameter dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Tabel Respon *S/N Ratio* (*The Higher - The Better*)

Level	3D Printing Parameter		
	Layer Thickness (mm)	Infill Pattern	Z-Orientation
1	32.08	30.32	**32.5**
2	**32.57**	32.2	31.46
3	30.92	**33.04**	31.61
Delta	1.64	2.72	1.04
Rank	2	1	3

Dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa parameter layer thickness pada level 2, yaitu sebesar 0.24 mm. merupakan parameter yang optimal untuk memperoleh kuat tarik yang maksimum. Untuk parameter infill pattern pada level 3, yaitu sebesar triangels. merupakan parameter yang optimal untuk

memperoleh kuat tarik yang maksimum. Untuk parameter z-orientation pada level 1, yaitu sebesar 0°. Merupakan parameter yang optimal untuk memperoleh kuat tarik yang maksimum.

e. Menentukan Parameter Paling Berpengaruh pada Kuat Tarik dengan ANOVA

Uji ANOVA digunakan untuk menentukan apakah temuan survei atau eksperimen signifikan atau tidak. ANOVA memiliki tabel yang mewakili nilai survei. Dengan membandingkan p-value dapat menentukan apakah hubungan antara respons dan setiap parameter dalam model signifikan secara statistik[4]. Hipotesis nol adalah tidak ada hubungan antara parameter dan respons. Tingkat signifikansi dilambangkan dengan α. Tingkat signifikansi adalah 0,05.

Kondisi uji hipotesis adalah sebagai berikut:

- Jika *p-value* <α (0.05): variabel respons dan parameter memiliki pengaruh yang signifikan.
- Jika *p-value* > α (0.05): variabel respon dan parameter tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

Dari penelitian yang dilakukan dengan menerapkan parameter pemotongan yang dirancang dengan metode Taguchi L9 orthogonal array, Kuat tarik maksimum pada specimen benda uji sangat dipengaruhi oleh tegangan. Hal ini dapat dilihat pada tabel ANOVA di bawah ini dengan melihat p-value.

Tabel 4. ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Layer Thickness	2	78.6	39.301	5.56	0.152
Infill Pattern	2	220.7	110.348	15.61	0.06
Z-Orientation	2	39.29	19.614	2.77	0.265
error	2	14.14	7.071		
Total	8	3.75409			

Bisa dilihat bahwa hasil dari pengolahan ANOVA, *p-value* semua parameter >0.05. Hal ini berarti tidak ada dari salah satu parameter yang berpengaruh secara sgnifikan terhadap kuat tarik maksimum.Tapi parameter infill pattern, p-value nya ada diangka yang paling kecil. Hal ini diasumsikan bahwa dari ketiga parameter 3D printing ini yang paling berpengaruh secara signifikan adalah parameter infill pattern.

f. Pemodelan

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linier pada perangkat lunak Minitab17. Kemampuan model yang dibuat dievaluasi menggunakan koefisien determinasi (*R-squared*). Nilai koefisien determinasi berkisar antara nol sampai satu. Jika mendekati satu, hal ini menunjukkan bahwa variabel dependen dan independen cocok, dan mampu mewakili data riil. Model regresi yang dibangun untuk kuat tarik dalam penelitian ini memiliki nilai *R-squared* lebih dari 70% (0,07) mendekati 1, tepatnya pada 95.99%.

Table 6. Hasil dari *R-squared* pada Pengolahan minitab17

s	R-sq	R-sq (adj)
2.65916	95.99%	83.96%

Formulasi Regresinya sebagai berikut:

Kuat Tarik (MPa) = 39.689 + 0.71 Layer Thickness_0.21 + 3.21 Layer Thickness_0.24 - 3.92 Layer Thickness_0.27 - 6.56 Infill Pattern_Rectilinier + 1.14 Infill Pattern_Grid + 5.41 Infill Pattern_Triangels + 2.78 Z-Orientation_0 - 2.26 Z-Orientation_15 - 0.52 Z-Orientation_30 (2)

5. KESIMPULAN

Dari pengumpulan dan pengolahan data serta hasil evaluasi, kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain:

a. Rancangan kombinasi percobaan metode Taguchi *orthogonal array* L9 merupakan rancangan kombinasi yang tepat ketika hendak mengambil sampel dalam kondisi keterbatasan biaya, waktu, dan bahan. Hal ini dikarenakan jumlah sampel yang tidak terlalu banyak, tetapi masih cukup sebagai acuan pengambilan sampel.
b. Dalam pemilihan parameter yang optimum untuk mendapatkan hasil uji tarik yang maksimum ada pada parameter layer thickness pada level 2, yaitu sebesar 0.24

mm, untuk parameter infill pattern pada level 3, yaitu triangels, untuk parameter z-orientation pada level 1, yaitu sebesar 0°.

c. Dengan memperhatikan nilai alpha (0.05), p-value semua parameter >0.05. Hal ini berarti tidak ada dari salah satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tarik maksimum. Tapi parameter infill pattern, *p-value* nya ada diangka yang paling kecil. Hal ini diasumsikan bahwa dari ketiga parameter 3D printing ini yang paling berpengaruh secara signifikan adalah parameter infill pattern.
d. Model regresi yang dibangun untuk kuat tarik maksimum dalam penelitian ini memiliki nilai *R-squared* lebih dari 70% (0,07) mendekati 1, tepatnya pada 95.99%. artinya model dianggap mewakili data riil.

DAFTAR PUSTAKA

Christiyan, K. G. J., Chandrasekhar, U., &Venkateswarlu, K. (2016). A study on the influence of process parameters on the Mechanical Properties of 3D printed ABS composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *114*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/114/1/012109

Nugraha, F. K. A., &Wahyujati, B. B. (2022). Optimasi Parameter 3D Printing Menggunakan Material PP Daur Ulang pada Spesimen ASTM 638 D 10 type 1 dengan Response Surface Method. *Jurnal Teknologi*, *12*, 82–87. https://doi.org/10.35134/jitekin.v12i2.78

Pratama, W. H., -, H., &-, H. (2021). Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, *3*(1), 39–45. https://doi.org/10.36655/sprocket.v3i1.568

Pristiansyah, P., Hasdiansah, H., &Sugiyarto, S. (2019). Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, *11*(01), 33–40. https://doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98

Riza, E. I., Budiyantoro, C., &Nugroho, A. W. (2020). Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3D Printing Berbahan Petg Dengan Optimasi Parameter Proses Menggunakan Metode Taguchi. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *21*(2), 66–75. https://doi.org/10.23917/mesin.v21i2.10856

Setiawan, A. A., Karuniawan, B. W., &Arumsari, N. (2018). Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application*, *2654*, 165–168.