

Analisis Pengaruh variasi *Nozzle Temperature* & *Print Speed* Terhadap Kekuatan Tarik Pada Spesimen Produk 3D *Printing Berfilament TPU 95A*

Aditiya Dwi Syaputra¹, Dani Mardiana^{2*}, Lazuardi Akmal Islami³

¹ Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹ aditiya.dwi_tm21@nusaputra.ac.id; ² dani.mardiyana@nusaputra.ac.id ³ lazuardi.akmal@nusaputra.ac.id

* Corresponding Author

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi *nozzle temperature* dan *print speed* terhadap kekuatan tarik spesimen yang dihasilkan melalui proses 3D printing menggunakan filamen TPU 95A. Penelitian menggunakan enam variasi parameter, yang terdiri dari dua *nozzle temperature* (220°C dan 230°C) serta tiga *print speed* (70 mm/s, 80 mm/s, dan 90 mm/s). Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kombinasi *nozzle temperature* 230°C dan *print speed* 70 mm/s menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 41,25 MPa, sedangkan kombinasi *nozzle temperature* 220°C dan *print speed* 90 mm/s memberikan kekuatan tarik terendah sebesar 38 MPa. Dengan demikian, *nozzle temperature* yang lebih tinggi dan *print speed* yang lebih lambat cenderung meningkatkan kekuatan tarik spesimen. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengoptimalan parameter proses cetak 3D untuk meningkatkan kualitas produk dalam industri manufaktur aditif.

Kata kunci

3D printing Kekuatan tarik Filament TPU 95A nozzle temperature print speed

1. Pendahuluan

Industri manufaktur terus meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam memproduksi sebuah produk. Salah satu proses yang berkembang pesat adalah manufaktur aditif atau 3D printing yang menjadi salah satu pendorong berkembangnya revolusi industri 4.0 [1]. Teknologi manufaktur aditif telah mendapat perhatian luas dari industri maupun akademisi karena kemampuannya dalam menyediakan solusi untuk permasalahan desain dengan struktur kompleks, mengurangi lead time, dan mempertahankan kualitas cetakan [2][3]. Proses *Fused Deposition Modeling* (FDM) saat ini merupakan metode pencetakan 3D yang paling populer, terutama karena konfigurasi yang sederhana, biaya per perangkat yang relatif rendah, serta dampaknya yang lebih ramah lingkungan [4]. *Fused Deposition Modeling* (FDM) merupakan metode manufaktur yang populer dalam pemodelan aditif (AM) dan digunakan dalam produksi berbagai komponen. Produk-produk yang dihasilkan melalui proses ini dapat dibandingkan dengan produk yang dihasilkan melalui metode konvensional, seperti *Injection Moulding* [5].

Prinsip kerja *Fused Deposition Modeling* (FDM) melibatkan pelelehan termoplastik melalui nozzle yang dipanaskan pada suhu tertentu. Selanjutnya, material tersebut diekstrusi dan disusun secara lapis demi lapis [6]. Dalam hal ini, filamen TPU95A adalah salah satu bahan yang populer digunakan dalam 3D printing karena keunggulannya dalam keuletan, elastisitas, dan ketahanan terhadap benturan [7]. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas produk yang dicetak menggunakan teknologi pencetakan 3D printing adalah suhu nozzle (*Nozzle Temperature*) dan kecepatan cetak (*Print Speed*). *Nozzle Temperature* mengacu pada suhu material saat diletakkan di dalam nozzle, sementara *Print Speed* merujuk pada kecepatan pergerakan nozzle atau kepala printer saat mengekstrusi material [8]. Dalam hal ini, penting untuk memahami bagaimana Variasi *Nozzle Temperatur* dan *Print Speed* mempengaruhi karakteristik mekanis dari produk cetakan 3D, terutama untuk kekuatan Tarik [9]. kekuatan tarik adalah mengukur kemampuan material untuk menahan beban tarik sebelum mengalami kegagalan [10].

Studi ini bertujuan untuk menganalisis dampak Variasi *Nozzle Temperatur* dan *Print Speed* terhadap kekuatan tarik, Informasi yang dihasilkan dari analisis ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi para pengguna industri 3D printing untuk mengoptimalkan parameter cetakan guna mencapai produk dengan kualitas yang diinginkan.

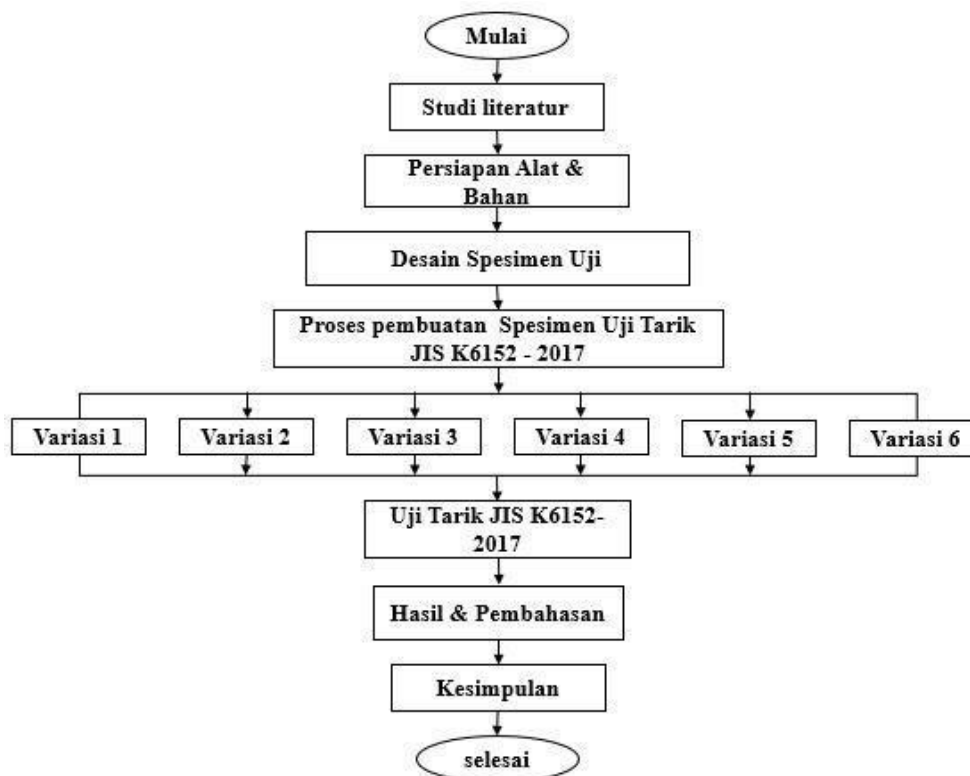
2. Metode dan bahan

Dalam penelitian ini, menggunakan metode eksperimen, yang dimana artinya melakukan pengamatan dan mengubah beberapa faktor dalam kondisi yang dikendalikan untuk mengumpulkan data. tujuannya adalah untuk memahami hubungan antara faktor yang di ubah variabel independen (yang dimanupulasi) dan apa yang di ukur variabel dependen, pada penelitian ini parameter terbagi menjadi dua: parameter tetap dan parameter yang di variasikan.

Parameter tetap adalah yang dibiarkan tetap yang dimana untuk variable tetap nya yaitu : *layer height* 0.2 mm, *Infill density* 100%, *bed temperature* 60°C, dan *infill fatterns* berjenis *concentric*. Ini adalah faktor-faktor yang di atur dan tidak di ubah selama percobaan.

Sementara itu, parameter yang di variasikan adalah yang di ubah nilainya untuk melihat bagaimana perubahan itu memengaruhi hasil. Seperti *nozzle temperature* dan *print speed* adalah parameter yang di variasikan dalam penelitian ini. Agar bisa melihat bagaimana variasi *nozzle temperature* dan *print speed* mempengaruhi kekuatan tarik produk 3D printing *berfilament* TPU95A.

untuk mempermudah proses pada penelitian ini dibuat diagram alir seperti pada gambar 1



Gambar 1 diagram alir

2. 1. Material

Penelitian ini menggunakan filamen TPU 95A berdiameter 1,75 mm dan berwarna putih bening dari Shenzhen Esun Industrial Co.,Ltd.,China (eSun Filament) untuk membuat spesimen uji tarik. Spesifikasi material TPU 95A yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi filamen TPU 95A Esun

<i>Spesifikasi</i>	TPU 95A
Diameter	1.75 mm
<i>Printing Temperature</i>	220 – 250 °C
<i>Printing Speed</i>	20 – 100 mm/s
<i>Bed Temperature</i>	45 - 60 °C

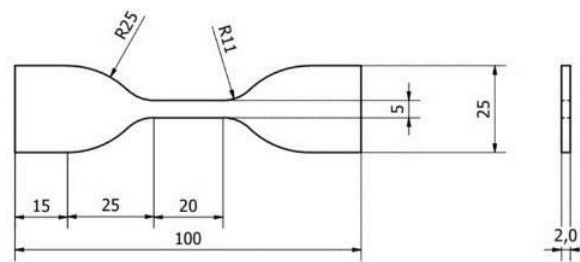
2. 2. Proses pembuatan spesimen uji tarik

Pada penelitian ini, spesimen uji tarik dibuat dengan menggunakan printer Ender-3 Pro. Desain spesimen uji tarik dibuat menggunakan Autodesk Inventor, dengan dimensi mengikuti standar pengujian tarik JIS K6251-2017 untuk material polimer dan campuran. Proses pembuatan desain menggunakan Autodesk Inventor setelah desain dibuat kemudian disimpan dalam format STL, setelah itu dimasukkan ke dalam software Ultimaker Cura untuk pengaturan parameter pencetakan. kemudian, file STL diubah menjadi format G-code dan disimpan dalam SD Card untuk proses pencetakan menggunakan 3D printer. Ada dua jenis parameter yang digunakan dalam proses pencetakan spesimen uji tarik: parameter tetap dan parameter variabel. Parameter tetap mencakup layer height 0,2 mm, infill density 100%, bed temperature 60°C, dan pola infill concentric. Parameter variabel ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter variasi

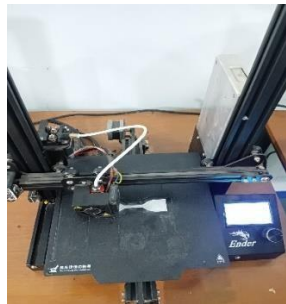
<i>Nozzle Temperatur (°C)</i>	<i>Print speed (mm/s)</i>	Nama spesimen
220	70	variasi 1
230	70	variasi 2
220	80	variasi 3
230	80	variasi 4
220	90	variasi 5
230	90	variasi 6

Total sebanyak 6 spesimen uji tarik yang dibuat dengan menggunakan beberapa parameter variasi cetak. Spesimen uji tarik berbentuk dumbbell, mengikuti standar JIS K6251-2017 seperti pada gambar 2.

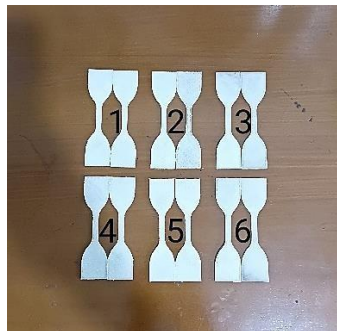


Gambar 2 dimensi spesimen uji tarik

Setelah desain spesimen uji tarik standar JIS K6152-2017 telah di buat seperti pada gambar 2 kemudian selanjutnya proses pembuatan menggunakan 3d printing seperti pada gambar 3. Untuk hasil pembuatan spesimen menggunakan 3d printing bisa di lihat pada gambar 4.



Gambar 3 proses pembuatan spesimen dengan 3d printing

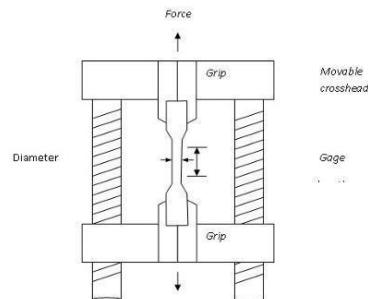


Gambar 4 hasil cetak spesimen

2. 3. Proses pengujian spesimen

Untuk sekema pada proses Pengujian uji tarik, seperti pada gambar 5 kemudian mesin yang digunakan pada pengujian tarik bisa dilihat pada gambar 6. Sedangkan spesifikasi mesin pada tabel 4. Pengujian dilakukan sesuai standar JIS K6251-2017 dengan langkah-langkah berikut: Siapkan spesimen dengan bentuk dan ukuran sesuai dengan standar. Pastikan permukaan sampel bersih dan bebas dari cacat. Pengaturan Alat Uji Gunakan mesin uji tarik yang sesuai. Atur kecepatan pengujian sesuai dengan ketentuan standar, Pasang spesimen pada penjepit mesin uji, pastikan posisi dan penjepitannya benar untuk menghindari beban yang tidak merata. Lakukan pengujian dengan menarik spesimen hingga

patah, yang dimana menyebabkan Cacat dan menghasilkan beban maksimum dan elongasi yang terjadi. Hitung nilai kekuatan tarik maksimum, modulus elastisitas, dan elongasi.



Gambar 5 skema peletakan spesimen uji tarik



Gambar 6 mesin uji tarik standar jis k5162

Tabel 4 spesifikasi mesin

Spesifikasi	Universal Testing Machine
Merek	SHIMADZU
Model	AGS-X, 10N-10kN
P/N	337-01261-21
V	~100-110 / 115-130 / 220-230 / 240
Hz	50/60
VA	1.2k
FUSE	250V, 10A, Slow-Blow (100-130V) 250V, 5A, Slow-Blow (220-240V)
FRAME CAPACITY	10kN
FRAME WEIGHT	85kg

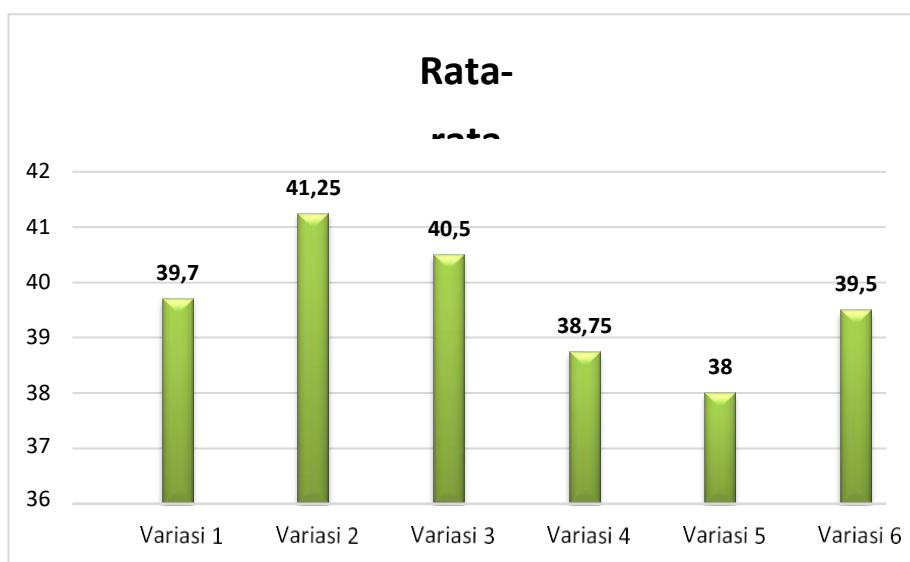
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil uji tarik

Setelah melakukan pengujian tarik terhadap spesimen produk 3D *printing* material *filament* TPU 95A dengan variasi *nozzle temperature* dan *print speed*, didapatkan data hasil pengujian tarik, seperti pada tabel 3.1

Tabel 5 hasil uji tarik

No Exp	Replikasi 1 (Mpa)	Replikasi 2 (Mpa)	Mean (Mpa)
Variasi 1	40,7	38,7	39,7
Variasi 2	40,8	41,7	41,25
Variasi 3	40,3	40,7	40,5
Variasi 4	41,5	36	38,75
Variasi 5	37,2	38,8	38
Variasi 6	42,9	36,1	39,5



Gambar 7 grafik nilai rata-rata uji tarik

Hasil penelitian menunjukkan terdapat nya pengaruh yang cukup signifikan dari variasi *nozzle temperature* dan *print speed* terhadap nilai kekuatan tarik spesimen hasil cetak 3D Printer. Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 5, terlihat bahwa variasi parameter proses cetak menghasilkan nilai kekuatan tarik yang berbeda-beda pada setiap spesimen. Pada penelitian ini terdapat 6 variasi parameter, di mana setiap variasi merupakan kombinasi dari dua nilai *nozzle temperature*, yaitu (220 °C dan 230 °C), serta tiga nilai *print speed*, yaitu (70 mm/s, 80 mm/s, dan 90 mm/s). Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik dari setiap variasi parameter dengan 2 kali pengujian. Sementara gambar 7 menunjukkan hasil nilai rata-rata pengujian kekuatan tarik, grafik tersebut menunjukkan nilai rata-rata kekuatan tarik terendah 38 Mpa hingga tertinggi bernilai 41,25 Mpa. Berdasarkan data-data tersebut menunjukkan bahwa Variasi 2, dengan penggunaan kombinasi *nozzle temperature* 230°C dan *print speed* 70 mm/s, memberikan nilai kekuatan tarik paling tinggi yaitu 41,25 Mpa. Sementara itu, Variasi 5, yang menggunakan kombinasi *nozzle temperature* 220°C dan *print speed* 90 mm/s, menghasilkan nilai kekuatan tarik paling rendah sebesar 38 Mpa. Ini menunjukkan bahwa *nozzle temperature* yang tinggi dan *print speed* yang lebih lambat cenderung menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi.

3. 2. Pembahasan

Adapun Salah satu faktor utama yang mempengaruhi sebuah nilai kekuatan tarik yaitu *Nozzle Temperature* yang dimana Suhu yang lebih tinggi umumnya membantu aliran material, sehingga filament dapat terdistribusikan lebih merata dalam lapisan cetak., peningkatan suhu nozzle cenderung memperkuat ikatan antar lapisan yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan tarik. Namun, suhu yang terlalu tinggi juga bisa menyebabkan kegagalan pada material, yang justru menurunkan kekuatan tarik. Penggunaan *Nozzle Temperature* memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan tarik spesimen uji,

kemudian *Print Speed* juga berperan penting dalam hasil pengujian tarik. *Print speed* yang lebih tinggi dapat mengakibatkan penurunan kualitas cetakan, karena pengikatan antar lapisan tidak optimal akibat waktu pengeringan yang terlalu cepat. Sedangkan kecepatan yang terlalu rendah tidak memberikan peningkatan signifikan pada kekuatan tarik sehingga nilai pengujian tertinggi dan terendah pada setiap spesimen dapat diketahui. Pada nozzle temperature 230°C dan print speed 70 mm/s menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada angka 41,25 Mpa sedangkan nilai terendah pada *Nozzle Temperature* 220°C dan *Print Speed* 90 mm/s memiliki kekuatan tarik 38 Mpa. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi nozzle temperature 230°C dan print speed 70 mm/s menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Kombinasi parameter ini memberikan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan variasi lainnya

Berdasarkan hasil penelitian ini, bahwa optimasi parameter cetak 3D sangat penting untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan. dalam hal ini, *Nozzle Temperature* 230°C dan *Print Speed* 70 mm/s adalah kombinasi yang paling optimal untuk menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang tinggi. Penelitian ini memiliki implikasi signifikan pada pengembangan teknologi cetak 3D, khususnya dalam optimalisasi parameter proses untuk mencapai sifat mekanik yang diinginkan. Di industri manufaktur aditif, pemilihan parameter cetak yang tepat sangat penting untuk menjamin kualitas produk akhir.

Kesimpulan

penelitian ini menunjukkan bahwa variasi *Nozzle Temperature* dan *Print Speed* dalam 3D printing berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik spesimen. Kombinasi *Print Speed* 230°C dan *Print Speed* 70 mm/s menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (41,25 MPa), sedangkan *Nozzle Temperature* 220°C dan *Print Speed* 90 mm/s memberikan kekuatan tarik terendah (38 MPa). Suhu nozzle yang lebih tinggi dan kecepatan cetak yang lebih lambat cenderung menghasilkan spesimen dengan kekuatan tarik yang lebih baik. optimalisasi parameter proses ini penting untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dalam industri manufaktur aditif, di mana kekuatan mekanik dan kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter pencetakan.

REFERENSI

- [1] S. Cahyati, “Effect on Tensile Strength of 3D Printing Product Pla,” no. November 2020, pp. 647–657, 2022.
- [2] Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yuliyanto, “Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun,” *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, 2020.
- [3] Dani Mardiyana, “Optimalisasi Sifat Mekanik Produk 3D Printing FDM Berfilamen TPU 95A untuk Car Bumper Guard menggunakan Metode Taguchi,” 2008.
- [4] R. Rosa, M. Subhan, and P. Pristiansyah, “Pengaruh Parameter Proses Pada Pencetakan 3D Printing Terhadap Akurasi Dimensi Filamen Petg Menggunakan Metode Taguchi,” *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 79–87, 2024, doi: 10.33504/jitt.v2i1.149.
- [5] J. Pratama and A. Z. Adib, “Pengaruh Parameter Cetak Pada Nilai Kekerasan Serta Akurasi Dimensi Material Thermoplastic Elastomer (TPE) Hasil 3D Printing,” *J. Ilm. Giga*, vol. 25, no. 1, p. 35, 2022, doi: 10.47313/jig.v25i1.1712.
- [6] A. S. Putri, B. W. Karuniawan, and F. Rachman, “Analisis Pengaruh Variasi Parameter 3D Printing terhadap Kekuatan Tarik , Kekuatan Impak , dan Building Time menggunakan Metode Taguchi – Grey Relational Analysis,” no. 2654, pp. 197–202.
- [7] Xiao, J., & Gao, Y. (2017). The manufacture of 3D printing of medical grade TPU. *Progress in Additive Manufacturing*, 2, 117-123.
- [8] A. A. Ansari and M. Kamil, “Effect of print speed and extrusion temperature on properties of 3D printed PLA using fused deposition modeling process,” *Mater. Today Proc.*, vol. 45, no. xxxx, pp. 5462–5468, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.137.
- [9] Myers, K., Paterson, A., Iizuka, T., & Klein, A. (2021). The effect of print speed on surface roughness and density uniformity of parts produced using binder jet 3D printing.
- [10] M. H. Maulana and V. A. Setyowati, “Pengaruh Jumlah Layer Dan Orientasi Sudut Filler Karbon Pada Polymer Matrix Composite Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impact,” *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan I (SENASTITAN I)*, vol. 1, pp. 285–291, 2021.