

Pengaruh print speed & nozzel temperatur terhadap uji kekuatan tarik Pada Spesimen 3D Printing Berfilament TPU95A.

ALHAQQI IHSAN^{1,*}, Dani Mardiyana², Zaid Sulaiman,³

¹Teknik Mesin, Universitas Nusa Putra, Sukabumi, Indonesia

¹alhaqqi.ihsan_tm21@nusaputra.ac.id; ²dani.mardiyana@nusaputra.ac.id; zaid.sulaiman@nusaputra.ac.id

* corresponding author

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi suhu nozzle dan kecepatan cetak terhadap kekuatan tarik material TPU 95A dalam proses 3D printing. Menggunakan metode eksperimen, spesimen uji tarik dibuat sesuai standar JIS K6251:2017 dengan printer Ender-3 Pro. Enam variasi parameter diterapkan, meliputi suhu nozzle (220°C dan 230°C) dan kecepatan cetak (70, 80, 90 mm/s). Pengujian tarik dilakukan menggunakan Universal Testing Machine SHIMADZU. Hasil menunjukkan kekuatan tarik tertinggi 42,6 MPa pada kombinasi suhu 230°C dan kecepatan 90 mm/s, sedangkan terendah 38,3 MPa pada 230°C dan 70 mm/s. Umumnya, peningkatan suhu nozzle dan penurunan kecepatan cetak cenderung meningkatkan kekuatan tarik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa optimalisasi parameter proses sangat penting untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dalam manufaktur aditif, di mana kekuatan mekanik dan kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter pencetakan.

Kata kunci

3D printing TPU
95A
kekuatan tarik
kecepatan cetak
suhu nozzle

1. Pendahuluan

DI revolusi Industri 4.0 manufaktur terus melakukan inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam membuat barang. Salah satu proses yang berkembang pesat adalah 3D printing, yang menggunakan berbagai jenis material terdiri dari polimer seperti PLA. Dengan menggunakan 3D Printing, konsumen dapat memproduksi barang atau komponen suku cadang dengan desain unik dan sulit ditemukan di pasaran. Mesin *3D Printing* memainkan peran penting dalam pembuatan suku cadang dengan cepat.

3D printing, juga dikenal sebagai *FDM (Fused Deposition Modeling)*, adalah teknik manufaktur aditif yang bekerja dengan meletakkan lapisan material pada sumbu vertikal untuk membentuk produk. Setelah terbentuk lapisan pertama, *nozzle* printer akan bergerak dari meja kerja dan mencetak lapisan berikutnya di atasnya, membentuk tumpukan lapisan. Proses ini akan terus dilakukan hingga proses pencetakan selesai dan produk yang diinginkan terbentuk. [1] Salah satu material utama dalam proses pencetakan 3D adalah filamen, yang berperan sebagai bahan cetak. Beberapa jenis filamen yang sering digunakan dalam pencetakan 3D antara lain *Polylactic Acid (PLA)*, *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*, *Polyethylene Terephthalate Glycol (PETG)*, dan *Polycarbonate (PC)*. [2] Salah satu filamen elastis yang dapat dimanfaatkan adalah karet sintetis. Jenis karet sintetis yang akan dimodifikasi adalah *thermoplastic polyurethane (TPU)*. TPU dikenal sebagai material yang memiliki sifat elastis dan kuat, tahan terhadap minyak, serta mampu menahan abrasi pada permukaannya. [3]

Kinerja 3D printer dipengaruhi oleh sejumlah parameter, termasuk waktu produksi, kualitas permukaan, akurasi dimensi, dan karakteristik mekanis dari objek yang dihasilkan. Selain itu, selama proses pencetakan, pembentukan lapisan juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti *print speed*, *infill density* dan ketebalan lapisan (*layer height*), serta suhu pencetakan (*printing temperature*). [4][5] Parameter optimal untuk mencapai keakuratan dimensi dalam proses produksi menggunakan filamen eAl-fill adalah dengan mengatur *layer height* sebesar 0,35 mm, *print speed* 30 mm/s, dan *nozzel temperatur* 210°C. Sementara itu, untuk memperoleh kekerasan terbaik, disarankan menggunakan *layer height* 0,25 mm, kecepatan cetak 25 mm/s, dan suhu cetak 220°C. [6]

Penelitian mengenai optimalisasi parameter proses terhadap *akurasi dimensi*, *repeatability*, serta sifat mekanis pada material TPU menggunakan spesimen dengan dimensi sesuai standar *JIS K6251:2017*. Hasil pengujian tarik material *Thermoplastik* menunjukkan bahwa akurasi dimensi sangat dipengaruhi oleh suhu ekstrusi dan ketebalan lapisan. [7] Kekuatan tarik mengukur kemampuan material menahan gaya tarik hingga

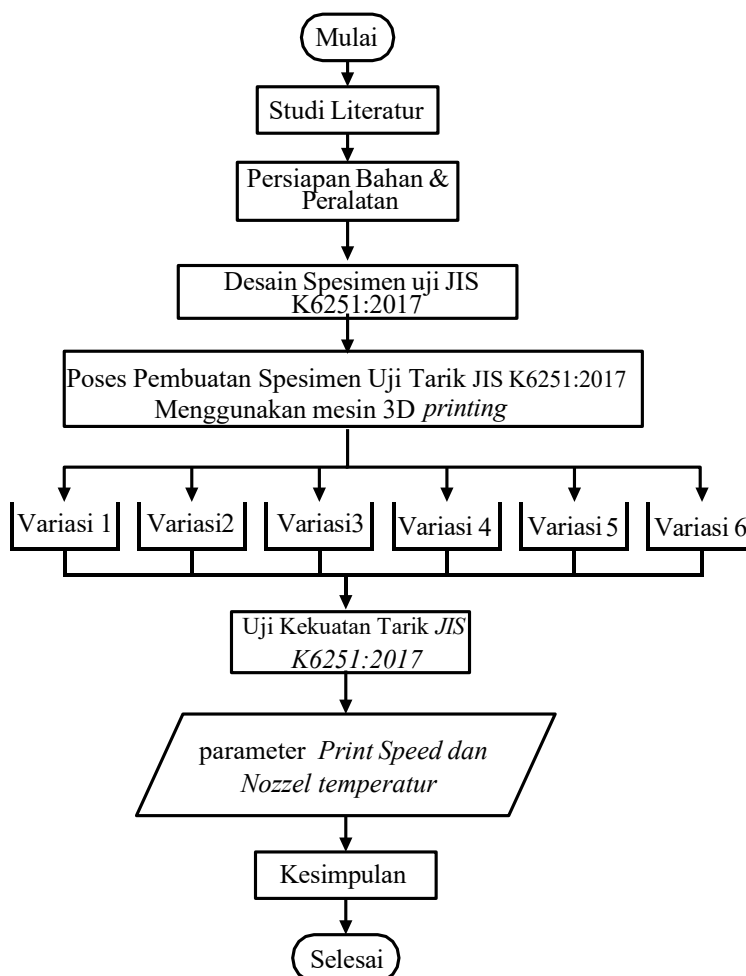
mengalami kegagalan atau putus, menentukan seberapa kuat material sebelum terjadi deformasi permanen atau kerusakan.[8]

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu nozzle dan kecepatan cetak terhadap kekuatan tarik material. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi pelaku industri 3D printing dalam mengoptimalkan parameter cetak untuk mencapai kualitas produk yang sesuai dengan kebutuhan.

2. Metode dan bahan

Penelitian ini memanfaatkan bahan filament TPU 95A (thermoplastic polyurethane), yang merupakan material dengan sifat elastisitas tinggi, kekuatan yang baik, tahan terhadap minyak, serta memiliki daya tahan abrasi yang baik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang bertujuan untuk menentukan parameter optimal dalam proses produksi. Standar pengujian yang digunakan adalah uji tarik yang mengacu pada standar JIS K6251:2017. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menemukan pengaturan parameter terbaik pada printer 3D menggunakan material TPU 95A, dengan mengukur kekuatan tarik (tensile strength) dari produk yang dihasilkan. Spesimen benda kerja dirancang dengan mempertimbangkan hasil pengujian tersebut.[9]

Tahapan penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir, yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar .1 Diagram alir

2.1. Material

Dalam penelitian ini, digunakan *filamen TPU 95A* berwarna putih transparan dengan diameter 1,75 mm, yang diproduksi oleh *Shenzhen Esun Industrial CO., Ltd. (eSun Filament)*. Material ini berfungsi sebagai bahan dasar untuk pembuatan spesimen uji tarik. Pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi filament TPU 95A

<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

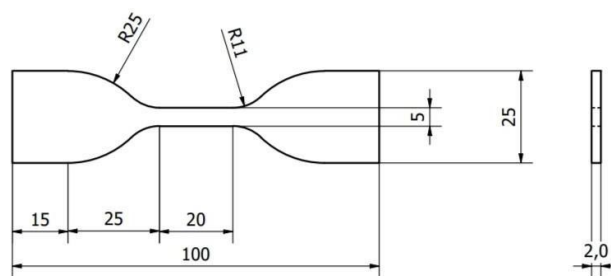
2.2. Proses pembuatan spesimen

Dalam penelitian ini, spesimen uji tarik diproduksi menggunakan printer Ender-3 Pro. Desain spesimen dibuat dengan *software Autodesk Inventor 2017*, mengikuti standar pengujian tarik untuk material polimer dan campuran, serta disimpan dalam format *standard tessellation language STL*. File STL kemudian diunggah ke *software Ultimaker Cura* untuk pengaturan parameter cetak, yang selanjutnya dikonversi menjadi format G-code dan disimpan di SD card. Proses pencetakan dilakukan dengan pengaturan mesin 3D printer. Terdapat 2 jenis variabel parameter yang diterapkan, yaitu parameter tetap dan variasi, parameter tetap meliputi infill density 100%, bed temperature 60°C, printing temperature 220°C, dan pola infill konsentris. Sementara itu, variabel variasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Variasi

Variasi Parameter	<i>Print speed</i> (mm/s)	Nozzel temperatur(°C)
Variasi 1	70	220
Variasi 2	70	230
Variasi 3	80	220
Variasi 4	80	230
Variasi 5	90	220
Variasi 6	90	230

Sebanyak 6 spesimen uji tarik telah dibuat dengan menerapkan berbagai parameter cetak, termasuk parameter tetap dan variasi. Spesimen uji tarik memiliki dimensi panjang keseluruhan 100 mm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dan mengikuti standar JIS K6251:2017.[10]



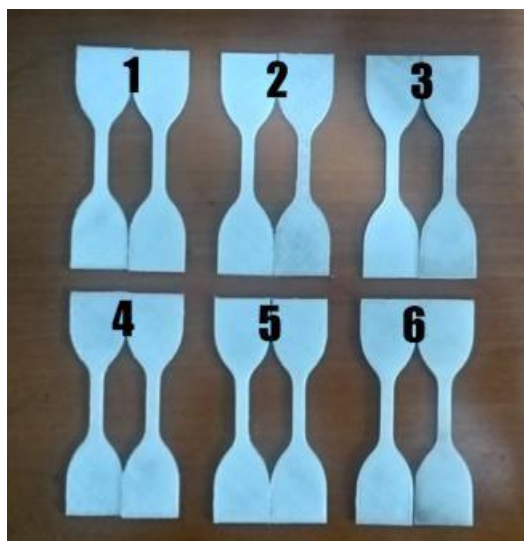
Gambar 2. Desain Dimensi Spesimen Uji Tarik JIS K6251:2017

Gambar di atas menunjukkan desain spesimen uji tarik sesuai dengan standar *JIS K6152:2017*, yang dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor 2017*. Setelah desain selesai, spesimen uji tarik diproduksi dengan pengaturan parameter tetap dan variasi menggunakan mesin 3D printing.



Gambar 3. Proses pembuatan spesimen uji dengan menggunakan mesin 3D Printing

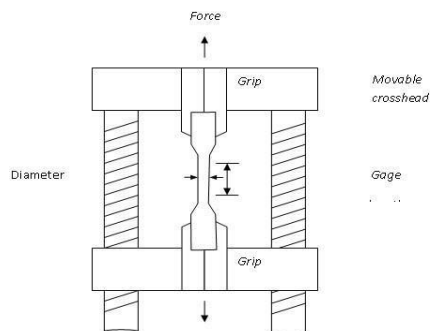
Berdasarkan gambar di bawah ini, hasil pembuatan dengan mesin 3D printing menggunakan parameter tetap dan variasi.



Gambar 4. Hasil Cetak Spesimen Uji Tarik

2.3 Prosedur spesimen uji tarik

Prinsip kerjanya adalah benda uji yang telah disiapkan sesuai ukurannya diletakkan pada mesin uji kemudian diberi beban tarik uniaksial atau satu arah yang dinaikkan secara bertahap hingga bahan uji tarik tersebut putus. Bersamaan dengan penarikan tersebut, dilakukan juga observasi dan pengambilan data.



Gambar 5. Contoh mesin pengujian tarik dengan sampel [3]

Detail spesifikasi mesin uji tarik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Spesifikasi Mesin Uji Tarik

Spesifikasi	Universal Testing Machine
Merek	: SHIMADZU
Model	: AGS – X,10N – 10kN
P/N	: 337 – 01261 – 21
V	: 100 – 110 / 115 – 130 / 220 – 230 / 240
H _z	: 50 / 60
VA	: 1.2k
Fuse	: 250V, 10A, Slow-Blow (100-130V) 250V, 5A, Slow-Blow (220-240V)
Frame Capacity	: 10 kN
Frame Weight	: 85kg

Dalam uji tarik, beban ditambahkan secara bertahap, menambah panjang material sebanding dengan gaya yang diberikan. Hubungan proporsional ini tetap ada sampai material mencapai batas proporsionalnya, dimana pertambahan panjang akibat penambahan beban tidak lagi proporsional. Beban yang sama pada akhirnya dapat menghasilkan panjang yang lebih besar dari sebelumnya, hingga akhirnya batang uji bertambah panjang tanpa harus menambah bebannya lagi.



Gambar 6. Mesin Uji Tarik

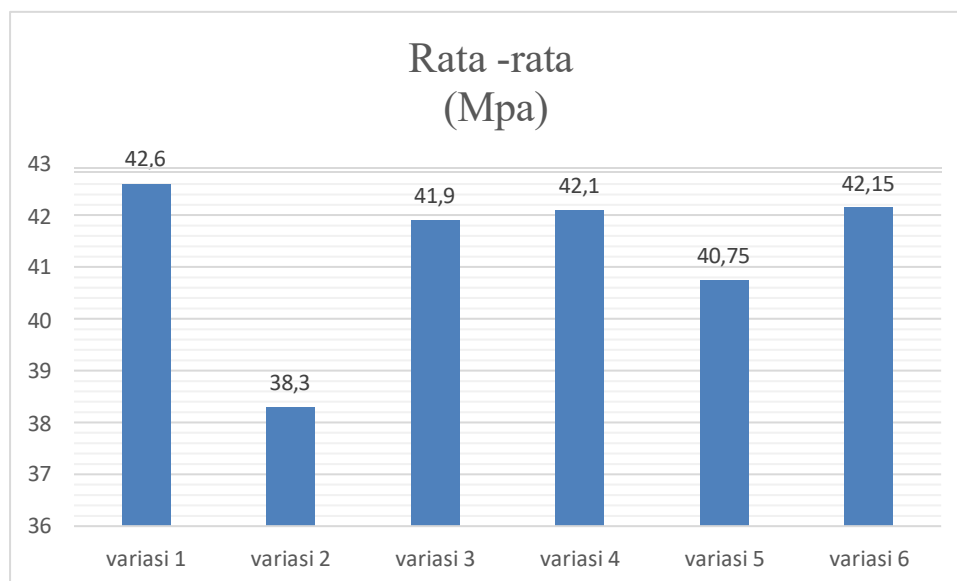
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil pengujian tarik

Pengujian tarik merupakan metode dasar untuk menentukan kekuatan material dengan menerapkan beban aksial, terutama digunakan untuk mendukung spesifikasi material serta memberikan informasi dasar mengenai kekuatan material dalam desain. (dieter). Dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. hasil uji tarik

No Exp	Replikasi 1 (Mpa)	Replikasi 2 (Mpa)	Mean (Mpa)
Variasi 1	42,9	42,3	42,6
Variasi 2	39,3	37,3	38,3
Variasi 3	40	43,8	41,9
Variasi 4	42,9	41,3	42,1
Variasi 5	41,6	39,9	40,75
Variasi 6	42,5	41,8	42,15



Gambar 7. grafik nilai rata-rata uji tarik

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Uji Tarik

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik untuk material TPU 95A dengan variasi suhu nozzle dan kecepatan cetak, terdapat beberapa temuan utama sebagai berikut:

Variasi 1 (42.6 MPa) menunjukkan kekuatan tarik tertinggi. Ini mengindikasikan bahwa kombinasi suhu nozzle dan kecepatan cetak pada variasi ini memberikan ikatan antar lapisan yang optimal, sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang baik. Variasi 2 (38.3 MPa) memberikan kekuatan tarik terendah. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh kombinasi parameter yang kurang optimal, baik dari segi suhu nozzle atau kecepatan cetak yang mengakibatkan ikatan antar lapisan tidak sempurna. Variasi 3 dan Variasi 4 memiliki hasil yang cukup konsisten, dengan kekuatan tarik rata-rata 41.9 MPa dan 42.1 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa variasi parameter pada kedua kondisi ini masih dalam rentang optimal untuk menghasilkan kekuatan tarik yang cukup tinggi. Variasi 5 (40.8 MPa) memiliki kekuatan tarik yang sedikit lebih rendah dibandingkan variasi lainnya. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan suhu nozzle yang tidak ideal atau kecepatan cetak yang mempengaruhi pengikatan lapisan. Variasi 6 (42.2 MPa) memberikan kekuatan tarik yang cukup tinggi, hampir mendekati nilai variasi 1. Kombinasi parameter ini menunjukkan bahwa pengaturan suhu nozzle dan kecepatan cetak pada variasi ini mendukung kekuatan tarik yang baik, meskipun tidak setinggi variasi pertama.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi suhu nozzle dan kecepatan cetak dalam proses 3D printing memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik spesimen. Kombinasi suhu nozzle 230°C dan kecepatan cetak 90 mm/s menghasilkan kekuatan tarik tertinggi, yaitu 42,6 MPa, sedangkan kombinasi suhu nozzle 230°C dan kecepatan cetak 70 mm/s menghasilkan kekuatan tarik terendah, sebesar 38,3 MPa. Umumnya, peningkatan suhu nozzle dan penurunan kecepatan cetak cenderung meningkatkan kekuatan tarik spesimen. Oleh karena itu, optimalisasi parameter proses ini sangat penting untuk memproduksi barang berkualitas tinggi dalam industri manufaktur aditif, di mana kekuatan mekanik dan kualitas produk akhir sangat dipengaruhi oleh pengaturan parameter pencetakan.

Referensi

- [1] S. Cahyati and Y. Al Furqon, "the Layer Height Variations Effect on Tensile Strength of 3D Printing Product Pla Material Based," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 647–657, 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i3.823.
- [2] R. Avriansah, Erwanto, and Pristiansyah, "Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Filament Polyethylene Terephthalet Glycol," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 394–400, 2022.
- [3] M. Dylan, A. Soewono, and M. Darmawan, "Laju Aliran pada Nozzle Printer Tiga Dimensi untuk Material Thermoplastic Polyurethane POLYURETHANE," *Cyclinder*, vol. 08, no. 01, pp. 1–7, 2022.
- [4] M. G. A. Candra, "UJI KETELITIAN CETAK PRODUK LENGKUNG 3D PRINTER ANET A8 Oleh : MADE GITA ARYA CANDRA PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN," vol. 8, p. 25, 2022.
- [5] M. Rivaldi, M. Yunus, and P. Pristiansyah, "Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Bentur Menggunakan Fiamen Polycarbonate," *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 223–230, 2023, doi: 10.33504/jitt.v1i1.93.
- [6] A. Zamheri, F. Arifin, and I. Apriansyah, "Pengaruh Parameter Pada Proses 3D Printing Menggunakan Filament Eal-Fill Terhadap Akurasi Dimensi Dan Kekerasan Dengan Pendekatan Metode Taguchi," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 30–34, 2021.

-
- [7] P. Pristiansyah, H. Hasdiansah, and S. Sugiyarto, “Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex,” *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 11, no. 01, pp. 33–40, 2019, doi: 10.33504/manutech.v11i01.98.
 - [8] 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.
 - [9] G. S. Lubis, M. Taufiqurrahman, and M. Ivanto, “Analisa Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Tarik Produk Hasil 3D Printing Berbahan Polylactic Acid,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, p. 39, 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.877.
 - [10] [Optimalisasi Sifat Mekanik Produk 3D Printing FDM Berfilamen TPU 95A Untuk and C. B. G. menggunakan M. Taguchi], “Untuk, [Optimalisasi Sifat Mekanik Produk 3D Printing FDM Berfilamen TPU 95A Taguchi], Car Bumper Guard menggunakan Metode,” 2023.