

Optimasi Parameter Produk 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU (*Thermoplastic Polyurethane*)

Redy¹, Hasdiansah^{1*}, Zaldy Sirwansyah Suzen¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*Email : phianntarah@yahoo.co.id

Received: 21 Juli 2023; Received in revised form: 31 Juli 2023; Accepted: 1 Agustus 2023

Abstract

3D Printing is a change from printing technology which is being able to produce and design sophisticated structures in one unity. 3D printing is a process fabrication Fused Deposition Modeling (FDM), that is Additive Manufacturing (AM) technology, which is a system that works by adding material layer by layer to form 3D objects. This research will use TPU (Thermoplastic polyurethane) filaments. Mechanically this TPU filament has good elastic mechanical properties. This research aims to obtain the highest tensile test value from the results of 3D printer printing with the specifications to be used, namely layer thickness, infill pattern, and Z-orientation. Printing will be carried out using the Anet A8 Plus machine and for the type of specimen using the ASTM D-638 type V standard. This study used taguchi L9 with 3 factors and 3 levels which printed 27 specimens. So that the highest score obtained in the tensile test with experiment number 7 was 12.97 MPa and the lowest tensile test value was obtained in experiment number 2 with a value of 11.87 MPa. For the results of the calculation of the S/N ratio, the most influential factor is the Z-orientation.

Keywords: 3D printing; TPU filament; Tensile strength test.

Abstrak

3D Printing adalah perubahan dari teknologi cetak yang mampu menghasilkan dan merancang struktur canggih dalam satu kesatuan. 3D Printing adalah proses fabrikasi Fused Deposition Modeling (FDM), yaitu teknologi Additive Manufacturing (AM), yaitu sistem yang bekerja dengan menambahkan material lapis demi lapis untuk membentuk objek 3D. Penelitian ini akan menggunakan filamen TPU (Thermoplastic polyurethane). Secara mekanis filamen TPU ini memiliki sifat mekanik elastis yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai uji tarik tertinggi dari hasil pencetakan printer 3D dengan spesifikasi yang akan digunakan yaitu ketebalan lapisan, *infill pattern*, dan *Z-orientation*. Pencetakan akan dilakukan dengan menggunakan mesin Anet A8 Plus dan untuk tipe spesimen menggunakan standar ASTM D-638 tipe V. Penelitian ini menggunakan taguchi L9 dengan 3 faktor dan 3 level yang mencetak 27 benda uji. Sehingga diperoleh skor tertinggi pada uji tarik dengan percobaan nomor 7 sebesar 12,97 MPa dan nilai uji tarik terendah diperoleh pada percobaan nomor 2 dengan nilai 11,87 MPa. Untuk hasil perhitungan rasio S/N, faktor yang paling berpengaruh adalah orientasi Z.

Kata kunci: 3D printing; Filamen TPU; Uji kekuatan tarik.

1. PENDAHULUAN

3D Printing merupakan perubahan dari teknologi cetak yaitu mampu memproduksi dan merancang struktur yang canggih dalam suatu kesatuan. 3D printing merupakan proses fabrikasi Fused Deposition modelling (FDM) yaitu teknologi Additive Manufacturing (AM) yang sistem yang cara kerja penambahan bahan lapis demi lapis [1]. Beberapa tahun terakhir, teknologi 3D Printing telah mengalami

peningkatan yang signifikan dalam kontribusinya mengenai kualitas cetak dan biaya cetak dalam prosedur pembuatan *prototype* cepat.

Rapid prototyping seperti 3D printing ini merupakan alat yang paling efisien dalam pengembangan produk. Metode Fused Deposition Modeling (FDM) dimana produk yang dihasilkan melalui proses ini berpotensi untuk dapat bersaing dengan metode manufaktur konvensional (*injection moulding*)

[2]. Hingga saat ini, metode FDM telah digunakan secara luas pada proses 3D printing karena penggunaan yang mudah, biayanya lebih rendah, ramah lingkungan serta lebih mudah dalam proses pengembangan produk, prototyping dan manufaktur.

Di lain sisi, produk yang dihasilkan menggunakan metode 3D printing FDM pada umumnya memiliki sifat mekanik yang tidak lebih baik jika dibandingkan dengan proses *injection moulding* karena terdapat titik lemah diantara lapis - lapisnya. Serta penyusutan yang dialami oleh material termoplastik ketika proses pendinginan [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Zaldi Sriwansyah Suzen, Hasdiansah melakukan penelitian tentang "Pengaruh Geometri Infil Terhadap Kekutan Tarik Spesimen Uji Tarik Astm D638 Type Iv Menggunakan Filamen Pla+Sugoi." Penelitian ini dilakukan dengan mesin 3D Printing FDM anet ET4 dengan printing volums XYZ 220 mm x 220 mm x 250 mm. Hasil penelitian yang dilakukan dengan uji tarik mendapatkan hasil nilai kekuatan tarik tertinggi pada setiap temperatur yang diperoleh dominan menuju pada geometri *infill type concentric* yaitu 32,40 Mpa dan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada *infill type cross* yaitu 19,70 Mpa [4].

Pada penelitian yang dilakukan oleh Andriyansyah menggunakan parameter proses 4 faktor dan 3 level dengan desain faktorial L9 mendapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi 18,7 MPa, untuk nilai kuat Tarik terendah 16,1 MPa[5], sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Pambudi, menggunakan *internal geometri triangle* dan *honeycomb* mendapatkan hasil I-2 kekuatan Tarik lebih baik pada *triangle* yang berukuran 9 mm dari pada *honeycomb* yang berukuran 2 mm.[6] Sedangkan penelitian yang dilakukan (Setiawan, 2017) dengan parameter *setting A* yaitu *Print speed* 80 mm/s, *layer height* 0,15 mm dan temperatur *extruder* 220°C menghasilkan angka uji tarik

spesimen tertinggi sebesar 27,81 MPa sehingga dapat diketahui kecepatan *print speed* mempengaruhi kekuatan tarik specimen [7]. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh yogie dengan parameter *infill layer thickness*, *wall printing speed*, *nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *fan speed*, *infill density*, *wall thickness*, *top layers*, *bottom layers*, *infill overlap*, *retraction distance*, dan *retraction speed*. menggunakan metode Taguchi L16 dengan 13 faktor dan 2 level yang dicetak sebanyak 48 spesimen. Mendapatkan hasil tertinggi sebesar 30, 46 MPa pada eksperimen kedua nilai yang terendah adalah 25, 31 MPa. Untuk hasil perhitungan S/N ratio faktor yang paling berpengaruh adalah *fan speed*. [8]

Dengan penggabungan parameter dari hasil penelitian tersebut maka menggunakan 3 faktor dan 3 level dengan faktorial L9, Dengan latar belakang ini juga dilakukan penelitian sebagai tugas akhir dengan judul Optimasi Parameter Produk 3d Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen TPU (*Termoplastic Polyurethane*).

2. METODE PENELITIAN

2.1. Filamen TPU

Penelitian ini akan menggunakan maerial TPU (*Termoplastic.polyurethane*). TPU meruakan salah satu jenis polimer termoplastik yang memiliki sifat elastis dan kekuatan mekanis yang cukup baik.[9] Filamen TPU yang digunakan memiliki warna transparan , gambar dapat dilihat pada Gambar 1. Filamen yang digunakan bermerek R3D spesifikasi yang terdapat pada filamen memiliki temperatur print sebesar 190-210°C yang mengartikan filamen ini dapat dapat meleleh pada suhu yang telah dicantumkan. Filamen yang digunakan memiliki diameter sebesar 1,75mm dan berat bersihnya mencapai 1Kg [10].



Gambar 1. Filamen TPU (*Termoplastic Polyurethane*)

2.2. Mesin Anet A8 Plus Pro

Mesin 3D printing yang digunakan

berjenis FDM dengan merek Anet A8 Plus Pro seperti pada Gambar 2. Mesin ini memiliki desain meja atau bed yang bergerak maju mundur. Dengan *nozzle* yang

dapat bergerak naik turun dan bergerak kanan kiri. Berikut pada Tabel 1 adalah spesifikasi mesin Anet A8 Plus Pro [11].



Gambar 2. Mesin 3D Printing Anet A8 Plus Pro

Tabel 1. Spesifikasi mesin 3D printing Anet A8 Plus Pro

Spesifikasi	Anet A8 Plus Pro
Product Dimension	612*462*573mm
Screen	LCD12864
Extruder Quantity	1
Nozel Diameter	0,4mm
Power Supply	115V/230V AC360W
Slicing Software	Cura Simplify
Data Input Format	STL,OBJ,JPG
Operating System	Windows,MAC
Connectors	USB/TF Card/Online

2.3. Membuat Taguci Desain

Tahap pertama yang harus dilakukan terlebih dahulu membuat desain taguchi menggunakan *software Microsoft Excel*. Desain yang digunakan berupa 3 faktor dan 3 level tiga faktor tersebut adalah *Layer Thickness*, *infil pattern*, *Z-Orientation*. Dan

untuk level yang digunakan dapat dilihat di Tabel 2. Respon yang akan diamati pada penelitian ini adalah kekuatan tarik (Mpa). dan langkah selanjutnya adalah membuat rancangan eksperimen matriks orthogonal. L9 dengan menggunakan metode taguchi pada *software microsoft excel* seperti yang ada pada Tabel 3.

Tabel 2. Parameter proses 3D printing dan juga levelnya

Level	Layer Thickness	Infill Patern	Z Orientation
1	0,20	grid	0
2	0,24	rectilinear	45
3	0,28	lines	90

Tabel 3. Matriks ortogonal L9 (3 pangkat 3)

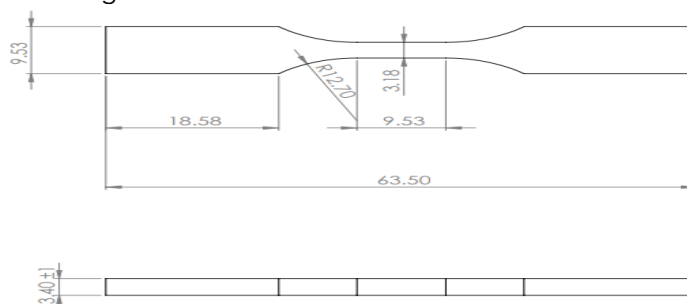
no. Exp	layer thickness	infil pattern	z orientation
1	0,20	grid	0
2	0,20	rectilinear	45
3	0,20	lines	90
4	0,24	grid	45
5	0,24	rectilinear	90
6	0,24	lines	0
7	0,28	grid	90

8	0.28	<i>rectilinear</i>	0
9	0,28	<i>lines</i>	45

2.4. Pembuatan Spesimen

Software solid work digunakan dalam membuat data 3D CAD spesimen. Spesimen yang dibuat sesuai dengan standar ASTM D-

638 type 5 [12]. Seperti pada Gambar 3. Data 3D CAD ini diubah menjadi format. stl, untuk dilakukan proses *slicing*. Proses ini dilakukan dengan bantuan *software IdeaMaker*.

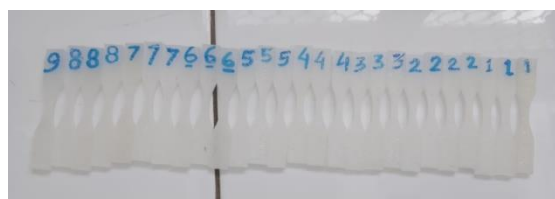


Gambar 3. Spesimen ASTM D-638 Type 5

2.5. Melakukan Slicing

Pada penelitian ini *software* yang akan digunakan adalah *IdeaMaker*. Spesifikasi laptop atau komputer yang diperlukan untuk menggunakan *software IdeaMaker* adalah *Microsoft Windows XP or later, ubuntu14.04 or later, 2GB of RAM, OpenGL 2.0-capable system, intel®Core 2 or AMD Athlon® 64 processor; 2GHz or faster, 2.0GB or more hard-disk space, 1280 x 800 display with 32-bit color and 512 MB or more of dedicated*

VRAM. [13] Dengan *Software IdeaMaker* ini dapat mengubah produk 3D yang telah dibuat di *Solid Work* menjadi lapisan-lapisan (*slicing*). Setelah produk 3D dilakukan *Slicing* maka *file* tersebut disimpan dalam bentuk *G-Code*. Setelah itu *file* yang berada di *software IdeaMaker* dipindahkan ke dalam *SD card* atau *Memory card* dan pindahkan *memory card* ke dalam mesin 3D Printing Anet A8 Plus Pro untuk dicetak. Setelah spesimen dicetak beri tanda atau nomor urut seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil 3D Printing

2.6. Pengujian dengan Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan adalah mesin *ZwickRoell* [14] untuk mendapatkan data kekuatan tarik mesin yang digunakan

dapat dilihat pada Gambar 4. Sebelum dilakukan pengujian mesin terlebih dahulu dikalibrasi mengikuti aturan dari standar ASTM [15].



Gambar 5. Mesin Uji Tarik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dan hasil perhitungan spesimen 3D *printing* yang telah dilakukan uji tarik disajikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah proses analisis. Adapun hasil

analisis pembahasan dari pengujian sebagai berikut.

3.1. Analisis Hasil Uji Tarik

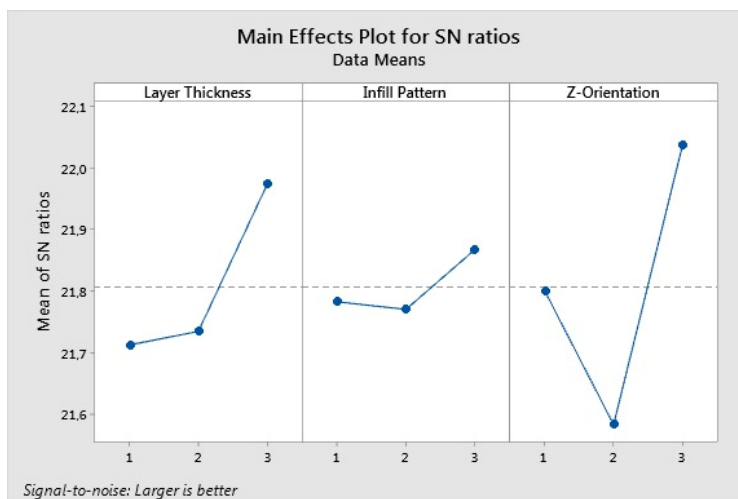
Nilai uji tarik dapat didapatkan dari proses pengujian menggunakan mesin uji tarik ZwickRoell yang terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji tarik (MPa)

No.Exp	1	2	3	Mean
1	12,9	11,3	11,8	12,00
2	11,9	11,4	12,3	11,87
3	12,0	13,3	13,1	12,80
4	12,4	11,7	12,0	12,03
5	11,5	12,7	12,8	12,33
6	12,7	11,5	12,9	12,37
7	12,3	12,4	14,2	12,97
8	12,3	12,6	13,1	12,67
9	12,0	11,9	12,5	12,13

Dari Tabel 4 didapatkan hasil rata-rata uji tertinggi di eksperimen nomor 7 dengan nilai 12,97MPa dan hasil nilai uji

terendah pada eksperimen 2 dengan nilai 11,87MPa.



Gambar 6. Grafik S/N Ratio *Larger is Better*

Tabel 5. Respon S/N ratio *larger is better*

Level	Layer Thickness	Infill Pattern	Z-Orientation
1	21,71	21,78	21,80
2	21,73	21,77	21,58
3	21,97	21,87	22,04
Delta	0,26	0,10	0,45
Rank	2	3	1

Berdasarkan hasil S/N ratio pada Gambar 6 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa faktor yang

paling berpengaruh adalah faktor Z-Orientation yang berada pada peringkat 1

dengan delta 0,45.

4. SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini berdasarkan hasil dari uji tarik yang perhitungannya terdapat pada tabel 5 dan gambar 6 bahwa hasil uji spesimen tertinggi pada eksperimen ke-7 dengan nilai 12,97 Mpa dan eksperimen dengan hasil terendah terdapat pada eksperimen ke-2 dengan nilai 11,87 MPa dan berdasarkan Tabel 5 berdasarkan rank tertinggi adalah *Z-Orientation*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pristiansyah P., Hasdiansah H., Sugiyarto S., (2019) OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING FDM TERHADAP AKURASI DIMENSI MENGGUNAKAN FILAMENT EFLEX, Jurnal Teknologi Manufaktur, VOL. 11 NO. 01.
- [2] Jin M., Giesa R., Neuber C., Werner H. Schmidt (2018) FILAMENT MATERIALS SCREENING FOR FDM 3D PRINTING BY MEANS OF INJECTION-MOLDED SHORT RODS, Volume 303, Issue 12 1800507.
- [3] Puspitasari E., (2016) ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS STATISTIK INJECTION MOULDING PRODUK CUP PLASTIK Ø 80 MM X 70 MM, Vol 17, No 2.
- [4] Sirwansyah Z. Suzen, Hasdiansah H., (2021) PENGARUH GEOMETRI INFILL TERHADAP KEKUATAN TARIK SPESIMEN UJI TARIK ASTM D638 TYPE IV MENGGUNAKAN FILAMEN PLA+ SUGOI, Vol 16, No 2.
- [5] Andriyansyah D., Herianto H., (2018) OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN FOODGRADE PADA FUSED DEPOSITION METHOD, Universitas Gadjah Mada.
- [6] Imbang A. Pambudi, (2017) ANALISIS PENGARUH INTERNAL GEOMETRI TERHADAP SIFAT MEKANIS MATERIAL POLYLACTIC ACID (PLA) DIPREPARASI MENGGUNAKAN 3D PRINTING, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Tugas Akhir - TL141584.
- [7] Setiawan A, (2017) PENGARUH PARAMETER PROSES EKTRUSI 3D PRINTER TERHADAP SIFAT MEKANIS CETAK KOMPONEN BERBAHAN FILAMENT PLA (POLY LACTIDE ACID), Jurnal Teknik, Elektronik, Engine, Vol 4 No 2.
- [8] Pranata Y., Hasdiansah H., Fitri Y. Arriyani, (2022) PENGUJIAN KUAT TARIK PRODUK CETAK 3D PRINTING MATERIAL ABS, Vol. 2 No. 01.
- [9] Nur T. Iman., Suyitno S., (2020) STUDI PENGARUH SUHU EKSTRUSI DAN ORIENTASI RASTER TERHADAP SIFAT MEKANIS THERMOPLASTIC POLYURETHANE (TPU) DENGAN PROSES FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) UNTUK APLIKASI TOTAL DISK REPLACEMENT (TDR), Universitas Gadjah Mada.
- [10] Creality, <http://www.cctree3dstore.com/products/cctree-175mm-tpu-flexible-3d-printer-filament-accuracy-005-mm-1kg-spool-22lbs-for-creality-cr10s-ender-3tevo-anet-3d-printer-31>. Diakses : Desember 2022.
- [11] Anet3d, <https://anet3d.com/pages/a8-plus>. Diakses : Desember 2022.
- [12] Daniel J. Braconniera., Robert E. Jensenb, Amy M. Petersoncd, (2020) PROCESSING PARAMETER CORRELATIONS IN MATERIAL EXTRUSION ADDITIVE MANUFACTURING, Additive Manufacturing, Volume 31, 100924.
- [13] Raise3d, <https://www.raise3d.com/ideamaker/>. Diakses : Desember 2022.
- [14] Zwickroell, <https://www.zwickroell.com/id/produk/pre-owned-market/pre-owned-z020-allroundline-20-kn/>. Diakses : Desember 2022.
- [15] Dwiyati S. T., A Kholil A, Riyadi, Putra S., (2019), INFLUENCE OF LAYER THICKNESS AND 3D PRINTING DIRECTION ON TENSILE PROPERTIES OF ABS MATERIAL, Ser. 1402 066014, DOI 10.1088/1742-6596/1402/6/066014.