



Pengaruh Orientasi Posisi *Printing Z Axis* Mesin 3D *Printing* Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen Super Tough PLA

Hasdiansah¹, Pristiansyah², Z.S. Suzen³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat
phiannttarah@yahoo.co.id

Received : 8 April 2022; Received in revised form : 12 Mey 2022; Accepted : 2 Juni 2022

Abstract

The manufacture of the main parts of a mechanical system can use 3D Printing technology. One of the cheapest 3D printing technologies is using Fused Deposition Modeling (FDM). There are many materials that can be printed with FDM technology such as PLA, Super Tough PLA, ABS, Nylon, PETG, and others. The more expensive FDM technology, the more types of filaments that the machine can print. The ASTM D638 Type IV standard tensile test specimen is often used by researchers to see the tensile strength of printed products. This study uses several process parameters that are set in the slicing software which are then in the form of G-Code and stored in an SD card and processed on the FDM 3D Printer machine. The ST-PLA filament used in this study is 1.75 mm in diameter and uses a 0.4 mm nozzle. The process parameters set in the slicing software are as follows nozzle temperature 195°C, bed temperature 60°C, travel speed 120 mm/s, default printing speed 50 mm/s, layer thickness 0.3 mm, internal fill pattern wiggle, external fill pattern concentric, bottom layer 5, top layer 5, and perimeter 5. Variables that change in the orientation of the print position or Z Rotate Degree 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, and 90°. The highest value of the tensile strength test results for the standard ASTM D638 Type IV test specimen was obtained in experiment number twelve (12) which was 61.10 Mpa with a rotating angle of the Z axis of 55° seven (7) which is 37.50 MPa. The influence of the orientation of the Z-axis rotation angle on the required filament weight in the tensile test specimen printing process is not significant, which is only 0.01 gram.

Keywords : 3D Printing, ASTM D638 Type IV, Orientation, Tensile Test Specimen, Super Tough PLA

Abstrak

Pembuatan bagian-bagian utama suatu sistem mekanis dapat menggunakan teknologi 3D *Printing*. Salah satu teknologi 3D *Printing* yang paling murah adalah menggunakan *Fused Deposition Modelling* (FDM). Ada banyak material yang dapat dicetak dengan teknologi FDM seperti PLA, Super Tough PLA, ABS, Nylon, PETG, dan lain-lain, Semakin mahal teknologi FDM semakin banyak jenis filamen yang dapat dicetak oleh mesin tersebut. Spesimen uji tarik standar ASTM D638 Type IV sering digunakan oleh para peneliti untuk melihat kuat tarik produk cetak. Penelitian ini menggunakan beberapa parameter proses yang diatur pada *slicing software* yang selanjutnya dalam bentuk G-Code dan disimpan dalam suatu *sd.card* dan diproses pada mesin 3D *Printer* FDM. Filamen ST-PLA yang digunakan pada penelitian ini berdiameter 1,75 mm dan menggunakan *nozzle* 0,4 mm. Parameter proses yang diatur pada *slicing software* adalah sebagai berikut. *nozzle temperature* 195 °C, *bed temperature* 60 °C, *travel speed* 120 mm/s, *printing speed default* 50 mm/s, *layer thickness* 0,3 mm, *internal fill pattern wiggle*, *external fill pattern concentric*, *bottom layer* 5, *top layer* 5, dan *perimeter* 5. Variabel yang berubah pada orientasi posisi cetak atau Z Rotate Degree 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, dan 90°. Nilai tertinggi hasil pengujian kuat tarik spesimen uji standar ASTM D638 Type IV diperoleh pada eksperimen nomor dua belas (12) yaitu 61,10 Mpa dengan sudut putar arah sumbu Z sebesar 55°, Nilai terendah hasil pengujian kuat tarik spesimen uji diperoleh pada spesimen uji eksperimen nomor tujuh (7) yaitu 37,50 MPa. Pengaruh orientasi sudut putar arah sumbu Z terhadap berat filamen yang dibutuhkan pada proses pencetakan spesimen uji tarik tidak signifikan yaitu hanya sebesar 0,01 gram.

Kata kunci : 3D Printing, ASTM D638 Type IV, Orientasi, Spesimen Uji Tarik, Super Tough PLA

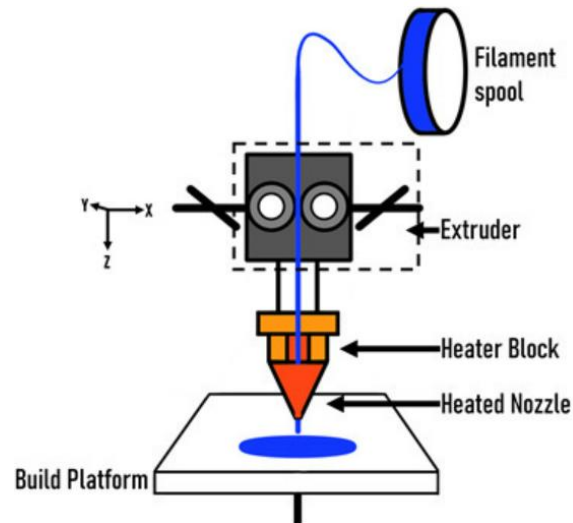
1. PENDAHULUAN

Kehadiran teknologi 3D *Printing* sejak tahun 1980-an telah membawa perubahan yang signifikan terhadap dunia manufaktur. Teknologi ini juga dikenal sebagai *Additive Layer Manufacturing* (ALM), ada juga yang menyebut dengan istilah *Fused Filament Fabrication* (FFF), dan ada juga yang menamakan teknologi ini dengan sebutan *Fused Deposition Modelling* (FDM). Gambar 1 menunjukkan system kerja 3D *Printing* dengan menggunakan teknologi FDM. Pencetakan 3D ini adalah suatu terobosan baru di dunia manufaktur saat ini yang telah diakui oleh para kalangan Insinyur pada industri dan kalangan akademisi di dunia Pendidikan. Penggunaan teknologi 3D *Printing* ini memberikan pengaruh signifikan terhadap efisiensi dalam pembuatan komponen-komponen mekanik dengan Teknik-teknik dan volume produksi untuk membuat produk prototype dengan cepat [1]. 3D *Printing* berteknologi FFF atau FDM termasuk teknologi yang paling murah bekerja dengan mengekstrusikan material thermoplastic melalui nozzle yang dipanaskan menggunakan *heater block* khusus dengan temperatur dapat mencapai 200°C hingga 300°C, selanjutnya membentuk produk cetak selapis demi selapis hingga terbentuk produk cetak secara utuh. Teknologi 3D *Printing* ini mampu mencetak atau membuat produk dan menduplikasinya dengan menggunakan material ABS [2]. Dua material yang paling terkenal adalah PLA dan ABS banyak digunakan oleh para insinyur dan akademisi serta para penggiat 3D *Printing*. Selain material ABS dan PLA, teknologi FDM atau FFF ini mampu mencetak filamen *flexible* seperti *Thermoplastic Elastomer* (TPE) dan *thermoplastic polyurethane* (TPU). Material maju lainnya seperti PLA+CF dan material Nylon pun mampu dicetak menggunakan teknologi 3D *Printing* ini.

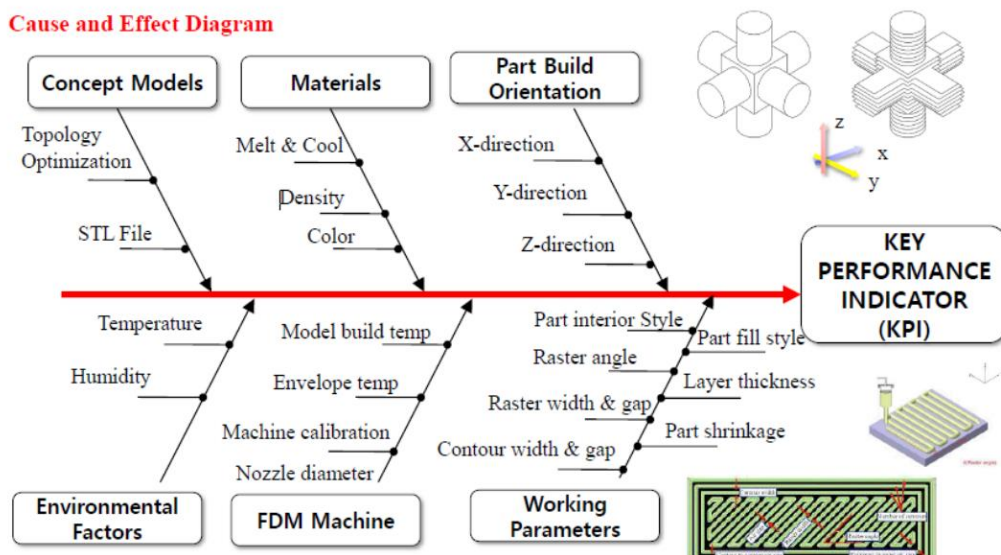
Penelitian telah dilakukan dengan menggunakan material ABS dengan metode Taguchi L_9 OA untuk melihat pengaruh dari *layer thickness*, *orientation angle*, dan *shell thickness* terhadap akurasi dimensi produk cetak. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa *layer thickness* memberikan pengaruh paling dominan terhadap respon akurasi dimensi produk cetak [3]. Penelitian tentang optimalisasi parameter proses terhadap akurasi dimensi, *repeatability*, dan *mechanical properties*, terhadap material PLA dengan dimensi spesimen standar ASTM D638 *Type IV*. Hasil pengujian tarik material plastik menunjukkan bahwa akurasi dimensi sangat dipengaruhi oleh temperatur ekstrusi dan *layer thickness* [4]. Penelitian terhadap filamen ST-PLA telah dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi terhadap kekasaran permukaan produk cetak berbentuk silinder berdiameter 10 mm menunjukkan bahwa *layer thickness* merupakan faktor yang paling memberikan pengaruh terhadap kekasaran dinding silinder produk cetak [6]. Penelitian yang lain juga dilakukan terhadap spesimen uji tarik D638 *Type IV* menggunakan filamen PLA+ menunjukkan hasil bahwa bentuk geometri *infill* pada *slicing software* Ultimaker Cura memberikan dampak signifikan terhadap kuat tarik spesimen uji [7,8]. Penelitian terhadap filamen PLA dan *High Temperature* (HT-PLA) menunjukkan bahwa kuat tarik tertinggi diperoleh 59,7Mpa pada material HT-PLA dengan *raster angle* +45°/-45°, *infill* 100%, dan elongasi terbesar diperoleh pada material PLA sebesar 3,5%, tiga variasi sudut *infill* yaitu 0°, 45°, dan 90° [9]. Penelitian yang telah dilakukan pada spesimen uji standar ASTM D638 *Type IV* menunjukkan bahwa spesimen uji dicetak vertikal memiliki kuat tarik lebih rendah 47,9 % dibandingkan dengan spesimen uji dicetak secara horizontal [10].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada filamen PLA atau ABS, terutama pada pengujian Tarik. Penelitian ini mencoba menginvestigasi pengaruh arah orientasi sudut putar arah sumbu Z mesin 3D *Printer* yang disetting pada *slicing software* dengan bentuk dan geometri spesimen uji Tarik standar ASTM D638 *Type IV*. Penelitian ini akan membahas pengaruh perubahan orientasi sudut putar arah sumbu Z pada mesin 3D *Printer* terhadap kuat tarik spesimen uji standar ASTM D638 *Type IV* dan memperoleh nilai paling optimum dari tiap parameter proses yang dipilih melalui pengujian tarik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaturan orientasi sudut putar arah Sumbu Z Mesin 3D *Printer* dalam menghasilkan produk cetak dengan kekuatan tarik maksimum. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil kualitas produk cetak dengan menggunakan 3D *Printing*, secara lengkap dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. 3D Printing dengan teknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM)
(Source: <https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/fused-deposition-modeling-3d-printing/>)



Gambar 2. *Cause and Effect Diagram* pada Proses 3D Printing (Ha, 2016)

2. METODE PENELITIAN

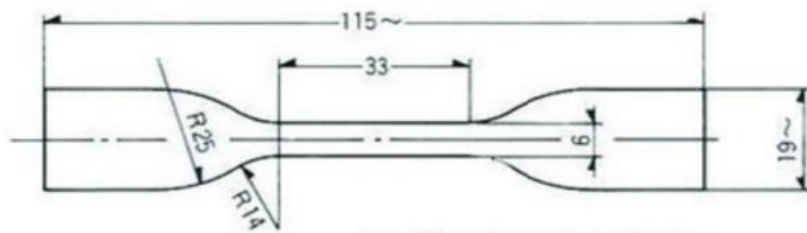
Objek penelitian yang dilakukan pada mesin 3D Printer berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) merk Anet ET4 dengan *printing volums XYZ*; 220 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Filamen yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen *Super Tough PLA* dengan diameter 1,75 mm. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, pada tahap ini akan dilakukan proses pencetakan berdasarkan parameter proses yang telah direncanakan dan disetting pada *slicing software* yang tersedia. Proses pengujian kuat tarik menggunakan standar pengujian ASTM. Penelitian ini menggunakan mesin 3D Printer berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) merk Anet ET4 dengan *printing volums XYZ*; 220mm x 220mm x 250 mm. Filamen yang digunakan adalah *Super Tough PLA* dengan diameter 1,75 mm, serta diameter *nozzle extruder* 0,4 mm. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi Teknik atau *properties of material* filamen yang digunakan pada penelitian ini.

Langkah-langkah penelitian dimulai dari studi pustaka yang berkaitan dengan uji kuat tarik hasil 3D Printing pada material PLA. Langkah selanjutnya adalah memilih tipe standar spesimen uji tarik. Penentuan spesimen uji tarik berdasarkan studi pustaka diperoleh standar ASTM D638 Type IV digunakan

dalam penelitian ini. Gambar spesimen uji dalam format STL. selanjutnya diimport pada *slicing software* untuk menghasilkan *G. Code* yang digunakan oleh mesin 3D *Printer* berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM). Jumlah *G.Code* yang dihasilkan berjumlah 19 (sembilan belas) dapat ditunjukkan pada Tabel 1. Persiapan mesin 3D *Printer* dan filamen *Super Tough* PLA berdiameter 1.75mm dan diameter *nozzle* yang digunakan pada *extruder* adalah 0.4 mm. Persiapan mesin 3D *Printer* dimulai dari pendataran *bed*, memasang filamen dan mempersiapkan *SD. Card* untuk menyimpan *G. Code* yang telah dihasilkan oleh *slicing software*. Ada sebanyak sembilan belas(19) *G.Code* selanjutnya dicetak pada mesin 3D *Printer* dengan repetisi tiga (3) kali dan spesimen uji tarik standar berdasarkan standar ASTM D638 *Type IV* ditunjukkan pada Gambar 3. Proses pengujian Tarik spesimen uji dengan kecepatan tarik mesin maksimal 5mm/s sesuai dengan standar pengujian standar ASTM. Data hasil pengujian dicatat untuk selanjutnya dianalisis menggunakan *software*.

Tabel 1. Spesifikasi Filamen *Super Tough* PLA

<i>Filament Diameter</i>	1.75 mm
<i>Recomended Nozzle Temperature</i>	190-220 °C
<i>Recomended Bed Temperature</i>	45-60 °C
<i>Density</i>	1.24 g/cm ³
<i>Tensile Strength</i>	47,9 MPa
<i>Elongation at Break</i>	82 %
<i>Tensile Modulus</i>	2870 MPa
<i>Flexural Modulus</i>	2520 Mpa
<i>Flexural Strength</i>	70,7 Mpa
<i>Shore Hardness</i>	54D

















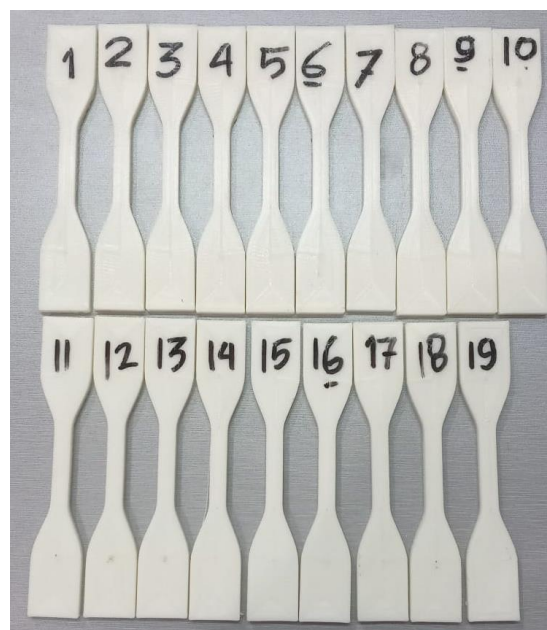
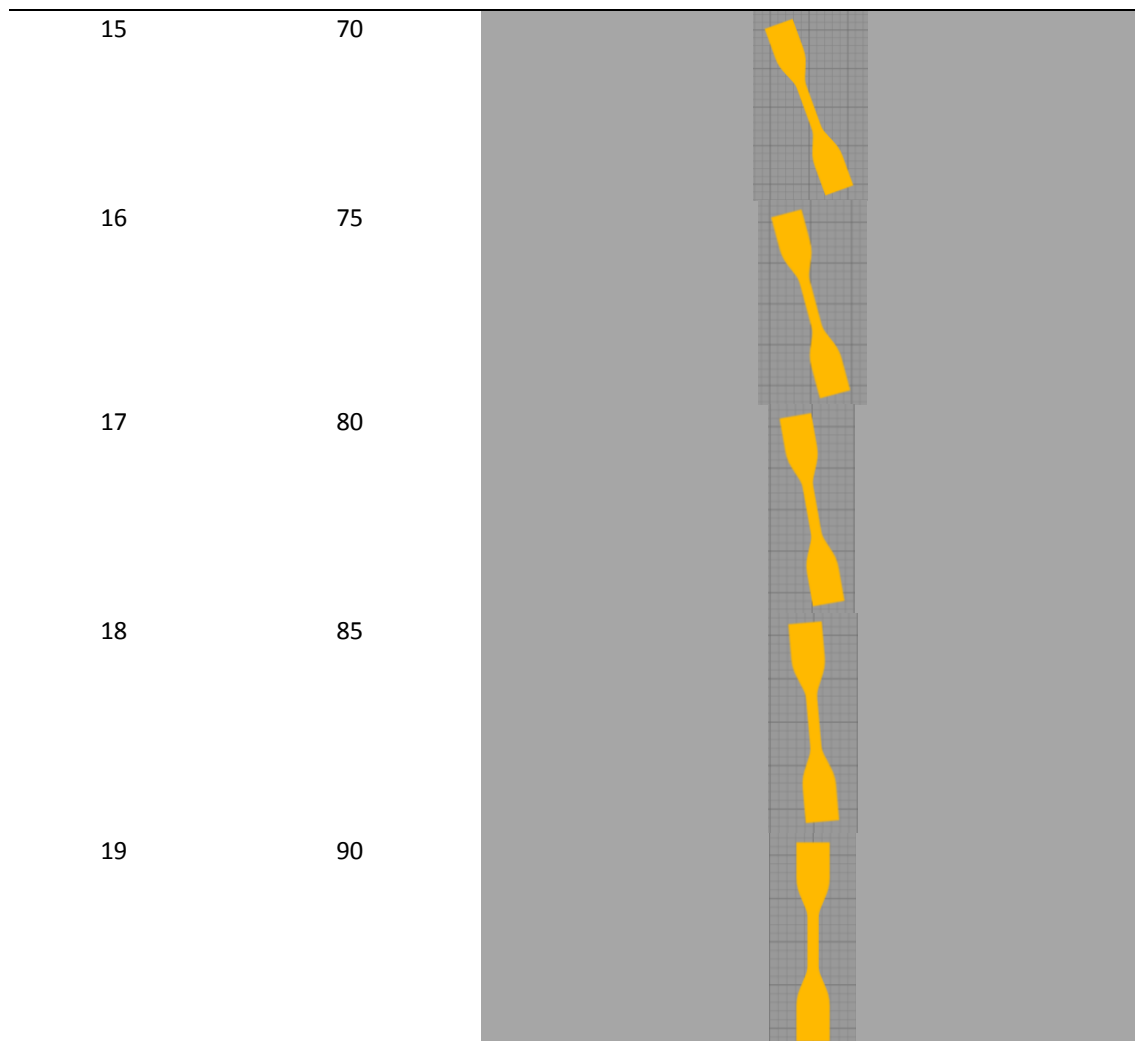
Gambar 3. Dimensi Standar ASTM D638 *Type IV*

Untuk mempermudah seluruh kegiatan pada penelitian ini dimulai dari menggambar spesimen uji tarik, menjalankan *software* yang dibutuhkan pada penelitian ini menggunakan Laptop dengan spesifikasi 3D *modelling* merk Dell E6330. *Slicing software* digunakan untuk membuat *G-Code* pada mesin 3D *Printer* berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM). Pengujian Tarik spesimen uji menggunakan alat Uji Tarik Zwick Roell.

Jenis data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah hasil uji tarik dengan menggunakan Standar ASTM D638 *Type IV*. Parameter proses yang disetting pada *slicing software* digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tarik spesimen standar tersebut. Langkah-langkah penelitian dimulai dari studi literatur yang bersumber dari artikel atau jurnal terkait yang berhubungan dengan pengujian tarik produk 3D *Printing*. Langkah selanjutnya mempersiapkan mesin 3D *Printer*, *slicing software*, *software analysis*, dan filamen yang diperlukan dalam penelitian ini, parameter proses tetap dan parameter proses yang divariasikan pada *slicing software*. Penggunaan satu jenis filamen *Super Tough* PLA dengan diameter 1.75 mm dan diameter *nozzle* pada mesin 3D *Printer* dengan diameter 0.4 mm, *nozzle temperature* 195 °C, *bed temperature* 60 °C, *travel speed* 120 mm/s, *printing speed default* 50 mm/s, *layer thickness* 0,3 mm, bentuk geometri *internal fill pattern* dengan bentuk *wiggle*, bentuk geometri *external fill pattern* dengan bentuk *concentric*, *bottom layer* berjumlah 5, *top layer* berjumlah 5, dan *perimeter* berjumlah 5. Variabel yang berubah adalah pada orientasi posisi cetak atau *Z Rotate Degree* dapat ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil cetak spesimen uji ASTM D638 *Type IV* menggunakan filamen *Super Tough* PLA ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 2. Variasi Z Rotate Degree Pada Slicing Software

Experiment No.	Z Rotate Degree (°)	Top View
1	0	
2	5	
3	10	
4	15	
5	20	
6	25	
7	30	
8	35	
9	40	
10	45	
11	50	
12	55	
13	60	
14	65	



Gambar 4. Hasil cetak Spesimen Uji Standar ASTM D638 Type IV

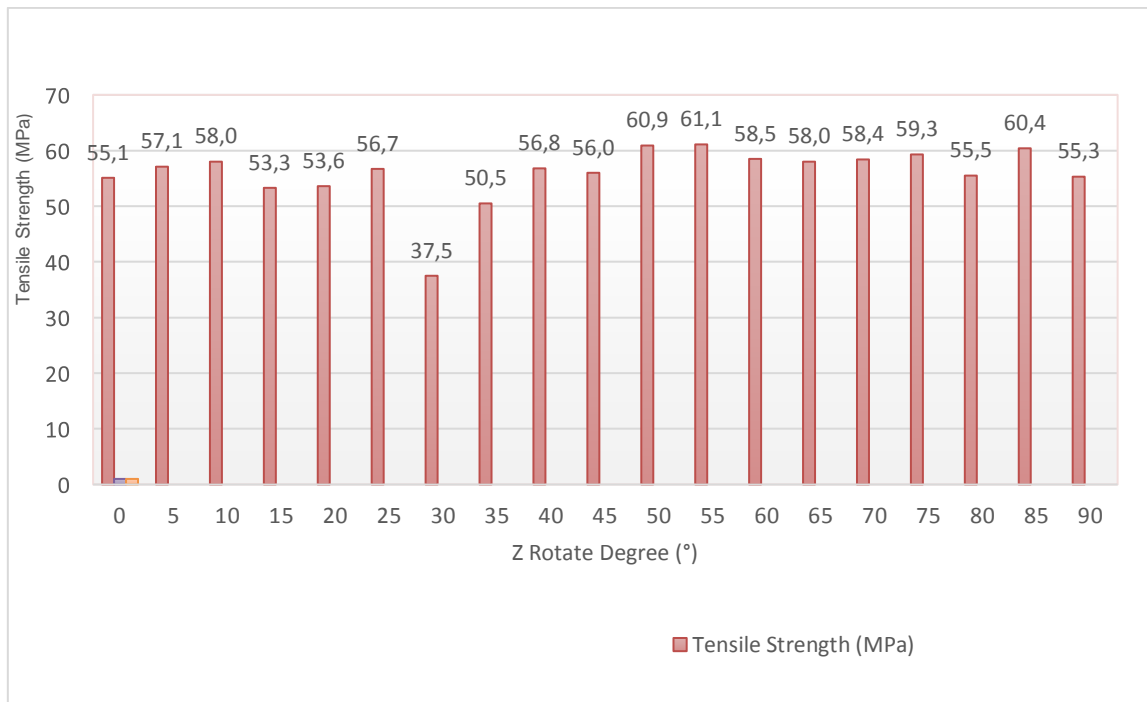
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh spesimen uji setelah dicetak diuji tarik dan tahapan selanjutnya adalah merekap data hasil pengujian dan menganalisis serta membuat suatu kesimpulan terhadap pengaruh-pengaruh yang diperoleh berdasarkan parameter proses yang telah dipilih terhadap kekuatan tarik masing-masing spesimen uji. Hasil pengujian tarik (*tensile Strength*), *printing time*, *filament weight*, dan *filament length* spesimen uji dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tarik Spesimen Uji ASTM D638 Type IV

<i>Experiment No.</i>	<i>Z Rotate Degree (°)</i>	<i>Printing Time (minute)</i>	<i>Filament weight (gr)</i>	<i>Filament Length (mm)</i>	<i>Tensile Strength (MPa)</i>
1	0	34	8,28	2755,5	55,10
2	5	34	8,30	2760,6	57,10
3	10	34	8,30	2761,2	58,00
4	15	34	8,30	2759,2	53,30
5	20	34	8,30	2758,9	53,60
6	25	34	8,30	2760,2	56,70
7	30	34	8,29	2756,4	37,50
8	35	34	8,30	2760,9	50,50
9	40	34	8,31	2761,6	56,80
10	45	34	8,31	2763,2	56,00
11	50	34	8,30	2761,4	60,90
12	55	34	8,30	2761,1	61,10
13	60	34	8,30	2761,8	58,50
14	65	34	8,30	2761,2	58,00
15	70	34	8,30	2760,7	58,40
16	75	34	8,30	2761,2	59,30
17	80	34	8,30	2761,3	55,50
18	85	34	8,30	2761,9	60,40
19	90	34	8,30	2761,2	55,30

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pengaturan parameter proses terutama pada orientasi sudut putar arah sumbu Z mesin 3D *Printer* terhadap kekuatan tarik spesimen uji ASTM D638 Type IV. Berdasarkan data hasil pengujian tarik pada Tabel 2. Menunjukkan bahwa kekuatan tarik paling besar diperoleh pada eksperimen nomor 12 (dua belas) yaitu 61,10 MPa dengan sudut putar arah sumbu Z 55°, panjang filamen 2761,1mm dan berat filamen 8,30 gram. Kekuatan tarik terkecil diperoleh pada eksperimen nomor tujuh (7) yaitu 37,50 MPa dengan sudut putar arah sumbu Z 30°, panjang filamen 2756,4mm dan berat filamen 8,30 gram. Hasil pengujian tarik tersebut menunjukkan bahwa sudut putar arah sumbu Z pada mesin 3D *Printer* dengan setting parameter proses pada *slicing software* yang sama memberikan dampak terhadap kekuatan tarik spesimen uji dengan hasil yang signifikan. Tiap 5° sudut putar arah sumbu Z pada mesin 3D *Printer* menghasilkan 1 MPa hingga 23,60 MPa. Berdasarkan hasil *G. Code* pada *slicing software* menunjukkan bahwa dengan perbedaan panjang filamen 4,7 mm ini menunjukkan bahwa hasil tersebut tidak memberikan dampak terhadap massa spesimen uji yaitu hanya 0,01gram, ini disebabkan oleh parameter proses yang sama pada *slicing software* seperti *flowrate*, *type infil*, *bottom layer*, *top layer*, dan *perimeter*. Panjang filamen yang dibutuhkan pada eksperimen nomor dua belas (12) adalah 2761,1 mm, sementara panjang filamen yang dibutuhkan pada eksperimen nomor tujuh (7) hanya 2756,4 mm dengan perbedaan panjang filamen sepanjang 5,5mm, dan perbedaan berat filamen yang sama yaitu 0,01 gram, dan dengan perbedaan sudut putar sebesar 25° menghasilkan kekuatan tarik dengan nilai signifikan hingga mencapai 23,60 MPa ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Uji Tarik Spesimen Uji Tarik Standar ASTM D638

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik spesimen uji standar ASTM D638 *Type IV*, menunjukkan bahwa pada pengaturan parameter proses pada *slicing software* dapat ditarik kesimpulan bahwa pengaruh orientasi sudut putar arah sumbu Z terhadap perbedaan berat filamen yang dibutuhkan pada proses pencetakan 19 (Sembilan belas) spesimen uji tarik hanya sebesar 0,01 gram dan perbedaan panjang filamen yang dibutuhkan paling tinggi 5,5 mm. Nilai tertinggi hasil pengujian kuat tarik spesimen uji diperoleh pada spesimen eksperimen nomor dua belas (12) yaitu 61,10 MPa dengan sudut putar arah sumbu Z sebesar 55°, Nilai terendah hasil pengujian kuat tarik spesimen uji diperoleh pada spesimen uji eksperimen nomor tujuh (7) yaitu 37,50 MPa. Sudut putar arah sumbu Z terbukti memberikan pengaruh pada bentuk geometri spesimen uji baik pada bentuk geometri infill dan sudutnya sehingga memberikan efek pada perbedaan kekuatan produk ditinjau dari kuat tariknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Attaran Mohsen 2017, The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. *Business Horison*, [Volume 60, Issue 5](#). P. 677-688.
- [2]. Satyanarayana, B, and Prakash, KJ 2015, Component Replication using 3D Printing Technology. *Procedia Materials Science* 10., p.263 – 269.
- [3]. Basavaraj, C. K., dan Vishwas, M. (2016). *Studies on Effect of Fused Deposition Modelling Process Parameters on Ultimate Tensile Strength and Dimensional Accuracy of Nylon*. *Materials Science and Engineering* Vol. 2016, 1–12.
- [4]. Alafaghani Ala'aldin, Qattawi Ala, Buraaq Alrawi, and Guzman Arturo 2017, Experimental Optimization of Fused Deposition Modelling Processing Parameters: a Design-for-Manufacturing Approach *Procedia Manufacturing* 10., p. 791 – 803.
- [5]. Taguchi, G., Chowdhury, S. and Wu, Y. 2005, *Taguchi's Engineering Quality Handbook*, 1st ed, John Willey & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.
- [6]. Yudha Bika Pratama, Hasdiansah, and Pristiansyah, "Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen ST-PLA: PENGARUH PARAMETER PROSES SLICING SOFTWARE TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PRINTING PART MENGGUNAKAN FILAMEN ST-PLA", *Manutech*, vol. 13, no. 01, pp. 33-40, Jun. 2021.

-
- [7]. Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yuliyanto, "Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun", *Manutech*, vol. 12, no. 02, pp. 73-80, Dec. 2020.
- [8]. Z. S. Suzen, and Hasdiansah, "Pengaruh Geometri Infill terhadap Kekuatan Tarik Spesimen Uji Tarik ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen PLA+ Sugoi", *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.16 no.2, pp. 140-147, August. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.32497/jrm.v16i2.2343>
- [9]. M. M. Hanon, R. Marczis, and L. Zsidai, "Influence of the 3D Printing Process Settings on Tensile Strength of PLA and HT-PLA", *Period. Polytech. Mech. Eng.*, vol. 65, no. 1, pp. 38–46, 2021.
- [10]. John J. Laureto, Joshua M. Pearce, "Anisotropic mechanical property variance between ASTM D638-14 type i and type iv fused filament fabricated specimens", *Polymer Testing*, Volume 68, 2018, Pages 294-301, ISSN 0142-9418, <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.04.029>.