



Pengaruh Sudut *Part Build Orientation Z-Direction* Terhadap Kuat Tarik Spesimen Uji Standar Astm D638 Type IV Menggunakan Filamen Pla+

Pristiansyah¹, Yuliyanto², Masdani³, Z.S. Suzen⁴, Z. Kurniawan⁵, Sugianto⁶, Indra Feriadi⁷, Yogi
Pranata⁸, Robert Napitupulu⁹, Harwadi, Hasdiansah^{11*}

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11}Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*email: phianntarah@yahoo.co.id

Received:4 Januari 2023; Received in revised form:4 Juli 2023; Accepted:24 November 2023

Abstract

This study will try to investigate variations in the angle of the Z-direction build part by using a 3D Printer with Fused Deposition Modeling (FDM) technology made from PLA + Sugo. This study uses a 0.4mm nozzle with a Bowden type extruder. This study uses a PLA+ filament from the Sugo brand with a nozzle of 0.4 mm, diameter filament 1,75 mm, 3D Printer with Fused Deposition Modeling (FDM) technology used is Creality Ender 3 V2 with process parameter settings in slicing software using a layer thickness of 0.30 mm, Top solid Layer 5, Bottom Solid Layer 5, Fill density 100%, cooling speed 100%, and flowrate 100%, nozzle temperature 205°C, and bed temperature 60°C. Variation in angle Part build Z-direction is proven to have a significant difference in Tensile strength with a difference of 10° resulting in a difference in Tensile strength of 15 MPa, where the highest tensile strength is 67.50 MPa with part build Z-direction at an angle of 80°, and the lowest tensile strength of 52.50 MPa with a Z-direction part build angle at an angle of 70°.

Keywords: 3D Printing, ASTM D638 TYPE IV, Filament PLA+, Part build Z-Direction, Tensile Strength

Abstrak

Penelitian ini akan mencoba menginvestigasi variasi sudut part build Z-direction dengan menggunakan mesin 3D Printer berteknologi Fused Deposition Modelling (FDM) berbahan PLA+ merk Sugo. Penelitian ini menggunakan nozzle 0.4mm dengan extruder type Bowden, diameter filamen 1,75mm. Penelitian ini menggunakan filamen PLA+ merk Sugo dengan dan nozzle yang digunakan 0,4mm, mesin 3D Printer berteknologi Fused Deposition Modelling (FDM) yang digunakan adalah mesin merk Creality Ender 3 V2 dengan setting parameter proses pada slicing software menggunakan layer thickness 0,30 mm, Top solid Layer 5, Bottom Solid Layer 5, Fill density 100%, cooling speed 100%, dan flowrate 100%, nozzle temperature 205°C, dan bed temperature 60°C. Variasi sudut Part build Z-direction terbukti memiliki perbedaan kuat Tarik cukup signifikan dengan perbedaan 10° menghasilkan perbedaan kekuatan Tarik sebesar 15 MPa, dimana kekuatan Tarik tertinggi sebesar 67,50 MPa dengan part buid Z-direction pada sudut 80°, dan kekuatan Tarik terendah sebesar 52,50 MPa dengan sudut part build Z-direction pada sudut 70°.

Kata kunci: 3D Printing, ASTM D638 TYPE IV, Filament PLA+, Part build Z-Direction,kekuatan tarik

1. PENDAHULUAN

Penelitian tentang 3D *Printing* berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) telah banyak dilakukan oleh para peneliti, salah satu penelitian dengan menggunakan filamen *Super Tough* PLA dengan memvariasikan *orientasi Z direction* pada mesin 3D *Printer* dan menghasilkan kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 *Type IV* paling tinggi 61,10 MPa pada 55°. Kekuatan Tarik paling rendah 37,50 MPa pada orientasi *Z Direction* 30°[1]. Penelitian serupa telah dilakukan dengan menggunakan filamen PLA Pro telah dilakukan dengan memvariasikan bentuk *infill pattern* terhadap kekuatan Tarik specimen uji standar

ASTM D638 Type IV, penelitian ini memperoleh kekuatan Tarik tertinggi 43,9MPa dengan menggunakan *slicing software* Ultimaker Cura berbentuk 3D *honeycomb* dan temperature *nozzle* 210°C. Sementara kekuatan Tarik terendah 14,7MPa *infill pattern* berbentuk *archemedeian chord* dan temperature *nozzle* 220°C [2].

Penelitian serupa tentang kekuatan Tarik specimen uji dengan menggunakan 3D *Printing* berteknologi Fused Deposition Modelling (FDM) dengan menggunakan filamen ABS CCTree telah diperoleh data bahwa pengaruh *infill pattern* memiliki pengaruh 4,36% terhadap kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 Type IV [3].

Penelitian dengan menggunakan filamen Nylon telah dilaksanakan dengan metode Taguchi terhadap respon berupa akurasi dimensi specimen uji berbentuk silinder dengan diameter luar 8mm, penelitian ini memperoleh data berupa pengaturan parameter proses terbaik pada mesin 3D *Printer* berteknologi FDM yaitu *nozzle temperature* 256°C, *bed temperature* 96°C, *layer thickness* 0,2mm, *flowrate* 90%, *printing speed* 30mm/s, *overlap* 10%, *infill density* 25%, dan *wall thickness* 1mm [4].

Penelitian dengan menggunakan filamen PLA+ merk Esun terhadap respon kekasaran permukaan (*surface roughness*) objek 3D *Printing Part* dengan menggunakan metode Taguchi menunjukkan bahwa pengaruh *layer thickness*, *type infill*, dan *cooling speed* terhadap *surface roughness* objek 3DP [5]. Penelitian dengan respon kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 Type IV menggunakan filamen *Super Tough* PLA menunjukkan bahwa pengaturan parameter proses pada mesin 3D *Printer* berteknologi FDM berupa *layer thickness* 0,3mm, *nozzle temperature* 205°C, dan *flowrate* 100% menghasilkan kekuatan Tarik tertinggi 47,66MPa. *Slicing software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *software* ideamaker 3.6.1 [6].

Penelitian dengan menggunakan filamen ABS terhadap kekuatan Tarik specimen uji ASTM D638 Type IV metode Taguchi telah memperoleh data pengujian kekuatan Tarik tertinggi 29,70 MPa dengan variasi parameter proses *nozzle temperature* 245°C, *layer thickness* 0,2mm, dan *bed temperature* 90°C [7]. Penelitian lainnya tentang kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 Type IV menggunakan filamen *Super Tough* PLA dengan cara melakukan proses annealing terhadap specimen uji dengan memvariasikan waktu annealing, temperature annealing dan media annealing. Penelitian ini menghasilkan kekuatan Tarik tertinggi setelah specimen uji diannealing sebesar 49,65MPa dengan waktu annealing selama 15 menit, temperature annealing 110°C, dan media annealing yang digunakan adalah kopi [8].

Penelitian tentang kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 Type IV dengan menggunakan metode Taguchi telah dilakukan dengan memperoleh kekuatan Tarik tertinggi material atau filamen PLA+ merk Esun yaitu 48,10MPa. Parameter proses atau faktor kombinasi terbaik berdasarkan *design of experiment* Taguchi L25OA adalah *printing speed* default 35mm/s, *nozzle temperature* 215°C, *layer thickness* 0,10mm, *cooling speed* 20% dan orientasi *Z-direction* 45°[9]. Penelitian tentang kekuatan Tarik dengan menggunakan filamen ABS CCTree telah menunjukkan hasil bahwa *fan speed* atau *cooling rate* pada proses pencetakan specimen uji paling berpengaruh terhadap kekuatan Tarik specimen uji standar ASTM D638 Type IV. Kekuatan tarik tertinggi sebesar 30,46 MPa dan kekuatan Tarik terendah 25,31Mpa [10].

Penggunaan teknologi 3D *Printing* dalam dunia *fashion* atau busana wanita telah banyak diaplikasikan dewasa ini, salah satu contoh hasil penelitian penggunaan filamen PLA dalam pembuatan konektor *hinges* menghasilkan model 3D yang kokoh dan lebih lentur bila dibandingkan dengan konektor interlock dan tanpa konektor. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan filamen PLA dengan menggunakan teknologi 3D *Printing* FDM telah diaplikasikan pada bidang seni dan kreasi [11].

Penelitian tentang akurasi dimensi specimen uji dengan menggunakan filamen Nylon telah diperoleh data hasil pengukuran paling akurat dengan kombinasi parameter proses berupa *layer thickness*, *nozzle temperature*, *bed temperature*, *flowrate*, *infill speed*, *overlap*, *wall thickness*, *printing speed*, dan *infill density*. Spesimen uji akurasi dimensi berbentuk silinder dengan dimensi Panjang 10mm. Hasil cetak specimen terbaik adalah 9,97mm dan hasil terburuk adalah 9,71mm dengan perbedaan sebesar 0,29mm. Penelitian ini selanjutnya menghasilkan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap akurasi dimensi specimen uji adalah *layer thickness* [12]. Penelitian tentang peningkatan sifat mekanik didapatkan antara material PLA dan serat Arenca Pinnata dapat menggantikan material komposit polimer yang tidak terdekomposisi di alam seperti polipropilena yang digunakan dalam industry kemasan dan otomotif [13]. Penelitian dengan menggunakan filamen PLA memvariasikan tiga posisi pencetakan specimen uji arah vertical, horizontal, dan posisi menyamping. Penelitian ini menghasilkan kekuatan Tarik pada posisi vertical sebesar 23,75MPa, kekuatan Tarik pada posisi menyamping adalah sebesar 52,40MPa, dan

kekuatan Tarik pada posisi horinzal sebesar 57,58Mpa [14]. Penelitian dengan menggunakan filamen PLA dengan variasi persentase infill 50%, 75%, dan 100% telah menghasilkan kekuatan Tarik tertinggi 33,5MPa dengan persentase infill 100% [15].

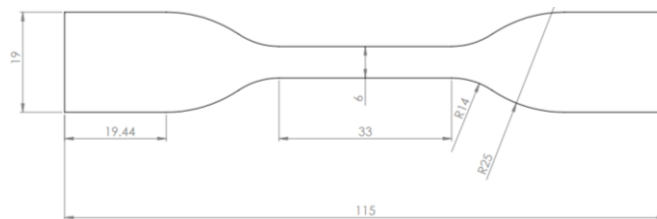
Berdasarkan study literatur yang telah dilakukan, maka penelitian ini akan mencoba menginvestigasi variasi *part build Z-direction* dengan menggunakan mesin 3D Printer berteknologi *Fused Deposition Modelling (FDM)* berbahan PLA+ Sugoi. Penelitian ini menggunakan nozzle 0.4mm dengan *extruder type Bowden*.

2. METODE PENELITIAN

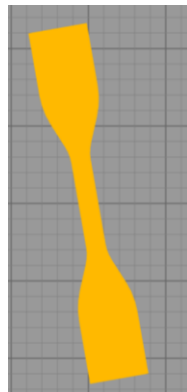
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen bertujuan untuk menemukan pengaruh dari suatu faktor bebas terhadap faktor terikat. Pengaruh faktor diperkirakan dengan pendekatan kuantitatif yang bersifat analitik (Margono, 2010).

2.1 Desain Spesimen Uji Tarik (*Tensile Strength*) Standar ASTM D638 TYPE IV

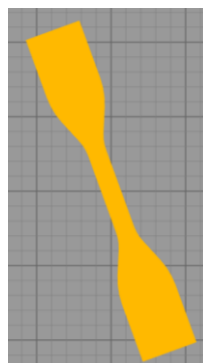
Spesimen uji ASTM D638 TYPE IV didesain pada *software* CAD ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi dan Bentuk Spesimen Uji ASTM D638 TYPE IV



Gambar 2. ASTM D638 Type IV Part build Z-direction 80°



Gambar 3. ASTM D638 Type IV Part build Z-direction 70°

2.2 Alat dan Bahan

Persiapan peralatan dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini untuk menunjang proses pelaksanaan penelitian ini agar berjalan lancar adalah sebagai berikut :

- Mesin 3D *Printer merk* Creality Ender 3 V2 dengan *build volume* XYZ 210mm × 210mm× 250mm yang digunakan untuk mencetak specimen uji ASTM D638 *TYPE IV*.
- SD. *Card* untuk menyimpan *G-Code* seluruh eksperimen.
- Filamen PLA+ *merk* Sugoi
- Universal Testing machine merk* Zwick Roell yang digunakan untuk pengujian kekuatan tarik (*Tensile Strength*) specimen uji ASTM D638 *TYPE IV*.
- Laptop *merk* Lenovo L13 Yoga yang digunakan untuk menggambar specimen uji Tarik ASTM D638 *Type IV*, membuat *G-Code* eksperimen, dan digunakan untuk pengolahan data hasil penelitian.



Gambar 4. Mesin 3D *Printer* FDM Creality Ender 3 V2



Gambar 5. Filamen PLA+ *merk* Sugoi



Gambar 6. *Universal Testing Machine merk* Zwick Roell

Slicing Software digunakan untuk menghasilkan seluruh *G-Code* pada mesin 3D *Printing*.

2.3 Langkah – langkah Penelitian

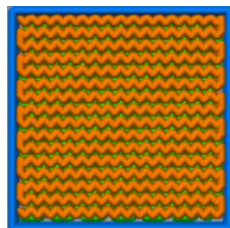
Tahapan penelitian dimulai dengan *study literature* dengan membaca dan mempelajari jurnal-jurnal yang terkait pada 3D *Printing* material PLA dan ABS. Tahapan selanjutnya adalah persiapan mesin 3D *Printer* dan filamen PLA+ merk Sugoi dan *nozzle* yang digunakan 0,4mm, mesin 3D *Printer* berteknologi *Fused Deposition Modelling* (FDM) yang digunakan adalah Creality Ender 3 V2 dengan *setting* parameter proses pada *slicing software* menggunakan *layer thickness* 0,30 mm, *Top solid Layer* 5, *Bottom Solid Layer* 5, *Fill density* 100%, *cooling speed* 100%, dan *flowrate* 100%, Spesimen uji tarik Standar ASTM D638 *Type IV* selanjutnya digambar CAD dengan menggunakan *software* khusus gambar dan selanjutnya disimpan dalam *format* STL. Tahapan selanjutnya adalah *file* STL. dikirim ke *slicing software* agar terbaca oleh *slicing software* untuk kemudian menghasilkan *G-Code* tiap eksperimen, dan kemudian diatur *setting* parameter prosesnya seperti pada Tabel.1. Pembuatan *G-Code* sepuluh (10) eksperimen secara otomatis dapat dihasilkan oleh *slicing software* sehingga dapat digunakan oleh 3D *Printer* dalam mencetak specimen uji. *G-Code* yang dihasilkan oleh *slicing software* selanjutnya dipindahkan dari *slicing software* ke SD. *Card*. SD. *Card* diinput ke mesin 3D *Printer* dan siap untuk digunakan mencetak specimen uji tarik ASTM D638 *Type IV*. Tahapan selanjutnya adalah memasang filamen PLA+ pada mesin 3D *Printer* dan SD.*Card* yang berisi *G-Code* sepuluh (10) eksperimen diinput pada mesin 3D *Printer* sehingga proses pencetakan specimen uji dilakukan satu per satu hingga selesai. Sebelum *G-Code* diproses pada mesin 3D

Printer, pendataran *bed* mesin 3D *Printer* harus dilakukan agar proses pencetakan specimen uji Tarik berjalan dengan lancar atau berhasil dengan dimulai berhasilnya specimen uji Tarik menempel pada *bed* mesin 3D *Printer* hingga berhasil mencetak specimen uji Tarik secara utuh sesuai dengan standar ASTM D638 Type IV.

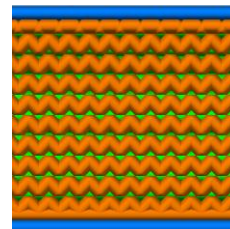
Tabel 1. Parameter yang disetting pada *Slicing Software*

Exp. No.	Nozzle Temperature (°C)	Part Build Orientation Z-Direction (°)	External Fill Pattern	Internal Fill Pattern	Printing Speed (mm/s)
1	205	0	Concentric	Wiggle	50
2	205	10	Concentric	Wiggle	50
3	205	20	Concentric	Wiggle	50
4	205	30	Concentric	Wiggle	50
5	205	40	Concentric	Wiggle	50
6	205	50	Concentric	Wiggle	50
7	205	60	Concentric	Wiggle	50
8	205	70	Concentric	Wiggle	50
9	205	80	Concentric	Wiggle	50
10	205	90	Concentric	Wiggle	50

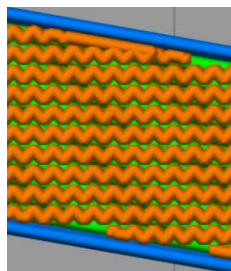
Setelah proses pencetakan seluruh specimen uji selesai, maka tahapan selanjutnya adalah mempersiapkan *Universal Testing Machine* yang digunakan pada pengujian kuat Tarik (*Tensile Strength*) specimen uji ASTM D638 Type IV.



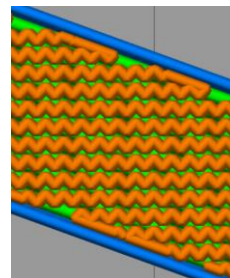
Gambar 7. *Internal Fill Pattern Wiggle*



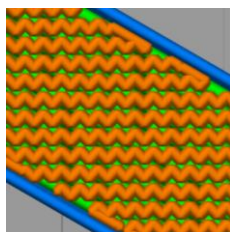
Gambar 8. *Part Build Z-Direction 0°*



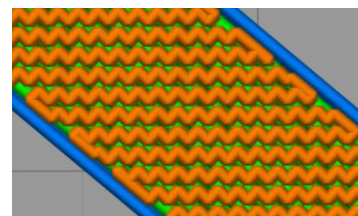
Gambar 9. *Part Build Z-Direction 10°*



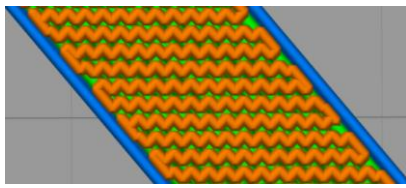
Gambar 10. *Part Build Z-Direction 20°*



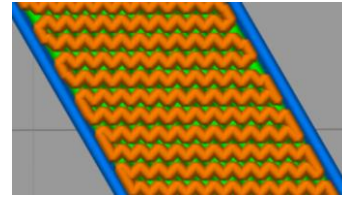
Gambar 11. *Part Build Z-Direction 30°*



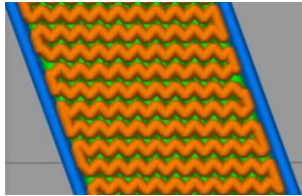
Gambar 12. *Part Build Z-Direction 40°*



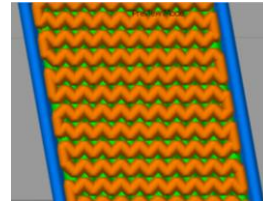
Gambar 13. Part Build Z-Direction 50°



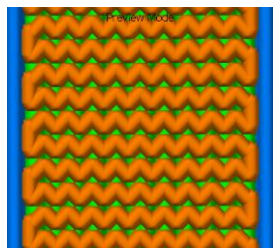
Gambar 14. Part Build Z-Direction 60°



Gambar 15. Part Build Z-Direction 70°



Gambar 16. Part Build Z-Direction 80°



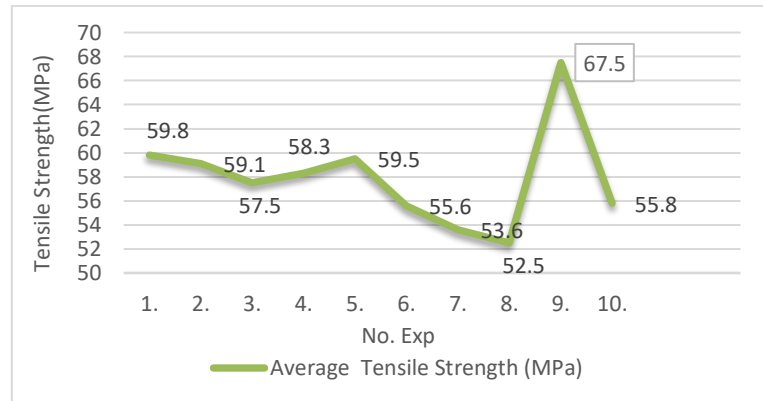
Gambar 17. Part Build Z-Direction 90°

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

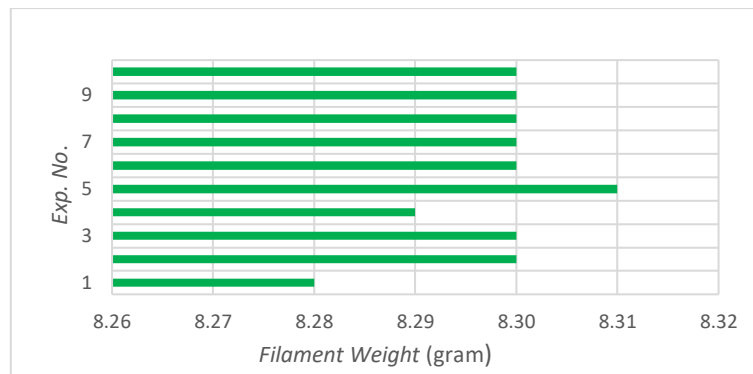
Data hasil pengujian specimen uji Tarik ASTM D638 *Type IV* dicatat dan selanjutnya dilakukan tahapan analisis hasil pengujian kekuatan tarik ASTM D638 *Type IV*. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan Tarik specimen uji ditunjukkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2. ditunjukkan data *filament length* dan *filament weight* serta *average tensile strength*.

Tabel 2 . Hasil Pengujian Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*) ASTM D638 *Type IV* (Filamen PLA+ Sugoi)

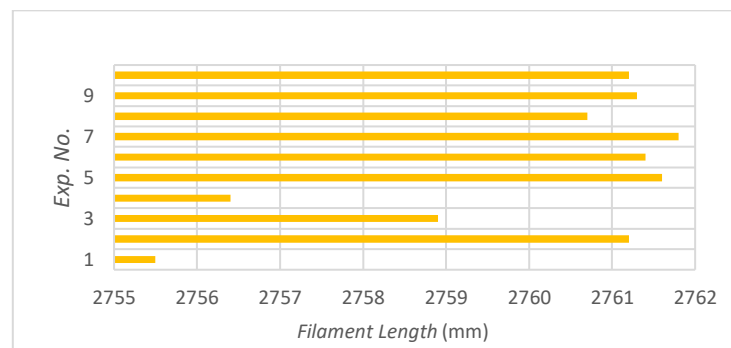
Exp. No.	Filament Length (mm)	Filament Weight (gram)	Average Tensile Strength(MPa)
1.	2755,5	8,28	59,80
2.	2761,2	8,30	59,10
3.	2758,9	8,30	57,50
4.	2756,4	8,29	58,30
5.	2761,6	8,31	59,50
6.	2761,4	8,30	55,60
7.	2761,8	8,30	53,60
8.	2760,7	8,30	52,50
9.	2761,3	8,30	67,50
10.	2761,2	8,30	55,80



Gambar 18. Average Tensile Strength sepuluh eksperimen ASTM D638 Type IV



Gambar 19. Filament Weight (gram) sepuluh eksperimen specimen standar ASTM D638 Type IV



Gambar 20. Filament Length (mm) sepuluh eksperimen specimen standar ASTM D638 Type IV

Berdasarkan data hasil pengujian Tarik pada Tabel 2, Gambar 18, Gambar 19, dan Gambar 20. menunjukkan bahwa kekuatan Tarik tertinggi diperoleh pada eksperimen nomor Sembilan (*Exp.No.9*) yaitu 67,50 MPa atau *part build Z-direction 80°* dapat ditunjukkan bentuk *internal fill pattern* pada Gambar 16, dan nilai kekuatan Tarik minimum terendah diperoleh pada eksperimen nomor delapan (*Exp.No.8*) yaitu 52,50 MPa atau diperoleh pada *setting part build Z-direction 70°* atau dapat ditunjukkan bentuk *internal fill pattern* pada Gambar 15. Berdasarkan dua data tersebut menunjukkan bahwa dengan perbedaan 10° menghasilkan perbedaan kekuatan Tarik sebesar 15 MPa. Perbedaan kuat Tarik tersebut cukup signifikan, menunjukkan bahwa selain bentuk *internal fill pattern* berbentuk *wiggle*, bahwa sudut pembentukan specimen uji Tarik secara keseluruhan mulai dari *bottom*, *top*, dan *internal fill pattern* memberikan pengaruh terhadap kekuatan Tarik specimen uji. *Filament weight* dan *filament length* ditunjukkan pada Gambar 9, dan Gambar 10. Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa penggunaan Panjang filamen dan berat filamen yang dibutuhkan antar eksperimen tidak terlalu jauh berbeda dalam mencetak specimen uji Tarik ASTM D638 Type IV yang digunakan pada penelitian ini.

4. SIMPULAN

Berdasarkan data hasil pengujian Tarik specimen uji ASTM D638 Type IV menggunakan filamen PLA+ merk Sugoi, menunjukkan hasil bahwa *part build Z-direction* mempengaruhi kekuatan Tarik specimen uji. *Part build Z-direction* terbukti memiliki perbedaan kuat Tarik cukup signifikan dengan perbedaan 10° menghasilkan perbedaan kekuatan Tarik sebesar 15 MPa, dimana kekuatan Tarik tertinggi sebesar 67,50 MPa dengan part build Z-direction pada sudut 80°, dan kekuatan Tarik terendah sebesar 52,50 MPa dengan *part build Z-direction* pada sudut 70°. Bentuk *internal fill pattern* berbentuk *wiggle* juga berpengaruh terhadap kuat Tarik specimen uji, hal ini disebabkan karena pembentukan sudut pada bagian dalam specimen uji membentuk sudut sehingga memiliki kekuatan Tarik yang berbeda. Ikatan antar *layer* yang terbentuk pada pencetakan specimen uji Tarik terutama pada bagian dalam specimen tersebut menghasilkan efek terhadap respon dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Hasdiansah H, Pristiansyah P, Suzen ZS. Pengaruh Orientasi Posisi Printing Z Axis Mesin 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Menggunakan Filamen Super Tough PLA. Manutech [Internet]. 2022Jun.9 [cited 2022Aug.30];14(01):23 - 1. Available from: <https://ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/manutech/article/view/197>
- [2]. S. Suzen Z, Dirga Trisaplin R, Hasdiansah H. Analisis Pengaruh Parameter Infill Pattern dan Nozzle Temperature Terhadap Tensile Strength Filamen PLA PRO. Manutech [Internet]. 2022Jun.9 [cited 2022Aug.31];14(01):39 - 46. Available from: <https://www.ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/manutech/article/view/208>
- [3]. Pristiansyah P, Hasdiansah H, Ferdiansyah A. Pengaruh Parameter Proses Pada 3D Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE. Manutech [Internet]. 2022Jun.9 [cited 2022Aug.31];14(01):15 - 22. Available from: <https://ejournal.polman-babel.ac.id/index.php/manutech/article/view/210>
- [4]. Hasdiansah H. Optimization of Process Variables in 3D Printing on Dimensional Accuracy Using Nylon Filaments. IJNMT (International Journal of New Media Technology) [Internet]. 5Jul.2022 [cited 31Aug.2022];9(1):1-. Available from: <https://ejournals.umn.ac.id/index.php/IJNMT/article/view/2398>
- [5]. Intani Adinata BA, Hasdiansah H, Sirwansyah Suzen Z. PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMEN ESUN PLA +, MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI. SNITT [Internet]. 2021 Aug. 2 [cited 2022 Aug. 31];1(01):323-9. Available from: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/65>
- [6]. M.Yusuf YS, Hasdiansah H. PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN ST-PLA MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI. SNITT [Internet]. 2021 Aug. 2 [cited 2022 Aug. 31];1(01):74-9. Available from: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/105>
- [7]. Putra RDP, Zaldy Sirwansyah Suzen, Hasdiansah. OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT ABS MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI. SNITT [Internet]. 2022 Feb. 22 [cited 2022 Aug. 31];2(01):478-84. Available from: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/226>
- [8]. Subakti Y, Hasdiansah H, Kurniawan Z. Pengaruh Media, Temperatur Dan Waktu Perlakuan Annealing Pada Spesimen Standar ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen ST PLA. SPROCKET JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING [Internet]. 22Aug.2021 [cited 31Aug.2022];3(1):7-4. Available from: <https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/mechanical/article/view/569>
- [9]. Pratama W, Hasdiansah H, Husman H. Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Material Filamen PLA + Menggunakan Metode Taguchi. SPROCKET JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING [Internet]. 22Aug.2021 [cited 31Aug.2022];3(1):39-5. Available from: <https://jurnal.uhn.ac.id/index.php/mechanical/article/view/568>
- [10]. Pranata Y, Hasdiansah H, Fitri Arriyani Y. PENGUJIAN KUAT TARIK PRODUK CETAK 3D PRINTING MATERIAL ABS . SNITT [Internet]. 2022 Feb. 22 [cited 2022 Aug. 31];2(01):85-91. Available from: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/158>
- [11]. Siregar Y, Suantara D, Prameswari N, Setiawan N. APLIKASI PENCETAKAN 3D DARI MOTIF KAIN CUAL TAMPOK MANGGIS DALAM PRODUK FESYEN OUTER WANITA. senada [Internet]. 1Apr.2021 [cited 31Aug.2022];4:366-73. Available from: <https://eprosiding.idbbali.ac.id/index.php/senada/article/view/598>

-
- [12]. Dwi Agustini I, Hasdiansah H, Anggry A. OPTIMASI AKURASI DIMENSI HASIL CETAKAN PROSES 3D PRINTING YANG TERBUAT DARI FILAMEN NYLON MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI. SNITT [Internet]. 2022 Feb. 22 [cited 2022 Aug. 31];2(01):58-64. Available from: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/201>
- [13]. Prabowo I, Chalid M. OPTIMALISASI SIFAT MEKANIK BIOKOMPOSIT PLA DENGAN SERAT ARENGA PINNATA. Journal of Science, Technology, and Visual Culture, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 65-68, oct. 2021. ISSN 2798-8767. Available at: <<https://journal.itera.ac.id/index.php/jstvc/article/view/595>>. Date accessed: 31 aug. 2022.
- [14]. Corapi D, Morettini G, Pascoletti G, Zitelli C. Characterization of a Polylactic acid (PLA) produced by Fused Deposition Modeling (FDM) technology. Procedia Struct Integr. 2019;24:289–95.
- [15]. Zisopol DG, Nae I, Portoaca AI, Ramadan I. A Theoretical and Experimental Research on the Influence of FDM Parameters on Tensile Strength and Hardness of Parts Made of Polylactic Acid. Eng. Technol. Appl. Sci. Res. [Internet]. 2021 Aug. 21 [cited 2022 Aug. 5];11(4):7458-63. Available from: <https://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/4311>