



Analisis Pengaruh Parameter *Infill Pattern* dan *Nozzle Temperature* Terhadap *Tensile Strength* Filamen PLA PRO

Z. S. Suzen¹, Riskullah Dirga Trisaplin², Hasdiansah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat
syahdika99@gmail.com

Received : 8 April 2022 ; Received in revised form : 30 Mei 2022 ; Accepted : 6 Juni 2022

Abstract

3D Printing is part of Rapid Prototyping technology, where the printing process converts a 3D design into a solid object, can be held and has volume, the formation is done by placing the filament layer by layer. The purpose of this study was to determine the effect of the process parameters used, to determine the highest and lowest tensile strength values and to determine the eligible parameters for car dashboard production. The method in this study using the factorial method multiplied by 15 types of infill and 3 temperature levels so as to create a total of 45 specimens, then replicated 3 times to make 135 samples of specimens, the process parameters used were 15 types of infill and 3 levels of nozzle temperature that were printed in a vertical orientation. The highest tensile strength value is 43.9 MPa with the parameter (infill pattern) 3D honeycomb, nozzle temperature 210°C, and the lowest tensile strength value is 14.7 MPa with the parameter (infill pattern) archimedean chord, nozzle temperature 220°C. The final result of the research shows that there is an influence between parameters on the value of tensile strength and recommends several parameters that can be used to produce car dashboards.

Keywords: 3D printing, PLA PRO, tensile strength, parameter, factorial

Abstrak

3D Printing merupakan bagian dari teknologi Rapid Prototyping, dimana proses pencetakannya merubah desain 3D menjadi benda padat, dapat dipegang dan bervolume, pembentukan dilakukan dengan meletakkan filamen lapis per lapis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari parameter proses yang digunakan, mengetahui nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah serta untuk mengetahui parameter yang eligible untuk produksi dashboard mobil. Metode pada penelitian ini menggunakan metode faktorial melakukan perkalian dengan 15 tipe infill dan 3 level suhu sehingga menciptakan total 45 spesimen, kemudian dilakukan replikasi sebanyak 3 kali sehingga menjadi 135 sampel spesimen, parameter proses yang digunakan adalah 15 tipe infill dan 3 level suhu nozzle yang dicetak pada orientasi vertikal. Nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 43,9 MPa dengan parameter (infill pattern) 3D honeycomb, suhu nozzle 210°C, dan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 14,7 MPa dengan parameter (infill pattern) archimedean chord, suhu nozzle 220°C. Hasil akhir pada penelitian menunjukkan terjadinya pengaruh antar parameter terhadap nilai kekuatan tarik serta merekomendasikan beberapa parameter yang mampu digunakan untuk memproduksi dashboard mobil.

Kata kunci: 3D printing, PLA PRO, uji tarik, parameter, faktorial

1. PENDAHULUAN

Teknologi 3D *printing* merupakan bagian dari 5 teknologi inti Revolusi Industri 4.0, dan tergolong teknologi yang baru bagi industri manufaktur Indonesia, mesin 3D *printer* termasuk dalam kategori teknologi *rapid prototyping*, dimana mampu mencetak produk yang memiliki struktur dan geometri yang kompleks [1], selain itu memiliki kelebihan dalam mencetak produk dalam waktu yang singkat [2]. Informasi dari penelitian mengenai hasil produk 3D *printer* sangat dibutuhkan khususnya pada industri

otomotif dalam pembuatan produk *dashboard* mobil, umumnya pembuatan *dashboard* mobil melalui proses *injection moulding* namun biaya produksi yang dibebankan sangat mahal, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menekan biaya produksi tersebut.

Salah satu teknologi *rapid prototyping* yang mudah dijumpai adalah jenis FDM (*Fused Deposition Modelling*) [3], prinsip kerja dari FDM ialah proses ekstrusi termoplastik yang dilakukan oleh heater melalui nozzle pada suhu leleh filamen, kemudian dicetak dengan cara meletakkan filamen hasil ekstrusi lapis per lapis [4], filamen yang paling umum digunakan pada proses 3D *printing* adalah PLA dan ABS [5], inovasi filamen sangat mungkin dilakukan pada era modern saat ini, salah satu inovasi pada filamen yaitu munculnya varian baru pada filamen PLA, ST PLA, PLA+ dan PLA PRO dengan memiliki keunikan serta kelebihan dari masing-masing filamen.

Penelitian menggunakan metode faktorial berfokus untuk mengetahui pengaruh *layer thickness* dan orientasi pada hasil produk 3D *printing* menggunakan filamen ABS, dan mendapatkan hasil bahwa orientasi pencetakan lebih berpengaruh dibandingkan *layer thickness* terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan [6].

Penelitian yang dilakukan oleh [7] Untuk mengetahui pengaruh dari 13 *geometri infill* dan 3 level suhu pencetakan menggunakan filamen PLA + ESUN, penelitian ini menggunakan metode faktorial, sehingga didapatlah hasil jika *infill pattern* dari setiap tipe menghasilkan hasil yang bervariasi dari nilai kekuatan tarik tertinggi hingga terendah.

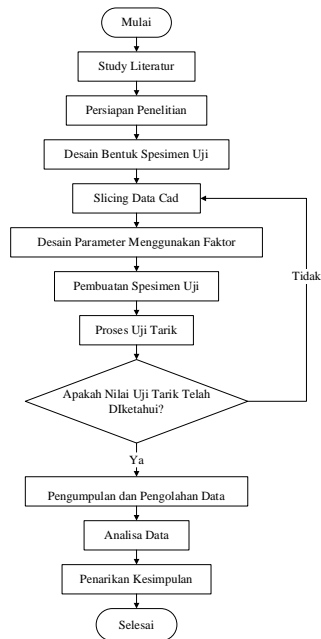
Selain parameter *infill pattern*, *nozzle temperature* dan orientasi pencetakan, sudut pencetakan produk juga mempengaruhi terhadap hasil akhir produk 3D *printing* [8] penelitian menggunakan sudut pencetakan 0°, 45°, dan 90°, dengan material ABS memiliki hasil akhir bahwa sudut 0° memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi dibandingkan dengan sudut lainnya [9].

Oleh karena itu, berdasarkan paparan diatas, maka penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh dari parameter proses yang digunakan seperti *geometri infill* dan suhu pencetakan terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan dengan nilai tertinggi dan terendah serta memenuhi kualifikasi standar uji tarik *dashboard* mobil.

2. METODE PENELITIAN

Objek pada penelitian ini menggunakan mesin 3D *printer* jenis *Fused Deposition Modelling (FDM)* merk Anet Et 4, dengan dimensi area pencetakan sebesar 220 mm x 220 mm x 250 mm, nozzle 0,4 mm, material PLA PRO buatan dari R3D Maker, diameter filamen 1,75 mm, pengujian nilai kuat tarik menggunakan mesin merk Zwick Riell Z020 tiper Xforce K.

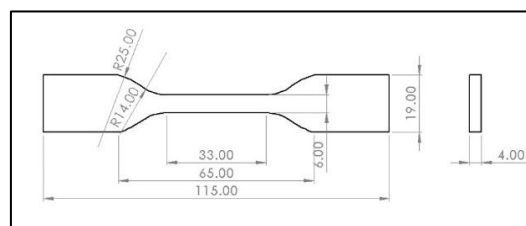
Penelitian yang dilakukan menggunakan metode faktorial, dimana parameter proses yang telah ditetapkan seperti *infill pattern* dan *nozzle temperature*, dikombinasikan dengan cara melakukan perkalian antara 15 *infill pattern* dengan 3 level *nozzle temperature* sehingga menghasilkan 45 kombinasi parameter yang akan dilakukan pencetakan. Agar hasil dari uji tarik yang dihasilkan lebih akurat maka akan dilakukan replikasi sebanyak 3 kali sehingga total spesimen yang akan dicetak sebanyak 135 spesimen, kemudian setelah dilakukan pencetakan pada seluruh spesimen akan dilakukan proses analisis data menggunakan grafik, serta menentukan nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah berdasarkan analisis data yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

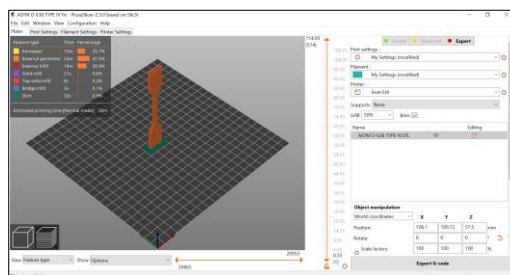
2.1. Proses 3D Printing

Desain spesimen penelitian dibuat menggunakan software gambar 3D dengan menggunakan standar uji tarik material berbahan polymer yaitu ASTM. Desain gambar spesimen uji terdapat pada Gambar 2.

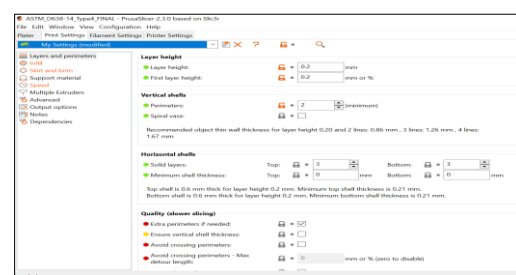


Gambar 2. Standar ASTM D638-14 type IV [10]

Kemudian proses selanjutnya mengkonversikan gambar data CAD menjadi file dengan format *STL (stereolithography)*. Pengaturan parameter proses yang digunakan seperti orientasi pencetakan, *geometri infill* dan suhu pencetakan dilakukan menggunakan aplikasi PrusaSlicer 2.3 yang ditunjukkan pada Gambar 3a dan 3b.



Gambar 3. a. Mengatur orientasi pengeprinan



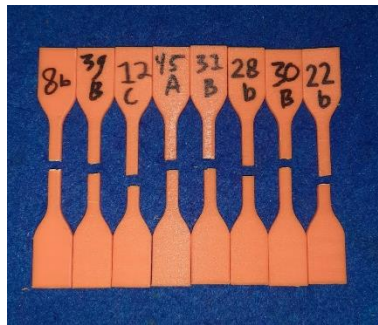
b. Mengatur parameter yang digunakan

Selanjutnya setelah melakukan proses *slicing file* maka akan dihasilkan *G-code* yang berfungsi sebagai program perintah untuk melakukan pencetakan, bahan yang digunakan untuk mencetak spesimen uji ialah filamen PLA PRO, proses pencetakan spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Pencetakan Spesimen ujian

Setelah 135 spesimen dicetak, kemudian proses selanjutnya adalah melakukan proses pengujian kuat tarik spesimen untuk melihat nilai kekuatan tarik yang dihasilkan. Dalam proses uji tarik, spesimen akan ditarik dengan beban secara kontinyu pada satu sumbu hingga spesimen uji putus atau patah. Spesimen uji yang telah dilakukan pengujian kuat tarik terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Spesimen yang telah dilakukan pengujian Tarik

2.2. Dashboard mobil

Implementasi dari penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan referensi terkhusus kepada dunia industri otomotif pada pencetakan *dashboard* mobil, *dashboard* sendiri memiliki fungsi yang sangat vital pada kendaraan mobil, dikarenakan sebagai tempat bernaungnya komponen penting yang saling berkesinambungan satu sama lain. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh [11] *dashboard* mobil memiliki nilai sifat mekanik secara umum yang baik digunakan, di dalam sifat mekanik tersebut terdapat nilai *tensile strength* 20-30 MPa yang memenuhi standar umum dri sifat mekanik *dashboard* mobil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil setelah dilaksanakannya proses uji tarik menggunakan mesin Zwick Roel test terhadap spesimen uji yang dicetak menggunakan standar ASTM D638-14 Tipe IV dengan filamen *polylactid acid PRO*, Nilai kekuatan tarik yang digasilkan beragam mulai dari nilai dengan kekuatan tarik tertinggi hingga nilai kekuatan tarik terendah. Hasil akhir nilai kekuatan tarik setelah perlakuan uji terdapat pada Tabel 1.

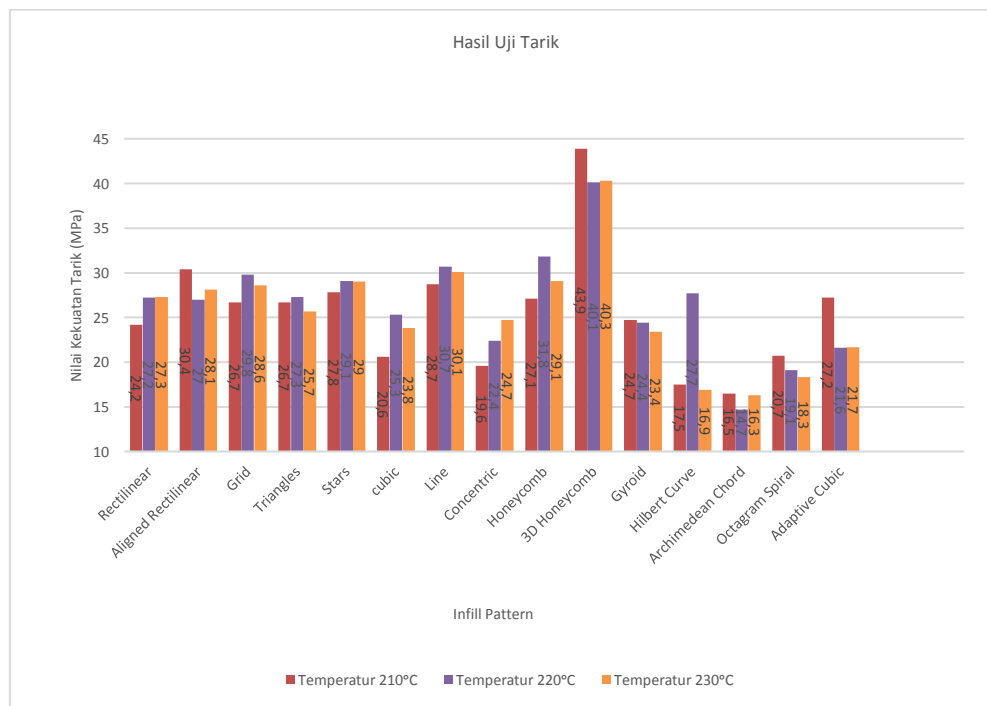
Tabel 1. Hasil Proses Pengujian Kuat Tarik

Exp.No	Nozzle temperature (°C)	Layer thickness (mm)	Bed temperature (°C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Orientasi vertikal (°)	Infill density (%)	Infill pattern	Hasil pengujian ke-			
									1	2	3	Rata-rata
1	210	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	24.2	23.6	24.8	24.2
2	210	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	29.8	30.5	30.8	30.4
3	210	0.2	60	100	40	0	80	Grid	26.2	27.8	26.1	26.7
4	210	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	25.2	27.4	28.8	26.7
5	210	0.2	60	100	40	0	80	Stars	24.7	28.8	29.8	27.8
6	210	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	20.8	21.6	19.4	20.6
7	210	0.2	60	100	40	0	80	Line	27.0	29.9	29.3	28.7
8	210	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	20.8	19.1	19.7	19.8
9	210	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	27.1	28.8	25.5	27.1
10	210	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	44.2	42.7	44.8	43.9
11	210	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	24.4	25.0	24.8	24.7
12	210	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	16.3	18.3	17.8	17.5
13	210	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	16.	16.7	16.4	16.5
14	210	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	21.0	21.4	19.6	20.7
15	210	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	20.3	20.9	21.1	27.2
16	220	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	26.8	27.9	26.9	27.2
17	220	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	26.3	27.3	27.5	27.0
18	220	0.2	60	100	40	0	80	Grid	29.8	29.7	29.5	29.8
19	220	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	26.2	28.9	26.8	27.3
20	220	0.2	60	100	40	0	80	Stars	28.7	30.0	28.7	29.1
21	220	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	24.3	26.1	25.5	25.3
22	220	0.2	60	100	40	0	80	Line	30.5	32.0	29.6	30.7
23	220	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	22.7	20.0	24.4	22.4
24	220	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	30.6	32.2	32.5	31.8
25	220	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	38.1	42.0	40.2	40.1
26	220	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	24.1	23.7	25.5	24.4
27	220	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	18.7	18.4	16.0	17.7
28	220	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	14.8	14.1	15.3	14.7
29	220	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	17.9	19.5	20.0	19.1

30	220	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	21.8	21.7	21.4	21.6
31	230	0.2	60	100	40	0	80	Rectilinear	27.9	27.0	27.1	27.3
32	230	0.2	60	100	40	0	80	Aligned Rectilinear	27.4	28.6	28.2	28.1
33	230	0.2	60	100	40	0	80	Grid	29.0	28.7	28.1	28.6
34	230	0.2	60	100	40	0	80	Triangles	24.2	26.3	26.6	25.7
35	230	0.2	60	100	40	0	80	Stars	27.5	29.8	29.6	29.0
36	230	0.2	60	100	40	0	80	Cubic	22.5	24.1	24.8	23.8
37	230	0.2	60	100	40	0	80	Line	32.7	30.9	26.7	30.1
38	230	0.2	60	100	40	0	80	Concentric	25.0	25.7	23.3	24.7
39	230	0.2	60	100	40	0	80	Honeycomb	28.8	29.6	28.9	29.1
40	230	0.2	60	100	40	0	80	3D Honeycomb	39.7	41.5	39.6	40.3
41	230	0.2	60	100	40	0	80	Gyroid	21.1	26.2	22.8	23.4
42	230	0.2	60	100	40	0	80	Hilbert Curve	17.5	16.9	17.1	16.1
43	230	0.2	60	100	40	0	80	Archimedean Chords	15.7	16.6	16.7	16.3
44	230	0.2	60	100	40	0	80	Octagram Spiral	18.5	18.4	18.1	18.3
45	230	0.2	60	100	40	0	80	Adaptive Cubic	18.9	22.9	23.3	21.7

3.1. Analisa Hasil Pengujian Tarik

Proses analisis pada penelitian ini dilakukan menggunakan pengolahan data dari Tabel 1 yang selanjutnya dituang ke dalam grafik, hasil analisis data nantinya akan menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah, serta melihat pengaruh yang terjadi terhadap parameter proses yang digunakan dengan hasil akhir dari produk 3D *printing*. Grafik pengolahan data terdapat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Tarik

Parameter yang digunakan pada penelitian ini seperti 3 level *nozzle temperature* 210°, 220°, dan 230°, dengan 15 *infill pattern* berbeda yaitu *aligned rectilinear, gyroid, adaptive cubic, hilbert curve, concentric, line, rectilinear, triangles, honeycomb, grid, 3D honeycomb, orctagan spiral, stars, archimedean chord, dan cubic*. Menghasilkan nilai kekuatan tarik yang bervariasi, dari hasil tersebut juga menyatakan bahwa parameter proses yang digunakan menyebabkan terjadinya pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan tarik yang dihasilkan, sehingga nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah pada tiap spesimen yang telah melalui 3 kali proses replikasi dapat diketahui.

Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji nomor 10 dengan nilai kekuatan tarik sebesar 43,9 MPa menggunakan parameter *nozzle temperature 210°* dan menggunakan tipe *infill 3D honeycomb*. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen uji nomor 28 dengan nilai kekuatan tarik sebesar 14,7 MPa menggunakan parameter *nozzle temperature 220°* dan menggunakan tipe *infill archimedean chord*.

Berdasarkan nilai kekuatan tarik yang dihasilkan menyatakan bahwa jika melihat pada Tabel 1 mengenai sifat mekanik pada *dashboard* mobil, penelitian ini merekomendasikan beberapa *infill pattern* serta *nozzle temperature* yang mampu digunakan untuk mencetak *dashboard* mobil sesuai dengan standar sifat mekanik pada *dashboard* mobil.

4. SIMPULAN

Berdasarkan terhadap proses uji coba pada spesimen dan analisis data yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dihasilkan yaitu :

1. Parameter proses *nozzle temperature* dan *infill pattern* mempengaruhi nilai kekuatan tarik spesimen uji filamen PLA PRO;
2. Nilai kekuatan tarik tertinggi diperoleh spesimen uji ke-10 sebesar 43,9 MPa dengan *infill pattern 3D honeycomb* dan *nozzle temperature 210°*;
3. Nilai kekuatan tarik terendah diperoleh spesimen uji ke-28 sebesar 14,7 MPa dengan *infill pattern archimedean chord* dan *nozzle temperature 220°*;
4. Filamen PLA PRO mampu digunakan untuk memproduksi *dashboard* mobil dengan menggunakan parameter proses yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T. H. Saputra, Herianto And H. A. Pamasaria, "Analisa Pengaruh Pemilihan Komponen Terhadap Ketelitian Dimensi Dan Kualitas Permukaan Produk Pada Mesin 3d Printing Jenis Fdm (Fused Deposition Modelling)," In *Seminar Nasional Ienaco*, Yogyakarta, 2019.
- [2]. E. I. Riza, C. Budiyanoro And A. W. Nugroho, "Peningkatan Kekuatan Lentur Produk 3d Printing Material Petg Dengan Optimasi Parameter Proses," *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, Vol. 21 No. 2, No. <https://doi.org/10.23917/Mesin.V21i2.10856>, Pp. 66-75, 2020.
- [3]. Y. B. Pratama, Hasdiansah And Pristiansyah, "Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen St-Pla," *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, Vols. Vol. 13, No. 01, No. P-Issn : 2089-5550 , Pp. 34 - 40, 2021.
- [4]. Pristiansyah, Hasdiansah And Sugiyarto, "Optimasi Parameter Proses 3d Printing Fdm Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Efl," *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, Vol. Vol. 11 No. 01, No. P-Issn : 2089-5550 , Pp. 34-40, 2019.
- [5]. A. K. Sood, R. Ohdar And S. Mahaputra, "Improving Dimensional Accuracy Of Fused Deposition Modelling Processed Part Using Grey Taguchi Method," *Elsevier Ltd*, No. Doi: 10.1016/J.Matdes.2009.0, Pp. 4243-4252, 2009.
- [6]. A. Kholil, F. Aufi And E. A. Syaefudin, "Pengaruh Layer Thicness Dan Orientasi 3d Printing Terhadap Material Abs," In *National Conference Of Industry, Engineering And Technology, Polines*, Semarang, Indonesia, 2020.
- [7]. Z. S. Suzen, Hasdiansah And Yuliyanto, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Filamen Pla + Esun, 12(02)," *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur* , Vols. Vol.12, No.2 , No. <https://doi.org/10.33504/Manutech.V12i2.133>, Pp. 73-80, 2020.
- [8]. R. Ardiansyah, Z. S. Suzen And Erwansyah, "Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Menggunakan Filamen Polylactic Acid (Pla) Buatan R3d Maker," *Jurnal*

-
- Indonesia Sosial Dan Teknologi (Jist)*, Vols. Vol. 12, No. 12, No. <https://doi.org/10.36418/Jist.V2i12.300>, Pp. 2153-2164, 2021.
- [9]. W. Widiyanto And T. I. Setyani, "Pengaruh Arah Pencetakan 3d Printing Tipe Fdm Bahan Polymer Abs Terhadap Tensile Strength Produk Yang Dihasilkan," *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vols. Vol. 21, No.1, No. <https://doi.org/10.23917/Mesin.V21i1.9419>, Pp. 25-34, 2020.
- [10]. Astm D638-14, "Astm International," *Standard Practice For Preparation Of Metallographic Specimens*, Pp. 82(C), 1–15. <https://doi.org/10.1520/D0638-14.1>, 2016.
- [11]. S. M. Sapuan, N. K. Mun, A. Hambali, H. Y. Lok, A. M. Fairuz And M. R. Ishal, "Prototype Expert System For Material Selection Of Polymeric Composite Automotive Dashboard," *International Journal Of The Physical Sciences*, Vol. Vol. 6(25), Pp. 5989-5995, 2011.