



Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun

Z. S. Suzen¹, Hasdiansah², Yuliyanto³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat
Syahdika99@gmail.com

Abstract

The increasing technology of the manufacturing industry now makes the industry competition, especially in the field of manufacturing increasingly stringent in developing products with accurate dimensions. The process of getting accurate and precise dimension results is very important in improving the quality of a product to be made. With the development of this technology, the manufacturing industry has begun to develop products with the method of adding materials known as rapid prototyping or layer manufacturing, one of which is technology using 3D printing machines. This research was carried out on a PRUSA 3D Printing FDM model with dimensions of 220 mm x 220 mm x 250 mm and using a nozzle measuring 0.4 mm. The material used is a PLA + filament with a diameter of 1.75 mm with variations in the nozzle temperature parameters (205 ° C, 215 ° C, 225 ° C), layer thickness 0.2, bed temperature 60 ° C, travel speed 100, printing speed 50, infill type (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D, Gyroid) which will be determined in Ultimaker Cura 4.4.0 software, resulting in 39 printed sample. The results obtained after testing the highest tensile strength values are found in the 22nd test specimen that is 43.20 MPa with 215 nozzle temperature parameters and Infill Type Concentric, while the lowest tensile strength values are found in the 22nd test specimen which is 24.50 MPa with nozzle temperature parameters 205 ° C and Infill Type Cross.

Keywords : 3D Printing; temperature nozzle; infill; Concentric

Abstrak

Meningkatnya teknologi industri manufaktur saat ini membuat persaingan industri terutama bidang manufaktur semakin ketat dalam mengembangkan produk-produk spare part menggunakan material dengan harga terjangkau dan memiliki dimensi yang akurat. Proses untuk mendapatkan hasil dimensi yang akurat dan tepat sangat penting dalam meningkatkan kualitas suatu produk yang akan dibuat. Dengan semakin berkembangnya teknologi tersebut, industri manufaktur mulai mengembangkan pembuatan produk dengan metode penambahan material yang dikenal dengan proses rapid prototyping atau layer manufacturing salah satunya teknologi menggunakan mesin 3D Printing. Penelitian ini dilakukan pada mesin 3D Printing FDM model PRUSA dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan nozzle berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan adalah filamen PLA+ Esun dengan diameter 1,75 mm dengan variasi parameter nozzle temperature (205°C, 215°C, 225°C), layer thickness 0,2, bed temperature 60°C, travel speed 100, printing speed 50, infill type (Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D, Gyroid) yang akan ditentukan pada software Ultimaker Cura 4.4.0., sehingga menghasilkan 39 sample yang dicetak. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan pengujian nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada specimen uji ke 22 yaitu 43,20 Mpa dengan parameter temperature nozzle 215 °C dan Infill Type Concentric, Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada specimen uji ke 22 yaitu 24,50 Mpa dengan parameter temperature nozzle 205 °C dan Infill Type Cross.

Kata kunci : 3D Printing; suhu nozzle; infill; konsentris

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur saat ini sudah semakin berkembang dengan pesat dan semakin ketat persaingannya. Terutama dalam memperoleh suatu proses untuk mendapatkan hasil dimensi yang akurat dan tepat sangat penting untuk meningkatkan kualitas suatu produk yang dibuat. Selama ini proses pembuatan suatu produk *spare part* mesin seperti roda gigi, baut, *bush* dan lain-lain dengan metode menghilangkan sebagian material menggunakan mesin-mesin perkakas sudah banyak dilakukan. Saat ini industri manufaktur mulai mengembangkan pembuatan produk dengan metode penambahan material yang dikenal dengan proses *Additive Manufacturing*. Dimana *Additive Manufacturing* telah banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk konstruksi, kesehatan, prototyping dan biomekanik [1]. Dua material yang paling sering digunakan adalah *material Polylactic acid or polylactide (PLA)* dan *Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)* [2] sehingga sangat penting mengetahui akurasi dimensi produk. Teknologi *3D Printing FDM* mampu membuat produk duplikat dengan akurat menggunakan material ABS [3]. Material PLA merupakan salah satu jenis *thermoplastic polymer* yang paling banyak digunakan untuk pembuatan model tiga dimensi. Selain mempunyai titik leleh yang rendah yaitu pada temperatur 190°C [4].

Produk material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal memiliki kualitas dimensi yang paling baik. Jumlah kesalahan akurasi material ini tidak melebihi 1 mm pada setiap layer. Material PLA dengan orientasi posisi objek horizontal dengan dan tebal layer sebesar 0,40 mm menghasilkan kekuatan tegangan tarik terbesar 35,57 Mpa [5].

Optimasi parameter proses menggunakan metode Taguchi L27 Orthogonal Array untuk uji akurasi dimensi menggunakan filamen *flexible* jenis Eflex dengan diameter 1,75 mm. Nilai parameter proses optimal untuk mendapatkan keakuratan dimensi X adalah *flowrate* 110 %, *layer thickness* 0,10 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 40 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 50%. Dimensi Y adalah *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,20 mm, *nozzle temperature* 230° C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 75 %, dan *fan speed* 100%. Serta dimensi Z adalah *flowrate* 120 %, *layer thickness* 0,30 mm, *nozzle temperature* 210 °C, *print speed* 30 mm/s, *overlap* 50 %, dan *fan speed* 100% [6].

Tingkat elastisitas produk dipengaruhi oleh variasi *extruder temperature* dan *layer thickness*. *Extruder temperature* memberikan pengaruh terhadap tingkat elastisitas produk jadi, namun *layer thickness* memberikan efek yang paling dominan dalam menghasilkan tingkat elastisitas produk. Tiga variasi *ekstruder temperature* dengan *layer thickness* 0,2 mm memiliki nilai rata-rata pengujian elastisitas yang relatif sama [7]. Pengaruh ketebalan *layer thickness* dan *print strength* pada material ABS memberikan pengaruh yang signifikan pada hasil uji tarik spesimen [8]. Penelitian terhadap material ABS standar menggunakan pengaturan *layer thickness* optimal dan orientasi memberikan pengaruh terhadap *surface roughness* dan *ultimate tensile strength* [9]. Penelitian yang telah dilakukan pada material ULTEM 9085 menunjukkan bahwa *raster angle* memberikan pengaruh apling signifikan terhadap kuat tarik spesimen uji [10].

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tipe *infill* dan temperatur *nozzle* terhadap kekuatan tarik produk *3D Printing* yang menggunakan material PLA+ yang diharapkan dapat digunakan untuk produk industri manufaktur.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

Objek penelitian yang dilakukan pada mesin *3D Printing FDM* model PRUSA dengan dimensi 220 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan adalah filamen PLA+ ESUN dengan diameter 1,75 mm.

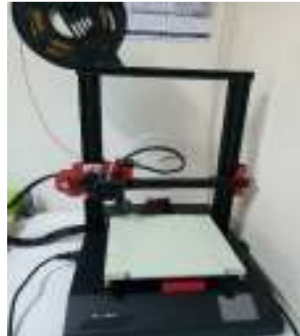
2.2. Metode Yang Digunakan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Metode eksperimen yaitu pada tahap ini akan dilakukan proses pencetakan 39 sample berdasarkan parameter yang ada di *slicing software* kemudian dilakukan dengan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik material yang tertinggi dan terendah.
- Analisa data hasil pengujian tarik yaitu data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan tabel.
- Penentuan nilai tertinggi dari tiap parameter yang diuji berdasarkan hasil analisis data.

2.3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: Mesin 3D Printer DIY model Prusa dengan *printing area* XYZ 220 mm x 220 mm x 250 mm yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Mesin 3D Printer

1. Material filamen PLA+ESUN dengan diameter 1,75 mm yang ditunjukkan Gambar 2.

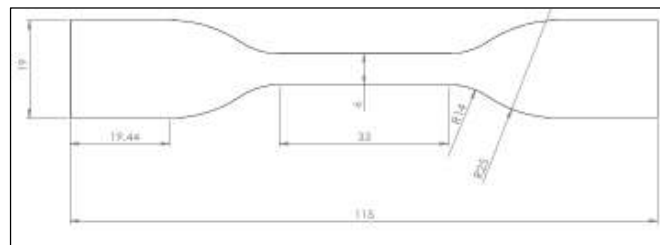


Gambar 2. Filamen PLA+ESUN

2. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi filamen yang digunakan pada penelitian.

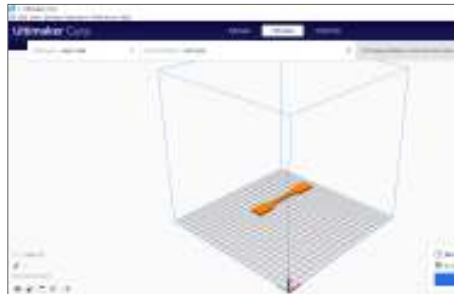
Filament Diameter	1.75 mm
Print Temperature	205-225 °C
Bed Temperature	No Heat
Density	1.24 g/cm ³
Tensile Strength	60 MPa
Elongation at Break	29%

3. Sample material dicetak berdasarkan standar ASTM D638 TYPE IV dengan dimensi objek cetak 115 mm x 19 mm x 3,4 mm yang ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. Dimensi Material

4. Komputer dengan spesifikasi 3D modelling merek Lenovo E430. Laptop digunakan untuk melakukan proses desain 3D objek cetak. Selain itu, laptop juga digunakan untuk menjalankan *software* yang digunakan dalam penelitian ini.
5. *Software slicer Ultimaker Cura 4.4.0*, digunakan untuk membuat *G-Code* pada mesin *3D Printing* tampilan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan *Software slicer Ultimaker Cura 4.4.0*

6. Mesin Uji Tarik Merk Zwick Roell ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mesin Uji Tarik Merk Zwick Roell

2.4. Jenis dan Sumber Data

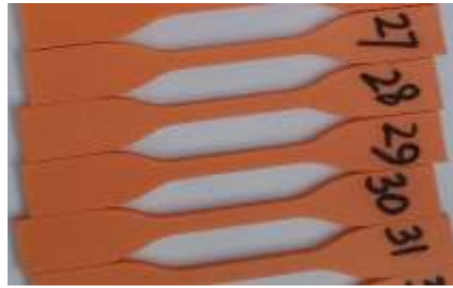
Jenis data yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini adalah:

- a. Spesifikasi mesin 3D Printer yang akan digunakan untuk mencetak produk yang akan diuji tarik,
- b. Karakteristik filamen yang digunakan,
- c. Nilai dari setiap parameter proses yang akan diuji,
- d. Hasil uji tarik dari produk yang berbentuk standar ASTM D638 TYPE IV.

2.5. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian telah ditunjukkan pada Gambar 1. Pada tahapan ini penentuan parameter awal ditentukan berdasarkan studi pustaka dan rekomendasi pabrik pembuat filamen PLA+ESUN. Pada tahap ini proses kalibrasi mesin 3D Printer dilakukan untuk mendatarkan *bed* dengan cara memutar mur penyetel untuk mendapatkan kedataran *bed*. Pembuatan 3D objek dengan menggunakan CAD dan file gambar 3D selanjutnya disimpan dalam format STL (*.stl). Selanjutnya file STL (*.stl) tersebut diolah pada *software slicing* (Ultimaker Cura 4.4.0), dan pada tahap ini objek 3D akan dibuat *layer by layer* dengan variasi parameter *nozzle temperature*, *layer thickness*, *bed temperature*, *travel speed*, *printing speed*, *infill type* yang akan ditentukan pada *software Ultimaker Cura 4.4.0*. Pada tahapan ini penentuan parameter proses dan penentuan level tiap parameter juga ditentukan berdasarkan studi pustaka dan rekomendasi pabrik pembuat filamen PLA+.

Selanjutnya akan dilakukan penentuan dimensi dan bentuk 3D objek cetak berdasarkan standar ASTM D638 TYPE IV kemudian material dicetak sebanyak 39 *sample* menggunakan mesin 3D Printer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sample Material Cetak

2.6. Penentuan Faktor dan Level Eksperimen

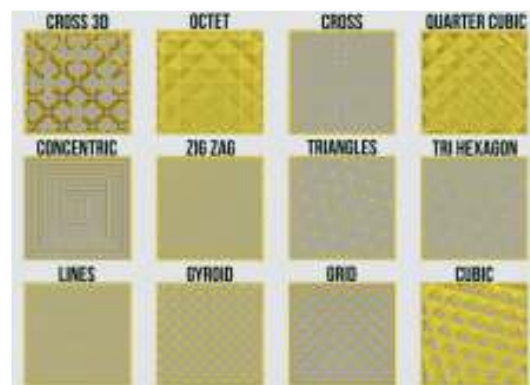
Pemilihan parameter proses yang berupa faktor dan level eksperimen berdasarkan studi pustaka. filamen yang akan dijadikan sebagai bahan baku penelitian telah adalah PLA+ESUN. Spesimen uji menggunakan parameter *nozzle temperature* dengan 3 level suhu yaitu 205°C, 215 °C dan 225 °C, *layer thickness*, *bed temperature*, *travel speed*, *printing speed* dengan nilai yang konstan dan 13 *infill type* sehingga menghasilkan 39 specimen untuk diuji seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Level Parameter yang Diuji

EXP. No.	Nozzle Temperature (° C)	Layer Thickness (mm)	Bed Temperature (° C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Infill Type
1	205	0.2	60	100	50	Grid
2	205	0.2	60	100	50	lines
3	205	0.2	60	100	50	Triangles
4	205	0.2	60	100	50	Tri Hexagon
5	205	0.2	60	100	50	Cubic
6	205	0.2	60	100	50	Cubic Subdivision
7	205	0.2	60	100	50	Octet
8	205	0.2	60	100	50	Quarter Qubic
9	205	0.2	60	100	50	Concentric
10	205	0.2	60	100	50	Zig Zag
11	205	0.2	60	100	50	Cross
12	205	0.2	60	100	50	Cross 3D
13	205	0.2	60	100	50	Gyroid
14	215	0.2	60	100	50	Grid
15	215	0.2	60	100	50	lines
16	215	0.2	60	100	50	Triangles
17	215	0.2	60	100	50	Tri Hexagon
18	215	0.2	60	100	50	Cubic
19	215	0.2	60	100	50	Cubic Subdivision
20	215	0.2	60	100	50	Octet
21	215	0.2	60	100	50	Quarter Qubic
22	215	0.2	60	100	50	Concentric
23	215	0.2	60	100	50	Zig Zag
24	215	0.2	60	100	50	Cross
25	215	0.2	60	100	50	Cross 3D
26	215	0.2	60	100	50	Gyroid
27	225	0.2	60	100	50	Grid
28	225	0.2	60	100	50	lines
29	225	0.2	60	100	50	Triangles
30	225	0.2	60	100	50	Tri Hexagon
31	225	0.2	60	100	50	Cubic

EXP. No.	Nozzle Temperature (° C)	Layer Thickness (mm)	Bed Temperature (° C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Infill Type
32	225	0.2	60	100	50	Cubic
33	225	0.2	60	100	50	Subdivision
34	225	0.2	60	100	50	Octet
35	225	0.2	60	100	50	Quarter Qubic
36	225	0.2	60	100	50	Concentric
37	225	0.3	60	100	50	Zig Zag
38	225	0.4	60	100	50	Cross
39	225	0.5	60	100	50	Cross 3D
						Gyroid

Ekspirimen akan dilakukan berdasarkan Tabel 2 yaitu nilai tiap parameter di-*input* ke mesin 3D Printer dan akan dilakukan pencetakan. Hasil cetak akan di uji tarik menggunakan mesin uji tarik Merk Zwick Roell Setelah diuji akan mengetahui nilai spesimen yang tertinggi berdasarkan tipe *infill* yang ditentukan seperti yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Bentuk-bentuk *Infill*

2.7. Pengujian Tarik Spesimen

Tahapan ini yaitu melakukan uji tarik pada spesimen berdasarkan parameter yang telah ditentukan sesuai dengan yang ada di *software*. Dari hasil pengujian tarik, diperoleh data kekuatan tarik setiap *infill* memiliki nilai yang bervariasi seperti yang ada pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Hasil Pengujian

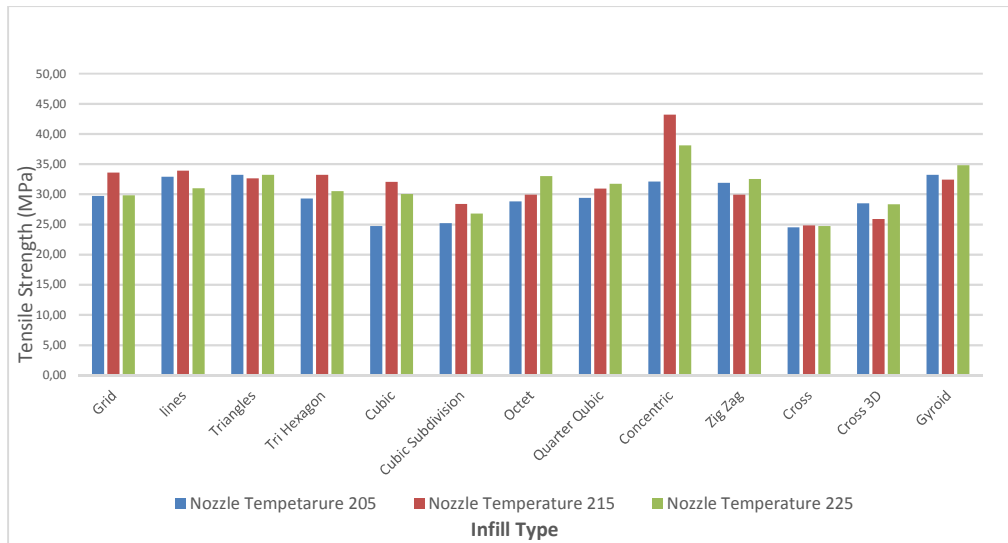
EXP. No.	Nozzle Temperature (° C)	Layer Thickness (mm)	Bed Temperature (° C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Infill Type	Hasil Uji Tarik (Mpa)
1	205	0.2	60	100	50	Grid	29,70
2	205	0.2	60	100	50	lines	32,90
3	205	0.2	60	100	50	Triangles	33,20
4	205	0.2	60	100	50	Tri Hexagon	29,30
5	205	0.2	60	100	50	Cubic	24,70
6	205	0.2	60	100	50	Cubic Subdivision	25,20
7	205	0.2	60	100	50	Octet	28,80
8	205	0.2	60	100	50	Quarter Qubic	29,40
9	205	0.2	60	100	50	Concentric	32,10
10	205	0.2	60	100	50	Zig Zag	31,90
11	205	0.2	60	100	50	Cross	24,50
12	205	0.2	60	100	50	Cross 3D	28,50
13	205	0.2	60	100	50	Gyroid	33,20

EXP. No.	Nozzle Temperature (° C)	Layer Thickness (mm)	Bed Temperature (° C)	Travel Speed (mm/s)	Printing Speed (mm/s)	Infill Type	Hasil Uji Tarik (Mpa)
14	215	0.2	60	100	50	Grid	33,60
15	215	0.2	60	100	50	lines	33,90
16	215	0.2	60	100	50	Triangles	32,60
17	215	0.2	60	100	50	Tri Hexagon	33,20
18	215	0.2	60	100	50	Cubic	32,06
19	215	0.2	60	100	50	Cubic Subdivision	28,40
20	215	0.2	60	100	50	Octet	29,90
21	215	0.2	60	100	50	Quarter Qubic	30,90
22	215	0.2	60	100	50	Concentric	43,20
23	215	0.2	60	100	50	Zig Zag	29,90
24	215	0.2	60	100	50	Cross	24,80
25	215	0.2	60	100	50	Cross 3D	25,90
26	215	0.2	60	100	50	Gyroid	32,40
27	225	0.2	60	100	50	Grid	29,80
28	225	0.2	60	100	50	lines	31,00
29	225	0.2	60	100	50	Triangles	33,20
30	225	0.2	60	100	50	Tri Hexagon	30,50
31	225	0.2	60	100	50	Cubic	30,00
32	225	0.2	60	100	50	Cubic Subdivision	26,80
33	225	0.2	60	100	50	Octet	33,00
34	225	0.2	60	100	50	Quarter Qubic	31,70
35	225	0.2	60	100	50	Concentric	38,10
36	225	0.2	60	100	50	Zig Zag	32,50
37	225	0.3	60	100	50	Cross	24,70
38	225	0.4	60	100	50	Cross 3D	28,30
39	225	0.5	60	100	50	Gyroid	34,80

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya pengujian tarik pada spesimen cetak, didapat nilai kekuatan tarik yang bervariasi terhadap temperatur nozzle 205°C, 215 °C dan 225 °C dengan 13 *type infill* yang berbeda yaitu *Grid, Lines, Triangles, Tri Hexagon, Cubic, Cubic Subdivision, Octet, Quarter Qubic, Concentric, Zig Zag, Cross, Cross 3D dan Gyroid*.

Berdasarkan data diperoleh dari hasil pengujian yang diolah menggunakan grafik yang ditunjukkan Gambar 4, bentuk geometri *infill* dan *temperature nozzle* memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan tarik spesimen uji, sehingga nilai pengujian tertinggi dan terendah pada setiap temperatur spesimen dapat diketahui. Pada *temperature nozzle* 215°C menunjukkan kekuatan tarik tertinggi pada *Infill type Concentric* yaitu 43,20 Mpa dan *temperature nozzle* 225°C memiliki kekuatan tarik 38,10 Mpa. Sedangkan pada *temperature nozzle* 205°C *infill Triangles* dan *Gyroid* memiliki kekuatan tarik 33,30 Mpa.



Gambar 8. Grafik Hasil Uji Tarik Spesimen Uji

4. SIMPULAN

Dari pembahasan yang dilakukan pada tahapan analisa dan uji coba pada seluruh spesimen dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada specimen uji ke 22 yaitu 43,20 Mpa dengan parameter *temperature nozzle* 215 °C dan Infill Type Concentric,
2. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada specimen uji ke 22 yaitu 24,50 Mpa dengan parameter *temperature nozzle* 205 °C dan Infill Type Cross,
3. Kekutan tarik spesimen uji material esun PLA+ dipengaruhi oleh temperatur *nozzle* dan type *infill*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tuan D. Ngo., Alireza Kashani, Gabriele Imbalzano, Kate T. Q. Nguyen & David Hui. 2018. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. Jurnal Composite Part B : engineering.
- [2]. Sood, A. K., Ohdar, R. K. and Mahapatra, S. S., (2009), Improving dimensional accuracy of Fused Deposition Modelling processed part using grey Taguchi method, Materials and Design. Elsevier Ltd, 30(10), pp. 4243–4252. doi: 10.1016/j.matdes.2009.04.030.
- [3]. Satyanarayana, B, and Prakash, KJ 2015, Component Replication using 3D Printing Technology. Procedia Materials Science 10., p.263 – 269.
- [4]. Babagowda, R. S. Kadadevara Math, R. Goutham, and K. R. Srinivas Prasad, "Study of Effects on Mechanical Properties of PLA Filament which is blended with Recycled PLA Materials," IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 310, no. 1, 2018
- [5]. Lubis, S., Djamil, S. & Yolanda, Y., 2016. PENGARUH ORIENTASI OBJEK PADA PROSES 3D PRINTING BAHAN POLYMER PLA DAN ABS TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETELITIAN DIMENSI PRODUK. SINERGI, 20(1), p.27. Available at: <http://dx.doi.org/10.22441/sinerji.2016.1.005>.
- [6]. Priistiansyah, P., Hasdiansah, H. & Sugiyarto, S., 2019. Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex. Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur, 11(01), pp.33–40. Available at: <http://dx.doi.org/10.33504/manutech.v11i01.98>.
- [7]. Hasdiansah & Herianto, 2018. Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Elastisitas Produk Yang Dihasilkan. Seminar Nasional Inovasi Teknologi, e-ISSN: 2549-7952, p-ISSN: 2580-3336.
- [8]. V. D. Sagias, K. I. Giannakopoulos, and C. Stergiou, "Mechanical properties of 3D printed polymer specimens," Procedia Structural Integrity, vol. 10, pp. 85–90, 2018.
- [9]. E. Asadollahi-Yazdi, J. Gardan, and P. Lafon, "Multi-Objective Optimization of Additive Manufacturing Process," IFAC-PapersOnLine, vol. 51, no. 11, pp. 152–157, 2018.
- [10]. A. W. Gebisa and H. G. Lemu, "Influence of 3D Printing FDM Process Parameters on Tensile Property of ULTEM 9085," Procedia Manufacturing, vol. 30, pp. 331–338, 2019.