



Pengaruh Parameter Proses terhadap Kuat Tarik Produk Hasil 3d Printing Menggunakan Filamen ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate)

Effect of Process Parameters on Tensile Strength of 3D Printing Products Using ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) Filament

Wahyu Riyan Saputra¹, Zaldy Sirwansyah Suzen¹, Pristiansyah^{1,a)}

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka, Indonesia

^{a)}corresponding author: pristiansyah@polman-babel.ac.id

Abstrak

3D Printing merupakan teknik *additive manufacturing* yang dapat digunakan untuk mengubah data *computer aided design* (CAD) kemudian dengan dicetak dengan menambah material layer per layer sampai membentuk sebuah produk 3D. Sistem FDM digunakan untuk system pengujian 3D karena mudah digunakan, sistem FDM juga digunakan sebagai *rapid prototyping* pembuatan *prototype* dengan *polimer* sebagai materialnya. Pada penelitian ini filamen yang digunakan adalah filamen ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate), metode yang digunakan dalam penelitian optimasi parameter proses ini yaitu Metode Taguchi L9 OA. Parameter proses yang digunakan adalah suhu *nozzel*, *bed temperature*, *print speed*, *colling speed*. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui kekuatan tegangan uji tarik dari bahan produk 3D *printing* dengan berbahan filamen ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) dengan parameter berbeda menggunakan Metode *Taguchi* dan mengetahui seberapa pengaruhnya dalam percetakan dengan filamen ASA. Hasil penelitian menunjukkan parameter yang optimal terhadap uji tarik menggunakan filamen ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) yaitu: suhu *nozzel* (240°C), *bed temperature* (50°C), *print speed* (60 mm/s), *colling speed* (50°C).

Kata Kunci: *3d printing*; *fused deposition modelling* (FDM); ASA; uji tarik; metode taguchi

Abstract

3D Printing is an *additive manufacturing technique* that can be used to convert *computer aided design* (CAD) data and then print it by adding material layer by layer to form a 3D product. The FDM system is used for a 3D testing system because it is easy to use, the FDM system is also used as a *rapid prototyping* for making *prototypes* with *polymer* as the material. In this study the filament used was ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filament, the method used in this research to optimize process parameters was the Taguchi L9 OA method. The process parameters used are *nozzle temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *colling speed*. This study aims to determine the tensile test stress strength of 3D printing product materials made from ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filaments with different parameters using the taguchi method and to find out how influential they are in printing with ASA filaments. The results showed that the optimal parameters for the tensile test using ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate) filaments were: *nozzle temperature* (240°C), *bed temperature* (50°C), *print speed* (60 mm/s), *colling speed* (50°C).

Keywords: *3d printing*; *fused deposition modeling* (FDM); ASA; *tensile test*; *taguchi method*

PENDAHULUAN

Pencetakan 3D adalah teknik manufaktur yang dikenal sebagai manufaktur aditif, di mana informasi desain yang diproses melalui *Computer Aided Design* (CAD) diproses *layer per layer* menjadi produk cetak 3D. Sistem FDM digunakan untuk sistem pengujian 3D karena mudah digunakan, sistem FDM juga digunakan

sebagai *rapid prototyping* pembuatan *prototype* dengan *polimer* sebagai materialnya [1-2]. Ada banyak bahan dasar filamen untuk 3d *printing* dalam sebuah pengujian antara lainnya, *polyacticacid* (PLA), *nylon*, *high density polyethylene* (HDPE), *poly carbonate* (PC), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS) dan *Acrylonitrile Styrene Acrylate* (ASA).

Nilai parameter dan level dirancang sebagai proses dalam penelitian, memiliki spesifikasi, bahan ini hampir sama dengan bahan ABS yang terbuat dari plastik terlihat kuat, tahanan terhadap sinar UV yang cukup panas, memiliki titik leleh yang sangat tinggi, filamen ASA sangat baik digunakan untuk pembuatan suku cadang yang digunakan untuk di luar ruangan dan bahan ini dapat menggunakan metode aseton untuk menghaluskan cetakan asa. Dari filamen Asa memiliki spesifikasi *Roundness toleranc* : 0.01–0.02 mm, *Print temperature* : 230–240°C, *Print bed temperature* : 40–50°C, tahan terhadap perubahan *temperature*. Untuk mengetahui dari sifat bahannya maka untuk mengadakan pengujian sebuah bahan yang penulis uji, salah satunya dengan melakukan pengujian tarik dari material tersebut [3-4]. Karena itu penulis melakukan pengujian dari bahan ASA dengan cara dengan metode 3d *printing* dengan uji tarik.

Oleh karena itu, dalam mendukung penelitian mencapai hasil yang baik maka analisis yang digunakan merupakan hasil pertimbangan dari beberapa penelitian terkait yaitu metode Taguchi dan material yang digunakan oleh peneliti dalam penelitian ini yaitu menggunakan filamen ASA. Langkah dalam penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan parameter proses 3D *printing*, menggunakan filamen ASA terhadap kekuatan Tarik menggunakan metode Taguchi L9. Dengan menggunakan metode analisis Taguchi L9 OA dalam analisis hasil pada cetakan produk menggunakan filamen ASA dalam pengujian tarik. Penelitian ini dilakukan dengan langkah yang dihasilkan berupa pengotimalan parameter proses untuk mesin cetak 3D FDM, mungkin. Berdasarkan acuan beberapa penelitian terdahulu yang dilakukan metode Taguchi dapat memecahkan permasalahan untuk menemukan nilai optimal yang membantu analisis kualitas dari produk seperti yang dilakukan oleh [6-7].

Penelitian sebelumnya menggunakan bahan PLA+ Esun yang memiliki ukuran diameter 1,75 mm dan parameter *nozzle* divarasikan untuk *temperature* yaitu ada tiga berupa 205°C, 215°C dan 225°C yang dikomposisikan dengan bed temperature 60°C. Penelitian tersebut juga menggunakan beberapa batasan contohnya: *printing speed* sebesar 50, *travel speed* 100, dengan tipe beragam seperti *Octet*, *Tri Hexago*, *Quarter Qubic*, *Grid*, *Lines*, *Concentric*, *Triangles Cubic*, *Cubic Subdivision*, *Gyroid*, *Cross*, *Cross 3D* dan *Zig Zag*, mendapatkan hasil kekuatan tarik maksimal yaitu 43,20 Mpa dengan parameter uji yaitu *nozzle* dengan suhu 215 °C untuk pengisian tipe *concentric*. Hasil nilai untuk kekuatan tarik terendah pada 24,50 Mpa dengan suhu 205 °C untuk tipe *Cross*[8],[9]. Pengaturan parameter yang menaruh kekasaran bagian atas terbaik dalam 3,321 µm memakai filamen ST dan PLA sebesar 0,10 mm untuk layer

thickness, 40 mm/s untuk *printing speed*, 190°C untuk *nozzle temperature*, 45° untuk *orientation*, 110 % untuk *flowrate* dan 40 % untuk *cooling speed* [10-11]. Studi dilakukan menggunakan bahan PLA *food grade* menunjukkan pengaturan parameter terbaik untuk pola pengujian yang sangat akurat, yaitu ketebalan lapisan (0,20 mm), suhu nosel sebesar 185 °C, laju pengisian (8%), kecepatan pencetakan (40 mm/dtk), dan pelat yang bergantung pada suhu 40 °C [12].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan bahan filamen ASA (*Acrylonitrile Styrene Acrylate*), filamen ASA terbuat dari plastik yang hampir sama dengan filamen ABS. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini. Metode ini digunakan untuk mendapatkan parameter proses yang dapat dieksekusi. Bahan plastik banyak digunakan sebagai bahan bekas, karena mudah-mudahan dibuat menjadi berbagai bentuk dan bahan yang lebih ringan, serta banyak penelitian dan pengembangan bahan plastik adalah teknologi 3D printer. Teknologi 3D Printer ini menggunakan bahan plastik dan bekerja dengan memanaskan filamen dan mencetaknya lapisan demi lapis membentuk objek 3 dimensi [13-14]

Penentuan Parameter Proses

Pemilihan parameter proses berupa faktor dan level pengujian ditentukan. Parameter proses yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: *Nozeel Temperature*, *Bed Temperature*, *Print Speed*, *Cooling Speed*. Nilai level dan parameter proses diuji pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

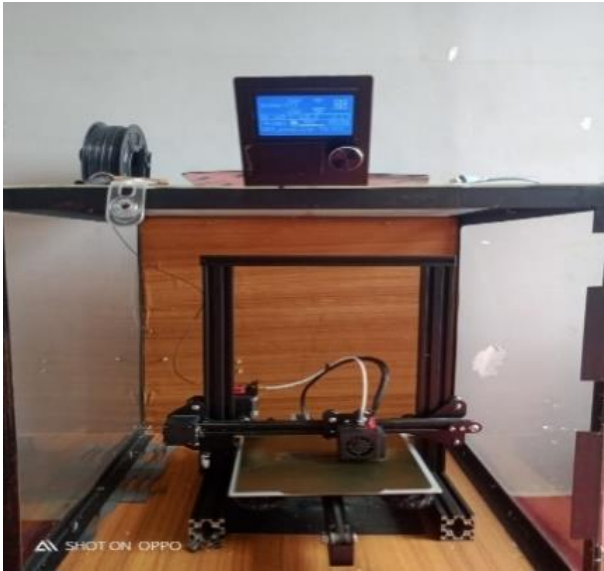
Tabel 1. Nilai level dan parameter proses yang diuji

| Faktor | Parameter Proses | Level | | |
|--------|---------------------------|-------|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 |
| A | <i>Nozeel Temperature</i> | 230 | 235 | 240 |
| B | <i>Bed Temperature</i> | 40 | 45 | 50 |
| C | <i>Print Speed</i> | 50 | 55 | 60 |
| D | <i>Cooling Speed</i> | 40 | 45 | 50 |

Setelah nilai level dan parameter proses ditentukan selanjutnya dilakukan pendesainan faktorial metode Taguchi L9 *orthogonal array* (OA) menggunakan *software*.

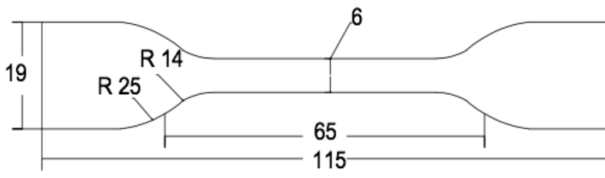
Alat dan Bahan

Printer 3D FDM *Ender-3* dengan volum area XYZ 180 mm × 180 mm × 180 mm yang digunakan sebagai media pencetakan benda kerja yang menggunakan filamen ASA mengikuti ukuran jari jari lingkaran 0,875 setara diameter 1,75 mm, yang dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin 3d printing ender-3

Selanjutnya melakukan pencetakan simpel material yang sesuai dengan jumlah yang akan dianalisis menggunakan ASTM D638-IV Tipe 4 sebagai standarisasi dan software Slicer software Ultimaker Cura 4.4.0 dengan G-code yang didapatkan dan digunakan yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi material standar ASTM D638-IV tipe 4

Metode yang digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mencetak 27 sampel menggunakan mesin 3D printing kemudian dilakukan uji tarik Setelah data stress test diperoleh, dilakukan analisis sesuai tabel dan hasil yang diperoleh diberi skor tinggi berdasarkan hasil analisis data tersebut Setelah itu, kesimpulan ditarik dari analisis data yang telah dilakukan [15].

Desain Eksperiment

Optimasi produk 3D Printer dilakukan dengan menggunakan Design of Experiment (DoE) dengan menentukan desain faktorial dan data parameter variabel yang dimasukkan dengan menentukan desain faktorial dan data parameter dalam penelitian ini yaitu digunakan nozzle temperature (°C), bed temperature (°C), print speed (mm/s), cooling speed (mm/s).

Pada tahap ini, setelah diperoleh data dari pengujian, data diolah dengan software analisis untuk mendapatkan

parameter yang optimal dan berpengaruh terhadap gaya tegangan data yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan eksperimen taguchi L9

| No. | Nozzel Temperature (°C) | Bed Temperature (°C) | Print Speed (mm/s) | Cooling Speed (°C) |
|-----|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 3 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 3 |

Pengambilan data penelitian harus memiliki langkah-langkah pengerjaannya agar hasil penelitian yang didapatkan benar dan bisa dipertanggung jawabkan. Adapun prosedur dalam pengambilan data penelitian ini ialah sebagai berikut:

Pada penelitian ini rancangan percobaan yang dilakukan adalah Metode Taguchi, Dengan cara melihat faktor dan level dalam penelitian ini adalah 4 faktor 3 level, untuk melakukan pengujian sempel dengan menggunakan Metode Taguchi. Proses awal dari pengerjaan pengujian adalah mempersiapkan mesin dan bahan yang akan digunakan dalam pencetakan uji tarik tersebut, persiapan bahan dilakukan dengan menggunakan mesin 3D Printer dan bertahap dalam proses ini agar menciptakan yang sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Selanjutnya proses persiapan alat pada proses pencetakan dengan menggunakan mesin 3D Printer Ender-3 sebanyak 27 sampel percobaan yang sudah termasuk ke dalam kombinasi dari setiap level dan faktor. Proses Pengambilan Data, Pada proses ini data akan diambil dengan menggunakan 1 pengujian yaitu uji tarik pada pengujian tarik ini, filamen yang telah melewati pencetakan pada mesin 3D Printer selanjutnya akan diuji pada kekuatan tarik menggunakan alat uji tarik yaitu Zwick/Roell. Setelah di uji dengan alat tersebut nantinya data yang diperoleh dicatat dan di analisis hasilnya apakah ada perbandingan antara sampel yang lainya dan juga diolah data tersebut agar mendapatkan nilai yang optimal pada setiap variabel proses dan analisis–analisis lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian bahan penelitian dilakukan dengan menggabungkan beberapa parameter dalam proses yang terdapat pada 3D Printer. Variasi parameter untuk proses yang berpengaruh respons tarik adalah nozzle temperature (°C), bed temperature (°C), cooling speed (°C) dan print speed (mm/s). Tabel 3. menunjukkan hasil desain faktorial Taguchi L9 OA. Pada tahap ini, setelah

didapatkan data dari hasil pengujian, data diolah menggunakan *software* analisis untuk mendapatkan parameter dan berpengaruh terhadap kekuatan tarik.

Tabel 3. Desain faktorial L9

| No | Nozzel Temperature(°C) | Bed Temperature(°C) | Print Speed (mm/s) | Cooling Speed (°C) |
|----|------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 230 | 40 | 50 | 40 |
| 2 | 230 | 45 | 55 | 45 |
| 3 | 230 | 50 | 60 | 50 |
| 4 | 235 | 40 | 55 | 50 |
| 5 | 235 | 45 | 60 | 40 |
| 6 | 235 | 50 | 50 | 45 |
| 7 | 240 | 40 | 60 | 45 |
| 8 | 240 | 45 | 50 | 50 |
| 9 | 240 | 50 | 55 | 40 |

Hasil rata – rata dari pengujian tarik dalam **Tabel 3.** ini menunjukkan hasil uji tarik yang berbeda dan bervariasi. Pengujian ini dilakukan menggunakan memakai kombinasi pengaturan parameter yang diturunkan berdasarkan *output* parameter proses yang diturunkan dari hasil beberapa parameter proses yang optimal dengan *parameter* proses dan *level* yaitu: kecepatan *print* (50 mm/s), suhu *nozzle* (235°C), suhu meja (40°C), dan *cooling speed*(50°C), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18,67 Mpa.

Data Hasil Eksperimen

Hasil data dari pengujian tarik diperoleh dari pengambilan data dan pengujian sampel kemudian dilakukan perhitungan rata-rata, setelah itu data diolah dapat dilihat pada **Tabel 4.** sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil perhitungan rata–rata uji tarik

| No. | A | B | C | Rata-rata |
|-----|------|------|------|-----------|
| 1 | 15,4 | 19,6 | 16,5 | 17,17 |
| 2 | 18,2 | 18,7 | 18,4 | 18,44 |
| 3 | 18,2 | 18,5 | 19,3 | 18,67 |
| 4 | 17,9 | 17,9 | 15,6 | 17,14 |
| 5 | 17,6 | 17,2 | 17,5 | 17,44 |
| 6 | 17,0 | 19,5 | 16,1 | 17,54 |
| 7 | 16,7 | 20,0 | 17,4 | 18,04 |
| 8 | 15,0 | 17,0 | 16,5 | 16,17 |
| 9 | 17,1 | 17,8 | 15,5 | 16,09 |

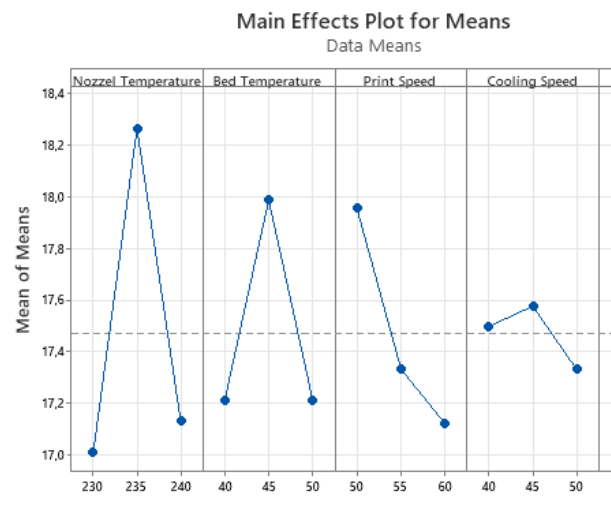
Hasil rata–rata dari pengujian tarik dalam **Tabel 4** ini menunjukkan hasil uji tarik yang berbeda dan bervariasi. Pada parameter menghasilkan nilai uji tarik dengan parameter proses yang berbeda Pengujian ini dilakukan menggunakan kombinasi pengatur parameter yang diperoleh dari hasil parameter proses yang optimal dengan parameter proses dan *level* yaitu: kecepatan *print* (50 mm/s), suhu *nozzle* (235°C), suhu meja (40°C), dan *cooling speed* (50°C), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18,67 Mpa.

Pengolahan Data Hasil Eksperimen

Data hasil pengujian dilakukan untuk memperoleh pengaturan parameter proses yang optimal dan berpengaruh terhadap hasil uji tarik menggunakan metode Taguchi. Pengolahan data ini menggunakan *software analisis*, dimana nilai pada data hasil pengujian tersebut dimasukkan ke dalam *software analisis* Minitab untuk mendapatkan hasil *Mean Flot* dan *S/N Rasio*.

Grafik Mean Float

Berikut tampilan *Analyze Taguchi Design* sehingga menampilkan hasil *Signal to Noise Ratio* dan *Means*. Hasil perhitungan *Mean Float* ditunjukkan pada **Tabel 5.** dan **Gambar 3.** Serta hasil perhitungan .



Gambar 3. Grafik mean float

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari data pengujian, data diolah secara grafis seperti pada **Gambar 3.** Parameter suhu *nozzle* dan kecepatan pencetakan, serta bentuk geometris sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik benda uji, sehingga hasil uji tertinggi dan terendah untuk setiap produk uji.

Tabel 5. Mean float

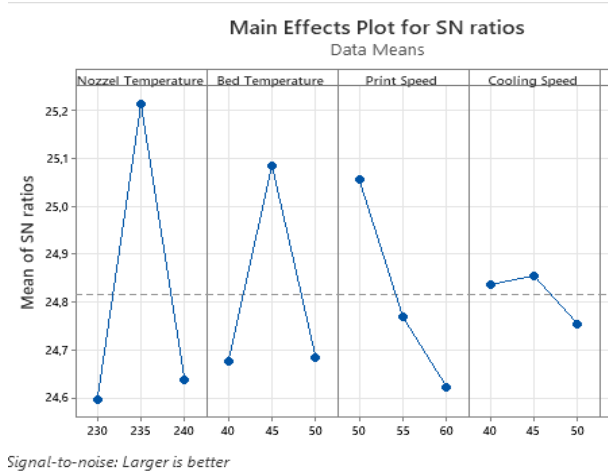
| Level | Nozzel Temperature | Bed Temperature | Print Speed | Cooling Speed |
|-------|--------------------|-----------------|-------------|---------------|
| 1 | 17,01 | 17,21 | 17,96 | 17,50 |
| 2 | 18,27 | 17,99 | 17,33 | 17,58 |
| 3 | 17,13 | 17,21 | 17,12 | 17,33 |
| Delta | 1,26 | 0,78 | 0,83 | 0,24 |
| Rank | 1 | 3 | 2 | 4 |

Sumber : Hasil *Software*

Grafik S/N Rasio

Berdasarkan **Tabel 6.** parameter proses yang paling berpengaruh pada penelitian kekuatan tarik adalah *nozzel temperature*, *print speed*, *bed temperature*, *cooling speed*. Dari grafik tersebut terdapat alasan karena

parameter yang paling berpengaruh besar dengan dampak tinggi dan tingkat faktor yang paling optimal dari nilai S/N Rasio adalah pada parameter proses yang memiliki berpengaruh besar, serta tingkat faktor dan nilai respon yang optimal yaitu *nozzle* 230°C (25,21), kecepatan *print* 50 mm/s (25,06), suhu meja 40°C (24,68), dan kecepatan pendingin 45°C (24,86).



Gambar 4. Grafik S/N rasio

Berdasarkan Gambar 4. dan Tabel 6. parameter proses optimal terhadap kekuatan tarik, yaitu suhu *nozzle* (235°C), suhu meja (45°C), kecepatan *print* (40 mm/s), kecepatan pendingin (50°C).

Tabel 6. S/N rasio

| Level | Nozzel Temperature | Bed Temperature | Print Speed | Cooling Speed |
|-------|--------------------|-----------------|-------------|---------------|
| 1 | 24,60 | 24,68 | 25,06 | 24,84 |
| 2 | 25,21 | 25,09 | 24,77 | 24,86 |
| 3 | 24,64 | 24,69 | 24,62 | 24,76 |
| Delta | 0,62 | 0,41 | 0,43 | 0,10 |
| Rank | 1 | 3 | 2 | 4 |

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa hasil uji tarik dari 4 parameter proses di uji yaitu : *Nozzel temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*, dengan tiga faktor level yang berpengaruh terhadap uji kekuatan tarik pada faktor–faktor ini. Urutan faktor yang paling berpengaruh pada ASA filamen berturut–turut yaitu: *Nozzel temperature*, *bed temperature*, *print speed*, *cooling speed*. Nilai kekuatan tarik yang kuat terjadi pada spesimen ke-3 desain faktorial Taguchi L9, yaitu *nozzle temperature* (240°C), *print speed* (60 mm/s), *bed temperature* (50°C) *cooling*

speed (50°C), dengan kekuatan tarik dari 3 pengujian sebesar 18,64 Mpa.

Saran

Saran yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan harapan hasil yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya yaitu sebagai berikut :

1. Menggunakan *filamen* ASA dengan tipe mesin 3D *Printing Ender-3* untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal pada parameter proses.
2. Menggunakan jenis filamen dan mesin yang sama namun menambahkan parameter proses yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Febriansyah and A. Anggry, “Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Impak Pada 3D Printing Material Abs,” vol. 2, no. 1, Feb 2022.
- [2] P. P. and H. H. A. Ferdiansyah, “Pengaruh Parameter Proses Pada 3D Printing FDM Terhadap Kekuatan Tarik Filament ABS CCTREE,” *J. Teknol. Manufaktur*, vol. 1, Sep 2022.
- [3] S. Y. Setiawan, “Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Proses Ekstrusi Di Mesin Printer 3D,” 2019.
- [4] P. and Y. O. Malinda Christiliana, “Optimasi Parameter Proses 3D Printing FDM Terhadap Akurasi Dimensi Menggunakan Filament Eflex,” *snitt*, vol. 1, Jul 2021.
- [5] I. Soejanto, *Desain Eksperimen dengan metode Taguchi*. 2009.
- [6] H. and P. D. Andriyansyah, “Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi,” *SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF*, vol. 1, Mei 2018.
- [7] M. I. F. and P. Hasdiansah, “Optimasi Parameter Proses Terhadap Akurasi Dimensi Pla Food Grade Menggunakan Metode Taguchi,” *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, vol. 1, 2020.
- [8] H. Zaldy Sirwansyah Suzen, “Pengaruh Geometri Infill terhadap Kekuatan Tarik Spesimen Uji Tarik ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen PLA+ Sugoi,” *Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 1411–6863, Agu 2021.
- [9] E. P. Rovi Avriansah, “OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT POLYETHYLENE TEREPHTHALET GLYCOL,” *SNITT*, 2022.
- [10] B. , R. & W. Sugiantoro, “Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas Hasil Permesinan

Alumunium Dengan Metode Taguchi,” vol. 1, Jan 2014.

- [11] Y. B. P. Pristiansyah. Hasdiansah, “Pengaruh Parameter Proses Slicing Software Terhadap Kekasaran Permukaan Printing Part Filamen ST-PLA,” *SNITT*, vol. 1, Jun 2021.
- [12] S. , D. S. & Y. Y. Lubis, “Pengaruh Orientasi Objek Pada Proses 3d Printing Bahan Polymer Pla Dan Abs Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketelitian Dimensi Produk.,” *Sinergi*, 2016.
- [13] P. and F. A. M. H. Bari, “OPTIMASI PARAMETER PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMEN PLA FOOD GRADE,” *snitt*, vol. 1, Feb 2021.
- [14] P. and D. R. Z. Hamzah, “PENGARUH CHAMBER PADA MESIN 3D PRINTING FDM TEHADAP HASIL PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN FILAMEN ABS,” *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, vol. 2, Feb 2022.
- [15] Pristiansyah, “Optimasi Parameter proses 3D Printing Terhadap Kuat Tarik Filament Poly lactic Menggunakan Metode Taguchi,” vol. 1, Mei 2018.