

Pengaruh Proses *Annealing* Terhadap Akurasi Dimensi Dan Kuat Tarik 3D Printing Menggunakan Filamen ST-PLA

Zarkasih¹, Hasdiansah¹, Sugianto¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : zarkasihdarmawi@gmail.com

Received : 5 Februari 2024; Received in revised form : 23 Februari 2024;

Accepted : 23 Februari 2024

Abstract

3D printing is a tool used to make objects / test specimens in 3 dimensions, using the main material made from polymer. In 3D printers there are two types of filaments that are often used today, namely Polylactic acid or polylactide (PLA) material and Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), the material used in this study is PLA material, this material was chosen because it has several advantages. Poly(lactic acid) (PLA) biodegradable thermoplastics have been used in various industrial fields including automotive, computer, food, and electrical equipment also used in medical devices, PLA is a biodegradable thermoplastic sourced from natural starches such as corn and sugarcane. Therefore, this study aims to find the highest tensile strength in PLA materials using several levels of testing, The highest tensile test result at one parameter level will be carried out by the annealing process to determine the effect of the annealing process on the tensile test specimen. The research method used in this study is the Taguchi method designed L9 with 3 factors and 3 levels, using the Analysis of Variance (ANOVA) analysis method. The test results showed that the highest tensile strength was located in study number 5, which was 44.866 Mpa, and the lowest average tensile test value was in study number 4, which was 40.033 Mpa.

Keywords: 3D Printing; Taguchi Method, polylactide; Tensile Test.

Abstrak

3D printing merupakan sebuah alat yang digunakan untuk membuat benda / spesimen uji dalam bentuk 3 dimensi, dengan menggunakan bahan utama berbahan *polymer*. Pada 3D printer terdapat dua jenis *filament* yang sering digunakan pada saat ini yaitu material *Polylactic acid or polylactide (PLA)* dan *Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)*, bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah material *PLA*, bahan ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan. *Poli (asam laktat) (PLA)* termoplastik *biodegradable* telah digunakan di berbagai bidang industri termasuk otomotif, komputer, makanan, dan peralatan listrik juga digunakan pada alat medis, *PLA* adalah termoplastik *biodegradable* yang bersumber dari pati alami seperti jagung dan tebu. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mencari kekuatan tarik tertinggi pada material *PLA* dengan menggunakan beberapa level pengujian, hasil uji tarik tertinggi pada satu level parameter akan dilakukan proses *annealing* untuk mengetahui pengaruh proses *annealing* terhadap spesimen uji tarik. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *taguchi* rancangan L₉ dengan 3 faktor dan 3 level, dengan menggunakan metode analisa *Analysis of Variance (ANOVA)*. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi terletak pada penelitian nomor 5 yaitu sebesar 44,866 Mpa dan nilai rata-rata uji tarik terendah berada pada penelitian nomor 4 yaitu sebesar 40,033 Mpa.

Kata kunci: 3D Printing; Metode Taguchi, *polylactide*; Uji Tarik.

1. PENDAHULUAN

Penelitian uji tarik menggunakan spesimen dengan bahan dasar plastik telah banyak dilakukan, mulai dari spesimen uji yang dibuat dengan cara manual menggunakan cetakan maupun spesimen uji yang dibuat dengan cara otomatis menggunakan mesin seperti mesin 3D printing. Pada penelitian ini berfokus pemanfaatan mesin 3D printing sebagai alat bantu untuk mencetak spesimen plastik [1].

Mesin 3D Printer merupakan mesin yang berfungsi untuk membuat benda *solid* tiga dimensi dengan menggunakan teknologi *Additive Manufacturing* (*layer by layer*) berdasarkan model digital 3D CAD sebagai alat desain[2].

Proses pencetakan pada mesin 3D Printer yaitu dengan memanfaatkan pelelehan *filament* yang keluar dari *nozzle* yang digerakan oleh motor kemudian dicetak pada *printing bed* yang bergerak naik turun, objek dicetak dengan proses layer demi layer sehingga membentuk objek sesuai dengan desain digital yang telah ditentukan[3].

Proses percetakan 3 Dimensi biasanya menggunakan mesin 3D printing sebagai alat untuk pencetaknya. 3D printing merupakan sebuah alat yang mampu membuat benda dalam bentuk 3 dimensi, dengan bahan utama biasanya menggunakan berbahan *polymer*. Saat ini 3D printing banyak digunakan karena mampu mencetak sesuai apa yang diinginkan konsumen. Di Indonesia peralatan 3D printing sangat digemari untuk mencetak *body* & rangka utama *prototype*, bagian tubuh buatan pada bidang medis, mainan anak-anak, patung, gantungan, dan aksesoris lainnya sesuai keinginan kreator. Kehadiran 3D printing mampu membuat gaya hidup manusia yang awalnya lebih gemar menggunakan peralatan dari bahan logam untuk hal yang kecil kini lebih gemar menggunakan bahan *polymer* karena mudah dibentuk dan harganya yang dapat dijangkau[4]. Kebanyakan *filament* yang digunakan pada 3D printing terdiri dari berbagai bahan, salah satunya jenis *polymer* dan bahan *polyactid Acid* (PLA). *Filament* dapat digambarkan sebagai tinta pada printer 3 dimensi[5].

Filament yang digunakan adalah *filament PLA*, hal ini dikarenakan *filament PLA* terbuat dari bahan alami sehingga tidak berbahaya dan mudah terurai secara hayati serta dapat di daur ulang[6]. Selain itu, *filament PLA* telah banyak digunakan di berbagai bidang *industry* seperti otomotif, *computer*, makanan, dan peralatan listrik, juga bisa digunakan pada alat medis[7].

Dari penelitian [8]telah melakukan penelitian pada uji tarik untuk mengetahui pengaruh parameter sehingga mendapatkan hasil yang optimal pada produk 3D printer dengan menggunakan *filament* material PLA. Parameter yang digunakan pada penelitian ini dengan *layer thickness* (0,150 , 0,175 , 0.200)mm, *bed temperature* 40°C , 60°C , 80°C , *Infill pattern* yang digunakan *Trid*, *Honeycomb*, *Triangular*. Hingga didapatkan : Dengan *bed temperature* meningkat maka pertama kekuatan Tarik meningkat pula kemudian menurun, dengan perubahan maksimum 22,27% dengan *layer thickness* 0,2 mm dan *infill pattern* nya *Triangular*. Dengan bertambahnya *layer thickness* maka kekuatan Tarik meningkat perubahan yang terjadi sekitar 7,422% dengan *bed temperature* 40°C dan *infill pattern* nya *honeycomb*.

Material PLA dipilih untuk menjadi bahan penelitian ini. Material PLA akan dilakukan uji tarik untuk mendapatkan hasil hasil uji tarik, setelah mendapatkan hasil uji tarik kemudian dilakukan proses *annealing* untuk mengetahui perbandingan hasil sebelum dan sesudah di *annealing*

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di ruangan 3D Printing kampus Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada metode penelitian ini faktor kontrol pencetakan spesimen menggunakan metode Taguchi rancangan L₉ dengan 3 faktor dan 3 level, dan Metode analisa yang digunakan yaitu *Analisis of Variance* (ANOVA). ANOVA adalah ilmu yang merupakan cabang dari matematika terapan dan membahas tentang bagaimana cara mengumpulkan data, meringkas data, mengolah data, menyajikan data, menarik

kesimpulan, serta menentukan keputusan. Analisis ini berfungsi untuk menguji hipotesis eksperimen perbedaan rata-rata antar kelompok. Hasil dari analisis ANOVA adalah nilai f_{test} / f_{hitung} , nilai f_{test} yang didapat kemudian dibandingkan dengan nilai f_{Tabel} . Jika nilai f_{test} lebih besar dari f_{Tabel} , maka data H_1 diterima sedangkan H_0 ditolak

yang berarti ada pengaruh terhadap rata-rata pada semua kelompok. Begitupun sebaliknya, jika nilai f_{Tabel} lebih besar dari f_{test} maka data H_1 ditolak sedangkan H_0 diterima yang berarti tidak ada pengaruh terhadap rata-rata pada semua kelompok[9].
Berikut adalah faktor dan desain yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Nilai Faktor Taguchi L_9

Faktor printing	Levels		
	1	2	3
Layer Thickness	0.09 mm	0.18 mm	0.27 mm
Infill pattern	Grid	Rectilinear	Wiggle
Z Orientation	30	45	60

Tabel 2. Desain Taguchi L_9 OA

EXP	Layer Thickness	Infill pattern	Z Orientation
1	0.09	Grid	30
2	0.09	Rectilinear	45
3	0.09	Wiggle	60
4	0.18	Grid	45
5	0.18	Rectilinear	60
6	0.18	Wiggle	30
7	0.27	Grid	60
8	0.27	Rectilinear	30
9	0.27	Wiggle	45

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik yang bertujuan untuk mencari kekuatan tarik, regangan, serta modulus elastisitas serta untuk mengetahui sifat-sifat dan kondisi dari suatu material yang akan di uji. Proses pengujian tarik dilakukan dengan cara menambahkan beban pada material secara perlahan sehingga terjadi pertambahan panjang pada

material sesuai dengan gaya yang bekerja. Material uji ditarik oleh mesin penguji hingga material menjadi kecil dan kemudian putus pada titik tertentu, hal ini dilakukan agar dapat mengetahui kekuatan sifat mekanik baik dalam bentuk angka maupun dalam bentuk diagram grafik[10]. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 638 tipe V.
Setelah melakukan pengujian uji tarik pada spesimen uji tarik maka didapat data hasil pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Uji Tarik

No	R1 (Mpa)	R2 (Mpa)	R3 (Mpa)	S/N ratio	Mean (Mpa)
1	39,6	43,5	39,7	32,2169	40,9333
2	42,6	41,8	41,0	32,4203	41,8000
3	41,5	41,6	43,1	32,4749	42,0667
4	40,4	42,9	36,8	31,9963	40,0333
5	44,8	42,3	47,5	33,0093	44,8667
6	40,7	40,2	41,1	32,1837	40,6667
7	45,8	43,0	44,8	32,9648	44,5333
8	44,3	45,7	43,6	32,9687	44,5333
9	42,1	46,7	42,5	32,7946	43,7667

Dari data hasil uji tarik pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata uji tarik tertinggi berada pada penelitian nomor 5 yaitu sebesar 44,8667 Mpa dan nilai rata-rata uji tarik terendah berada pada penelitian nomor 4 yaitu sebesar 40,0333 Mpa.

3.1. Data hasil uji tarik *mean plot*

Data hasil uji tarik pada Tabel 3 kemudian diolah untuk mendapatkan respon *mean plot* menggunakan *software* analisis yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 4.



Gambar 1. Grafik *Mean Plot Larger is Better* Hasil Uji Tarik

Tabel 4. *Mean plot Larger is Better* Hasil Uji Tarik

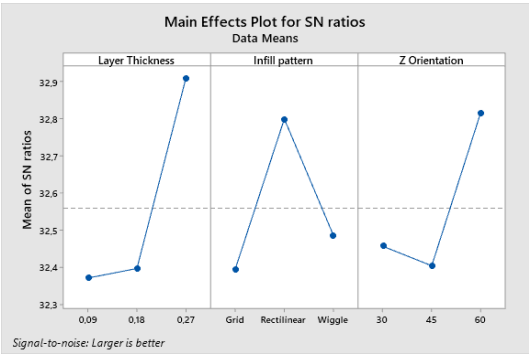
Faktor	Level			Delta	Rank
	1	2	3		
Layer Thickness	41,60	41,86	44,28	2,68	1
Infill Pattern	41,83	43,73	42,17	1,90	3
Z Orientation	42,04	41,87	43,82	1,96	2

Dari data yang ditunjukkan pada gambar 1 dan tabel 4 faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan uji tarik yaitu *Layer Thickness* dengan delta 2,68. Dan parameter yang memiliki pengaruh serta level yang sesuai dengan *larger is better* secara berurutan berdasarkan ranking yaitu *Layer Thickness* level tiga (0,27 mm), *Z*

Orientation level tiga (60), dan *Infill Pattern* level dua (*Rectilinear*).

3.2. Data hasil uji tarik *S/N Ratio*

Dari data hasil uji tarik yang terdapat pada Tabel 3 kemudian akan diolah untuk mendapatkan respon *S/N Ratio* menggunakan software analisis yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 5.



Gambar 2. Grafik *S/N Ratio Larger is Better* hasil uji tarik

Tabel 5. *S/N Ratio Larger is Better* hasil uji tarik

Faktor	Level			Delta	Rank
	1	2	3		
Layer Thickness	32,37	32,40	32,91	0,54	1
Infill Pattern	32,39	32,80	32,48	0,41	3
Z Orientation	32,46	32,40	32,82	0,41	2

Dari data yang ditunjukkan pada gambar 2 dan tabel 5 faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekuatan uji tarik yaitu *Layer Thickness* dengan delta 0,54. Dan parameter yang memiliki pengaruh serta level yang sesuai dengan *larger is better* secara berurutan berdasarkan ranking yaitu *Layer Thickness* level tiga (0,27 mm), *Z*

Orientation level tiga (60), dan *Infill Pattern* level dua (*Rectilinear*).

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik tertinggi dari masing-masing pengujian terletak pada parameter nomor 5

dengan persentase faktor *Layer thickness* (0,18mm), *Infill Pattern* (Rectilinear), dan *Z Orientation* (60°C) sebesar 44,8667 Mpa, sedangkan untuk uji tarik terendah terletak pada parameter nomor 4 dengan persentase faktor *Layer thickness* (0,18mm), *Infill Pattern* (Grid), dan *Z Orientation* (45°C) sebesar 40,0333 Mpa.

Sesuai dengan hasil pengolahan data, hal ini terjadi karena faktor yang paling berpengaruh pada penelitian ini yaitu *Layer Thickness* dengan nilai tertinggi pada level 3, *infill Pattern* dengan nilai tertinggi pada level 2, dan *Z Orientation* dengan nilai tertinggi pada level 3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan jurnal penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Maka dari itu penulis ingin berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu, Ayah, dan keluarga yang telah memberi dukungan, motivasi, dan doa kepada penulis
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M.Eng. selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
4. Bapak Boy Rolastin, S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
5. Bapak Hasdiansyah, S.S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing dan mendukung, serta membantu dalam pengerjaan penyusunan jurnal penelitian ini
6. Bapak Sugianto, S.T, M.T. selaku Dosen pembimbing 2 yang telah memberikan ide-ide konsep pemikirannya dalam pengembangan proyek akhir ini
7. Bapak Yulianto, S.S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium LAFALO yang telah memberikan bimbingan dan waktu dalam proses pengujian, sehingga proses pengujian dapat berjalan dengan lancar.
8. Seluruh teman-teman yang telah membantu, mendukung, dan memotivasi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Takayama, M. Todo, and H. Tsuji, "Pengaruh anil pada sifat mekanik campuran polimer PLA / PCL dan PLA /PCL / LTI," *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.*, vol. 4, no. 3, pp. 255-260, 2010, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751616110001414>
- [2] S. Cahyati and N. S. Sanora, "Analisa Kekuatan Kerangka Penopang Ekstruder Modifikasi Mesin 3D Printer Nozel Tunggal Menjadi Nozel Ganda," *Pros. Semin. Nas. Pakar*, pp. 1-7, 2019, doi: 10.25105/pakar.v0i0.4186.
- [3] A. Kholil, F. Aufi, and E. A. Syaefudin, "Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3d Printing Terhadap Uji Tarik Material Abs," *Pros. Semin. Nas. NCIET*, vol. 1, no. 1, pp. 219-226, 2020.
- [4] J. Dong et al., "Pengaruh Nanofiber Selulosa Cangkok dan Perawatan Anil Pasca Ekstrusi pada Properti Terpilih dari Filamen Poli (asam laktat) untuk Pencetakan 3D," *J. DARI ILMU Polim.*, vol. 4, no. 18, pp. 1-9, 2017, [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/polb.24333>
- [5] Z. S. Suzen, Hasdiansah, and Yuliyanto, "Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap KekuatanTarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 12, no. 02, pp. 73-80, 2020.
- [6] J. Butt and R. Bhaskar, "Investigating the effects of annealing on the mechanical properties of FFF-printed thermoplastics," *J. Manuf. Mater. Process.*, vol. 4, no. 2, pp. 1-20, 2020, doi: 10.3390/jmmp4020038.
- [7] M. CHRISTILIANA, Pristiansyah, and Y. Oktriadi, "Optimasi Parameter Proses pada 3D Printing FDM terhadap Akurasi Dimensi Filament PLA Food Grade," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 13, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [8] C. Abhinav, M. I. UI Haq, A. Raina, and R. R. Singh, "Effect of fused deposition

-
- [9] modelling process parameters on mechanical properties of 3D printed parts," *World J. Eng.*, vol. 4, no. 16, pp. 550-559, 2019.
- [10] A. Fitrayudha, J. Fajrin, and B. Anshari, "Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyester Sisal Menggunakan Metode Anova," *Binawakya*, vol. 14, no. 7, pp. 2817-2824, 2020.
- [10] F. Khafiluddin, "Analisa Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Pada Pengelasan GTAW Baja Tahan Karat 304," *Undergrad. thesis*, pp. 21-22, 2018.