

Pengaruh Media, Temperatur dan Waktu Perlakuan *Annealing* Pada Spesimen Standar ASTM D638 Type IV Menggunakan Filamen ST PLA

Yulian Subakti*, Hasdiansah Zaldy Kurniawan

Teknik Mesin dan Manufaktur. Polman Babel. Kawasan Industri Air Kantung. Sungailiat
Bangka Belitung

*Subaktiyulian@gmail.com

Abstract

Fused Deposition Modeling (FDM) is a technique of 3D Printing machines that is popularly used to print products. The printed product certainly has the ideal tensile strength characteristics if it has a precise size and good shape according to the standard. One of the materials that can be processed in a 3D printing machine is ST PLA. Research in terms of tensile testing has been carried out on PLA/ABS materials. However, tensile testing with annealing process using ST PLA filament is still very rarely done. From these problems, it is necessary to research to obtain optimal process parameters on 3D printing machines, to obtain the highest tensile strength from the annealing process using ST PLA material. This research was conducted using a 3D printer DIY Prusa model with a printing area of XYZ, 300 mm x 300 mm x 350 mm. The material used is ST PLA filament with a diameter of 1.75 mm in green. The process parameters in this research are layer thickness, nozzle temperature and flow rate. For annealing media use beach sand, coffee and wheat. The shape of the test specimen follows the ASTM D638 type IV standard. As for the design of the process parameters using the Taguchi L₉ method (3³). The process parameter values that produce the highest tensile strength without annealing are layer thickness 0.3 mm, nozzle temperature 205°C, and flow rate 100%. The annealing process parameters that produce the highest tensile strength are annealing time of 15 minutes, oven temperature of 110°C, for annealing media using coffee.

Keywords : *Annealing*, ST PLA Filament, Taguchi Methode

1. PENDAHULUAN

Hadirnya teknologi 3D *printing* dalam dunia manufaktur membawa perubahan besar pada dunia industri. Teknologi yang juga dikenal dengan sebutan *additive manufacturing* sebenarnya sudah hadir sejak tahun 1980-an. Proses pembuatan objek dilakukan dengan cara menambahkan ribuan lapisan kecil yang dikombinasikan untuk hasilkan barang jadi atau *finished products*. Salah satu metode yang sangat populer dalam *additive manufactur* adalah *fused depasition modelling* (Knic.co.id).

Fused depasition modelling (FDM) merupakan salah satu metode yang cukup populer dalam *additive manufactur* dimana produk yang dihasilkan melalui proses ini berpotensi untuk dapat bersaing dengan metode manufaktur konvensional (*injection moulding*). Bahan/material yang digunakan dalam teknologi 3d *printing* adalah plastik.

Plastik mengalami perkembangan dan penggunaan yang sangat luas. Ditambah dengan hadirnya teknologi 3D *printing*. salah satu polymer plastik dalam teknologi 3D *printing* adalah filamen ST PLA.

ST PLA merupakan pengembangan filamen PLA yang dikomposkan dengan aditif spesial, tidak berpengaruh biodegradasi, beberapa kali lebih keras dibandingkan dengan

PLA normal sehingga bisa menghasilkan kekuatan yang lebih baik, ikatan yang luar biasa dan tahan akan benturan (www.primes3d.com). Dalam rangka peningkatan properti filament ST PLA perlu dimodifikasi untuk memperbaiki sifatnya, salah satunya dengan proses *annealing*, pada proses *annealing* diperlukan beberapa variasi antara lain media, waktu *annealing* dan temperatur *annealing*. Variasi faktor tersebut tidak memiliki nilai pasti dalam pengerjaannya, sehingga dibutuhkan pencarian nilai yang tepat untuk mendapatkan produk yang sesuai dengan harapan.

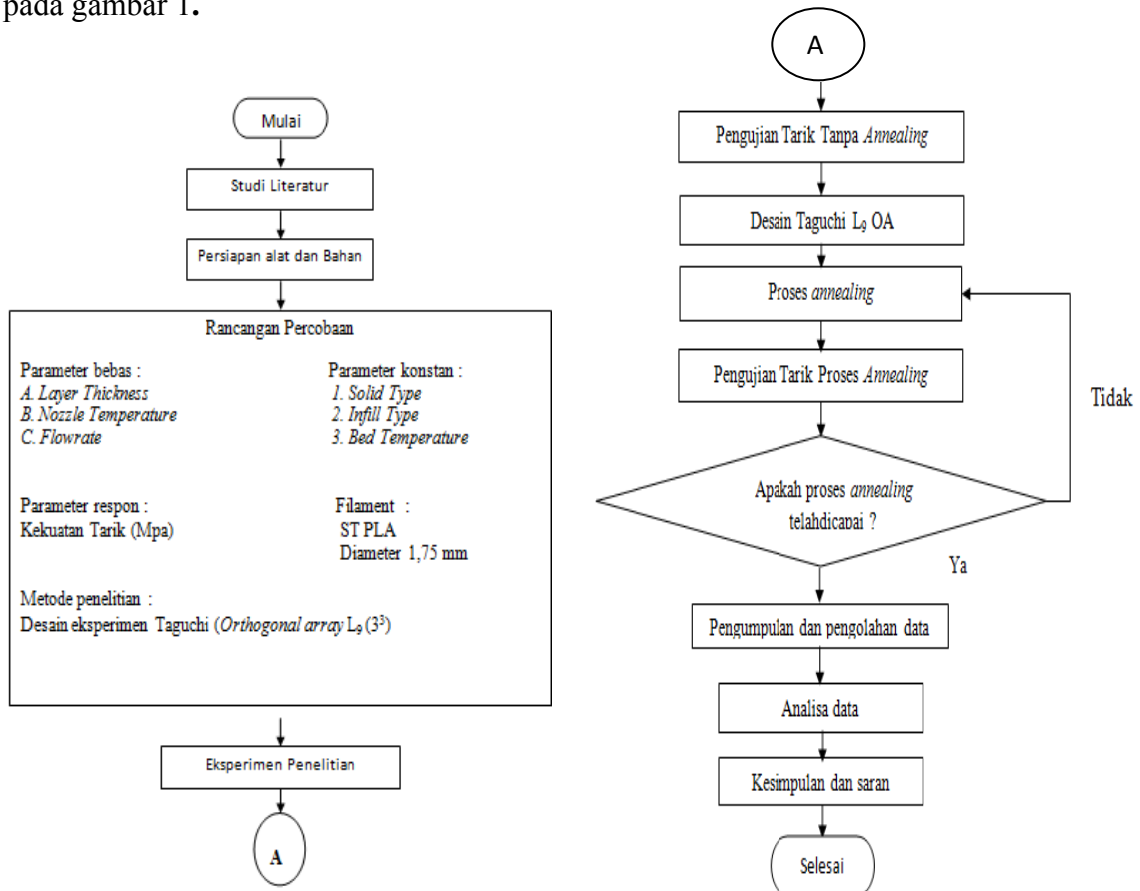
(Slavkovic, Grujovic, Disic, & Radovanovic, 2017) telah melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Arah Pengumuman dan Pencetakan Pada Sifat Mekanis Polimer Memori Bentuk PLA Yang Dihasilkan Oleh Pemodelan Deposisi *Fuse*”. Dari penelitian ini didapatkan hasil kekuatan akhir rata-rata adalah 33,83 MPa ($\pm 0,46$ MPa) untuk sampel yang dicetak dan 44,06 MPa ($\pm 0,6$ MPa) untuk sampel yang dianil. Spesimen yang dianil menunjukkan peningkatan kekuatan ultimit sebesar 30,25% dibandingkan dengan sampel yang dicetak. Anil menyebabkan peningkatan 19% dalam modulus elastisitas rata-rata, dari 1,35 GPa ($\pm 0,057$) untuk sampel yang dicetak menjadi 1,67 GPa ($\pm 0,122$) untuk sampel yang dianil, tegangan-regangan untuk sampel yang dicetak dan dianil menyebabkan peningkatan 9% dalam modulus elastisitas rata-rata dari 1,65 GPa ($\pm 0,12$) untuk sampel yang dicetak hingga 1,82 GPa ($\pm 0,097$) untuk sampel yang dianil. (1)

(Srithep, Nealey, & Sheng Trung, 2012) juga melakukan penelitian tentang “*Effects of Annealing Time and Temperature on the Crystallinity and Heat Resistance Behavior of Injection-Molded Poly(lactic acid)* “. Dari penelitian ini didapatkan hasil Hasil penelitian, Kekuatan tarik dari campuran PLA anil terasa lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang dicetak, Pada suhu anil 80 °C kekuatan tarik untuk spesimen PLA yang dicetak dan 3 spesimen PLA yang di *annealing*, dengan waktu Anil 14, 23 dan 30 menit ditemukan sekitar 65,3 71,7 73,5 dan 76,0 Mpa. Masing-masing yang mencapai peningkatan maksimum 17% modulus tarik, spesimen PLA yang di anil penuh meningkat maksimum 6,4%. Jenis yang sama tren ditemukan untuk spesimern yang di anil pada suhu 65 °C. Untuk waktu yang lebih lama, Kekuatan tarik dan modulus spesimen PLA yang di Anil penuh pada suhu Anil 65 °C ditemukan meningkat sekitar 26% dan 13%. (2).

Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan filamen ST PLA yang akan dilakukan proses pencarian nilai terhadap pengaruh dari media pasir pantai, kopi, gandum beserta temperatur *annealing* (100, 110, 120) dan waktu *annealing* (15, 20, 25). Untuk mengetahui faktor mana yang paling ideal untuk meningkatkan kualitas dari filamen ST PLA.

2. METODE PENELITIAN

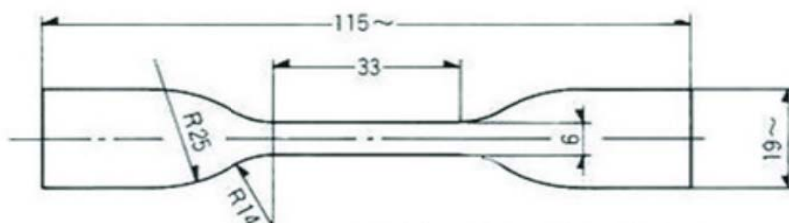
Tahapan penelitian yang dilakukan mengikuti diagram aliran yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram penelitian

2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada mesin 3D printing area XYZ dengan dimensi 300 mm x 300 mm x 350 mm dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Material yang digunakan filamen ST PLA dengan diameter 1,75 mm. Desain objek didesain menggunakan *software* gambar dengan bentuk dan dimensi berdasarkan ASTM D638 type IV. Ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Dimensi dan bentuk spesimen uji

2.2. Alat dan Bahan

1. Mesin 3D Printing Anet 8 pro dengan volume XYZ 300 mm x 300 mm x 350 mm. Dengan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen ST PLA, warna hijau seperti gambar berikut.



Gambar 3. Filamen ST PLA dan mesin 3D *printing*

Tabel 1. Spesifikasi Filamen ST PLA

<i>Filament Diameter</i>	1.75 mm
<i>Recommend Extruder Temperature</i>	190-220 °C
<i>Recommend Platform Temperature</i>	45-60 °C
<i>Density</i>	1,24 g/cm ³
<i>Tensile strenght</i>	47,9 Mpa
<i>Elongation at Break</i>	82 %

2. Mesin uji tarik merk *Zwick Roell* dan Oven merk SAKAI seperti gambar berikut



Gambar 4. Mesin uji tarik



Gambar 5. Oven untuk proses *annealing*

3. Spesimen Uji seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Spesimen uji

2.3 Langkah-langkah penelitian

Tahapan pada penelitian ini berurutan dimulai dengan persiapan mesin 3D printing, filamen ST PLA, *software* ideamaker 3.6.1 dan *software* gambar. Semua alat dan bahan yang berhubungan dengan penelitian ini akan disiapkan dengan sebaik mungkin supaya proses penelitian ini terarah. Setelah persiapan penelitian selesai, maka akan dilanjutkan dengan penentuan parameter proses cetak seperti *layer thickness*, *nozzle temperature* dan *flowrate* seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Parameter Cetak Desain Taguchi L₉ (O^A)

Exp. No	Layer Thickness (mm)	Nozzle Temperature (°C)	Flowrate (%)
1	0,1	195	95
2	0,1	200	100
3	0,1	205	105
4	0,2	195	100
5	0,2	200	105
6	0,2	205	95
7	0,3	195	105
8	0,3	200	95
9	0,3	205	100

Dari tabel 2 nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen nomor 9 (sembilan) dengan *layer thickness* (0,3 mm) *nozzle temperature* (205 °C) dan *flowrate* (100 %) menghasilkan kekuatan tarik sebesar 47,66 Mpa. Selanjutnya spesimen yang menghasilkan kekuatan tarik tertinggi akan dicetak kembali menggunakan mesin 3D printing seperti pada gambar 7 untuk proses *annealing*. Dengan pengaturan proses *annealing* seperti tabel 3.

**Gambar 7.** Proses pembentukan spesimen uji**Tabel 3.** Faktor variasi *Annealing* Taguchi L₉ OA

Exp. No	Waktu <i>Annealing</i>	Temperatur <i>Annealing</i>	Media <i>Annealing</i>
1	15	100	Pasir pantai
2	15	110	Kopi
3	15	120	Gandum
4	20	100	Kopi
5	20	110	Gandum
6	20	120	Pasir pantai
7	25	100	Gandum
8	25	110	Pasir pantai
9	25	120	Kopi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

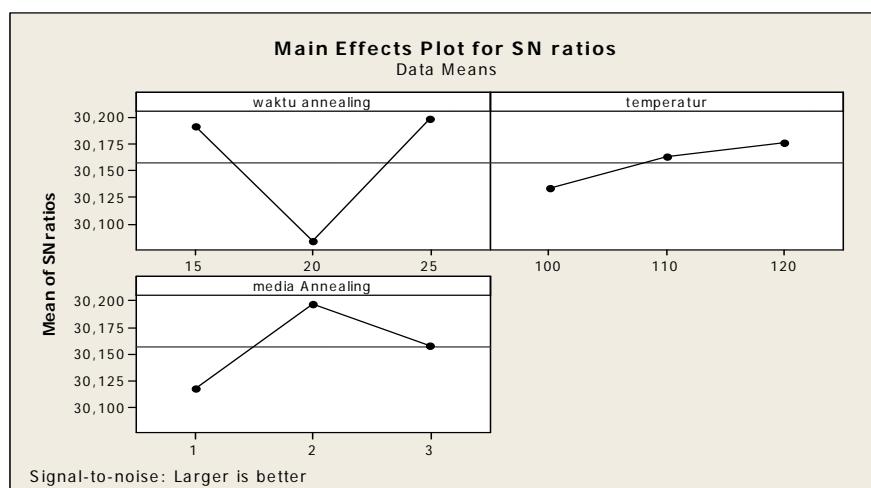
Pengambilan data penelitian dilakukan dengan cara mengkombinasikan parameter proses. Adapun parameter proses pada penelitian ini yang mempengaruhi kekuatan tarik dari filamen ST PLA seperti *layer thickness*, *temperature nozzle* dan *flow rate*. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata hasil pengujian tarik dari proses *annealing*

Exp	Waktu (min)	Suhu (°C)	Media	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4	Jumlah	Rata-rata (Mpa)
1	15	100	Pasir pantai	44,9	41,5	47,1	48,0	181,5	45,37
2	15	110	Kopi	48,1	51,5	47,8	51,2	198,6	49,65
3	15	120	Gandum	50,2	46,8	50,1	47,8	198,6	48,72
4	20	100	Kopi	43,9	44,5	46,8	51,5	186,7	46,67
5	20	110	Gandum	42,8	42,9	43,4	49,5	178,6	44,65
6	20	120	Pasir pantai	46,1	46,5	44,6	46,9	184,1	46,02
7	25	100	Gandum	45,3	44,4	53,6	51,8	195,1	48,77
8	25	110	Pasir pantai	42,9	45,2	52,7	52,4	193,2	48,3
9	25	120	Kopi	47,9	51,2	42,9	50,2	192,2	48,05

3.1 Perhitungan Respon *Signal to Noise*

Dari data yang telah diperoleh dapat dilakukan pencarian nilai rasio S/N pada tiap parameter dengan *large the better* dan berikut diperoleh hasil perhitungan respon dapat dilihat pada gambar 8 berikut dan tabel 5.



Gambar 8. Plot rasio S/N untuk respon kekuatan tarik

Tabel 5. Respon rasio S/N

Level	Waktu Annealing (min)	Temperature (°C)	Media Annealing
1	30,19	30,13	30,12
2	30,08	30,16	30,20
3	30,20	30,18	30,16
Delta	0,12	0,04	0,08
rank	1	3	2

Dari gambar 9 dan tabel 4 dapat diketahui parameter proses mana yang mempengaruhi dari kekuatan tarik filamen ST PLA yaitu waktu *annealing* 15 (min), media *annealing* (kopi) dan waktu *annealing* 120 °C.

3.2 Hasil Analisis Variansi (ANAVA)

Tabel 6. Hasil Analisis Variansi (ANAVA)

Sumber	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Waktu <i>Annealing</i>	2	0,3428	0,3428	0,1714	1,21	0,453
<i>Temperature</i>	2	0,0388	0,0388	0,0194	0,14	0,880
Media <i>Annealing</i>	2	1,1320	0,1320	0,0660	0,46	0,683
Error	2	0,2842	0,2842	0,1421		
Total	8	0,7978				

Hipotesis Pengujian :

H_0 : Tidak ada pengaruh

H_1 : Ada pengaruh

Kriteria pengujian : Tolak H_0 jika F hitung $>$ F tabel ($\alpha = 5\%$)

Hasil dari analisis pada tabel 6 dapat dilihat pada tabel 7 berikut

Tabel 7. Keputusan Uji

Komparasi Terhadap Respon	F-Test	F-Tabel (0,05;2;8)	Keputusan Uji
Waktu <i>annealing</i>	1,21		H_0 Diterima
<i>Temperature</i>	0,14	4,46	H_0 Diterima
Media <i>annealing</i>	0,46		H_0 Diterima

Dari tabel 6 dapat memberikan informasi bahwa dari 3 variasi parameter proses *annealing* tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik dari filamen ST PLA.

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian tarik dari proses *annealing* dapat ditarik kesimpulan bahwa kekuatan tarik tertinggi dari filamen ST PLA dari proses *annealing* dengan 3 variasi parameter proses yaitu, waktu *annealing*, temperatur dan media *annealing*. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen nomor 2 (dua) dengan waktu *annealing* (15 menit), temperatur *annealing* (110 °C) dan media *annealing* (kopi). Menghasilkan kekuatan tarik sebesar 49,65 MPa. Sedangkan parameter yang menghasilkan kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen nomor 5 (lima) dengan waktu *annealing* (20 menit), temperatur *annealing* (110 °C), untuk media *annealing* menggunakan gandum, yang menghasilkan kekuatan tarik sebesar 44,65 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A Akbar, Nurdin and Hermawan, Yuni. (2014) , *Pengaruh Variasi Holding Time dan Temperatur Paduan Polipropilena (PP) dengan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending, Pada Proses Injection Molding*. Jurnal ROTOR , pp. 1-4.
- [2]. Andriyansyah, Deni, Herianto and Purfaji. (2018) , *Optimasi Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Filamen Polylactic Acid Menggunakan Metode Taguchi*. 2018, Seminar Nasional Pendidikan Teknik Otomotif , pp. 61-68.

- [3]. Butt, Javaid and Bhaskar, Raghunath. (2020) , *Investigating the Effects of Annealing on the Mechanical Properties of FFF-Printed Thermoplastics*, Manufacturing and Materials Processing, pp. 2-20.
- [4]. Geng, Peng, et al. (2018) , *Effects of Thermal Processing and Heat Treatment Condition on 3D Printing PPS Properties*.Polymers, pp. 2-12.
- [5]. Halawa, Erniwati. (2013) , *Pengaruh Annealing Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Polietelen -Grafting -Maleat Anhidride (PE-g-MAH)*. Eienstein, pp. 8-14.
- [6]. Kholil, A., Aufo, F. and Syaefudin, E.A. 2020, *Pengaruh Layer Thickness Dan Orientasi 3D Printing Terhadap Uji Tarik Material ABS* . NCIET , pp. 219-226.
- [7]. Slavkovic, Vukasin, et al. (2017) , *Pengaruh Arah Pengumuman dan Pencetakan Pada Sifat Mekanis Polimer Memori Bentuk PLA yang Dihasilkan oleh Pemodelan Deposisi Fused.*, Serbian society of mechanics mountain tara, pp. 1-8.
- [8]. Srithep, Yotta, Nealey, Paul and Sheng Trung, Lih. (2012) , *Effects of Annealing Time and Temperature on The Crystallinity and Heat Resistance Behavoir Of injection-Molded Poly(lactic-Acid)* . Polymer Engineering and Science , pp. 1-9.
- [9]. Suzen, Z.S., Hasdiansah and Yulianto. (2020) , *Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen PLA+ Esun*. Jurnal Teknologi Manufaktur , pp. 74-80.
- [10]. yu, long, et al. (2008) , *Effect of Annealing and Orientation on Microstructures and mechanical Properties of Polylactic Acid*. POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE , pp. 635-641.