

Analisa Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Tarik Produk Hasil 3D Printing Berbahan *Polylactic Acid*

(1)* **Gita Suryani Lubis**, (2) **Muhammad Taufiqurrahman**, (3) **Muhammad Ivanto**

(1,2,3) *Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. DR. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124*

**Email: gitasuryanilubis@teknik.untan.ac.id*

Diterima: 09.08.2021 Disetujui: 14.10.2021 Diterbitkan: 23.10.2021

ABSTRACT

Fused Deposition Method (FDM) is one of the additive manufacturing methods or methods used by 3D printers. This FDM technology can produce models with a fairly good level of accuracy and strength. However, until now information about the magnitude of the value of accuracy, and the value of strength is very minimal. Because of this, it is necessary to do a test to determine the strength value of the specimens produced using 3D technology printing. The tests carried out aim to obtain settings optimal parameters on a 3D printer using PLA material which is measured by the magnitude of the tensile strength value of the resulting product. The test is carried out by measuring the amount of stress that occurs when the tensile test is carried out. The test was carried out using 81 samples that were printed using the parameters of infill print speed, fill density, extruder temperature, and layer height. Based on the test results, the highest stress value is 1.092 N/m² with a combination of parameters infill print speed 60 mm/s, fill density 40%, extruder temperature 200oC, and layer height 0.1 mm. The results of the analysis show that the parameter extruder temperature has the greatest influence on the magnitude of the tensile test value, while the layer height parameter has the smallest effect on the value of the test specimen.

Keywords: *Fused Deposition Method, 3D technology printing, tensile test*

ABSTRAK

Fused Deposition Method (FDM) merupakan salah satu metode additive manufacturing atau metode yang digunakan 3D printer. Teknologi FDM ini dapat menghasilkan model dengan tingkat keakuratan dan kekuatan yang cukup baik. Namun hingga saat ini informasi mengenai besarnya nilai keakuratan, dan nilai kekuatan sangat minim. Oleh karena hal tersebut, perlu dilakukan suatu pengujian untuk mengetahui besarnya nilai kekuatan pada spesimen yang dihasilkan menggunakan teknologi 3D printing. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan setting parameter yang optimal pada printer 3D dengan menggunakan material PLA yang diukur dari besarnya nilai kekuatan tarik (tensile strength) terhadap produk yang dihasilkan. Pengujian yang dilakukan yaitu dengan mengukur besarnya tegangan yang terjadi pada saat dilakukan uji tarik. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 81 sampel yang dicetak dengan menggunakan parameter infill print speed, fill density, extruder temperature, dan layer height. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai tegangan tertinggi sebesar 1.092 N/m² dengan kombinasi parameter infill print speed 60 mm/s, fill density 40%, extruder temperature 200°C, dan layer height 0,1 mm. Hasil analisa menunjukkan bahwa parameter extruder temperature memiliki pengaruh yang paling besar terhadap besarnya nilai uji tarik, sedangkan parameter layer height memiliki pengaruh yang paling kecil terhadap besarnya nilai spesimen uji.

Kata Kunci: *Fused Deposition Method, 3D printing, uji tarik*

I. Pendahuluan

Saat ini, teknologi yang dominan untuk memproduksi model fisik untuk tujuan pengujian dan evaluasi adalah *rapid prototyping* (RP). meskipun prototipe CNC dapat melakukan produksi massal dan dengan biaya lebih murah tetapi untuk pembuatan satu produk dengan tingkat kerumitan yang tinggi, prototipe *rapid*

prototyping akan lebih unggul (Jain & Kunthe, 2013).

Salah satu teknologi *rapid prototyping* yaitu mesin 3D *printing* yang mana merupakan teknik *Additive Manufacturing* (AM) untuk membuat berbagai struktur dan geometri kompleks dari data model 3D.

Printer 3D atau dikenal dengan cetak tiga dimensi merupakan salah satu teknologi dibidang

manufaktur dengan beberapa penambahan kecanggihan di dalam prosesnya. Mesin 3D *printing* yang digunakan memiliki keunggulan khusus dimana benda yang dicetak dapat sama persis dengan penggambaran dalam bentuk *soft file*. Proses 3D *printing* melibatkan berbagai metode, bahan, dan peralatan, telah berkembang selama bertahun-tahun dan memiliki kemampuan untuk mengubah proses manufaktur dan logistik. *Additive Manufacturing* telah banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk konstruksi, kesehatan, *prototyping* dan biomekanik (Ngo, dkk., 2018).

Terdapat beberapa klasifikasi dari teknologi 3D *printing* dimana dibedakan berdasarkan bahan yang digunakan dan mekanisme dalam proses pencetakannya. Penelitian (Hasdiansyah & Herianto, 2018) mengungkapkan bahwa salah satu jenis teknologi 3D *printing* yang banyak digunakan karena memiliki biaya paling murah dalam operasionalnya yaitu FDM (*Fused Deposition Modelling*). *Fused Deposition Modeling* adalah metode pencetakan purwarupa melalui proses pelelehan material termoplastik dimana menggunakan mekanisme ekstruder melalui proses lapis demi lapis (Noorani, 2006).

Karakteristik komponen yang dihasilkan menggunakan metode FDM yaitu memiliki kekuatan yang tinggi, presisi yang relatif baik, tidak membutuhkan *finishing* setelahnya serta dapat menghemat bahan baku karena tidak ada residu yang dihasilkan (Srivatsan & Sudarshan, 2016). Proses dan kinerja 3D *printing* bergantung pada berbagai parameter yang penting seperti waktu pembuatan, akurasi dimensi, kualitas permukaan, dan karakteristik mekanis dari bagian yang dibuat (Gebisa, dkk., 2019).

Layer yang terbentuk pada saat proses pencetakan berlangsung juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kecepatan gerak printer (*print speed*) yang berfungsi sebagai pengatur dalam membuat pola, faktor *layer height* sebagai pengatur ketebalan dan ketinggian dari setiap *layer*, dan faktor *printing temperature* (Ivandiaz, 2020).

Hingga saat ini informasi mengenai hasil akhir dari cetak 3D *printing* seperti berapa nilai kekuatan dari benda kerja yang dihasilkan, nilai keakurasian, dan nilai lainnya masih terbilang sangat minim. Padahal informasi-informasi tersebut sangat penting untuk diketahui. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah pengujian untuk mengetahui tingkat kekuatan dari sebuah produk hasil 3D *printing*.

Salah satu cara untuk mengetahui berapa besar kekuatan produk hasil 3D *printing* yaitu dengan melakukan uji tarik. Adapun tujuan dari pengujian yang dilakukan akan menghasilkan nilai tegangan tarik dari produk 3D *printing*. Spesimen tarik yang diambil dari bagian tengah

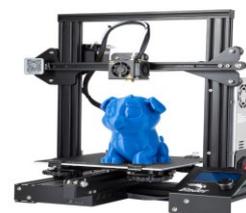
yangmana ditarik dengan tegangan tertentu hingga melewati batas elastisitasnya (Callister, 2001). Selanjutnya dari nilai tegangan tersebut akan dilakukan analisa pengaruh parameter proses terhadap besarnya nilai kekuatan dari spesimen uji yang dihasilkan.

II. Metodologi Penelitian

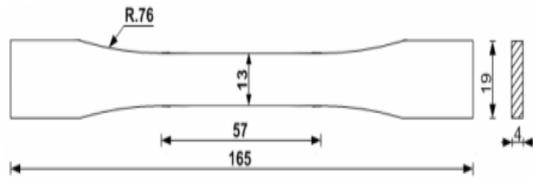
Material PLA (*Polyactic Acid*) dipilih sebagai filamen dalam printer 3D karena PLA merupakan material filamen yang sangat sering digunakan untuk proses pencetakan 3D *printing* dengan sistem FDM. Selain itu material PLA merupakan filament plastik yang dapat terurai lebih cepat apabila dibandingkan dengan material plastik sejenis sehingga dikatakan bersifat *biodegradable* (Kamsiati, dkk., 2017).

Adapun pembuatan spesimen uji tarik menggunakan mesin printer 3D Ender 3 Pro berbasis FDM (gambar 1) sedangkan standar pengujian yang dilakukan mengacu pada standar uji tarik ASTM D638 (gambar 2). Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *setting* parameter yang optimal pada printer 3D dengan menggunakan material PLA yang diukur dari besarnya nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) terhadap produk yang dihasilkan. Dalam proses desain spesimen benda kerja, digunakan perangkat lunak *3D Design*. Pemodelan dalam FDM dalam lingkup teknologi *rapid prototyping* yaitu dimana objek fisik dibuat langsung dari model CAD menggunakan deposisi lapis demi lapis dari bahan yang diekstrusi (Masood, 1996).

Nantinya hasil desain akan disimpan dalam bentuk *file* SLDPRT yangmana selanjutnya diubah menjadi *file* STL (*StereoLithography*). Adapun tujuan dari perubahan format gambar tersebut agar dapat diproses dalam aplikasi *Print Come3D* dan dicetak. Proses pencetakan pada metode FDM yaitu material diekstruksi dalam keadaan semi meleleh kemudian diumpukan melalui nozzle yang kemudian bergerak pada sumbu X dan sumbu Y yangmana akan membentuk material sesuai geometri. Setelah satu lapisan selesai, nozzle bergerak vertikal ke atas (sumbu Z) untuk mulai membuat lapisan baru diatas lapisan sebelumnya. Hal ini berlangsung terus menerus hingga membentuk produk jadi sesuai yang telah ditetapkan pada awal pencetakan (Yuan, 2008).



Gambar 1. Printer 3D yang digunakan



Gambar 2. Standar Uji Tarik ASTM D638 (ASTM, 2004)

Pada penelitian ini digunakan empat parameter proses yang berpengaruh terhadap proses uji tarik yaitu *Infill Print Speed*, *Fill Density*, *Extruder Temperature*, dan *Layer Height*. Percobaan dilakukan sebanyak 81 kali dengan menggunakan kombinasi dari empat parameter yang digunakan. Kombinasi parameter ini didapat dengan menggunakan metode *full factorial* dan menggunakan perangkat lunak Minitab. Penggunaan metode faktorial memiliki keunggulan yaitu lebih efisien dibandingkan percobaan dengan faktor tunggal. Selain itu dapat mendeteksi respon dari taraf masing-masing pengaruh utama serta interaksi antar 2 faktor atau lebih (Montgomery, 2001). Penggunaan Minitab dikarenakan kemampuannya memberikan kesempatan kepada pemakainya untuk menentukan pilihan atau tahap proses pengolahan data serta hasil analisisnya dapat ditampilkan dalam histogram, plot, dan angka (Nur, 2009). Adapun besaran nilai dari keempat parameter tersebut dikelompokkan dalam suatu *range* dengan 3 level besaran nilai. Besaran nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Besaran Nilai Parameter Proses untuk Pengujian

No	<i>Infill Print Speed</i> (mm/s)	<i>Fill Density</i> (%)	<i>Extruder Temperature</i> (°C)	<i>Layer Height</i> (mm)
1	40	40	190	0,1
2	50	50	200	0,2
3	60	60	210	0,3

Dalam proses uji tarik, dilakukan penjepitan pada kedua ujung spesimen uji, sementara itu dari salah satu ujung benda yang dijepit akan dihubungkan dengan perangkat penegang. Pada saat uji tarik dilakukan, spesimen uji akan diberi beban gaya tarik yang nilainya akan bertambah secara kontinyu. Besarnya beban yang dibutuhkan untuk menghasilkan regangan akan ditentukan berdasarkan berapa nilai defleksi dari suatu balok. Alat uji tarik yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Alat Uji Tarik

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Cetak Spesimen

Spesimen yang telah dicetak menggunakan mesin 3D printer di uji kekuatannya menggunakan alat uji tarik yang ada. Adapun spesimen hasil uji tarik dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 sedangkan hasil uji tarik dari spesimen dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 4. Spesimen Uji



Gambar 5. Spesimen Uji sebanyak 81 sampel

Tabel 2. Hasil Uji Tarik Spesimen

No	<i>Infill Print Speed</i>	<i>Fill Density</i>	<i>Extruder Temperature</i>	<i>Layer Height</i>	Hasil Uji Tarik
1	40	40	190	0,2	999
2	50	40	200	0,2	1014
3	40	60	210	0,1	1035
4	40	40	200	0,3	1092
5	40	60	210	0,3	1003
6	40	40	210	0,1	1000
7	40	50	190	0,3	920
8	50	40	210	0,2	863
9	60	60	190	0,1	855

10	60	60	200	0,1	920
11	60	60	190	0,2	944
12	60	50	210	0,1	934
13	50	50	210	0,2	969
14	60	50	210	0,3	953
15	40	50	200	0,2	974
16	50	60	190	0,3	920
17	50	50	200	0,1	940
18	50	60	210	0,3	982
19	60	60	200	0,3	931
20	40	40	190	0,3	716
21	50	50	190	0,1	963
22	60	40	210	0,1	973
23	60	50	190	0,3	825
24	50	50	200	0,3	982
25	40	50	190	0,1	887
26	60	50	190	0,2	967
27	40	40	210	0,2	946
28	50	60	200	0,3	992
29	50	60	200	0,2	1014
30	60	60	210	0,1	884
31	50	40	190	0,2	991
32	60	40	200	0,1	1092
33	40	50	200	0,3	974
34	60	50	200	0,2	937
35	50	50	190	0,2	921
36	40	50	210	0,1	893
37	40	40	210	0,3	900
38	40	60	200	0,3	943
39	50	40	190	0,1	960
40	40	50	190	0,2	1089
41	60	50	210	0,2	860
42	50	60	210	0,1	820
43	50	40	200	0,3	828
44	60	60	200	0,2	979
45	40	40	200	0,1	948
46	60	40	210	0,3	964
47	40	60	190	0,3	749
48	60	40	190	0,3	777
49	50	60	200	0,1	956
50	60	40	190	0,1	970
51	40	50	200	0,1	926
52	40	60	210	0,2	977
53	40	60	190	0,2	905
54	50	50	210	0,3	951
55	50	50	210	0,1	947
56	60	50	200	0,3	936
57	40	50	210	0,2	854
58	50	50	200	0,2	921
59	60	60	210	0,2	935
60	50	60	190	0,1	947
61	40	50	210	0,3	916
62	50	60	190	0,2	920
63	40	60	200	0,2	931
64	60	40	200	0,3	823
65	40	40	190	0,1	916
66	40	60	190	0,1	832
67	50	40	210	0,1	922
68	50	60	210	0,2	859
69	60	60	210	0,3	832
70	60	50	190	0,1	869
71	60	40	200	0,2	936
72	60	40	190	0,2	922
73	60	40	210	0,2	928
74	60	50	200	0,1	933
75	40	40	200	0,2	913
76	40	60	200	0,1	876
77	50	40	200	0,1	827
78	50	50	190	0,3	932
79	50	40	210	0,3	963
80	50	40	190	0,3	916
81	60	60	190	0,3	856

2. Analisa Hasil Pengujian

Berdasarkan data hasil uji tarik yang telah ada, diketahui bahwa sampel pada no urut 32 memiliki nilai uji tarik terbesar, sedangkan sampel dengan no urut 20 memiliki nilai uji tarik terkecil. Setelah nilai rata-rata dari uji tarik diketahui, nilai-nilai tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan level dari masing-masing parameter yang ada. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui efek dari nilai rata-rata pada tiap-tiap parameter. Pengelompokan nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 3. Adapun salah satu contoh perhitungan efek dari nilai rata-rata yaitu:

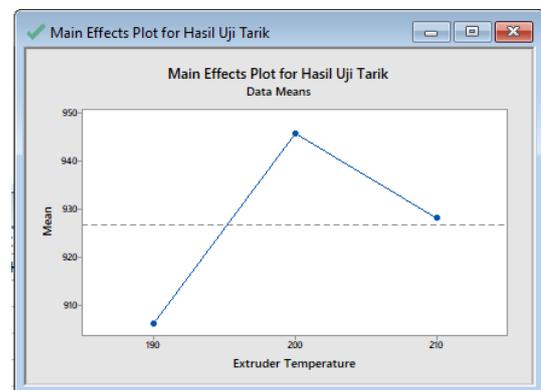
- Efek dari nilai rata-rata untuk faktor A1 (Wahjudi, dkk., 2001):

$$\begin{aligned}
 A1 \text{ bar} &= (999 + 1035 + 1092 + 1003 + 1000 + 920 \\
 &\quad + 974 + 716 + 887 + 946 + 974 + 893 \\
 &\quad + 900 + 943 + 1089 + 948 + 749 + 926 \\
 &\quad + 977 + 905 + 854 + 916 + 931 + 916 \\
 &\quad + 832 + 913 + 876) / 27 \\
 &= 897,70
 \end{aligned}$$

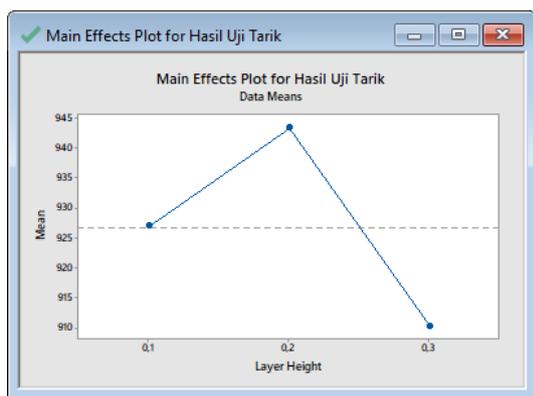
Tabel 3. Efek dari nilai rata-rata terhadap Uji Tarik

Level	A	B	C	D
1	897,70	929,59	906,22	6.4240
2	934,07	923,33	945,85	5.9428
3	916,11	918,40	928,25	5.7756
Delta	36,37	11,90	39,63	0.6484
Rank	2	3	1	4

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa parameter *Extruder Temperature* memiliki pengaruh paling besar terhadap nilai uji tarik yang dihasilkan, sedangkan parameter *Layer Height* memiliki pengaruh yang paling kecil. Adapun penggambaran pengaruh parameter tersebut dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Pengaruh Parameter Extruder Temperature terhadap Uji Tarik



Gambar 7. Pengaruh Parameter Layer Height terhadap Uji Tarik

Langkah selanjutnya yaitu menghitung *analysis of varians* (ANOVA) untuk efek dari nilai rasio S/N. Adapun hasil perhitungan ANOVA untuk hasil uji tarik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan ANOVA

Average S/N Ratio	Degree of Freedom	Average S/N values			Sum of Square (SS)	Variance (V)	P (%)
		Level 1	Level 2	Level 3			
Infill Print Speed	2	897,7	929,59	906,22	181,75	90,87	40,64
Fill Density	2	934,07	923,33	945,85	84,59	42,29	18,91
Extruder Temperature	2	916,11	918,4	928,25	27,74	13,87	6,2
Layer Height	2	36,37	11,9	39,63	153,15	76,58	34,25
Error	18						
Total	26				447,22	223,61	100

Berdasarkan tabel ANOVA diketahui bahwa semua faktor memiliki pengaruh terhadap besarnya nilai uji tarik spesimen. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengelompokan nilai uji tarik terbesar pada setiap faktor sehingga didapatkan kombinasi untuk *setting* parameter yang optimum untuk meningkatkan nilai uji tarik. Kombinasi tersebut dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Pemilihan Setting Parameter Uji Tarik

Level	A	B	C	D
1	897,7	929,59	906,22	64.240
2	934,07	923,33	945,85	59.428
3	916,11	918,4	928,25	57.756
Optimum	A2	B1	C2	D1

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kombinasi *setting* parameter optimum untuk proses 3D printing yang memiliki nilai uji tarik tertinggi yaitu:

- Infill Print Speed : 60 mm/s
- Fill Density : 40%
- Extruder Temperature : 200°C
- Layer Height : 0,1 mm

Adapun parameter *extruder temperature* memiliki pengaruh paling besar terhadap besarnya nilai uji tarik, sedangkan parameter *layer height* berlaku sebaliknya yaitu memiliki pengaruh paling kecil terhadap nilai uji tarik spesimen tersebut. Adapun

Daftar Pustaka

Annual Book of Standar, D 638, (2004). *Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics, ASTM.*

Callister, William, J. (2001). *Fundamentals of Materials Science and Engineering.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

Gebisa, A.W. and Lemu, H. G. (2019). Influence of 3D Printing FDM Process Parameters on Tensile Property of ULTEM 9085. *Procedia Manufacturing, vol. 30, pp. 331–338.*

Hasdiansah & Herianto. (2018). Pengaruh Parameter Proses 3D Printing Terhadap Elastisitas Produk yang dihasilkan. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi. Prosiding SEMNAS INOTEK, Vol. 02, No. 1 (pp 187–192).* Kediri: Innovation of Green Technology for Smart City- UN PGRI Kediri.

Ivandiaz, (2020). Analisis Parameter 3D Printing Material ABS Terhadap Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi. *Malang: Skripsi Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya.*

Jain, P., and Kuthe, A. M. (2013). Feasibility Study of Manufacturing Using Prototyping: FDM Approach, *Elsevier, Volume 63, Pages 4-11.*

Kamsiati, E., Herawati, H, dan Purwani, E.Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi Kayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian Vol. 36, No. 32.*

Masood, S. H. (1996). Intelligent Rapid Prototyping with Fused Deposition Modelling. *Rapid Prototyping Journal Vol. 2, pp.24-33.*

Montgomery, D.C. (2001). *Design and Analysis of Experiments.* New York: John Willey and Sons, Inc.

Ngo, T.D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K.T.Q., and Hui, D. (2018). Additive Manufacturing (3D printing): A Review of

- Materials, Methods, Applications and Challenges. *Composite Part B: Engineering ScienceDirect, Volume 143, pages 172-196.*
- Noorani, R. (2006). *Rapid Prototyping Principles and Applications.* New York: John Willey&Sons.Inc.
- Nur, S.M. (2009). *Aplikasi Program Minitab 15: Statistika untuk Perancangan Percobaan.* Jakarta: PT. Calprint Indonesia.
- Srivatsan, T.S., and Sudarshan, T.S. (2016). *Additive Manufacturing Innovations, Advantages, and Applications 1st Edition.* CRC Press.
- Wahjudi, D., San, G.S., Pramono, Y. (2001). Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin Vol.3, No. 1, pp 24-28.*
- Yuan, L. (2008). A Preliminary Research on Development of a Fiber-Composite. *Curved FDM system, National University of Singapore.*