

PENGARUH PARAMETER PROSES TERHADAP KEKUATAN TARIK PRODUK 3D PRINTING MENGGUNAKAN FILAMEN *POLYLACTIC ACID* (PLA) BUATAN R3D MAKER

Rikky Ardiansyah¹, Zaldy Sirwansyah Suzen², Erwansyah³

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung^{1,2,3}

Email: rikkyardiansyah12@gmail.com¹, syahdika99@gmail.com²,

erwansyah.polmanbabel@gmail.com³.

Abstrak

Saat ini teknologi di dunia industri manufaktur telah mengalami kemajuan yang sangat pesat salah satunya adalah 3D printing. 3D printing merupakan salah satu teknologi yang mengubah data digital menjadi objek 3D dengan menggunakan proses Additive manufacturing pada saat memproduksi suatu produk. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh infill pattern dan nozzle temperature terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 90° menggunakan filamen polylactic acid (PLA). Pada penelitian material polylactic acid (PLA) akan dicetak sesuai dengan standar uji tarik ASTM D638-14 Type 4. Variasi parameter proses yang digunakan pada infill pattern berupa lines, cubic, cubic division, quarter cubic, grid, octet, concentric, zig zag, tri hexagon, triangles, gyroid, cross dan cross 3D dan nilai dari nozzle temperature yang digunakan sebesar 205°C, 215°C, dan 225°C. Pada penelitian menunjukkan bahwa bahwa infill pattern dan nozzle temperature memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D printing dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 0° menggunakan filamen polylactic acid (PLA) Nilai kekuatan tarik tertinggi yang terdapat pada penelitian ini sebesar 42,5 MPa yang menggunakan infill pattern dengan tipe zig zag dan nozzle temperature sebesar 205°C. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 30 MPa yang menggunakan infill pattern dengan tipe cross

Kata kunci: *3D printer; infill pattern; nozzle temperature; orientasi pencetakan*

Abstract

Currently, technology in the manufacturing industry has progressed very rapidly, one of which is 3D printing. 3D printing is a technology that converts digital data into 3D objects using the Additive manufacturing process when producing a product. This research was conducted to determine the effect of infill pattern and nozzle temperature on the tensile strength of 3D printing products with a vertical printing angle orientation of 0° using polylactic acid (PLA) filaments. In the research, polylactic acid (PLA) material will be printed according to the ASTM D638-14 Type 4 tensile test standard. Variations of process parameters used in the infill pattern are lines, cubic, cubic division, quarter cubic, grid, octet, concentric, zig zag, tri hexagons, triangles, gyroids, cross and cross 3D and the values of the nozzle temperatures used are 205°C, 215°C, and 225°C. The research shows that the infill

pattern and nozzle temperature have an influence on the tensile strength of 3D printing products with a vertical printing angle orientation of 0° using polylactic acid(PLA) filament. The highest tensile strength value found in this study was 42.5 MPa using the infill pattern. with a zig zag type and a nozzle temperature of 205°C. While the lowest tensile strength value is 30 MPa using an infill pattern with a cross type

Keywords: 3D printers; infill pattern; nozzle temperature; printing orientation

Pendahuluan

Perkembangan teknologi di dunia industri manufaktur akan menyebabkan terciptanya suatu persaingan yang ketat terutama untuk memperoleh suatu proses produksi yang dapat menghasilkan produk dengan keakuratan dan ketepatan dimensi yang tinggi, sehingga akan menyebabkan peningkatan kualitas dari produk yang dibuat. Selama ini proses produksi yang digunakan untuk membuat *prototype* dari suatu produk di industri manufaktur masih menggunakan metode untuk menghilangkan sebagian material dengan menggunakan mesin-mesin perkakas sehingga akan menyebabkan adanya material yang terbuang yang biasanya dikenal sebagai *subtractive manufacturing*. Oleh karena itu, industri manufaktur mulai mengembangkan suatu proses produksi yang tidak membuang atau menghilangkan sebagian material dalam proses produksi akan tetapi proses yang digunakan adalah dengan menggunakan metode penambahan material yang dikenal dengan proses *Additive Manufacture* (AM) ([Arif](#), 2016).

Additive Manufacturing memiliki beberapa sistem yang sering digunakan di bidang industri seperti *selective laser sintering* (SLS), *inkjet modeling* (IJM), *stereo-lithography* (SLA), *direct metal deposition* (DMD), dan *fused deposition modelling* (FDM) ([Mohamed, Masood, & Bhowmik](#), 2015). Pencetakan tiga dimensi yang menggunakan *fused deposition modelling* (FDM) akan menyebabkan biaya produksi menjadi lebih kecil dan mempercepat proses pembuatan produk ([Riza, Budiyanoro, & Nugroho](#), 2020). *additive manufacturing* memiliki beberapa jenis teknologi salah satunya adalah 3D *Printing*. Dimana pada 3D *printing* material akan disusun secara *layer by layer* yang telah di kontrol menggunakan komputer sehingga dapat menghasilkan struktur tiga dimensi (3D) ([Izdebska-Podsiadły & Thomas](#), 2015).

Dalam 3D *printing* terdapat menggunakan bahan berbentuk filamen yang berfungsi sebagai bahan pengisi bentuk. Terdapat beberapa bahan filamen yang sering digunakan seperti *polyethylene terephthalate glycol* (PETG), *nylon*, *acrylonitrile styrene acrylate* (ASA), *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), *polylactic acid* (PLA) dan lain-lain. PLA merupakan salah satu jenis termoplastik yang memiliki banyak keunggulan. Keunggulan yang dimiliki oleh PLA adalah memiliki harga yang murah, memiliki kekuatan dan kemudahan dalam pencetakan, dan memiliki faktor penyusutan yang rendah sehingga produk tidak akan mengalami perubahan bentuk atau bengkok pada saat proses pendinginan yang kuat. Dalam pembuatan produk 3D *printing* suhu yang digunakan dalam pencetakan menggunakan filamen PLA sebesar 180°C-210°C. ([Grabowik, Kalinowski, Ćwikła, Paprocka, & Kogut](#), 2017).

Menurut ([Sulistiyanto](#), 2017) Adapun beberapa penelitian yang membahas tentang optimalisasi dan pengaruh parameter proses 3D *printing* untuk menghasilkan produk dengan kekuatan tarik yang optimal telah banyak dilakukan. ([Nugroho & Budiantoro](#), 2019) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter proses optimal terhadap sifat mekanik dari produk hasil pencetakan 3D *Printing* yang menggunakan filamen PLA. Parameter proses yang diujikan pada penelitian ini memiliki 3 level variasi, dengan parameter proses yang digunakan seperti: *infill pattern*, *infill density*, *extrusion width* dan *nozzle temperature*. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik dari produk 3D *printing* dipengaruhi oleh *Infill density* yang di ikuti oleh *nozzle temperature*, *infill pattern*, dan *extrusion width* dengan kekuatan tarik optimum sebesar 30,52 Mpa dengan interval kepercayaan sebesar 95% yang terdapat pada produk dengan nilai *Infill density* sebesar 75%, *nozzle temperature* sebesar 215 °C, *Infill pattern honey comb*, dan *extrusion width* sebesar 0,3mm.

Penelitian yang dilakukan oleh ([Suzen](#), 2020) yang bertujuan untuk mengetahui apakah kekuatan dari tarik produk 3D *printing* yang menggunakan filamen PLA+ ESUN dipengaruhi oleh parameter proses seperti *infill pattern* dan *nozzle temperature*. Pada penelitian ini parameter yang digunakan seperti: 13 tipe *infill pattern* dengan variasi level yang digunakan pada *Infill pattern* yaitu *lines*, *cubic*, *cubic division*, *quarter cubic*, *grid*, *octet*, *concentric*, *zig zag*, *tri hexagon*, *triangles*, *gyroid*, *cross* dan *cross 3D*, *nozzle temperature* dengan 3 variasi suhu sebesar 225 °C, 215 °C dan 205 °C, *bed temperature* dengan suhu 60 °C, *layer thickness* dengan ketebalan sebesar 0,2 mm, *travel speed* dengan kecepatan sebesar 100 mm/s, *printing speed* dengan kecepatan sebesar 50 mm/s sehingga menghasilkan 39 spesimen uji. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik material ESUN PLA+ dipengaruhi oleh *infill pattern* dan *nozzle temperature* dengan nilai kekuatan tarik tertinggi yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *concentric* dengan suhu yang digunakan pada *nozzle* sebesar 215°C dengan nilai kekuata tarik sebesar 43,20 MPa dan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 24,50 yang menggunakan *infill pattern* dengan variasi *cross* dan suhu *nozzle* yang digunakan sebesar 205°C.

([Yao, Deng, Zhang, & Li](#), 2019) telah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh parameter kekuatan tarik sehingga mendapatkan hasil yang optimal pada produk 3d *printing* yang menggunakan filamen PLA. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah sudut pencetakan dan *Layer thickness* dimana sudut yang digunakan yaitu 0°, 15°, 30°, 45°, 75°, dan 90° dengan variasi 3 level pada *layer thickness*. Dari penelitian ini peneliti menarik kesimpulan bahwa kekuatan tarik produk 3D *printing* mengalami perubahan yang signifikan dimana nilai GAP terbesar berada diantar sudut 0° – 90° dengan *Layer thickness* sebesar 0,1 mm. Nilai gap yang terdapat pada sudut 0° – 90° dengan *Layer thickness* sebesar 0,1 mm adalah 52,29%.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat diketahui pada saat proses pengerjaan produk 3D dengan menggunakan mesin 3D *printer* parameter proses seperti *Infill density*, *nozzle temperature*, *infill pattern*, *extrusion width* dan orientasi pencetakan dapat mempengaruhi kekuatan tarik produk 3D *printing* ([Budiman, Anggono, & Tanoto](#), 2016).

Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *infill pattern*, dan *nozzle temperature* terhadap kekuatan tarik produk 3D *printing* dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 90° menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA) dan diharapkan hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk produk industri manufaktur.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Spesimen akan di cetak menggunakan mesin 3D *printer* merek Anet Et4 dengan *printing* Area X, Y, dan Z sebesar 220 mm x 220 mm x 250 mm dan menggunakan *nozzle* berukuran 0,4 mm dengan material yang digunakan berupa fillamen PLA buatan R3D MAKER dengan diameter 1,75 mm. Pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan mesin uji tarik merek Zwick Roell Z020 type Xforce K.

Metode yang digunakan

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen faktorial dimana pada penelitian ini *infill pattern* dan *nozzle temperature* merupakan paramater proses yang diujikan dengan jumlah varians level secara berurutan sebanyak 13 dan 3. Untuk mencari banyaknya kombinasi parameter maka dapat dilakukan perkalian varians level antar parameter sehingga didapatkanlah 39 kombinasi parameter yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi Parameter

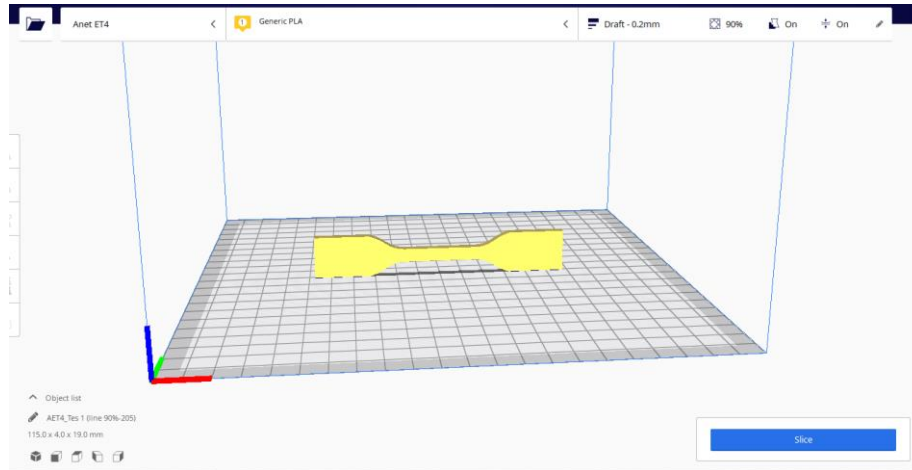
<i>Exp .No</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printin g Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill densit y (%)</i>	<i>Infill patern</i>
1	205	0.2	60	100	40	90	80	Triangles
2	205	0.2	60	100	40	90	80	Lines
3	205	0.2	60	100	40	90	80	Grid
4	205	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon
5	205	0.2	60	100	40	90	80	Cubic
6	205	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivisio n
7	205	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic
8	205	0.2	60	100	40	90	80	Concentric
9	205	0.2	60	100	40	90	80	Octet
10	205	0.2	60	100	40	90	80	Cross
11	205	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D
12	205	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid

Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Menggunakan Filamen *Polylactic Acid* (PLA) Buatan R3d Maker

<i>Exp .No</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printin g Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill densit y (%)</i>	<i>Infill patern</i>
13	205	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag
14	215	0.2	60	100	40	90	80	Triangles
15	215	0.2	60	100	40	90	80	Lines
16	215	0.2	60	100	40	90	80	Grid
17	215	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon
18	215	0.2	60	100	40	90	80	Cubic
19	215	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivisio n
20	215	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic
21	215	0.2	60	100	40	90	80	Concentric
22	215	0.2	60	100	40	90	80	Octet
23	215	0.2	60	100	40	90	80	Cross
24	215	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D
25	215	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid
26	215	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag
27	225	0.2	60	100	40	90	80	Triangles
28	225	0.2	60	100	40	90	80	Lines
29	225	0.2	60	100	40	90	80	Grid
40	225	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon
31	225	0.2	60	100	40	90	80	Cubic
32	225	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivisio n
33	225	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic
34	225	0.2	60	100	40	90	80	Concentric
35	225	0.2	60	100	40	90	80	Octet
36	225	0.2	60	100	40	90	80	Cross
37	225	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D
38	225	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid
39	225	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag

Proses Pengambilan data

Semua proses pada penelitian ini diawali dengan studi Pustaka untuk menentukan parameter yang akan digunakan. selanjutnya spesimen uji akan di desain menggunakan *software* Fusion 360 *Student Licence* berdasarkan standar yang digunakan yaitu ASTM D638-14 Type 4 dan di simpan dalam format STL (*.stl). Setelah itu hasil desain spesimen uji di olah menggunakan *software* Ultimaker Cura 4.10.0 untuk dilakukan proses *slicing* berdasarkan parameter yang akan digunakan dan hasil *slicing* di simpan dalam bentuk *G-code*.



Gambar 1 Proses Slicing

Selanjutnya lakukan persiapan pencetakan spesimen uji seperti: melakukan kalibrasi mesin 3D *printer* untuk menghasilkan permukaan yang datar pada *bed*, memindahkan G-Code dari pc ke dalam mesin 3D *printer* menggunakan *MicroSD*, memasang filamen ke dalam mesin, dan memanaskan *nozzle* dan *bed*. Setelah selesai melakukan persiapan maka langkah selanjutnya adalah mencetak spesimen uji hingga 39 spesimen.



Gambar 2 Proses Pencetakan Spesimen Uji

Setelah semua spesimen uji tercetak dan telah diidentifikasi maka selanjutnya melakukan pengujian tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dari spesimen yang telah dicetak. Pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan mesin uji tarik merek Zwick Roell Z020 type Xforce K.



Gambar 3 Proses Pengujian Tarik

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian Tarik

Pada penelitian ini didapatkanlah hasil berupa hasil pengujian tarik dari spesimen yang dibuat menggunakan mesin 3D *printing* Anet Et4 menggunakan filamen *polylactic acid* (PLA) buatan R3D MAKER. Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin *Universal Testing Machining* merek Zwick Roell Z020 tipe Xforce K yang memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dari spesimen dengan standar yang digunakan berupa ASTM D638-14 tipe IV yang telah dicetak menggunakan mesin 3D *printing*. Hasil pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Tarik

<i>Exp. No</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill density (%)</i>	<i>Infill pattern</i>	<i>Nilai Kekuatan Tarik (MPa)</i>
1	205	0.2	60	100	40	90	80	Triangles	34,3
2	205	0.2	60	100	40	90	80	Lines	41,7
3	205	0.2	60	100	40	90	80	Grid	37,6
4	205	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon	35,3
5	205	0.2	60	100	40	90	80	Cubic	40,7
6	205	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivision	34,37

<i>Exp. No</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill density (%)</i>	<i>Infill pattern</i>	<i>Nilai Kekuatan Tarik (MPa)</i>
7	205	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic	41,1
8	205	0.2	60	100	40	90	80	Concentric	31,8
9	205	0.2	60	100	40	90	80	Octet	38,4
10	205	0.2	60	100	40	90	80	Cross	30
11	205	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D	32,5
12	205	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid	39,8
13	205	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag	42,3
14	215	0.2	60	100	40	90	80	Triangles	32,1
15	215	0.2	60	100	40	90	80	Lines	42,2
16	215	0.2	60	100	40	90	80	Grid	36,5
17	215	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon	34,1
18	215	0.2	60	100	40	90	80	Cubic	40,1
19	215	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivision	32,9
20	215	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic	40,5
21	215	0.2	60	100	40	90	80	Concentric	39,3
22	215	0.2	60	100	40	90	80	Octet	40,4
23	215	0.2	60	100	40	90	80	Cross	31
24	215	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D	33,2
25	215	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid	39,8
26	215	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag	41,9
27	225	0.2	60	100	40	90	80	Triangles	34,9
28	225	0.2	60	100	40	90	80	Lines	39,4
29	225	0.2	60	100	40	90	80	Grid	37
40	225	0.2	60	100	40	90	80	Tri Hexagon	37,1
31	225	0.2	60	100	40	90	80	Cubic	39,9
32	225	0.2	60	100	40	90	80	Cubic Subdivision	36,9
33	225	0.2	60	100	40	90	80	Quarter Cubic	41,5

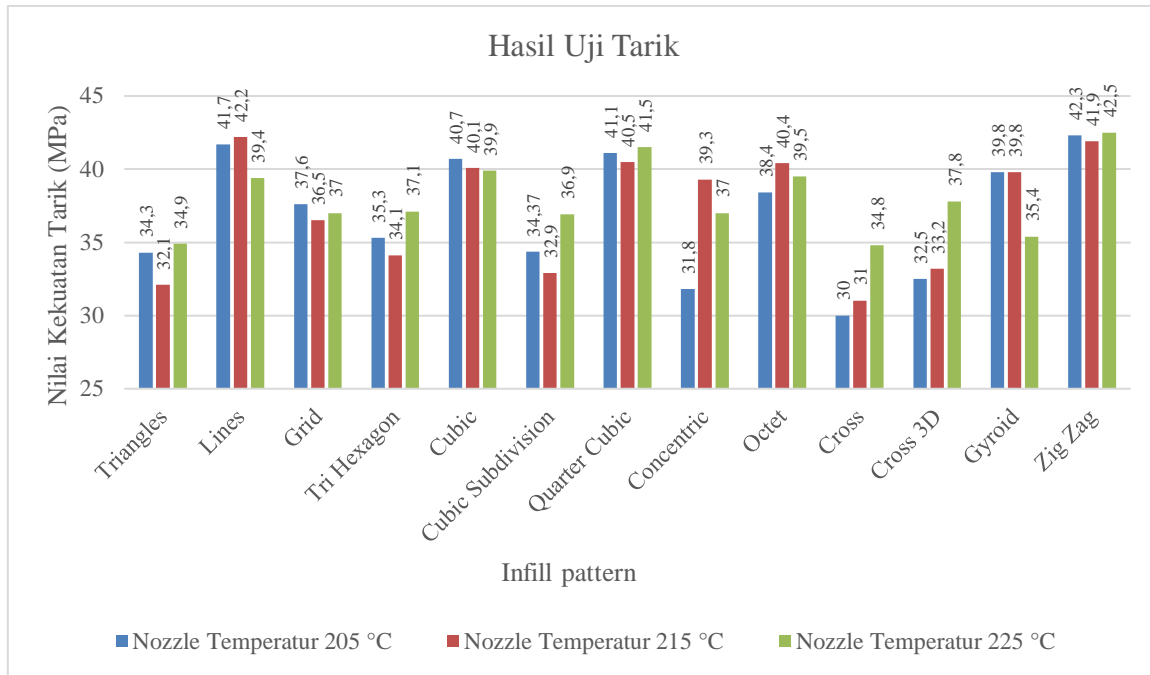
Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Menggunakan Filamen *Polylactic Acid* (PLA) Buatan R3d Maker

<i>Exp. No</i>	<i>Nozzle Temperature (°C)</i>	<i>Layer thickness (mm)</i>	<i>Bed temperature (°C)</i>	<i>Travel Speed (mm/s)</i>	<i>Printing Speed (mm/s)</i>	<i>Orientasi vertikal (°)</i>	<i>Infill density (%)</i>	<i>Infill patern</i>	<i>Nilai Kekuatan Tarik (MPa)</i>
34	225	0.2	60	100	40	90	80	Concentric	37
35	225	0.2	60	100	40	90	80	Octet	39,5
36	225	0.2	60	100	40	90	80	Cross	34,8
37	225	0.2	60	100	40	90	80	Cross 3D	37,8
38	225	0.2	60	100	40	90	80	Gyroid	35,4
39	225	0.2	60	100	40	90	80	Zig Zag	42,5

Dari tabel 2 diperoleh data yang menunjukkan bahwa variasi parameter yang digunakan akan mempengaruhi nilai kekuatan tarik dari setiap spesimen uji di mana data tersebut menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Jika data ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Suzen, 2020) dengan orientasi pencetakan yang berbeda maka terlihat bahwa orientasi pencetakan akan berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik produk 3D *printing*. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Suzen, 2020) nilai kekuatan tarik tertinggi di dapatkan pada spesimen uji yang menggunakan *infill patern* dengan tipe concentric dan *nozzle temperature* 215°C. Sedangkan, pada penelitian ini nilai kekuatan tarik tertinggi di dapatkan pada spesimen uji yang menggunakan *infill patern* dengan tipe zig zag dan *nozzle temperature* 205°C.

Analisa Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian tarik yang terdapat pada tabel 2, maka di buatlah sebuah grafik hasil pengujian tarik untuk mengetahui perbedaan kekuatan tarik pada setiap parameter proses yang digunakan. Perbedaan kekuatan tarik ini menyebabkan adanya nilai kekuatan tarik tertinggi dan terendah. Grafik hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Tarik

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kekuatan tarik dari tipe *infill pattern* yang digunakan terhadap masing-masing varians dari *nozzle temperature*. Pada varian level 205°C nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada *infill pattern* dengan tipe *zig zag* sebesar 42,3 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 30 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *cross*. Akan tetapi pada varian level 215°C nilai kekuatan tarik terendah menggunakan tipe *infill pattern* yang berbeda dengan varians level 205°C dimana tipe dari *infill pattern* yang digunakan yaitu *cross* dan untuk tipe *infill pattern* yang memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi menggunakan tipe *infill pattern lines* dengan nilai kekuatan tarik secara berurutan sebesar 31 MPa dan 42,2 MPa. Sedangkan pada varian level 225°C nilai kekuatan tarik terendah menggunakan tipe *infill pattern* dengan tipe *triangle* dan untuk nilai kekuatan tarik tertinggi menggunakan tipe *infill pattern* yang sama dengan varian level 205°C dengan nilai kekuatan tariknya secara berurutan sebesar 34,9 MPa dan 42,5 MPa.

Pada *infill pattern* dengan tipe *triangle*, *quarter cubic*, *tri hexagon*, *cubic subdivision* dan *zig zag* nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada *nozzle temperature* 225°C dan nilai kekuatan tarik terendah berada pada *nozzle temperature* 215°C. Sedangkan *infill pattern* dengan tipe *line* akan menghasilkan nilai kekuatan tarik terendah pada *nozzle temperature* 225°C dan nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada *nozzle temperature* 215°C. Pada *infill pattern* dengan tipe *octet* dan *concentric nozzle temperature* 215°C akan menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi dan nilai kekuatan tarik terendah di dapatkan pada saat menggunakan *nozzle temperature* 205°C. Sedangkan *nozzle temperature* 215°C akan menghasilkan nilai kekuatan tarik terendah dan *nozzle temperature* 215°C akan menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi pada *infill pattern* dengan tipe *grid*. *Infill pattern* dengan tipe *cross* dan *cross 3d* akan menghasilkan nilai

kekuatan tarik tertinggi pada *nozzle temperature* 225°C dan nilai kekuatan tarik terendah akan dihasilkan oleh *nozzle temperature* 205°C. Sedangkan *nozzle temperature* 225°C akan menghasilkan nilai kekuatan tarik terendah dan nilai kekuatan tarik terendah akan dihasilkan oleh *nozzle temperature* 205°C pada *infill pattern* dengan tipe *cubic*. Pada *infill pattern* dengan tipe *gyroid* nilai kekuatan tarik tertinggi dihasilkan pada *nozzle temperature* 205°C dan 215°C, dan nilai kekuatan tarik terendah dihasilkan pada *nozzle temperature* 225°C.

Hal ini menunjukkan bahwa *infill pattern* dan *nozzle temperature* memiliki pengaruh terhadap hasil dari pengujian tarik dengan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 42,5 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *zig zag* dan *nozzle temperature* sebesar 225°C. sedangkan nilai kekuatan tarik terendah sebesar 30 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *cross*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan tipe *infill pattern* dan perbedaan *nozzle temperature* yang digunakan akan memiliki pengaruh terhadap kekuatan tarik produk 3D *printing* dengan orientasi sudut pencetakan vertikal sebesar 90° menggunakan filamen *polylacticacid* (PLA) dengan nilai kekuatan tarik tertinggi yang terdapat pada penelitian ini sebesar 42,5 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *zig zag* dan *nozzle temperature* sebesar 205°C. Sedangkan, nilai kekuatan tarik terendah sebesar 30 MPa yang menggunakan *infill pattern* dengan tipe *cross*.

Bibliografi

- Arif, Muhammad. (2016). *Bahan Ajar Rancangan Teknik Industri*. Deepublish.
- Budiman, Wesley, Anggono, Juliana, & Tanoto, Yopi. (2016). Pengaruh Orientas Obyek Hasil Fused Deposition Modeling pada Waktu Proses. *Jurnal Teknik Mesin*, 16(2), 41–46.
- Grabowik, Cezary, Kalinowski, Krzysztof, Ćwikła, Grzegorz, Paprocka, Iwona, & Kogut, Paweł. (2017). Tensile tests of specimens made of selected group of the filament materials manufactured with FDM method. *MATEC Web of Conferences*, 112, 4017. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201711204017>.
- Izdebska-Podsiadły, Joanna, & Thomas, Sabu. (2015). *Printing on polymers: fundamentals and applications*. William Andrew.
- Mohamed, Omar A., Masood, Syed H., & Bhowmik, Jahar L. (2015). Optimization of fused deposition modeling process parameters: a review of current research and future prospects. *Advances in Manufacturing*, 3(1), 42–53. <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0097-7>.
- Nugroho, Aris Widyo, & Budiantoro, Cahyo. (2019). Improving the tensile properties of 3D printed PLA by optimizing the processing parameter. *JEMMME (Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering)*, 4(1), 29–36. <https://doi.org/10.22219/jemmme.v6i2>.
- Riza, Eduar Iqbal, Budiyantoro, Cahyo, & Nugroho, Aris Widyo. (2020). PENINGKATAN KEKUATAN LENTUR PRODUK 3D PRINTING BERBAHAN PETG DENGAN OPTIMASI PARAMETER PROSES MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 21(2), 66–75. <https://doi.org/10.23917/mesin.v21i2.10856>.
- Sulistiyanto, Dwi. (2017). *Analisis parameter injection moulding terhadap waktu siklus tutup botol 500 ml menggunakan desain box-behnken*.
- Suzen, Z. S. (2020). Pengaruh Tipe Infill dan Temperatur Nozzle terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla+ Esun. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, 12(02), 73–80. <https://doi.org/10.33504/manutech.v12i2.133>.
- Yao, Tianyun, Deng, Zichen, Zhang, Kai, & Li, Shiman. (2019). A method to predict the ultimate tensile strength of 3D printing polylactic acid (PLA) materials with different printing orientations. *Composites Part B: Engineering*, 163, 393–402. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.01.025>.