



PENGARUH INFILL PATTERN, INFILL DENSITY, DAN INFILL DIRECTION PADA PROSES 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPACT BAHAN PLA

Setiawan Budi Wijaya¹⁾, Iswanto²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: iswanto@umsida.ac.id

Abstract. *This study aims to determine the effect of infill pattern, infill density, and infill direction in the 3D printing process on the tensile and impact strength of Polylactic Acid materials. The dimensions in this study for tensile testing are 165 x 19 x 3,2 mm which comply with the ASTM D638 standard and impact test specimens 60 x 10 x 10 mm which comply with the ASTM D256 standard. From the results of the data obtained in this study, there are the highest values in the tensile and impact testing processes. In the tensile test, there is the highest stress value of 35,144 and in the impact test there is the highest impact energy value of 8,637 J and the impact price of 0,143 J/mm². In this study, infill pattern, infill density, and infill direction have an influence in determining the strength of polymer materials for tensile and impact testing.*

Keywords – 3D Printing; Tensile test; Impact test; Polylactic Acid

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh infill pattern, infill density, dan infill direction pada proses 3D Printing terhadap kekuatan tarik dan impact bahan Polylactic Acid. Dimensi dalam penelitian ini untuk uji tarik adalah 165 x 19 x 3,2 mm yang sesuai dengan standar ASTM D638 dan spesimen uji impact 60 x 10 x 10 mm yang sesuai dengan standar ASTM D256. Dari hasil data yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu terdapat nilai tertinggi pada proses uji tarik dan uji impact. Pada uji tarik terdapat nilai tegangan tertinggi yaitu 35,144 dan pada uji impact terdapat nilai energi impact tertinggi yaitu 8,637 J dan harga impact 0,143 J/mm². Dalam penelitian ini infill pattern, infill density, dan infill direction memiliki pengaruh dalam menentukan kekuatan bahan polimer untuk di uji tarik dan impact.

Kata Kunci – Pencetakan 3D; Uji tarik; Uji impact; Polylactic Acid

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Teknologi 3D Printing merupakan salah satu inovasi dalam dunia manufaktur yang bekerja dengan prinsip pemodelan berlapis. Proses ini secara langsung mengubah data tiga dimensi dari desain berbantuan komputer (CAD) menjadi prototipe fisik [1]. Teknologi ini termasuk dalam kategori additive manufacturing, yaitu metode manufaktur yang membentuk objek tiga dimensi dengan cara menumpuk lapisan material secara bertahap. Dalam beberapa tahun terakhir, 3D Printing berkembang pesat dan telah diakui penggunaannya di berbagai sektor industri [2]. Perkembangan teknologi printer 3D membuat proses membuat produk menjadi lebih sederhana, cepat, dan memiliki detail yang lebih baik.. Salah satu teknik yang umum digunakan adalah Fused Deposition Modeling (FDM), di mana material yang dipakai berupa filament. Penelitian oleh Muhammad Habib Bari (2021) bertujuan menemukan parameter optimal mencari parameter terbaik agar bisa membuat objek yang dicetak menggunakan mesin FDM dengan kekuatan tarik maksimal, menggunakan bahan filament Polylactic Acid (PLA) food grade [3]. Metode ini mendukung proses rapid prototyping, yang menawarkan solusi cepat dan ekonomis dalam pembuatan prototipe dibandingkan metode konvensional. Penelitian oleh Agris Setiawan (2017) menganalisis parameter mesin 3D Printer untuk mengetahui sifat mekanis spesimen berbahan PLA yang diuji tarik [4]. Selain itu, penelitian Lubis Sobron dan David Sutanto (2016) menelaah pengaruh orientasi pencetakan (vertikal dan horizontal) terhadap kekuatan tarik material polymer PLA dan ABS dengan metode FDM [5]. Studi lain oleh Sobron Lubis, Sofyan Djamil, dan Yolanda (2016) meneliti pengaruh parameter proses pencetakan 3D terhadap kekuatan tarik material polimer dengan cara membuat spesimen uji tarik menggunakan 3D Printing, kemudian mengujinya menggunakan alat uji tarik [6].

Akurasi dimensi merupakan faktor penting dalam peningkatan kualitas produk. Penelitian SZ Suzen (2020) dilakukan dengan mesin FDM PRUSA berukuran 220 mm × 220 mm × 250 mm, nozzle 0,4 mm, menggunakan filament PLA+ Esun dengan diameter 1,75 mm, memiliki variasi suhu nozzle yaitu 205 °C,

215 °C, dan 225 °C [7]. Untuk menilai sifat mekanis material, digunakan metode uji tarik dan uji impact, yang merupakan pengujian dasar dalam menilai kekuatan material [8]. Pada proses 3D Printing, orientasi cetak berperan penting karena material disusun secara berlapis sehingga berpengaruh terhadap kekuatan mekanis [9]. Penelitian oleh Ilham Akbar meneliti kekuatan impak material PLA+ hasil cetak 3D yang diharapkan dapat diaplikasikan sebagai komponen spare part seperti roda gigi, pasak, pena, dan lainnya [10].

Selain mesin *printer* FDM, jenis *filament* juga sangat memengaruhi hasil cetakan. Setiap bahan memiliki sifat mekanik dan fisik yang berbeda, sehingga produk yang dicetak bisa hasilnya berbeda. *Filament* yang biasanya digunakan adalah PLA (*Polylactic Acid*), yang merupakan salah satu jenis bahan termoplastik. [11].

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh parameter proses 3D Printing terhadap kekuatan tarik dan impak bahan polimer. Spesimen uji tarik dibuat dengan dimensi 165 mm × 19 mm × 3,2 mm sesuai standar ASTM D638, sedangkan spesimen uji impak berukuran 10 mm × 60 mm × 10 mm sesuai standar ASTM D256. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas produk 3D Printing khususnya dari sisi kekuatan mekanis material polimer.

B. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pola infill, kepadatan infill, dan arah infill pada proses 3D printing terhadap kekuatan tarik dan ketahanan terhadap benturan bahan PLA?

C. Batasan masalah

Mengingat luasnya permasalahan tersebut untuk melakukan proses pencetakan pada 3D *Printintg* dengan proses uji tarik dan impact. Maka permasalahan difokuskan pada pengaruh parameter proses 3D *Printing* terhadap kekuatan tarik dan *impact*.

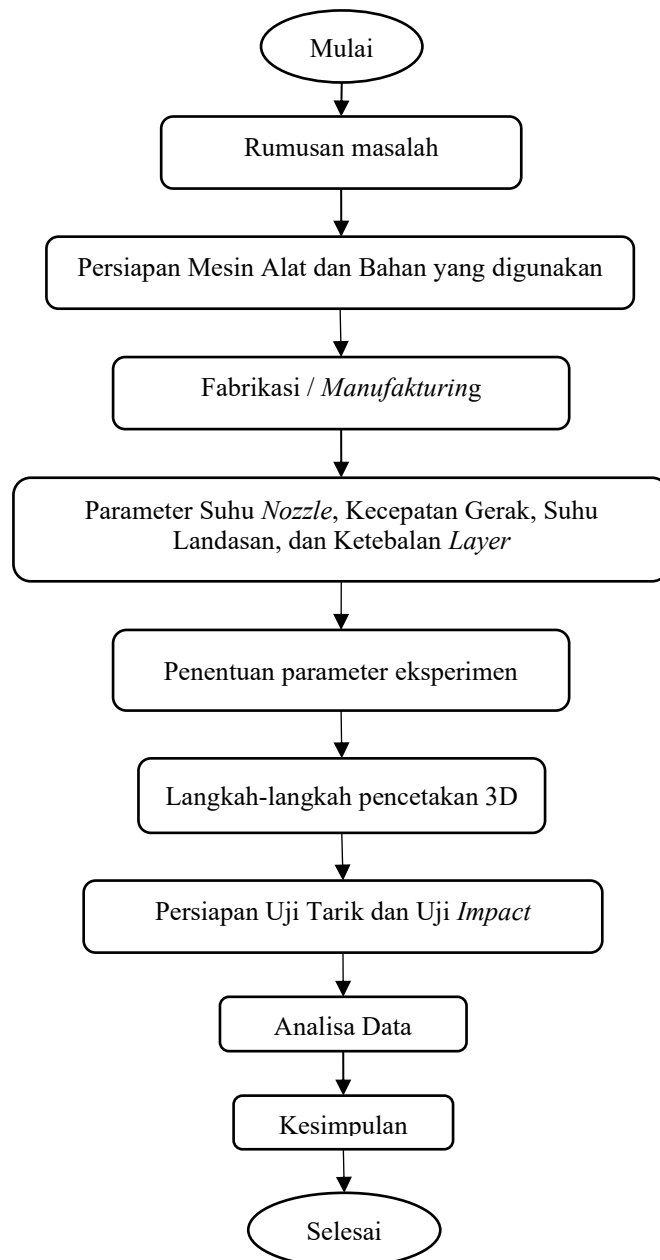
D. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian pada 3D *Printing* adalah untuk mengetahui pengaruh paramter proses 3D *Printintg* polimer terhadap kekuatan tarik dan *impact*. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk 3D *Printing* dalam hal kekuatan mekanis bahan polimer.

II. METODE

A. Diagram alir

Diagram alir dapat dilihat pada gambar 1 yang menunjukan secara rinci tahapan-tahapan pada penelitian ini. Diagram ini menunjukkan urutan proses mulai dari persiapan bahan hingga proses uji tarik dan impact.



Gambar 1 Diagram alir

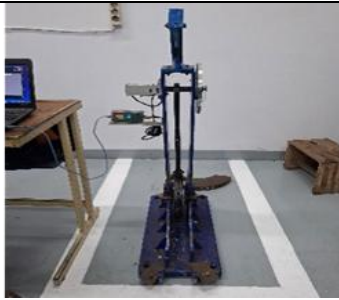
B. Tempat pembuatan tugas akhir

Pada proses pencetakan 3D dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang beralamat di Jl. Raya Gelam No.250, Pagerwaja, Gelam, Kec. Candi, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Sedangkan pada saat proses uji tarik dan uji *impact* dilakukan di Laboratorium uji material Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang yang beralamat di Jl. Soekarno Hatta No.9, Jatimulyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur.

C. Alat dan bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan pada saat pencetakan 3D dan pengujian tarik dan impact seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

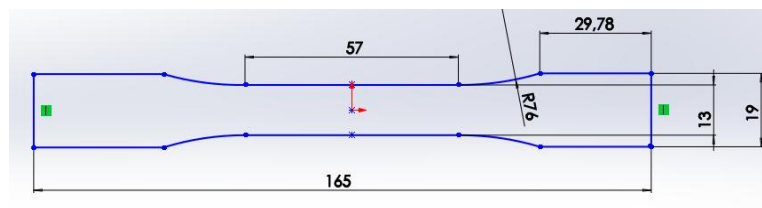
Tabel 1. Alat dan bahan

No	Nama	Gambar
1	Mesin 3D <i>Printing</i> Bambu Lab P1S	
2	Alat uji tarik <i>Tarnogrocki</i>	
3	Alat uji <i>impact</i> model <i>charpy</i>	
4	Bahan PLA Bambu lab	

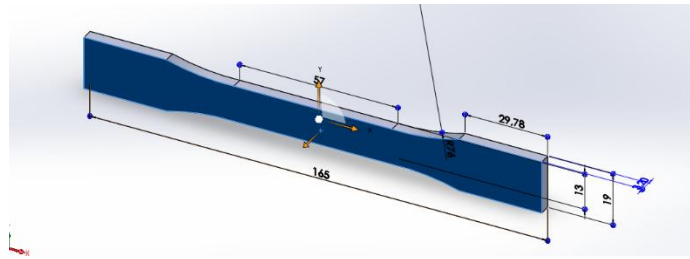
D. Gambar spesimen uji

Berikut beberapa gambar spesimen untuk uji tarik dan impact :

1. Gambar spesimen uji tarik



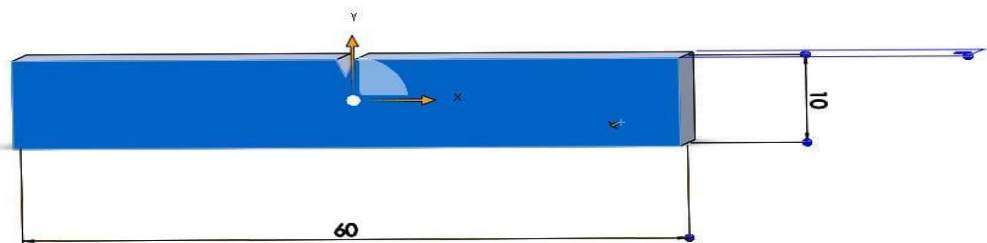
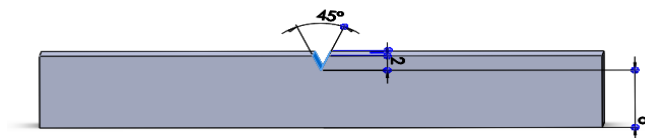
Gambar 2 Gambar 2D spesimen uji tarik



Gambar 3 Gambar 3D spesimen uji tarik

Pada gambar 2 dan 3 spesimen uji tarik memiliki dimensi panjang 165 mm x lebar 19 mm dengan ketebalan 3,2 mm. Gambar ini disesuaikan dengan ASTM D638 sebagai standart pengujian tarik bahan polimer.

2. Gambar spesimen uji *impact*

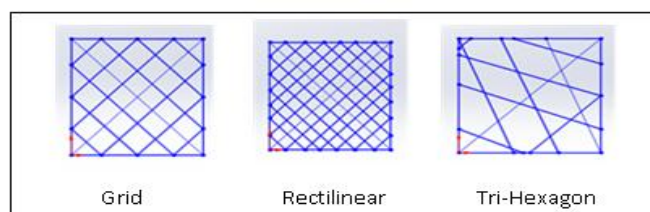
Gambar 4 Gambar spesimen uji *impact*Gambar 5 Gambar spesimen uji *impact*

Pada 4 dan 5 spesimen uji impact memiliki ukuran panjang 60 mm x lebar 10 mm x tebal 10 mm. Gambar spesimen uji impact memiliki cekungan 45° dengan kedalaman 2 mm. Dimensi tersebut sudah sesuai dengan standart ASTM D256.

E. Parameter 3D *Printing*

Pada penelitian ini, parameter dalam mesin 3D *Printing* sangat berpengaruh dalam melakukan pencetakan. Dalam mesin 3D *Printing* ada beberapa parameter yang bisa divariasikan. Pada penelitian ini menggunakan *sparse infill pattern* Grid, Rectilinear, dan Tri-Hexagon. Sedangkan untuk *sparse infill direction* menggunakan 30 °, 45 °, dan 60 °. Untuk *infill density* menggunakan 3 macam yaitu 70, 80, dan 90.

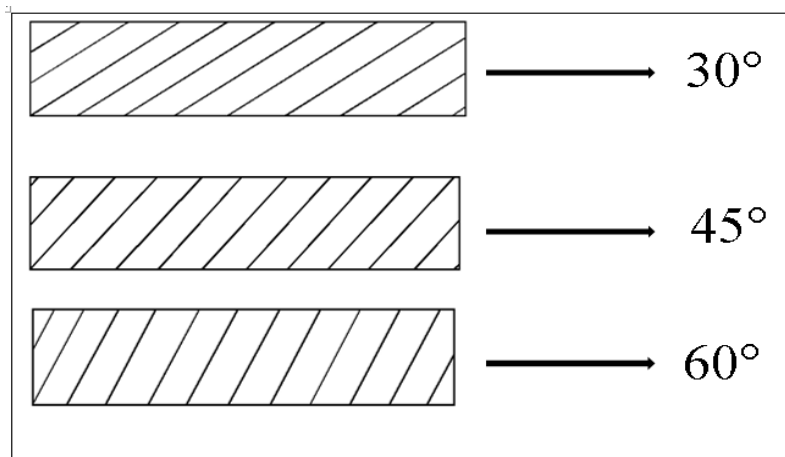
1. *Infill pattern*

Gambar 6 Macam-macam *infill pattern*

Gambar diatas merupakan infill pattern yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut penjelasan singkat tentang *infill pattern* tersebut.

- *Grid* adalah salah satu jenis pola pengisian yang sederhana. *Infill* ini memiliki bentuk jaring silang dan model tercepat.
- *Rectilinear* memiliki struktur seperti kisi-kisi dengan mencetak lapisan dalam satu arah. *Infill rectilinear* relatif kuat dan sering menjadi pilihan untuk *3D Printing*.
- *Tri-Hexagon* memiliki struktur heksagonal di setiap lapisannya. *Infill* ini sering digunakan karena menjadi salah satu *infill* terkuat untuk dilakukan pengujian tarik.

2. *Infill direction*



Gambar 7 *Infill direction*

Infill direction merupakan pengaturan yang menentukan orientasi dari struktur *infill* di dalam objek cetak 3D. Arah *infill direction* dapat mempengaruhi kekuatan cetak, oleh karena itu *infill direction* menentukan bagaimana pola pengisian pada saat pencetakan.

3. Suhu *nozzle*, kecepatan gerak, dan ketebalan *layer*

Tabel 2 Suhu *nozzle* dan suhu landasan

Suhu <i>nozzle</i>	220°
Suhu landasan	55°

Tabel 3 Ketebalan *layer*

Tinggi lapisan	0,2 mm
Tinggi lapisan awal	0,2 mm

Tabel 4 Kecepatan Gerak

Lapisan awal	50 mm/ detik
Pengisi lapisan awal	105 mm/detik
Dinding luar	200 mm/ detik
Dinding bagian dalam	300 mm/ detik
Perimeter kecil	50% mm/s atau %
Pengisi yang jarang	270 mm/ detik
Isian padat internal	250 mm/ detik
Permukaan atas	200 mm/ detik

Tabel diatas merupakan paramter yang ada pada mesin 3D *Printing* Bambu Lab P1S.

F. Penentuan parameter pengujian

Dalam eksperimen pemilihan parameter proses ini digunakan filament PLA Basic. Spesimen uji dibuat dengan variasi infill pattern pada tiga level, yaitu Grid, Rectilinear, dan Tri-Hexagon. Sementara itu, infill density yang diterapkan adalah sebesar 70%, 80%, dan 90%. Sedangkan untuk *infill direction* menggunakan 30°, 45°, dan 60°. Maka dari itu pencetakan ini menghasilkan 18 spesimen cetak, masing-masing 9 spesimen untuk uji tarik dan *impact*. Pada penentuan parameter ini menggunakan metode taguchi dengan bantuan *software* Minitab 17.

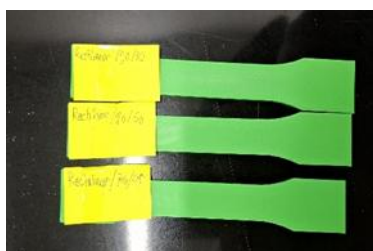
Tabel 5 Parameter yang Diuji

Spesimen	<i>Infill Pattern</i>	<i>Infill Density</i>	<i>Infill Direction</i>
1	<i>Grid</i>	70	30°
2	<i>Grid</i>	80	45°
3	<i>Grid</i>	90	60°
4	<i>Rectilinear</i>	70	45°
5	<i>Rectilinear</i>	80	60°
6	<i>Rectilinear</i>	90	30°
7	<i>Tri-Hexagon</i>	70	60°
8	<i>Tri-Hexagon</i>	80	30°
9	<i>Tri-Hexagon</i>	90	45°

G. Langkah-langkah pencetakan 3D

Pada tahap ini dilakukan proses kalibrasi mesin 3D Printing dengan terlebih dahulu memasang bed. Objek 3D dibuat menggunakan *software* SolidWorks 2016, kemudian disimpan dalam format STL (*.stl). File tersebut selanjutnya diproses menggunakan Bambu Lab Studio, di mana model diubah menjadi bentuk layer by layer. Setelah itu dilakukan pengecekan terhadap beberapa parameter penting, meliputi temperatur nozzle, suhu bed, kecepatan pergerakan, ketebalan layer, serta jenis infill yang digunakan.

Tahap selanjutnya akan dilakukan pencetakan material uji tarik tarik berdasarkan standar ASTM D638 dan material uji *impact* dengan standar ASTM D256. Masing-masing material dicetak sebanyak 9 sampel menggunakan mesin 3D *Printing* Bambu Lab P1S.



Gambar 8 Spesimen uji tarik



Gambar 9 Spesimen uji *impact*

H. Tahap uji *tensile* dan *impact*

Pada tahap ini, spesimen yang sudah selesai dicetak akan mengalami proses uji *tensile* dan *impact*.

1. Uji *tensile*

Pada tahap uji tarik, spesimen bahan PLA yang telah dicetak menggunakan mesin 3D *Printing*, kedua penampangnya dijepit dengan posisi vertikal seperti gambar 9. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini sesuai dengan ASTM D638. Proses uji tarik ini dilakukan dengan cara menarik spesimen hingga patah bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik sebuah material.

Berikut gambar dari proses uji *tensile* :



Gambar 10 Proses uji tarik

2. Uji *impact*

Pada tahap pengujian *impact*, spesimen berbahan PLA hasil cetak mesin 3D *Printing* diletakkan dalam posisi horizontal sebagaimana ditunjukkan pada gambar 10. Spesimen yang digunakan mengacu pada standar ASTM D256 dan diuji menggunakan alat uji *impact* tipe Charpy. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ketahanan material terhadap beban benturan.



Gambar 11 Proses uji *impact*

I. Pengambilan data hasil penelitian

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan beberapa parameter proses yang ada pada mesin 3D *printing*. Parameter yang digunakan meliputi *infill pattern*, *infill density*, serta *infill direction*. Sebelum melakukan olah data ada beberapa rumus perhitungan yang dipakai untuk menghitung hasil dari uji tarik dan *impact*. Rumus perhitungan ini untuk menentukan nilai tegangan dan energi *impact* tertinggi pada bahan PLA.

J. Perhitungan Persamaan Kekuatan *Tensile*

Perhitungan dilakukan sebagai rancangan untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan tarik, dengan cara mengubah data yang diperoleh menjadi suatu nilai terukur. Perhitungan pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui tegangan material terhadap kekuatan tarik. Berikut rumus untuk menghitung tegangan :

$$T = \frac{F}{A}$$

Dimana :

F = Beban tarik

A= Luas penampang

(1)

K. Perhitungan Persamaan Kekuatan *Impact*

Perhitungan digunakan sebagai acuan untuk menentukan faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan *impact*, dengan cara mentransformasikan data menjadi nilai yang dapat dianalisis. Pada penelitian ini,

perhitungan dilakukan untuk memperoleh energi impact serta nilai ketahanan impact dari material. Rumus yang digunakan untuk menghitung energi impact ditunjukkan sebagai berikut:

$$E = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Dimana :

E : Energi *impact* (Joule)

m : Berat pendulum (kg)

g : Gravitasi = 9,81 m/s²

R : Jarak lengan pengayun

Cos α : Sudut posisi awal

Cos β : Sudut posisi akhir

(2)

Setelah menghitung energi *impact*, maka selanjutnya menghitung harga *impact*. Untuk mencari harga *impact* dapat dilihat pada rumus dibawah ini :

$$HI = \frac{E}{A}$$

Dimana :

HI : Harga *impact*

E : Energi *impact*

A : Luas penampang dibawah takik (mm²)

(3)

III. Hasil dan Pembahasan

A. Data hasil uji tarik

Dalam penelitian ini dilakukan *tensile test* pada sebanyak 9 spesimen. Hasil uji *tensile* ditampilkan pada Tabel 6, kemudian data tersebut dianalisis lebih lanjut untuk menentukan parameter yang optimal serta faktor yang berpengaruh terhadap kekuatan *tensile* spesimen.

Tabel 6 Hasil uji *tensile*

Spesimen	Infill Pattern	Infill Density	Infill Direction	Tegangan (Maksimal)
1	Grid	70	30°	18,327
2	Grid	80	45°	7,397
3	Grid	90	60°	11,354
4	Rectilinear	70	45°	26,225
5	Rectilinear	80	60°	1,743
6	Rectilinear	90	30°	26,514
7	Tri-Hexagon	70	60°	8,904
8	Tri-Hexagon	80	30°	18,657
9	Tri-Hexagon	90	45°	35,144

Keterangan: Lebar beban = 13 mm, Tebal beban = 3.2 mm.

B. Data hasil uji impact

Dalam uji *impact* ini telah dilakukan uji sebanyak 9 kali dengan menggunakan alat uji *impact* model *charpy*. Tabel 7 menunjukkan hasil uji *impact* dan pada tahap ini menunjukkan hasil *impact* seperti energi *impact* dan harga *impact*. Data yang diperoleh tersebut dianalisis untuk mendapatkan parameter yang berpengaruh terhadap kekuatan *impact*.

Tabel 7 Hasil uji *impact*

Spesimen	Infill Pattern	Infill Density	Infill Direction	Sudut Awal (α)	Sudut Akhir (β)	E (Joule)	HI (Joule/mm ²)
1	Grid	70	30°	90	80,7	7,856	0,130
2	Grid	80	45°	90	80,5	8,052	0,134
3	Grid	90	60°	90	80,6	7,954	0,132
4	Rectilinear	70	45°	90	88,9	0,927	0,015
5	Rectilinear	80	60°	90	89,5	0,390	0,006
6	Rectilinear	90	30°	90	89,5	0,390	0,006
7	Tri-Hexagon	70	60°	90	79,8	8,637	0,143
8	Tri-Hexagon	80	30°	90	88,6	1,171	0,019
9	Tri-Hexagon	90	45°	90	89,8	0,146	0,002

Keterangan: Berat pendulum = 8,3 kg, Lengan pengayun = 0,6 m.

C. Pembahasan

Setelah dilakukan uji tarik dan uji impact pada spesimen, diperoleh variasi nilai kekuatan tarik dan impact yang dipengaruhi oleh perbedaan parameter infill, yaitu infill pattern, infill density, dan infill direction. Variasi infill pattern yang digunakan meliputi Grid, Rectilinear, dan Tri-Hexagon. Untuk infill density ditetapkan pada tingkat 70%, 80%, dan 90%, sedangkan infill direction divariasikan pada sudut 30°, 45°, dan 60°. Spesimen ini pada saat pencetakan memiliki suhu *nozzle* dan suhu landasan yang sama yaitu 220° dan 55°. Suhu *nozzle* yang rendah dapat menyebabkan material susah meleleh dan tidak mendapat hasil yang maksimal. Suhu landasan juga sangat berpengaruh saat pencetakan, karena suhu landasan yang rendah dapat menyebabkan material mudah tergeser saat proses pencetakan.

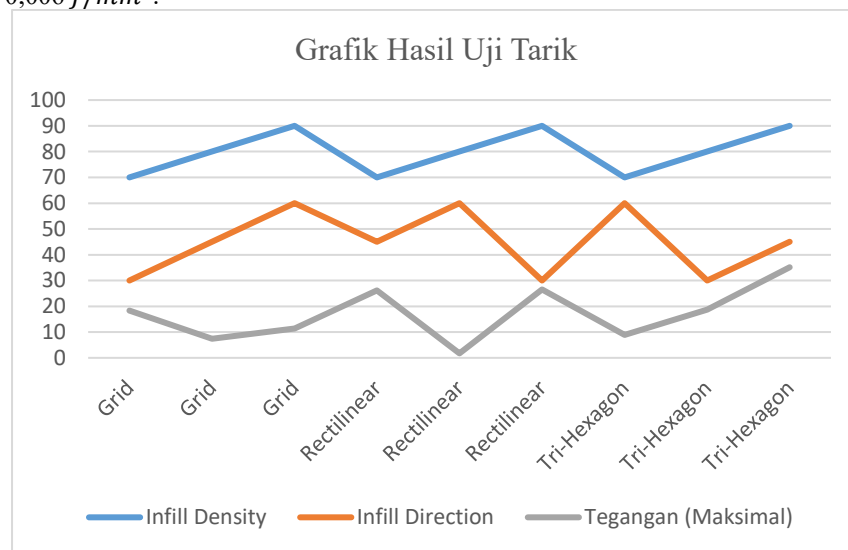


Gambar 11 Spesimen setelah diuji tarik

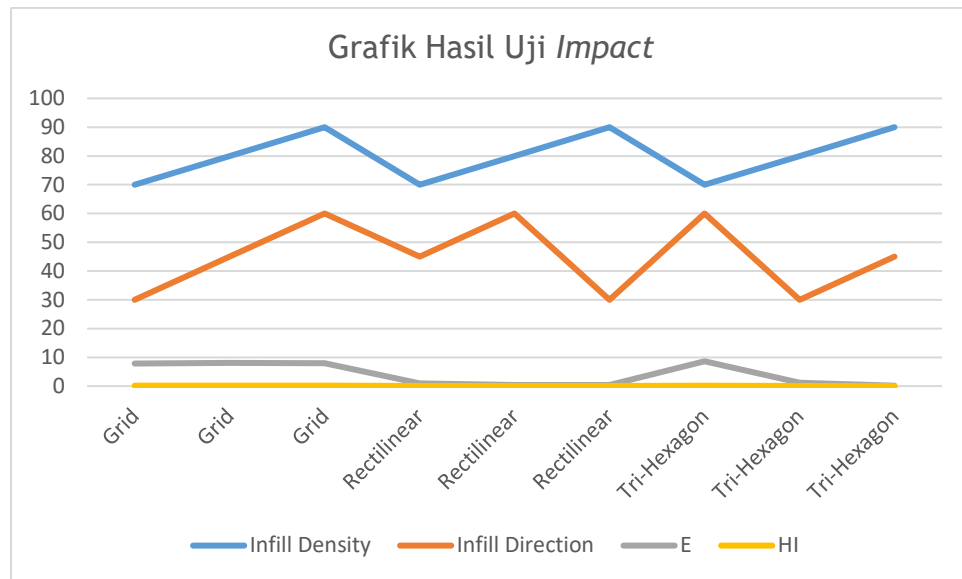


Gambar 12 Spesimen setelah diuji impact

Gambar 11 dan 12 merupakan spesimen yang telah diuji tarik dan *impact* yang memiliki nilai tertinggi untuk tegangan dan energi *impact*nya. Berdasarkan hasil uji tarik dan uji *impact*, diketahui bahwa variasi infill pattern memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik maupun *impact* pada spesimen. Dengan demikian, nilai tertinggi dan terendah dari masing-masing spesimen dapat diidentifikasi setelah proses pengujian dilakukan. Pada spesimen uji ke 9 dengan parameter *infill pattern* Tri-Hexagon, *infill density* 90, dan *infill direction* 45 menunjukkan kekuatan tarik tertinggi yaitu 35,144 N/mm². Sedangkan pada spesimen uji ke 5 yang menggunakan parameter *infill pattern* Rectilinear, *infill density* 80, dan *infill direction* 60 menunjukkan kekuatan tarik terendah yaitu 1,743 N/mm². Pada spesimen uji *impact* ke 7 yang menggunakan parameter *infill pattern* Tri-Hexagon, *infill density* 70, dan *infill direction* 60° menunjukkan energi *impact* dan harga *impact* tertinggi yaitu 8,637 Joule dan harga *impact* 0,143 J/mm². Sedangkan pada spesimen uji ke 5 dan 6 yang menggunakan parameter *infill pattern* Rectilinear, *infill density* 80, dan 90 serta *infill direction* 60° dan 30 memiliki nilai terendah yang sama yaitu 0,390 Joule dan harga *impact* 0,006 J/mm².



Setelah mengetahui nilai yang didapat, maka dibuatlah grafik untuk melihat informasi tentang hasil yang telah diperoleh. Grafik hasil uji tarik ini menampilkan hubungan antara infill pattern, infill density, infill direction, dan nilai tegangan yang diperoleh.



Grafik hasil uji *impact* ini digunakan untuk memvisualisasikan data yang diperoleh. Grafik ini menampilkan gabungan dari parameter-parameter yang telah digunakan pada saat pengujian, serta menunjukkan hasil energi *impact*.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian pada seluruh spesimen, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen uji ke 9 yaitu memiliki kekuatan tarik dengan tegangan $35,144 \text{ N/mm}^2$ dengan parameter infill pattern *Tri-Hexagon*, *infill density* 90, dan *infill direction* 45.
2. Sedangkan pada spesimen uji ke 5 yang menggunakan parameter *infill pattern Rectilinear*, *infill density* 80, dan *infill direction* 60 menunjukkan kekuatan tarik terendah yaitu $1,743 \text{ N/mm}^2$.
3. Pada spesimen uji *impact* ke 7 yang menggunakan *infill pattern Tri-Hexagon* dengan *infill density* 70 dan *infill direction* 60 menunjukkan energi *impact* dan harga *impact* tertinggi yaitu 8,637 Joule dan harga *impact* $0,143 \text{ J} = \text{mm}^2$.
4. Sedangkan pada spesimen uji *impact* ke 5 dan 6 yang menggunakan *infill pattern Rectilinear*, *infill density* 80, dan 90 serta *infill direction* 60 dan 30 memiliki nilai terendah yang sama yaitu 0,390 Joule dan harga *impact* $0,006 \text{ J} = \text{mm}^2$.
5. Kekuatan tarik dan *impact* pada spesimen uji material PLA Basic Bambu Lab dipengaruhi oleh beberapa variasi *infill pattern*, *infill density*, dan *infill direction*. Temperatur *nozzle* juga berpengaruh pada saat pencetakan, dikarenakan suhu *nozzle* yang terlalu rendah dapat menyebabkan material susah meleleh dan dapat mempengaruhi hasil cetak yang kurang maksimal.

B. Saran

Penelitian ini masih ada beberapa kekurangan yang harus diperbaiki agar hasilnya dapat lebih optimal di masa mendatang. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan, mengingat masih terdapat banyak parameter yang dapat diuji guna menentukan nilai kekuatan tarik dan *impact* secara lebih komprehensif. Seperti *infill pattern* yang memiliki beberapa macam untuk dicetak dan dilakukan uji tarik dan *impact*. Serta variasi suhu *nozzle* yang dapat divariasikan untuk menguji kekuatan pada material cetak. *Infill direction* juga sangat berpengaruh pada saat pencetakan 3D dikarenakan *infill direction* mempengaruhi kekuatan, berat, waktu cetak, dan kerapatan pengisian. Pemilihan arah *infill direction* yang tepat dapat meningkatkan kekuatan material yang akan diuji dan menghemat penggunaan material.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada orang tua dan teman-teman yang telah mendukung dan membantu sampai di titik ini. Serta para dosen yang selalu memberikan masukan untuk melakukan penelitian ini hingga selesai.

REFERENSI

- [1] P. Manufaktur and N. Bangka, "PENGARUH PARAMETER PROSES PADA 3D PRINTING FDM The Effect of Proses Parameters on 3D printing FDM on Tensile strength of ABS," 2021.
- [2] H. D. Anggraini, "Peran Teknologi 3D Printing dalam Manufaktur Komponen Mesin," pp. 1–8.
- [3] M. T. L and M. H. Bari, "OPTIMASI PARAMETER PROSES PADA 3D PRINTING FDM TERHADAP KEKUATAN TARIK FILAMENT PLA FOOD GRADE MENGGUNAKAN Oleh :," 2021.
- [4] A. Setiawan, P. Studi DIII Aeronautika, and S. Yogyakarta, "PENGARUH PARAMETER PROSES EKTRUSI 3D PRINTER TERHADAP SIFAT MEKANIS CETAK KOMPONEN BERBAHAN FILAMENT PLA (Poly Lactide Acid)," *J. Tek. STTKD*, vol. 4, no. 2, pp. 2460–1608, 2017.
- [5] S. Lubis and D. Sutanto, "PENGARUH POSISI ORIENTASI OBJEK PADA PROSES RAPID PROTOTYPING 3D PRINTING TERHADAP KEKUATAN TARIK MATERIAL POLYMER," vol. 20, no. 3, pp. 229–238, 2016.
- [6] S. Lubis *et al.*, "PENGARUH ORIENTASI OBJEK PADA PROSES 3D PRINTING BAHAN POLYMER PLA DAN ABS TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETELITIAN DIMENSI PRODUK," pp. 27–35.
- [7] Z. S. Suzen, T. Mesin, P. Manufaktur, and N. Bangka, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Pengaruh Tipe Infill Dan Temperatur Nozzle Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3D Printing Filamen Pla + Esun," vol. 12, no. 02, 2020.
- [8] C. Ender, "Analiss kekuatan uji tarik terhadap hasil 3d printer creality ender 5pro," pp. 1–4.
- [9] N. Publikasi and T. Akhir, "PENGUJIAN KUAT TARIK TERHADAP PRODUK HASIL 3D PRINTING DENGAN VARIASI KETEBALAN LAYER 0,2 mm dan 0,3 mm YANG MENGGUNAKAN BAHAN ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)," 2015.
- [10] M. Charpy and P. Material, "C, 215," vol. 2, no. 8, 2021.
- [11] F. T. Industri, "MATERIAL DIPREPARASI MENGGUNAKAN 3D PRINTING TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL POLYLACTIC ACID (PLA) DIPREPARASI MENGGUNAKAN 3D PRINTING".

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.