

Pengaruh Pola Kerapatan Infill Pattern Terhadap Kekuatan Tarik Filamen PLA 3D Printer

Faradila Dwi Mahesa¹, Daddy Budiman^{2*}, Mulyadi³, Rakiman⁴

^{1,2,3,4}Program Studi DIV Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang
*coressponding author: daddy@pnp.ac.id

Abstract

Today, the use of materials from plastic is really common to see. One of them is the 3D Printer printing process using Polylactic Acid+ materials or filaments. To know the strength of this filament is required testing. In accordance with the purpose of this research, namely to determine the effect of the shape and density of the infill pattern on the tensile strength of PLA+ filaments using a 3D printer. The shape of the product that will be tested, namely the open end spanner, tested with a density variation of 30%, 60% and 90% with different shapes of infill, namely archimedean chords, concentric and triangles. The purpose of the tensile test is to determine the tensile strength of each specimen. In specimens with a density of 30%, the highest strength occurs in infill triangles with a value of 0.299 Pa and the lowest strength occurs in concentric infill with a value of 0.001 Pa. At 60% infill density, the highest strength occurs in archimedean infill with a value of 0.307 Pa and the lowest strength occurs in concentric infill with a value of 0.251 Pa. At 90% infill density, the highest strength occurs in infill triangles with a value of 0.308 Pa and the lowest occurs in Archimedean infill with a value of 0.035 Pa. These data are needed as reference to make objects with PLA filament using a 3D printer

Keywords: 3D Printer, infill pattern, density

Abstrak

Dewasa ini, penggunaan bahan atau material dari plastik sudah tidak asing lagi. Salah satunya dalam proses pencetakan 3D Printer menggunakan bahan atau filamen Polylactic Acid+. Untuk mengetahui kekuatan dari filamen ini diperlukan pengujian. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh bentuk dan densitas infill pattern terhadap kekuatan tarik filamen PLA+ menggunakan 3D Printer. Bentuk produk yang akan diuji yaitu open end spanner atau kunci pas diuji dengan variasi densitas 30%, 60%, dan 90% dengan bentuk infill yang berbeda yaitu archimedean chords, concentric, dan triangles. Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing – masing spesimen. Pada spesimen dengan densitas 30% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 0.299 Pa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 0.001 Pa. Pada densitas infill 60% kekuatan tertinggi terjadi pada infill archimedean dengan nilai 0.307 Pa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 0.251 Pa. Pada densitas infill 90% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 0.308 Pa dan terendah terjadi pada infill archimedean dengan nilai 0.035 Pa. Data ini diperlukan sebagai referensi untuk pembuatan benda dengan filamen PLA memakai 3D Printer

Kata kunci: 3D Printer, infill pattern, densitas

Diterima Redaksi : 05-06-2024 | Selesai Revisi : 05-07-2024 | Diterbitkan Online : 5-07-2024

1. Pendahuluan

3D Printer adalah sebuah mesin yang dapat mencetak objek tiga dimensi secara langsung dari model digital. Proses pencetakannya dilakukan dengan menambahkan lapisan demi lapisan material, seperti plastik, logam, atau bahan biologis, hingga membentuk objek yang diinginkan[1]. 3D Printer sering digunakan dalam industri manufaktur, teknik mesin, arsitektur, kedokteran, bahkan seni. Dalam beberapa tahun terakhir, harga 3D Printer telah menurun, sehingga semakin banyak orang dapat menggunakannya untuk mencetak benda-benda di rumah atau di tempat kerja mereka[2].

Hal ini memberikan kesempatan bagi individu dan perusahaan untuk menciptakan prototipe, cetakan, dan produk-produk khusus dengan biaya yang lebih murah dan waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan metode tradisional[3][4]. 3D Printer atau Additive Manufacturing (AM) adalah sebuah metode pembuatan objek tiga dimensi dengan menambahkan lapisan-lapisan material yang terbentuk di bawah kendali komputer. Proses ini menggunakan data digital dari model 3D atau file Additive Manufacturing File (AMF). Dengan teknologi ini, objek yang dihasilkan memiliki bentuk dan geometri yang hampir sama dengan model digitalnya[5].

Pembuatan prototipe menggunakan printer 3D dimulai dengan merancangnya terlebih dahulu melalui

perangkat lunak[6]. Desain hasilnya menjadi input untuk printer 3D guna proses pencetakan. Pasar menyediakan berbagai pilihan bahan cetak 3D, salah satunya adalah jenis plastik yang dikenal sebagai polylactic acid+ (PLA+). PLA+ merupakan pembaruan dari PLA yang terbuat dari bahan alami seperti jagung atau pati singkong. Proses pencetakan PLA+ mudah, ramah lingkungan, dan menghasilkan objek dengan permukaan halus. PLA+ adalah jenis polimer termoplastik yang dihasilkan dari sumber daya yang dapat diperbarui, sehingga lebih ramah lingkungan daripada bahan lain yang tidak dapat diperbaharui. PLA+ cocok untuk mencetak objek detail dan mudah menghasilkan sudut tajam. Meskipun suhu cetak PLA+ relatif rendah, memudahkan penggunaan dan fleksibilitas pencetakan, bahan ini memiliki ketahanan terbatas pada suhu tinggi dan kekuatan yang lebih rendah dibandingkan jenis filamen lain[7].

Benih dari proses pembuatan sebuah objek dengan menggunakan printer 3D yang memanfaatkan filamen PLA+ menunjukkan hasil yang cukup kokoh, tetapi kekuatan sebenarnya masih belum terverifikasi. Untuk mengidentifikasi dengan pasti kekuatan bahan tersebut, perlu dilakukan uji tarik yang melibatkan variasi jenis infill dan sudut pada materialnya[8]. Setelah itu, produk akhir akan mengalami pengujian tarik dengan metode yang digunakan untuk mengukur daya tahan suatu bahan dengan menerapkan gaya tarik sepanjang sumbu[4].

Proses pencetakan objek 3D tidak selalu harus menghasilkan bentuk benda yang padat atau solid. Dalam pertimbangan ekonomi, namun tanpa mengorbankan kekuatan produk, faktor penting yang perlu dipertimbangkan adalah keberadaan infill atau isi dari objek tersebut dalam proses desain[9]. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam studi mengenai infill untuk skala industri[10]. Sementara itu, studi mengenai PLA dan kekuatan mekanik sangat tergantung pada pengaturan parameter pencetakan, serta bentuk dan konfigurasi infill yang digunakan[11].

Riset terdahulu seperti Gita Suryani Lubis, dkk meneliti tentang suhu ekstruder terhadap kualitas benda kerja[3]. Mardiyana dkk membuat 3D printer dengan kontroler Arduino Mega 2560[12]. Wibisono, Andrean George melakukan penelitian dengan filamen dari coklat sehingga 3D printer bisa dipakai untuk mencetak cake[13],

Dengan banyaknya penelitian tentang 3D Printer ini penulis tertarik menguji 3D printer yang dijual dipasaran dengan merk Ender dan filamen PLA merk Sunlu dengan pertanyaan seberapa kuat hasil dari objek keluaran printer ini jika dilakukan uji tarik, Gap riset dibuat ini berdasarkan variabel dari riset terdahulu dan dipakai pada mesin 3D Printer merk Ender

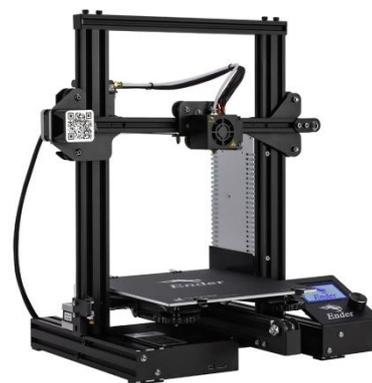
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan material filamen PLA+ bermerek SUNLU dengan diameter 1.75 mm. Filamen ini memiliki kekuatan tarik 37 Mpa.



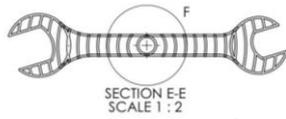
Gambar 1. Filamen PLA+ Sunlu

Selanjutnya, Gambar 2 menunjukkan 3D Printer yang digunakan jenis Ender 3 dengan jarak cetak 20 x 220 x 250 mm dengan ketebalan lapisan 0,1 – 0,4 mm. Untuk memulai penelitian ini dipilih spesimen, densitas, dan infill yang sesuai untuk uji tarik ini. Untuk model yang dipilih adalah open end spanner atau kunci pas dengan ukuran 8 mm, lebar 11 mm dan panjang 140 mm. Setelah menemukan model yang cocok kemudian dibuat desain menggunakan aplikasi Solidworks. Setelah desain dibuat, disimpan dengan format file .stl. Tidak lupa file.stl tadi diberi densitas dan infill sesuai keinginan. Setelah itu, file tersebut diconvert menjadi G code dengan menggunakan aplikasi *Ultimaker Cura* 14.3.1 supaya desain tadi dapat dibaca oleh 3D Printer. Kemudian, file G Code yang sudah dibuat tadi dipindahkan ke memori card dan dimasukkan ke 3D Printer. Lalu, setelah benda dicetak kemudian dilakukan pengujian tarik di laboratorium bahan.

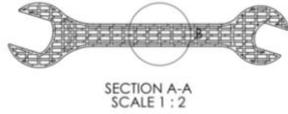


Gambar 2. Mesin 3D Printer Ender 3

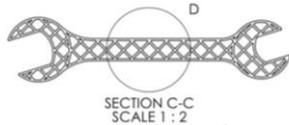
Dalam penelitian ini, Gambar 3, 4, 5 menggambarkan variasi jenis infill yang digunakan. Setelah mencetak objek atau sampel, kami melakukan pengujian tarik menggunakan mesin pencetak 3D. Proses pencetakan objek ini mengikuti metode FDM.



Gambar 3. Infill Pattern Archimedean Chords



Gambar 4. Infill Pattern Concentric



Gambar 5. Infill Pattern Triangles

Gambar 6, 7, 8 menampilkan tiga jenis infill yang berbeda, di mana setiap jenis infill memiliki tingkat kepadatan 30%, 60%, dan 90%. Pencetakan sampel dilakukan dengan mengatur suhu nozzle sebesar 240 OC dan suhu bed sebesar 800C. Detail parameter ini dapat ditemukan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pencetakan

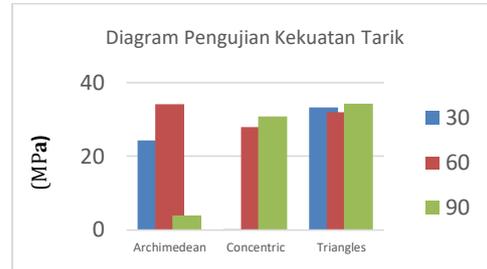
Parameter	Besaran
Bahan filamen	PLA+
Diameter filamen	1.75mm
Printing temperature	240°C
Suhu Bed	80°C
Print speed	50mm/s
Tinggi layer	0.2 mm

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil uji tarik pada Gambar 9 diketahui bahwa kerapatan infill 30%, 60%, dan 90% memiliki kekuatan pada masing-masing kerapatannya. Pada spesimen dengan kerapatan 30% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 33,297 Mpa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 0.111 Mpa. Pada kerapatan infill 60% kekuatan tertinggi terjadi pada infill archimedean dengan nilai 34,188 Mpa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 27,952 Mpa. Pada kerapatan infill 90% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 34,3 Mpa dan terendah terjadi pada infill archimedean dengan nilai 3,897 Mpa. Terbukti bahwa infill triangles memiliki pola pengisian yang lebih kuat dibandingkan infill concentric dan archimedean. Tetapi, jika dibandingkan antara infill archimedean dan concentric, infill archimedean lebih kuat dibandingkan infill concentric. Infill triangles paling kuat dikarenakan memiliki struktur segitiga dimana segitiga memiliki kestabilan intrinsik. Segitiga adalah bentuk yang efisien dalam mendistribusikan gaya dan memberikan dukungan.

Umumnya, pada semua variasi infill, kerapatan 90% menunjukkan kekuatan yang paling tinggi

dibandingkan dengan kerapatan 60% dan 30%. Ini berdasarkan logika yang masuk akal karena semakin padat isian dalam contoh uji, maka kekuatannya akan lebih besar. Dengan adanya peningkatan luas area yang terisi karena kepadatan infill yang lebih tinggi, maka kemampuan untuk menahan beban eksternal juga akan lebih tinggi; prinsip ini juga berlaku sebaliknya

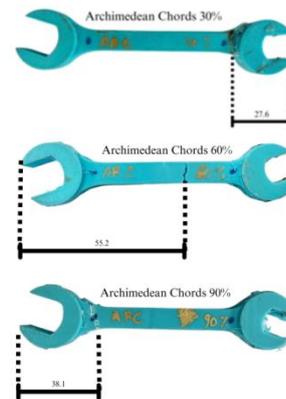


Gambar 9. Kekuatan Tarik Terhadap Infill 30%, 60%, 90%

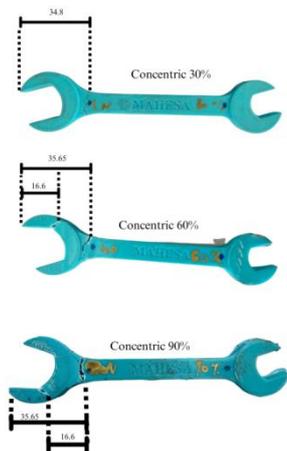
Gambar 10 menggambarkan hasil dari uji tarik yang menunjukkan bahwa pola *infill Archimedean chords* ini mengalami patah pada jarak 27.6 mm pada densitas 30%, 55.2 mm pada densitas 60%, dan 38.1 mm pada densitas 90%.

Gambar 11 menggambarkan hasil dari uji tarik yang menunjukkan bahwa pola *infill Concentric* ini mengalami patah pada jarak 34.8 mm pada densitas 30%, mengalami dua patahan pada jarak 35.65 mm dan 16.6 mm pada densitas 60%, dan mengalami dua patahan lagi pada jarak 37.5 mm dan 16.6 mm pada densitas 90%. Dengan melihat gambar di atas dapat diketahui bahwa *infill concentric* ini cenderung lebih getas dari pada *infill archimedean* dan triangles dibuktikan dengan densitas 60% dan 90% *infill concentric* mengalami dua kali patahan

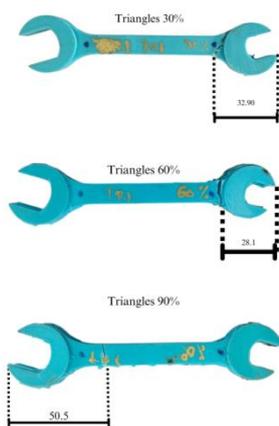
Gambar 12 menggambarkan hasil dari uji tarik yang menunjukkan bahwa pola *infill Triangles* ini mengalami patah pada jarak 32.90 mm pada densitas 30%, 35.65 mm, pada densitas 60% mengalami patah pada jarak 28.1 mm, Pada densitas 90% mengalami patahan pada jarak 50.5 mm



Gambar 10. Hasil Uji Tarik Infill Archimedean Chords



Gambar 11. Hasil Uji Tarik *Infill Concentric*



Gambar 12. Hasil Uji Tarik *Infill Triangles*

Hasil penelitian ini memperlihatkan pattern triangle secara umum mempunyai hasil yang bagus dan merata pada infill 30, 60 dan 90. Hal ini memperkuat hasil penelitian Gita Suryani Lubis dkk[3] dan R Ardiansyah [14] bahwa filament PLA bagus sebagai bahan filament 3D Printer,

Filamen PLA ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagaimana pengharapan hasil benda kerja yang memenuhi kriteria harga, kekuatan dan kemudahan dalam proses pembuatan.

4. Kesimpulan

Penulis telah melakukan uji coba dimulai dari testing dan kalibrasi, dan selanjutnya menganalisa ketelitian ukuran, serta menganalisa hasil uji tarik menggunakan bentuk dan densitas infill pattern yang berbeda. Kalibrasi yang dilakukan bertujuan untuk mesin 3D Printer menghasilkan produk yang memiliki akurasi yang baik dengan ketelitian ukuran yang lebih presisi.

Spesimen uji berbentuk persegi panjang berupa kunci pas yang berukuran 69 mm x 11 mm x 8 mm, pengujian ketelitian ukuran dilakukan terhadap spesimen uji sebanyak sembilan buah, dimana nilai rata – rata axis X 69.31 mm, nilai rata-rata axis Y 11.04 mm, nilai rata-rata axis Z 8.83 mm. Terdapat

selisih dimensi antara dimensi program dengan dimensi aktual yang umumnya disebabkan oleh distorsi akibat pemanasan.

Hasil pengujian kekuatan tarik yang telah dilakukan pada densitas infill 30%, 60%, dan 90% memiliki kekuatan pada masing-masing densitasnya. Pada spesimen dengan densitas 30% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 33,297 Mpa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 0,111 Mpa. Pada densitas infill 60% kekuatan tertinggi terjadi pada infill archimedean dengan nilai 34,188 Mpa dan terendah terjadi pada infill concentric dengan nilai 27,952 Mpa. Pada densitas infill 90% kekuatan tertinggi terjadi pada infill triangles dengan nilai 34,3 Mpa dan terendah terjadi pada infill archimedean dengan nilai 3,897 Mpa.

Terbukti bahwa infill triangles memiliki pola pengisian yang lebih kuat dibandingkan infill concentric dan archimedean. Tetapi, jika dibandingkan antara infill archimedean dan concentric, infill archimedean lebih kuat dibandingkan infill concentric. Infill triangles paling kuat dikarenakan memiliki struktur segitiga dimana segitiga memiliki kestabilan intrinsik. Segitiga adalah bentuk yang efisien dalam mendistribusikan gaya dan memberikan dukungan

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada civitas akademika Jurusan Teknik Mesin PNP atas bantuan terlaksananya penelitian ini. Terimakasih kepada Labor Bahan, Bengkel Mekanik PNP.

Daftar Rujukan

- [1] R. Chen, L. Baich, J. Lauer, D. G. Senesky, and G. Manogharan, "Design for additive manufacturing-effects of part orientation, printer selection, and infill density on mechanical properties and production cost," 2020.
- [2] A. A. Magriyanti, "Perkembangan Teknologi Dalam Proses Percetakan 3 Dimensi Dan Aplikasinya," *Pixel J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. 13, no. 1, pp. 61–68, 2020.
- [3] G. S. Lubis, M. Taufiqurrahman, and M. Ivanto, "Analisa Pengaruh Parameter Proses Terhadap Uji Tarik Produk Hasil 3D Printing Berbahan Polylactic Acid," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 5, no. 2, pp. 39–44, 2021.
- [4] R. Ardiansyah, Z. Sirwansyah Suzen, and E. Erwansyah, "Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kekuatan Tarik Produk 3d Printing Menggunakan Filamen Polylactic Acid (PLA) Buatn R3d Maker," *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 2, no. 12, 2021, doi: 10.36418/jist.v2i12.300.
- [5] M. Jiménez, L. Romero, I. A. Domínguez, M. del M. Espinosa, and M. Domínguez, "Additive manufacturing technologies: an overview about 3D printing methods and future prospects," *Complexity*, vol. 2019, no. 1, p. 9656938, 2019.
- [6] S. E. Y. Wijayanto, R. Handoko, J. C. Noel, T. W. Anggawirawan, and T. J. Suteja, "Identifikasi Jenis Infill Pattern Pada Proses 3d Printing Yang Menghasilkan Hasil Cetak Dengan Kekuatan Tekan Dan Panjang Filamen Yang Optimal," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, 2022, doi: 10.21776/jrm.v13i2.1097.
- [7] B. A. Setyawan and Y. Ngadiyono, "Analisis Pengaruh Tingkat Kelembaban Filamen PLA Terhadap Nilai

- Kekuatan Mekanik Hasil Cetak 3D Printing,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, 2022, doi: 10.21831/dinamika.v7i1.48259.
- [8] N. Rafiq Muhammad, H. Hasdiansah, and S. Sugianto, “Pengaruh Merk Filamen Pla Terhadap Kuat Tarik Spesimen Uji Astm D638 Type V,” *J. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 2, 2023, doi: 10.33504/jitt.v1i2.16.
- [9] D. Abbas, D. Mohammad Othman, H. Basil Ali, and C. Author, “Effect of infill Parameter on compression property in FDM Process,” *Int. J. Eng. Res. and Application www.ijera.com*, vol. 7, 2017.
- [10] Afzeri and S. F. Utami, “Pembuatan Automotive Prototype Menggunakan Dobot Magician 3dPrinting Terintegrasi dengan Software Tinkercad,” *Ramatekno*, vol. 1, no. 2, 2021, doi: 10.61713/jrt.v1i2.20.
- [11] S. E. Y. Wijayanto, R. Handoko, J. C. Noel, and T. W. Anggawirawan, “Identifikasi Jenis Infill Pattern Pada Proses 3d Printing Yang Menghasilkan Hasil Cetak Dengan Kekuatan Tekan Dan Panjang Filamen Yang Optimal,” *Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 2, pp. 531–539, 2022.
- [12] D. Mardiyana, Z. Sulaiman, S. Ihsan, F. Ridha, and T. Rahman, “Rancang Bangun 3D Printer FDM Model Cartesian Berbasis Arduino,” *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 7, no. 1, pp. 63–72, 2023.
- [13] A. G. Wibisono, “3D Printer Chocolate Cake Berbasis Arduino,” *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 86–92, 2020, doi: 10.34010/telekontran.v8i1.3080.
- [14] F. A. Ekoanindiyo, A. Yohanes, and E. Prihastono, “Pengembangan Desain Mesin Pemipil Jagung Tenaga Matahari,” *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 22, no. 2, 2022, doi: 10.36275/stsp.v22i2.520.