



Research Article

Pengaruh Tingkat Infill Filament dan Printing Speed Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Hasil 3D Printing

Deva Cahyo Baskoro¹, Dessy Ade Pratiwi¹, Muhammad Iwan^{2,*}, Bagus Radiant Utomo¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Pontianak, Indonesia

*Corresponding author: Muhammad.iwan@unmuhpnk.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 12 December 2022

Revised : 12 July 2023

Accepted : 17 July 2023

Available online: 25 July 2023

Keywords: 3D printing, print speed, tensile test, surface roughness

Kata Kunci: 3D printing, kecepatan printing, uji tarik, kekasaran permukaan 3d printing

ABSTRACT

3D printing is one of the uses of additive manufacturing in the industrial and academic fields. Along with 3D printing, many printing results have changed from the initial size. This causes the product to be unsuitable and can affect the level of use of the 3D printing results. This study aimed to test the results of 3D printing with different print speed times to find the degree of difference in the filaments making up the 3D printing results. The significant difference in volume (infill) in the 3D printing result will affect the final 3D printing result. After testing, the result is that the greater the printing speed, the higher the filament size and surface roughness level. The mechanical properties of the 3D Printing results have increased in yield strength, maximum load, and elongation. The highest value obtained from the average size of the filament is 600.13 μm at 50% infill with a print speed of 50%. The highest yield strength, maximum load, and elongation values were obtained at 100% infill with a print speed of 50% of 2,534 N/mm², 8,136%, 96,059 N.

ABSTRAK

3D printing merupakan salah satu penggunaan dari additive manufacturing yang digunakan pada bidang industri maupun akademik. Seiring penggunaan dari 3D printing banyak hasil printing yang mengalami perubahan dari ukuran awal. Perubahan ukuran tersebut mengakibatkan produk menjadi tidak sesuai dan dapat memengaruhi tingkat penggunaan dari hasil 3D printing. Tujuan penelitian ini untuk menguji hasil 3D printing dengan perbedaan waktu kecepatan print agar mengetahui tingkat perbedaan terhadap filamen penyusun hasil 3D printing. Perbedaan volume (infill) pada hasil 3D printing akan memengaruhi hasil akhir dari 3D printing. Setelah pengujian maka diperoleh hasil bahwa semakin besar kecepatan printing mengakibatkan ukuran filament dan tingkat kekasaran permukaan menjadi semakin tinggi. Sifat mekanis dari hasil 3D

printing mengalami kenaikan pada yield strength, maximum load dan elongation. Diperoleh nilai tertinggi dari ukuran rata-rata filamen sebesar 600.13 μm pada infill 50% dengan print speed 50%. Nilai yield strength, maximum load dan elongation tertinggi diperoleh pada infill 100% dengan print speed 50% sebesar 2,534 N/mm², 8,136%, 96,059 N.

1. PENDAHULUAN

3D printing atau additive manufacturing adalah proses pembuatan benda padat tiga dimensi menjadi lapisan material yang berurutan diletakkan dalam berbagai bentuk [1]. Teknik 3D printing yang umum dikenal sebagai manufactur subtractive yang mana prosesnya dengan menghapus salah satu materi dari blok yang ada sebelumnya seperti tempa, rol, EDM wire cut dan pemotongan adalah contoh teknik manufaktur subtraktif [2]. Dengan metode ini, maka sebuah objek dapat dibangun menjadi lebih cepat dengan posisi horizontal karena materi pengisi didorong menuju nozzle head seperti cara inkjet printer mengeluarkan tinta ke atas kertas [3].

Dengan penggunaan 3D printing dapat mengurangi waktu dan juga mengurangi biaya pembuatan suatu produk karena desain dari objek otomatis dikonversi ke dalam beberapa format file relevan dengan software yang digunakan dan material pengisi memiliki biaya yang relatif ekonomis [4]. Selain itu dengan penggunaan 3D printing dapat mengurangi pencemaran lingkungan dengan penggunaan kembali bahan limbah yang dapat diubah menjadi filament pengisi 3D printing agar digunakan kembali untuk membuat suatu produk [5]. 3D printing juga berdampak besar di berbagai bidang seperti otomotif, medis, dan industri penerbangan sebagai alat untuk memproses komponen yang diperlukan untuk uji coba [6]. Mpfou dkk [1], melakukan penelitian untuk membuktikan penggunaan fungsional 3D printing di kehidupan sehari-hari. Hasil menunjukkan bahwa dengan penggunaan 3D printing dapat mengurangi biaya pengeluaran dan menekan waktu pembuatan produk. Selain efisien biaya dan waktu penggunaan 3D printing lebih fleksibel sehingga dapat digunakan untuk membuat berbagai produk dengan tingkat kualitas permukaan yang baik. Produk dari 3D printing tidak menyerap kelembapan dari lingkungan luar sehingga dapat tahan lama [1].

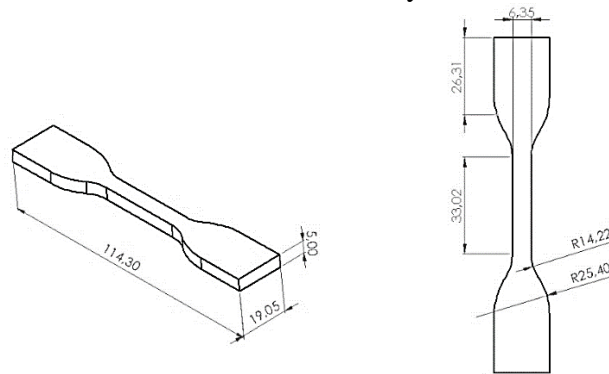
Ghabezi dkk [5], melakukan uji coba menggunakan filamen polypropylene (PP) dengan penambahan serat basalt daur ulang sebanyak 2%, 5% dan 8% untuk meningkatkan kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Eksperimen ini menghasilkan kesimpulan dengan penambahan serat basalt 5% mendapatkan tingkat kekuatan tarik tertinggi. Modulus elastisitas tertinggi didapatkan dengan penambahan serat basalt 8%. Tingkat penambahan serat basalt daur ulang yang paling optimal didapatkan pada tingkat penambahan 5% [5].

Salsana dkk [3], melakukan eksperimen dengan menggunakan alat 3D printing yang memiliki print volume yang berbeda yaitu 11,346 dan 1,125 liter. Konsentrasi penelitian pada konsumsi material, waktu produksi, presisi dimensi, deformasi produk, dan kekasaran permukaan. Hasil menunjukkan 3D printing 11,346 liter memiliki usage filament yang lebih hemat pada pencetakan objek kompleks, waktu produksi yang lebih singkat, dan deformasi produk lebih baik pada pencetakan objek sederhana dibandingkan mesin 3D printing 1,125 liter. Mesin 3D printing 1,125 liter menghasilkan produk yang lebih baik jika dikaji berdasarkan presisi dimensi, kekasaran permukaan, dan deformasi produk pada pencetakan objek kompleks [3]. Pada penelitian ini akan meneliti sifat mekanik dan karakter bahan polylactic acid (PLA) yang telah dibuat dengan menggunakan 3D printing dengan memvariasikan perbedaan kepadatan dan print speed.

2. METODE PENELITIAN

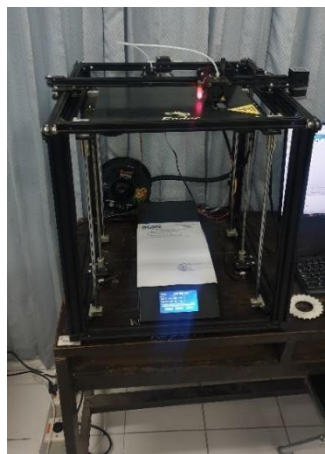
Pembuatan model spesimen dari material *polylactic acid* (PLA) dengan standar ASTM D638 Type 4 [7] [8], [9] [10]. Pada gambar 1. merupakan gambar sketsa 3D untuk program 3D *printing* menggunakan aplikasi *creality slicer* dari alat 3D *printing*. Alat 3D *printing* yang digunakan adalah tipe Ender 5 Plus yang tersedia di laboratorium CAD/CAM/CAE Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Hasil cetak 3D *printing* kemudian dilakukan pengujian menggunakan alat uji tarik dengan parameter foto mikro permukaan, kekasaran permukaan rata-rata (R_a), *root mean square roughness* (R_q), *ten-point height* (R_z), dan kekuatan tarik (σ) yang tersedia di laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta.



Gambar 1. Spesimen

Benda uji yang digunakan memiliki tingkat kepadatan yang berbeda dan kecepatan *printing* yang berbeda. Tingkat kepadatan yang digunakan yaitu 50% dan 100% dengan variasi *print speed* 10%, 30%, dan 50% dari waktu estimasi yang ditampilkan dari software *creality slicer* menggunakan 3D *printing* seperti pada gambar 2. Foto mikro digunakan untuk melihat bagian permukaan maka digunakan uji kekasaran permukaan pada spesimen dilanjutkan pada lapisan penyusun spesimen. Kemudian spesimen diuji menggunakan metode uji tarik yang nantinya didapatkan nilai tegangan tarik dan pemanjangan (*elongation*).



Gambar 2. Alat 3D *Printing*

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Hasil cetak 3D *printing*

Hasil cetak uji *printing* menggunakan filamen material PLA dengan variasi *infill* 50% dan 100% dengan print speed 10%, 30%, dan 50% ditunjukkan pada gambar 3. Hasil menunjukkan tidak ada perbedaan significant pada hasil cetak 3D *printing*.

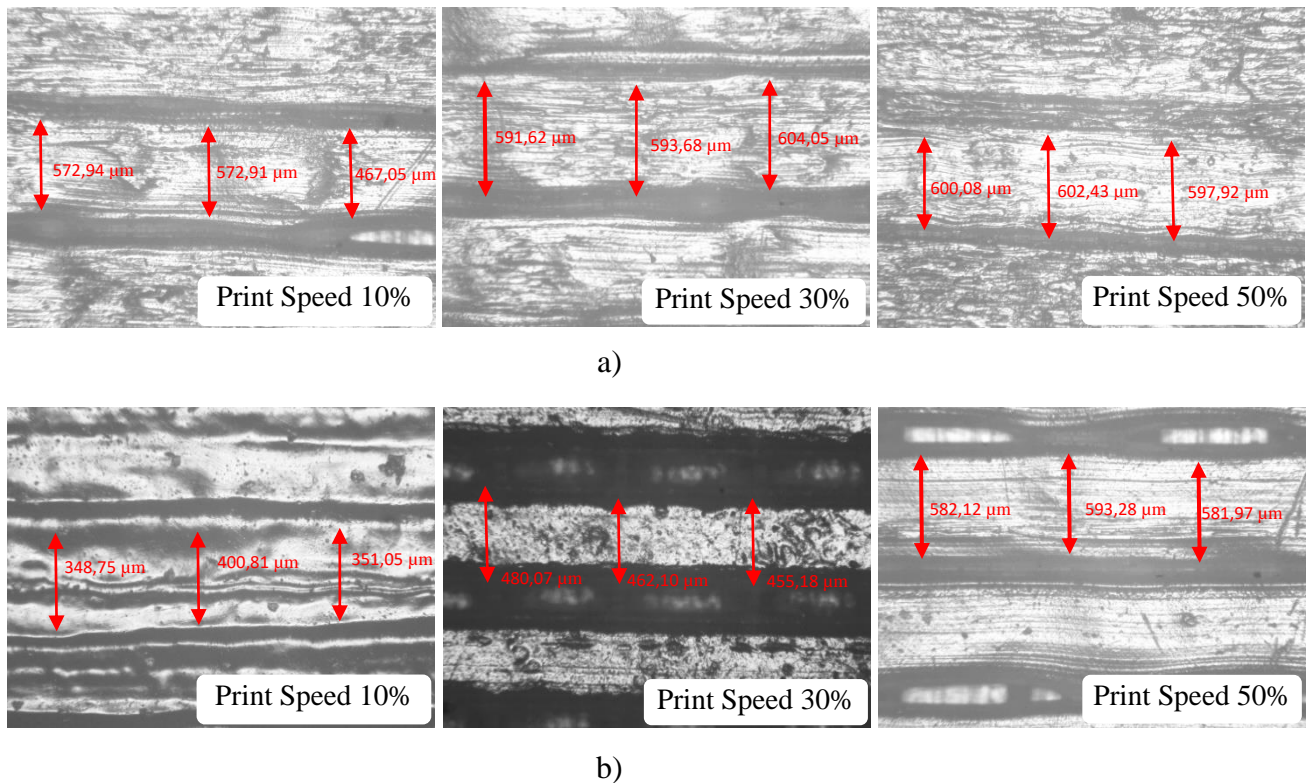


Gambar 3. Hasil 3D *printing*

3.2 Uji foto mikro permukaan

Pada gambar 4. menunjukkan pengujian foto mikro pada permukaan benda hasil 3D *printing*. Hasil menunjukkan untuk semua hasil uji *printing* menghasilkan karakter yang hampir sama. Namun untuk setiap *print speed* memiliki lebar filamen yang berbeda. Perbedaan *infill* (kepadatan) 50% dan 100% menunjukkan struktur filamen yang hampir sama. Hal ini menunjukkan penambahan kecepatan *printing* akan menghasilkan lebar rata-rata filamen yang semakin besar yang disebabkan oleh waktu pendinginan dari filamen menjadi semakin cepat [11].

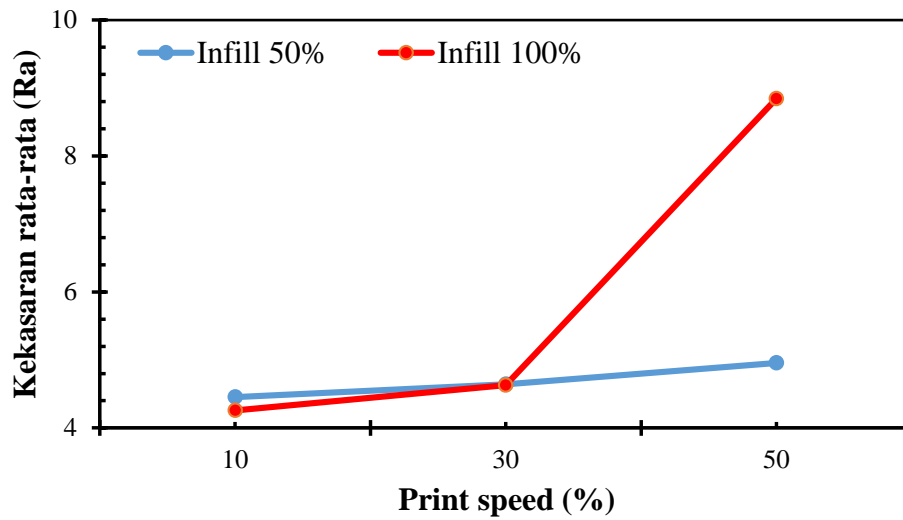
Pada gambar 4. menunjukkan bahwa spesimen 3D *printing* dengan tingkat kepadatan 50% dan 100% memiliki ukuran lebar filamen yang semakin besar seiring bertambahnya *print speed* yang digunakan pada 3D *printing*. Diketahui pada *print speed* 10% merupakan nilai rata-rata lebar paling kecil dengan lebar rata-rata 537.33 μm pada kepadatan 50% dan 366.87 μm pada kepadatan 100%. *Print speed* 50% memiliki nilai lebar rata-rata paling tinggi dengan 600.13 μm pada *infill* 50% dan 585.75 μm pada kepadatan 100%.



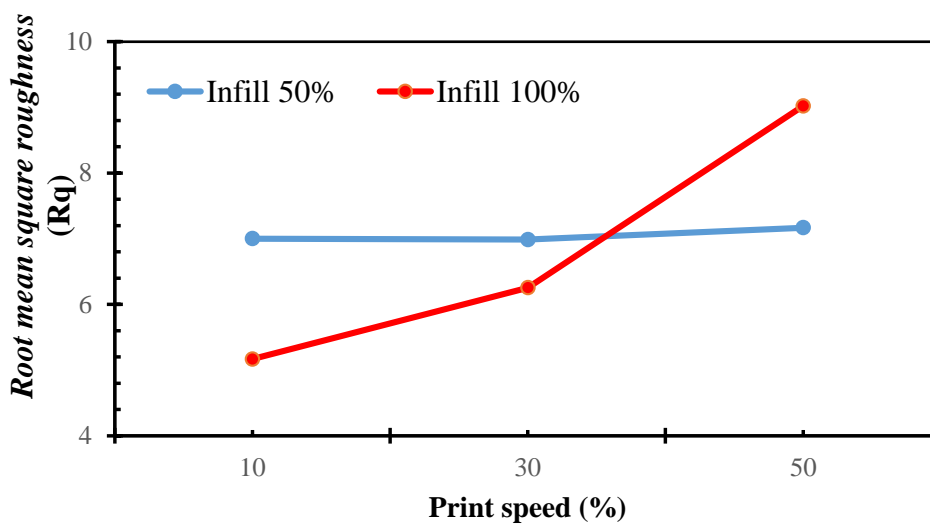
Gambar 4. Hasil foto micro permukaan hasil cetak 3D *printing* dengan perbedaan *print speed* pada kepadatan: a) 50%, b) 100%

3.3 Uji Kekasaran Permukaan

Pada gambar 5. menunjukkan nilai kekasaran rata-rata (R_a) dan *root mean square roughness* (R_q) dari spesimen dengan kepadatan 50% dan 100%. Hasil menunjukkan pada semua spesimen memiliki karakter kekasaran yang cenderung sama. Perbedaan *infill* memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan spesimen yang relative sama pada parameter kekasaran permukaan rata-rata (R_a), *root mean square roughness* (R_q). Dapat diketahui bahwa dengan penambahan kecepatan *printing* membuat nilai kekasaran permukaan menjadi lebih besar. Pada kekasaran rata-rata dengan *infill* 50% mendapat nilai 4,454 pada *print speed* 10%, 4,643 pada *print speed* 30%, dan 4,953 pada *print speed* 50%. Pada *root mean square roughness* (R_q) dengan *infill* 50% mendapat nilai 7,001 pada *print speed* 10%, 6,986 pada *print speed* 30%, dan 7,168 pada *print speed* 50%. Sifat yang serupa juga dialami pada 3D *printing* dengan *infill* 100% dimana nilai kekasaran permukaan cenderung semakin besar dengan *print speed* yang semakin tinggi akibat dari waktu pendinginan yang semakin cepat [11].



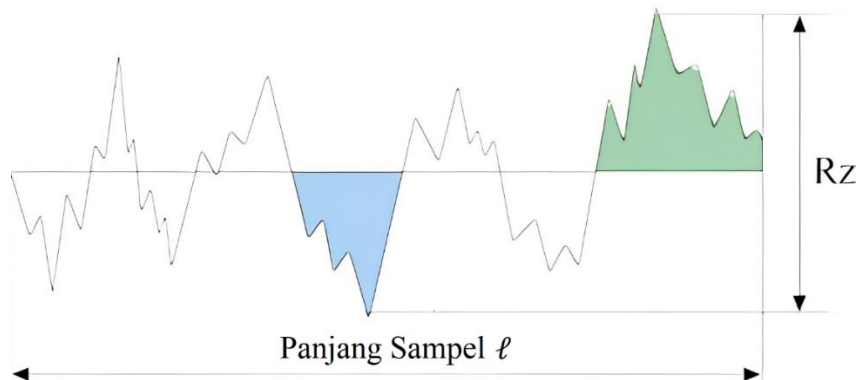
a)



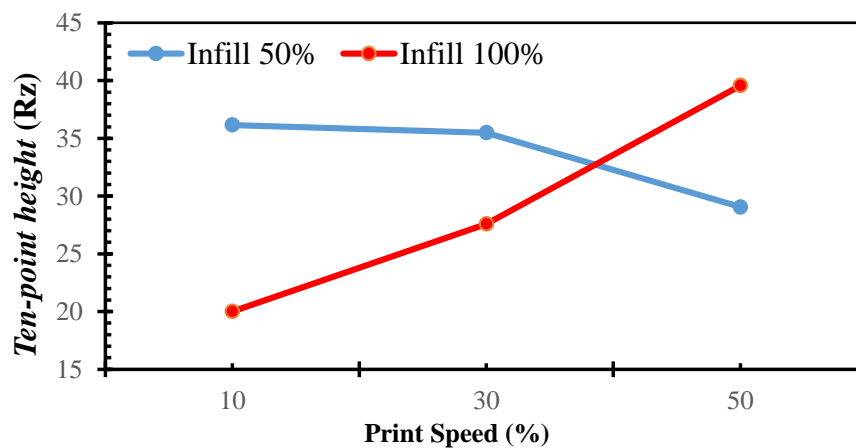
b)

Gambar 5. a) Nilai kekasaran rata-rata (Ra) dan b) *root mean square roughness* (Rq)

Pada gambar 6. menunjukkan grafik *ten-point height* (Rz) merupakan panjang dari tinggi puncak maksimum dan kedalaman lembah maksimum dari suatu profil dalam panjang referensi (Bollström et al, 2014). Nilai *ten-point height* (Rz) cenderung bervariasi seiring bertambahnya *print speed*. Gambar 7. menunjukkan grafik nilai *ten-point height* (Rz) Pada *infill* 50% dan 100%. Dapat diketahui bahwa *infill* 50% mengalami penurunan tingkat kekasaran sedangkan pada *infill* 100% mengalami kenaikan nilai kekasaran. Pada *infill* 50% mendapatkan nilai 36,155 pada *print speed* 10%, 35,491 pada *print speed* 30%, dan 29,048 pada *print speed* 50%. *Infill* 100% mengalami kenaikan dengan nilai 20,007 pada *print speed* 10%, 27,758 pada *print speed* 30%, dan 39,576 pada *print speed* 50%.



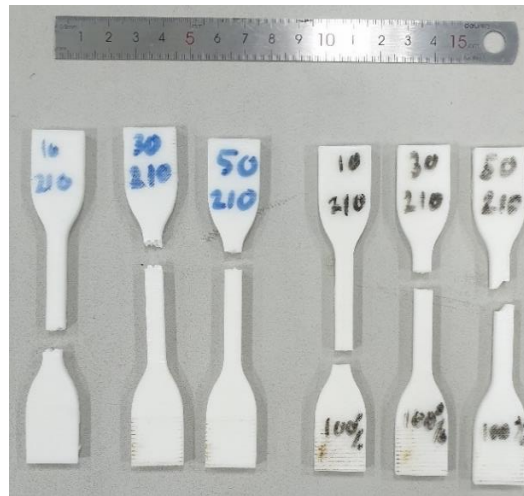
Gambar 6. Grafik *ten-point height* (R_z) [12]



Gambar 7. Nilai *ten-point height* (R_z) pada *infill* 50% dan 100%

3.4 Uji Tarik dan Hasil Foto Mikro

Gambar 8. menunjukkan spesimen hasil 3D *printing* yang telah diuji tarik. Tabel 1. menunjukkan data hasil pengujian tarik dari hasil 3D *printing* dengan *infill* 50% dan 100%. Diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan *printing* maka nilai *yield strength*, *maximum load* dan *elongation* cenderung semakin besar. Pada *print speed* 10% dengan *infill* 50% memiliki nilai *yield strength* 1,818 N/mm² kemudian naik 9% dengan nilai 1,999 N/mm² pada *print speed* 30% dan turun dengan nilai 1,971 N/mm² pada *print speed* 50%. Semakin tinggi *print speed* membuat *maximum load* dari spesimen semakin besar. Dapat diketahui nilai *maximum load* dari *infill* 100% dengan *print speed* 10%, 30%, dan 50% yaitu sekitar 89,712 N, 95,158 N, 96,059 N. Nilai *elongation* tertinggi diperoleh pada *infill* 100% dengan *print speed* 50% diperoleh nilai 8,136%. Namun nilai *elastic modulus* mengalami penurunan seiring bertambahnya *print speed*. Pada *infill* 100% merupakan nilai *elastic modulus* tertinggi dengan 73,302 N/mm² pada *print speed* 10% yang berangsur turun menjadi 72,497 N/mm² pada *print speed* 30 dan mendapatkan nilai *elastic modulus* terkecil pada *print speed* 50% sebesar 71,402 N/mm².



Gambar 8. Spesimen hasil 3D *printing* yang telah diuji Tarik

Tabel 1. Data hasil uji tarik

<i>Infill</i> (%)	<i>Print Speed</i> (%)	<i>Yield Strength</i> (N/mm ²)	<i>Elongation</i> (%)	<i>Elastic Modulus</i> (N/mm ²)	<i>Maximum Load</i> (N)
50%	10	1,818	4,553	53,075	72,997
50%	30	1,999	4,831	51,363	75,063
50%	50	1,971	4,988	50,357	76,447
100%	10	1,834	2,81	73,302	89,712
100%	30	2,463	5,696	72,497	95,158
100%	50	2,534	8,136	71,402	96,059

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa sifat mekanik *yield strength*, *maximum load* dan *elongation* dari hasil 3D *printing* mengalami kenaikan yang disebabkan akibat waktu pendinginan dari filamen menjadi semakin cepat, namun *elastic modulus* mengalami penurunan. Ukuran filamen rata-rata mengalami kenaikan seiring bertambahnya *print speed* dengan ukuran rata-rata tertinggi pada *print speed* 50% serta nilai kekasaran permukaan pada hasil 3D *printing* cenderung semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Mpofu, C. Mawere, and M. Mukosera, "The Impact and Application of 3D Printing Technology Article in," 2014. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/291975129>
- [2] T. Rusianto, S. Huda, dan Hary Wibowo, J. Kalisahak No, and K. Balapan Yogyakarta, "A Riview: Jenis Dan Pencetakan 3d (3d Printing) Untuk Pembuatan Prototipe," 2019. [Online]. Available: <https://aaq.auburn.edu/node/9907/take>
- [3] B. Salsana, B. A. Siboro, Y. Manik, P. Studi, and M. Rekayasa, "Asesmen Teknologi untuk Mesin 3D Printer di Laboratorium Desain Produk dan Inovasi," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 11, pp. 106–116, 2022, doi: 10.23887/jst-undiksha.v11i1.
- [4] R. Stopforth, "Conductive polylactic acid filaments for 3D printed sensors: Experimental electrical

- and thermal characterization,” *Sci. African*, vol. 14, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.sciaf.2021.e01040.
- [5] P. Ghabezi, T. Flanagan, and N. Harrison, “Short basalt fibre reinforced recycled polypropylene filaments for 3D printing,” *Mater. Lett.*, vol. 326, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.matlet.2022.132942.
- [6] S. Kumara, S. Putra, M. A. Ds, R. Sari, and S. Ds, “Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018 SENSITEK 2018 STMIK Pontianak,” 2018. [Online]. Available: <http://www.insinyoer.com/wp->
- [7] “ASTM D638 Tensile Properties of Plastics TEST METHOD SUMMARY Pneumatic Vise Grips Manual Wedge Grips Screw Action Grips Manual Vise Grips Serrated Grip Faces Diamond Tip Faces Flat Rubber Faces.” [Online]. Available: www.mts.com
- [8] “Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1”, doi: 10.1520/D0638-14.
- [9] “Designation: E8/E8M – 16a Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials 1”, doi: 10.1520/E0008_E0008M-16A.
- [10] Z. Buliński, S. Pawlak, T. Krysiński, W. Adameczyk, and R. Białecki, “Application of the ASTM D5470 standard test method for thermal conductivity measurements of high thermal conductive materials,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 95, no. 2, pp. 57–63, 2019, doi: 10.5604/01.3001.0013.7915.
- [11] A. A. Samy, A. Golbang, E. Harkin-Jones, E. Archer, D. Tormey, and A. McIlhagger, “Finite element analysis of residual stress and warpage in a 3D printed semi-crystalline polymer: Effect of ambient temperature and nozzle speed,” *J. Manuf. Process.*, vol. 70, no. September, pp. 389–399, 2021, doi: 10.1016/j.jmapro.2021.08.054.
- [12] A. Alam, A. Manuilskiy, J. Thim, M. O’Nils, J. Lindgren, and J. Lidén, “Online surface roughness characterization of paper and paperboard using a line of light triangulation technique,” *Nord. Pulp Pap. Res. J.*, vol. 27, no. 3, pp. 662–670, 2012, doi: 10.3183/NPPRJ-2012-27-02-p662-670.