



Pengaruh Prosentase Infill pada Proses 3D Printing FDM terhadap Sifat Mekanik The Effect of Infill Procentration on FDM 3D Printing Process on Mechanical Properties

Rochmad Eko P.U.¹, Agung Fauzi Hanafi², Asmar Finali³

¹Program Studi Teknik Manufaktur Kapal, Politeknik Negeri Banyuwangi

^{2,3}Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi

¹rochmad@poliwangi.ac.id, ²agung@poliwangi.ac.id, ³asmar@poliwangi.ac.id

Abstrak

Mesin pencetak 3D merupakan salah satu perangkat yang dapat digunakan sebagai printer untuk berbagai produk tiga dimensi. Dibandingkan dengan teknologi lain, teknologi ini paling mudah untuk mencapai pencetakan 3D dan termasuk teknologi yang paling populer. Komponen atau produk yang dihasilkan mungkin tidak memiliki sifat mekanik yang lebih baik daripada proses lainnya. Oleh karena itu, perlu penelitian untuk mengoptimalkan printer 3D. Parameter ini meliputi penggunaan jenis printer, ukuran dan kapasitas yang akan dicetak, perangkat lunak pencetakan produk 3D dan berbagai perubahan dalam kecepatan proses, *infill*, jumlah lapisan, ketebalan dan suhu kerja. Pada penelitian ini akan dilakukan pengamatan terhadap pengaruh presentasi *infill* material terhadap kekuatan material. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan bahwa produk yang dihasilkan dari proses pencetakan tiga dimensi dilakukan pada suhu ekstruder 215°C dan suhu hot bed 60°C dengan *infill* 100% memiliki kekuatan tarik tertinggi, dengan nilai kekuatan tarik sebesar 27,89 N/mm². Kesimpulan yang diperoleh bahwa produk ini memiliki sifat mekanik yang paling tinggi di antara produk lainnya.

Kata Kunci: *Infill*, 3D printing, PLA+, sifat mekanik, FDM, filamen.

Abstract

The 3D printing machine is a device that can be used as a printer for various three-dimensional products. Compared to other technologies, this technology is the easiest to achieve 3D printing and is among the most popular technologies. Components or products produced may have better mechanical properties than other processes. Therefore, research is needed to optimize the 3D printer. These parameters include the type of printer used, the size and capacity to be printed, the 3D product printing software and changes in process speed, *infill*, number of layers, thickness and working temperature. In this study, the researcher would like to learn about the effect of percent *infill* to the strength of the materials. Based on the observations, it was found that the product produced from the three-dimensional printing process carried out at an extruder temperature of 215°C, a hot bed temperature of 60°C and *infill* of 100% had the highest tensile strength, with a tensile strength value of 27.89 N/mm². It can be concluded that this product has the highest mechanical properties among other products.

Keywords: *Infill*, 3D printing, PLA+, Mechanical Properties, FDM, filament.

PENDAHULUAN

Salah satu proses *manufacturing* yang didasari pada teknologi representasi bentuk adalah proses *Additive Manufacturing* (AM). *Additive Manufacturing* (AM) merupakan proses pembuatan benda-benda tiga dimensi, dengan menambah bahan *filament* terus menerus [1]. Sedangkan *Fused Deposition Modeling* (FDM) merupakan salah satu metode pembentukan produk tiap lapisan (*layer*).

Selama ini proses FDM telah mengalami banyak peningkatan. Salah satu peningkatan yang dilakukan terdapat pada proses pengoperasiannya. Pengoperasian yang mudah menjadi alasan kuat dalam pemilihan proses FDM. Keunggulan ini tidak menunjukkan bahwa proses FDM tidak memiliki kekurangan. Salah satu kelemahan proses FDM adalah penggunaan proses konstruksi lapis demi lapis, sehingga permukaan produk akhir tampak memiliki garis untuk menunjukkan batas antar lapisan.

Batasan setiap lapisan sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan pola pembuatan printer, tinggi lapisan (yaitu tinggi atau ketebalan atau jarak setiap lapisan) dan suhu plastik cair.

Purwarupa biasanya terbuat dari plastik, hanya dapat memproduksi satu atau lebih produk, dapat digunakan tanpa pencetakan ekstensif, dan dirancang khusus. Hanya printer 3D yang dapat digunakan untuk membuat komponen yang dirancang khusus. Perkembangan percetakan printer 3D tidak terlepas dari berbagai *software* desain yang telah dibuat, dan produk 3D dapat diproduksi dan dicetak dengan menggunakan printer 3D. *Software* yang digunakan untuk mendesain objek 3D sebelum dicetak biasanya menggunakan CAD Inventor, Solidwork atau Sketch Up. Perancangan perangkat lunak (*software*) dapat membantu pengguna membuat produk 3D.

Parameter yang bervariasi secara internal dari segitiga dan bentuk sarang lebah dapat menghasilkan sifat mekanik terbaik pada segitiga geometris. Dari sampel kontrol yang dipelajari, hasil kuat tarik dan kekuatan tekuk konsisten dengan referensi lembar data material filamen PLA [2].

Mempelajari parameter proses bahan PLA, seperti diameter nosel, ketebalan lapisan dan suhu lapisan, kekuatan tarik dan kekuatan lentur. Studi tersebut menemukan bahwa ketika ketebalan lapisan meningkat, kekuatan tarik menurun dan kekuatan lentur meningkat. Dengan meningkatnya suhu unggun, kekuatan tarik dan kekuatan lentur juga meningkat. Dengan bertambahnya parameter diameter nosel, maka kekuatan tarik meningkat, sedangkan kekuatan tekuk mulai berkurang, dan kemudian meningkat dengan bertambahnya diameter nosel [3].

Analisis penelitian ini akan menentukan sifat mekanik produk FDM cetak 3D, yang dipengaruhi oleh perubahan suhu di ekstruder dan suhu di tempat tidur printer 3D. Saat menggunakan printer FDM 3D untuk mendesain objek atau produk tiga dimensi, diharapkan data yang dihasilkan dari penelitian yang akan datang dapat dijadikan acuan atau bahan pertimbangan [4].

Uraian masalah berdasarkan latar belakang tertulis meliputi: bagaimana persentase *infill* mempengaruhi sifat mekanik produk yang dihasilkan oleh printer 3D.

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter yang memiliki pengaruh kecil pada penelitian ini. Batasan masalahnya adalah jenis printer adalah FDM, bahan filamen setiap spesimen dari semua variabel sama, dan diasumsikan bahwa arah pencetakan sampel dari setiap variabel adalah sama.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh persentase *infill* terhadap sifat mekanik printer 3D.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan proses pembuatan spesimen uji sesuai dengan parameter yang telah

ditentukan. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat spesimen uji sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Setelah spesimen uji selesai dibuat dilakukan proses pengujian sifat mekanik. Kemudian hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian ini. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah PLA+. Karakteristik PLA+ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Properties PLA+

Parameter	Nilai
Print temp (°C)	205-225
Bed Temp (°C)	No Heat/ (60-80)
Density (g/cm ³)	1.25
Heat Distortion Temp (C, 0.45MPa)	52
Melt Flow Index (g/10min)	4(190°C/10kg)
Tensile Strength (MPa)	65
Elongatin at Break(%)	12
Flexural Strength (MPa)	75
Flexural Modulus (MPa)	2102

Proses mengkodekan sampel uji diawali dengan proses pembuatan model sampel uji dengan memanfaatkan *software* CAD. Langkah selanjutnya adalah menggunakan printer 3D untuk mencetak sampel uji. Kemudian menggunakan kaliper untuk mengukur sampel uji yang dicetak untuk mengetahui ukuran sampel uji yang sebenarnya. Setelah mengetahui bahwa ukuran sampel uji sesuai dengan desain, akan digunakan mesin uji tarik untuk menguji kekuatan sampel uji. Hasil pengujian kemudian akan dianalisis untuk menentukan parameter mana yang memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik sampel uji. Ketebalan sampel standar ASTM D638 Tipe I adalah 7 mm untuk uji kekuatan sampel uji. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Teknik Institut Teknologi Banyuwangi.

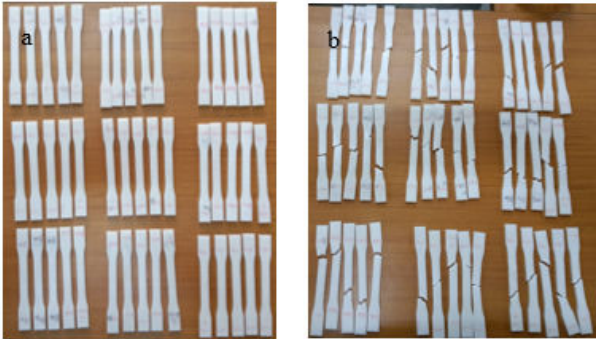
Parameter yang digunakan dalam uji kekuatan meliputi persentase penggunaan *infill*. Temperatur *extruder* yang digunakan adalah 215°C. Sedangkan temperatur *hot bed* yang digunakan adalah 60°C, *infill* yang digunakan adalah 60%, 80% dan 100%. Berdasarkan persentase *infill* yang digunakan, jumlah variasi yang diuji pada penelitian ini adalah 3 variasi, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Sampel Uji

Temp Extruder (°C)	Infill (%)		
	60	80	100
215	215;60	215;80	215;100

Berdasarkan Tabel 2, dibuat 3 varian sampel uji, dan masing-masing varian memiliki 5 sampel. Kemudian, setiap perubahan akan diuji pada mesin uji tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan maksimum dari setiap perubahan sampel uji. Setiap sampel uji dibuat menggunakan printer 3D dengan diameter *nozzle* 0,4 mm, tinggi lapisan 0,2 mm, dan pengisian 60%, 80% dan 100%, pola yang digunakan pola linier, dan kecepatan cetak yang digunakan 4800 mm/menit. Sudut pola yang digunakan dalam proses pencetakan 3D adalah 45°.

Menurut standar ASTM D638 untuk desain sampel uji [5], bentuk sampel uji ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil pengujian kemudian akan digunakan untuk menentukan parameter yang mempengaruhi dampak terhadap sifat mekanik bahan PLA+.



Gambar 1. Spesimen uji (a) sebelum diuji dan (b) setelah diuji

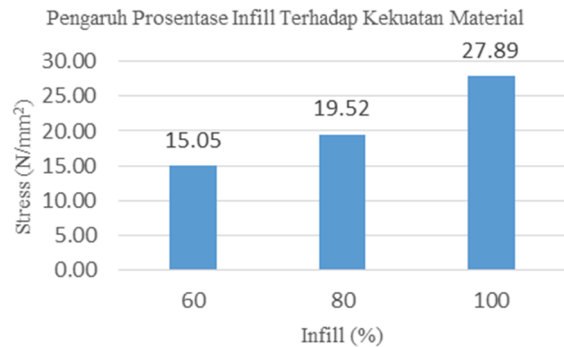
Standar ASTM D638 digunakan untuk menguji kekuatan sampel uji. Uji kekuatan dilakukan di Laboratorium Pengujian Material Teknik Sains dan Teknologi Nasional Banyuwangi. Proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pengujian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut penelitian O.S. Carneiro pada tahun 2015, terdapat pengaruh orientasi cetak pada parameter *infill*, *orientation* dan *layer thickness*. Orientasi berpengaruh pada kekakuan, tebal lapisan berpengaruh performa spesimen, persentase mempengaruhi sifat mekanik [6]. Sehingga penelitian ini menitikberatkan pada kondisi penentuan persentase *infill*. Hasil penelitian yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian. Hasil penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.



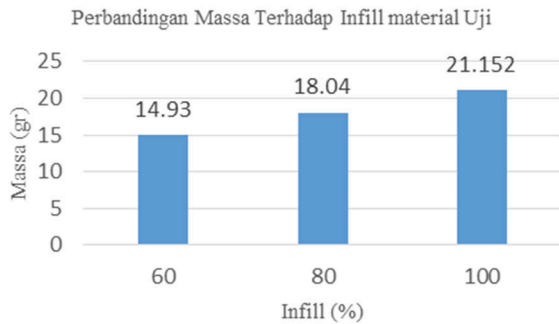
Gambar 3. Pengaruh prosentase *infill* terhadap kekuatan material

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa dibandingkan dengan sampel uji lainnya, sampel uji dengan prosentase infill sebesar 100% memiliki kekuatan tertinggi yaitu 27,89 N/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa prosentase infill sangat mempengaruhi sifat mekanik terutama kekuatan material PLA+ yang digunakan dalam penelitian ini.

Secara umum, dengan meningkatnya prosentase *infill* pada material akan menyebabkan kekuatan material uji akan meningkat. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, kekuatan material uji meningkat seiring dengan meningkatnya prosentase *infill* pada material uji. Semakin tinggi prosentase *infill* pada material uji mengakibatkan material memiliki kekuatan Tarik yang lebih tinggi. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyaknya prosentase *Infill* pada material akan menyebabkan kepadatan material mengalami peningkatan. Peningkatan kepadatan tersebut berpengaruh pada kekuatan material uji. Semakin tinggi prosentase *Infill* material uji akan berpengaruh pula pada massa material uji. Sebaliknya prosentase *Infill* yang rendah akan mengakibatkan massa material uji yang rendah pula.

Berdasarkan perbandingan massa terhadap *infill* material pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa massa material uji akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya *infill* material uji. Material uji dengan *infill* 100% memiliki massa yang tertinggi dibanding dengan material uji lain. Dengan peningkatan kekuatan sekitar 17 N/mm² dan peningkatan massa sebesar 3 gr material uji

dengan *infill* 100% tidak mengalami banyak perubahan pada massanya, sedangkan kekuatannya mengalami peningkatan yang signifikan.



Gambar 4. Perbandingan massa terhadap *infill* material

Berdasarkan perbandingan massa terhadap *infill* material pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa massa material uji akan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya *infill* material uji. Material uji dengan *infill* 100% memiliki massa yang tertinggi dibanding dengan material uji lain. Dengan peningkatan kekuatan sekitar 17 N/mm² dan peningkatan massa sebesar 3 gr material uji dengan *infill* 100% tidak mengalami banyak perubahan pada massanya, sedangkan kekuatannya mengalami peningkatan yang signifikan.

Tabel 3. Perbandingan Massa dan Hasil Uji

Infill (%)	Massa (gr) : Tegangan (N/mm ²)
60	1 : 1,01
80	1 : 1,08
100	1 : 1,32

Dari Tabel 3 diatas, perbandingan antara berat dan tegangan yang dihasilkan, paling besar dimiliki oleh prosentase *infill* 100%.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian ini antara lain kekuatan tertinggi terdapat pada material uji dengan *infill* sebanyak 100%. Demikian pula dengan massa material uji tertinggi juga berada pada material uji dengan *infill* 100%. Peningkatan kekuatan yang terjadi berdasarkan hasil uji dapat dikatakan linier seiring dengan peningkatan prosentase *infill* pada material uji. Kekuatan tertinggi ditemukan pada material uji dengan *infill* 100% dengan kekuatan sebesar 27,89 N/mm². Massa material uji tertinggi juga ditemukan pada material uji dengan *infill* sebesar 100% dengan massa yakni 21,15 gram. Pengaruh yang diberikan prosentase *infill* terhadap kekuatan material dapat dikatakan signifikan karena selisih hampir 5 N/mm².

Saran

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka peneliti dapat memberikan saran-saran yang antara lain: Salah satu parameter *infill* untuk sampel uji hasil cetak 3D adalah presentase yang dipakai, sebaiknya memerhatikan juga massa sampel yang dihasilkan. Agar waktu proses pembuatan sampel uji lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ISO/ASTM International. International Standard ISO/ASTM 52900 Additive Manufacturing – General Principles – Terminology. 2016.
- [2] Pambudi, Arif I., "Analisis Pengaruh Internal Geometri erhadap Sifat Mekanik Material Polylactic Acid (PLA) Dipreparasi Menggunakan 3D Printing" Tugas Akhir. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya. 2017.
- [3] Kwatwani, J and Vineet Srivastava. "Effect of Process Parameters on Mechanical Properties of Solidified PLA Parts Fabricated by 3D Printing Process,". Springer Nature Singapore Pte Ltd. pp. 95-104. 2019.
- [4] Setiawan, Andik A., Bayu Wiro K. dan Nurvita A., "Optimasi Parameter 3D Printing Terhadap Keakuratan Dimensi dan Kekasaran Permukaan Produk Menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis," Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application, pp. 165-168. 2018.
- [5] ASTM D638-14. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM International. West Conshohocken, PA. 2014.
- [6] O.S. Carneiro, Silva A.F., Gomes R.. "Fused Deposition Modeling with Polypropylene," Materials and Design Journal, 768-776, 2015.