

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR EXTRUDER DAN HEAT BED 3D PRINTER TIPE FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) BERBAHAN PLA+ TERHADAP KEKUATAN MEKANIK PRODUK

- 1,2) Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM. 13 Labanasem, Kabat , Banyuwangi, 68461
- 3) Teknik Manufaktur Kapal, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM. 13 Labanasem, Kabat , Banyuwangi, 68461

Correponding email ¹⁾ :
agung@poliwangi.ac.id

Received: 12-10-20

Accepted: 13-12-20

Published: 28-06-21

©2021 Politala Press.
All Rights Reserved.

Agung Fauzi Hanafi ¹⁾, Asmar Finali ²⁾, Rochmad Eko P.U. ³⁾

Abstrak. Mesin 3D printer merupakan perangkat yang dapat dijadikan pencetak berbagai macam produk. Mudahnya teknik ini membuat teknik 3D printing paling banyak diminati dibanding dengan teknik yang lain. Namun, komponen atau produk yang dihasilkan kemungkinan memiliki sifat mekanik yang tidak lebih baik dibandingkan dengan proses yang lain. Karena itu, perlu dilakukan usaha untuk mengurangi kelemahan teknik 3D printing yang bertujuan untuk mencari parameter terbaik pada teknik 3D printing. Parameter tersebut meliputi pemakaian jenis printer, kapasitas dimensi yang akan dicetak, perangkat lunak pencetakan produk 3D, dan macam-macam variasi travel speed, jumlah lapisan, ketebalan, hingga temperatur operasi. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa proses pencetakan tiga dimensi dengan temperatur ekstruder sebesar 225°C dan temperatur heat bed sebesar 70°C menghasilkan produk dengan kekuatan tarik yang paling baik diantara produk lainnya dengan nilai kekuatan tarik sebesar 34 N/mm². Dapat disimpulkan bahwa produk tersebut memiliki sifat mekanik yang paling tinggi diantara produk yang lain.

Kata Kunci : 3D printing, PLA+, sifat mekanik, FDM, filament

Abstract. The 3D printer machine is a device that can be used as a printer for various products. The simplicity of the 3D printing machine makes the 3D printing machine can be applied in various kind of application. Therefore, it is necessary to make efforts to reduce the weaknesses of the 3D printing technique which aims to find the best parameters in the 3D printing technique. These parameters include the printer type, the printer capacity, the 3D printing software, and travel speed variation, number and thickness of layers, and operating temperature. Based on the observation, it was found that the three-dimensional printing process with an extruder temperature of 225°C and a heat bed temperature of 70°C resulted in a product with the highest tensile strength among other products with a tensile strength value of 34 N/mm². It can be concluded that this product has the highest mechanical properties among other product.

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

To cite this article at <https://doi.org/10.34128/je.v8i1.145>

1. Pendahuluan

Teknik additive manufacturing (AM) merupakan prinsip membuat obyek tiga dimensi dengan struktur yang bervariasi. Terdapat beberapa teknik AM, salah satunya yaitu teknik fused deposition modelling (FDM). S. Scott Crump di akhir tahun 1980 mengembangkan teknik FDM 3D (three dimensional) printer dan mulai dipasarkan pada 1990 oleh Stratasys [1]. Saat ini, FDM menjadi teknik 3D printing yang paling banyak digunakan dibanding dengan teknik lain. Kemudahan pengoperasian, biaya operasional yang murah, serta sifatnya yang ramah lingkungan merupakan beberapa alasan teknik FDM lebih digemari dibanding teknik lainnya. Keuntungan tersebut meningkatkan pengembangan berbagai macam bentuk dasar dari suatu produk, proses manufaktur dan juga dalam berbagai penerapan di bidang industri.

Teknologi buatan manusia tidak ada yang sempurna, FDM termasuk teknologi yang memiliki kelemahan, karena menggunakan proses building per layer, sehingga permukaan produk yang dihasilkan tampak memiliki garis yang menampilkan batas antar layer. Batas per layer tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu print speed atau kecepatan gerak printer dalam membuat pola, layer height yang merupakan ketinggian atau ketebalan atau jarak per layer, dan tekstur plastik cair yang disebabkan printing temperature.

Prototype sering kali dibuat dari komponen berbahan plastik, dimana hanya membuat satu atau beberapa produk yang digunakan tanpa cetak massal dan bersifat custom design. Komponen yang bersifat *custom design* hanya bisa dibuat dengan menggunakan mesin 3D printer. Perkembangan pencetakan 3D printer tidak terlepas dari berbagai perangkat lunak desain yang telah dibuat, memungkinkan untuk membuat produk 3D dan mencetak menggunakan mesin 3D printer. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat desain objek 3D sebelum dicetak biasanya memakai CAD Inventor, Solidwork atau Sketch Up. Perangkat lunak (software) desain tersebut membantu pengguna untuk membuat produk 3D dengan.

Parameter dengan variasi internal geometri triangle dan honeycomb, menghasilkan sifat mekanik terbaik pada geometri triangle. Dari sampel kontrol yang diteliti memiliki hasil kekuatan tarik dan bending sesuai dengan referensi datasheet material filament PLA [2].

Penelitian mengenai parameter proses, seperti diameter nosel, ketebalan layer dan temperatur bed, terhadap kekuatan tarik dan kekuatan lentur dengan material PLA. Penelitian ini mendapatkan hasil ketika ketebalan layer meningkat, kekuatan tarik menurun serta kekuatan lentur meningkat. Ketika suhu bed meningkat, kekuatan tarik dan kekuatan lentur juga meningkat. Sedangkan dengan parameter diameter nozzle, kekuatan tarik meningkat sementara kekuatan lentur awalnya menurun dan kemudian meningkat dengan meningkatnya diameter nozzle [3]. Analisis penelitian ini akan mengetahui sifat mekanik produk hasil 3D printing FDM yang dipengaruhi oleh variasi temperatur yang berada di extruder maupun temperatur di bed 3D printer. Data yang dihasilkan dari penelitian yang akan dilakukan diharapkan bisa menjadi referensi atau pertimbangan dalam pemanfaatan mesin cetak 3D printing FDM untuk merancang suatu objek atau produk tiga dimensi [4].

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan antara lain, Bagaimana pengaruh emperatur extruder dan bed terhadap sifat mekanik produk yang dihasilkan menggunakan 3D Printer.

Batasan masalah yang digunakan untuk mengasumsikan parameter yang memiliki sedikit pengaruh pada penelitian ini. Batasan masalah tersebut antara lain Jenis printer adalah FDM, Material filament setiap specimen sama untuk semua variable, dan orientasi pencaekan sampel diasumsikan sama untuk setiap variable.

Tujuan penelitian ini dilakukan antara lain, menganalisis temperatur extruder dan bed terhadap sifat mekanik yang dihasilkan menggunakan 3D Printer dan Menganalisis pengaruh ketebalan layer terhadap sifat mekanik hasil 3D Printing.

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah PLA + dengan properties yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Properties PLA +

Print temp (°C)	Bed Temp (°C)	Density (g/cm ³)	Heat Distortion Temp (C, 0.45MPa)	Melt Index (g/10min)	Flow	Tensile Strength (MPa)	Elongatin at Break(%)	Flexural Strength (MPa)	Flexural Modulus (MPa)	Izzod Impact Strength (Kj/m ²)
205-225	No Heat/ (60-80)	1.25	52	4(190°C/10kg)	65	12	75	2102		

Proses pembuatan sampel uji diawali dengan proses pembuatan model sampel uji menggunakan software CAD. Proses selanjutnya adalah pencetakan sampel uji menggunakan mesin 3D Printer. Sampel uji yang telah dicetak kemudian diukur menggunakan jangka sorong untuk mengetahui ukuran sebenarnya dari sampel uji. Setelah diketahui sampel uji memiliki ukuran yang sesuai dengan desain maka sampel uji akan diuji kekuatannya menggunakan mesin uji tarik. Hasil pengujian kemudian akan dianalisis untuk mengetahui parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik sampel uji. Pengujian kekuatan sampel uji dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D638 Type I dengan ketebalan spesimen 7 mm. Pengujian ini dilakukan di Laboraturium Uji Bahan Teknik Politeknik Negeri Banyuwangi.

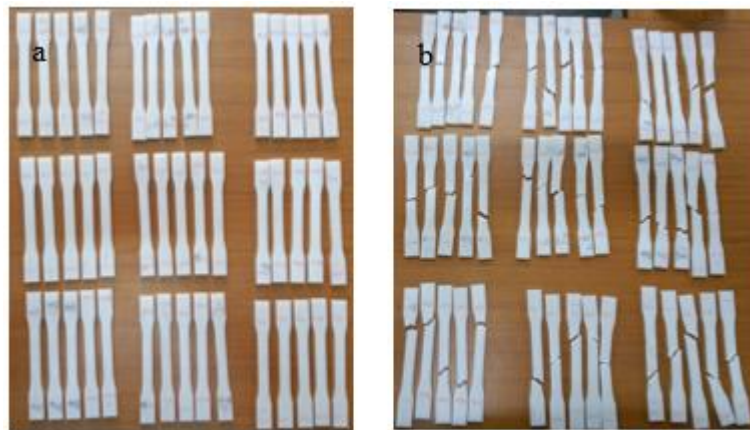
Parameter yang digunakan dalam pengujian kekuatan antara lain tempeatur extruder, dan temperature bed. Temperature extruder yang digunakan adalah 205oC, 215oC dan 225oC. sedangkan temperature bed yang digunakan adalah 50 oC, 60 oC dan 70 oC. berdasarkan variasi temperature extruder dan temperature bed yang digunakan jumlah variasi yang diujikan pada penelitian ini adalah 9 variasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi Sampel Uji

Temp Extruder (°C)	Temp Bed (°C)		
	50	60	70
205	205;50	205;60	205;70
215	215;50	215;60	215;70
225	225;50	225;60	225;70

9 variasi sampel uji dibuat sesuai dengan tabel 2 dengan masing-masing variasi dibuat sebanyak 5 sampel. Setiap variasi kemudian akan di uji pada mesin uji tarik untuk mendapatkan nilai kekuatan dan regangan maksimum dari setiap variasi sampel uji. Masing-masing sampel uji dibuat menggunakan mesin 3D printer yang memiliki diameter nozzle 0,4 mm, layer height 0,2 mm, infill 100%, pattern yang digunakan adalah pattern rectilinier, kemudian printing speed yang digunakan adalah 4800 mm/min. sudut pattern yang digunakan pada saat prses 3D printing adalah 45°.

Desain sampel uji dibuat sesuai dengan standar ASTM D638 [5]. Bentuk specimen uji dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Hasil pengujian kemudian akan di gunakan untuk menentukan parameter yang memiliki pengaruh besar terhadap sifat mekanik bahan PLA+.



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

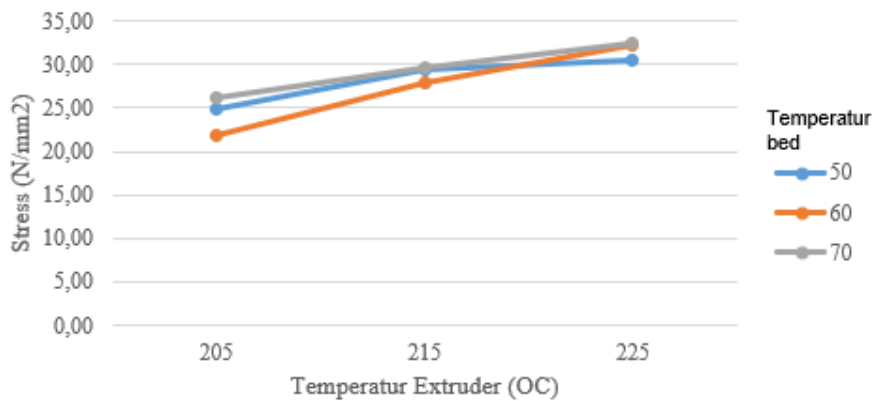
Pengujian kekuatan sampel uji dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D638. Pengujian kekuatan dilakukan di Laboraturium Uji Bahan Teknik Politeknik Negeri Banyuwangi. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pengujian

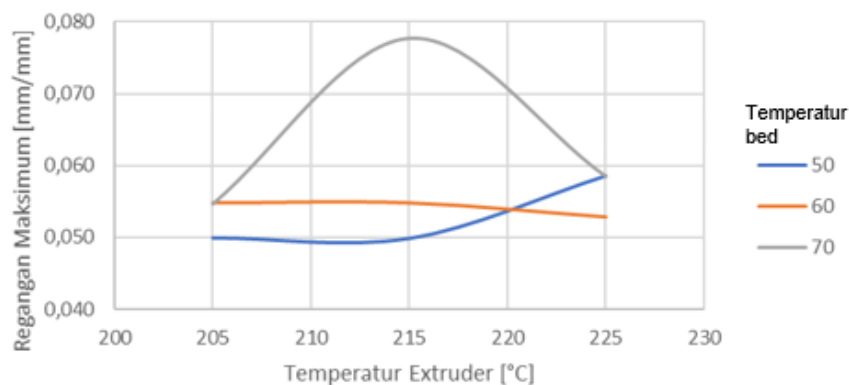
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Efek Temperatur *Extruder* terhadap Kekuatan Material

Berdasarkan hasil penelitian seperti pada Gambar 3. Diatas dapat diketahui bahwa sampel uji dengan *temperature bed* 70°C dan *temperature extruder* 225°C memiliki kekuatan yang paling tinggi dibanding dengan sampel uji lainnya yakni 32.507 N/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa *temperature extruder* dan *temperature bed* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik terutama kekuatan dari maerial PLA+ yang digunakan pada penelitian ini. Secara keseluruhan terjadi peningkatan kekuatan pada sampel uji seiring dengan meningkatnya *temperature extruder*. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 3. Seluruh sampel uji mengalami peningkatan kekuatan seiring dengan peningkatan *temperature extruder* dari *temperature* 205°C hingga *temperature* 225°C. Peningkatan kekuaan ini diakibatkan oleh terjadinya pelelehan material yang lebih baik seiring dengan meningkatnya *temperature extruder*. Pelelehan yang baik tersebut akan menyebabkan material menjadi lebih mudah untuk menempel pada layer sebelumnya. Menempelnya material dengan mudah akan berakibat pada ikatan antar layer akan semakin tinggi. Dengan ikatan antar *layer* yang semakin tinggi maka kekuatan mekanis terutama kekuatan akan mengalami peningkatan yang signifikan pula. Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pula bahwa *temperature bed* juga memberikan pengaruh yang signifikan. Dapat dilihat bahwa pada *temperature bed* 70°C menghasilkan kekuatan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan sampel uji lainnya. *Temperature extruder* dan *temperaur bed* pada mesin 3D *printing* juga memberikan pengatuh terhadap regangan maksimum dari bahan tersebut. Pengaruh *temperature extruder* dan *temperature bed* terhadap regangan maksimum material dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Efek Temperatur *Extruder* terhadap Regangan Maksimum

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa regangan maksimum tertinggi ditemukan pada sampel dengan *temperature extruder* 215 oC dan *emperatur bed* 70 oC dengan nilai regangan 0,078. Tingginya nilai regangan menunjukkan bahwa sampel uji memiiki keuletan yang tinggi.

4. Kesimpulan

Simpulan yang dapat dituliskan berdasarkan penelitian ini antara lain adalah kekuatan tertinggi ditemukan pada sampel dengan variasi *temperature extruder* 225°C dan *temperature bed* 70°C dengan nilai kekuatan sebesar 32,51 N/mm². Nilai regangan tertinggi ditemukan pada sampel uji dengan *temperature extruder* 215°C dan *temperature bed* sebesar 70°C dengan nilai regangan 0,078. *Temperature extruder* dan *temperatur bed* pada mesin 3D printer berpengaruh terhadap kekuatan material. Semakin tinggi *temperature extruder* dan *bed* maka kekuatan material akan semakin tinggi pula. Aman tetapi *temperatur extruder* dan *bed* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap regangan material.

5. Saran

Saran yang dapat peneliti berikan berdasarkan penelitian ini antara lain, proses pencetakan sampel uji sebaiknya dilakukan tanpa adanya jeda untuk menghindari terjadinya perubahan sifat dari sampel uji untuk setiap variasi temperature extruder dan temperature bed, perlu dipastikan dalam setiap proses pencetakan sampel uji nozzle yang digunakan harus dalam keadaan bersih untuk menghindari terjadinya sumbatan selama proses pencetakan sampel uji.

Daftar Pustaka

- [1] Chua C. K., Leong K. F., Lim C. S.. "Rapid Prototyping : Principle and Application, 2nd Ed.". World Scintific : Singapore. 2003
- [2] Pambudi, Arif I., 'Analisis Pengaruh Internal Geometri Terhadap 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.

