

ANALISA PERUBAHAN TEMPERATURE EXTRUDER DAN HEAT BED TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL PRODUK 3D PRINTER TIPE FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) MENGGUNAKAN FILAMENT PLA+ ESUN

Agung Fauzi Hanafi¹⁾, Asmar Finali²⁾, dan Rochmad Eko P.U.³⁾

^{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
E-mail: agung@poliwangi.ac.id

Abstract

3D printing machine are a device that can produce wide various kind of product. The convenience of 3D printing technique to applied cause this technique to be chosen compared to other technique. However, the products produced by FDM 3D printing technique have lower mechanical properties compared to the raw materials used. Therefore, it is necessary to make an attempt to reduce the weaknesses in the 3D Printing technique. The attempt is to improve the parameters of the 3D Printing technique. These parameters are printer type, size of the product, 3D printing software, and variation of travel speed, number of layer, thickness layer and the operating temperature. Based on the observation it was found that the 3D printing processes with extruder temperature of 225oC and 70oC of heat bed can produce the highest tensile strength with tensile strength value of 34 N/mm2 using PLA+ filament from eSun product. So it can be concluded that the product with these parameters has the highest mechanical properties among other parameters..

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

Abstrak

Mesin cetak tiga dimensi adalah perangkat yang dapat digunakan untuk memproduksi berbagai macam produk. Mudahnya teknik 3D printing ini untuk diaplikasikan menyebabkan teknik ini paling banyak diminati dibanding dengan teknik yang lain. Namun, produk yang dihasilkan menggunakan 3D printing FDM memiliki sifat mekanik yang mengalami penurunan jika dibandingkan dengan bahan baku yang digunakan. Karena itu, perlu dilakukan suatu usaha untuk mengurangi kelemahan pada teknik 3D Printing. Usaha yang dilakukan meliputi perbaikan pada parameter-parameter yang ada pada teknik 3D Printing,. Parameter tersebut yaitu pemakaian jenis printer, kapasitas dimensi yang akan dicetak, perangkat lunak pencetakan produk 3D, dan variasi travel speed, jumlah lapisan, ketebalan, hingga temperatur operasi. Berdasarkan hasil pengamatan ditemukan bahwa proses pencetakan tiga dimensi dengan teperatur ekstruder sebesar 225 OC dan temperatur heat bed sebesar 70 OC menghasilkan produk dengan kekuatan tarik yang paling baik diantara produk lainnya dengan nilai kekuatan tarik sebesar 34 N/mm2 dengan menggunakan filament PLA+ produk eSun berwarna putih. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk dengan parameter tersebut memiliki sifat mekanik yang paling tinggi diantara parameter yang lain.

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

PENDAHULUAN

Additive manufacturing (AM) adalah sebuah teknik membuat objek tiga dimensi dengan cara menambahkan material sehingga membentuk produk yang diinginkan. Terdapat beberapa teknik AM, salah satunya yaitu teknik fused depositon modelling (FDM). S. Scott Crump di akhir tahun 1980, mengembangkan teknik FDM 3D (three dimensional) printer, mulai dipasarkan pada 1990 oleh Stratasys. Kini 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.

Dari semua kelebihan yang dimiliki teknik FDM, terdapat kelemahan yang dimiliki oleh teknik ini, yaitu permukaan produk yang dihasilkan tampak memiliki garis yang menampilkan batas antar layer karena teknik ini menggunakan proses building per 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 material yang disebabkan printing temperature.

Prototype FDM 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 memungkinkan untuk membuat produk 3D dan mencetak menggunakan mesin 3D printer. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat desain objek 3D sebelum dicetak biasanya memakai Autodesk Inventor, Solidwork atau Sketch Up. Perangkat lunak (software) desain tersebut membantu pengguna untuk membuat produk 3D dengan.

Arif Imbang Pambudi pada tahun 2017 melakukan penelitian tentang pengaruh internal geometri terhadap sifat mekanik material PLA. 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.

Jagdish Khatwani dan Vineet S peneliti asal India, di tahun 2019 telah melakukan 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. 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.

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan sebelumnya, yaitu bagaimana pengaruh temperatur extruder dan bed terhadap sifat mekanik produk yang dihasilkan menggunakan 3D Printer. Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter yang memiliki sedikit pengaruh pada penelitian ini. Batasan masalah tersebut antara lain jenis printer adalah Anet ET4, material filament PLA+ merek eSun dengan warna putih dan orientasi pencetakan 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.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah PLA + warna putih merek eSun 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 Flow Index (g/10min)	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 pembuaan 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 tempeature extruder dan temperature bed. Temperature extruder yang digunakan adalah 205°C, 215°C dan 225°C. sedangkan temperature bed yang digunakan adalah 50°C, 60°C dan 70°C. berdasarkan variasi temperature extruder dan temperature bed yang digunakan jumlah variasi yang diujkan pada penelitian ini adalah 9 variasi seperti pada tabel 2.

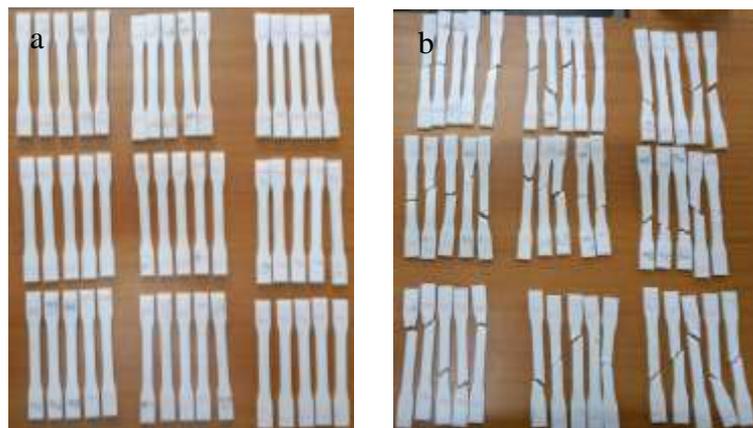
Tabel 2.
 Variasi Sampel Uji

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 sesuai persyaratan yang ditentukan oleh ASTM D638. Setiap variasi kemudian akan di uji pada mesin uji tarik Zwick/Roell Z 100 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 proses 3D printing adalah 45°.

Desain sampel uji dibuat sesuai dengan standar ASTM D638. Bentuk spesimen uji dapat dilihat seperti pada gambar 1. Hasil pengujian tersebut 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.

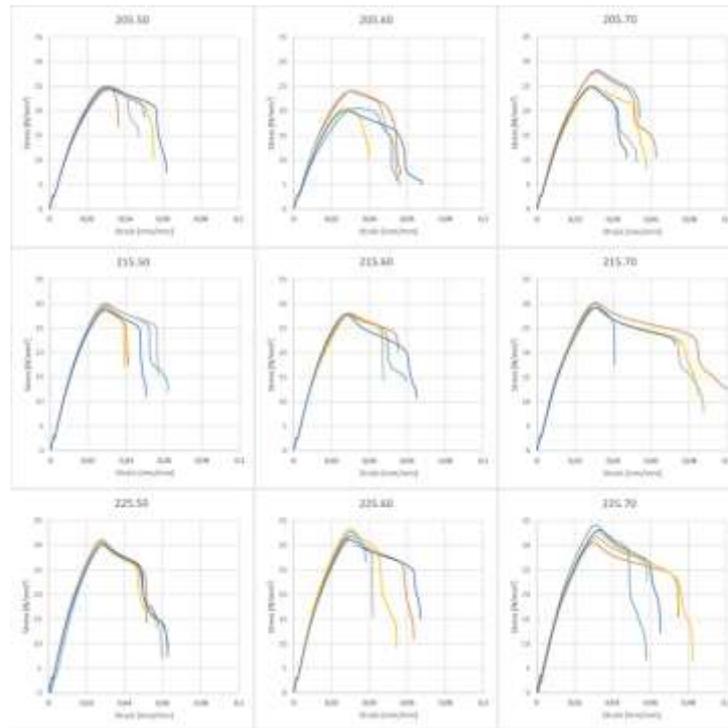


Gambar 2. Proses Pengujian

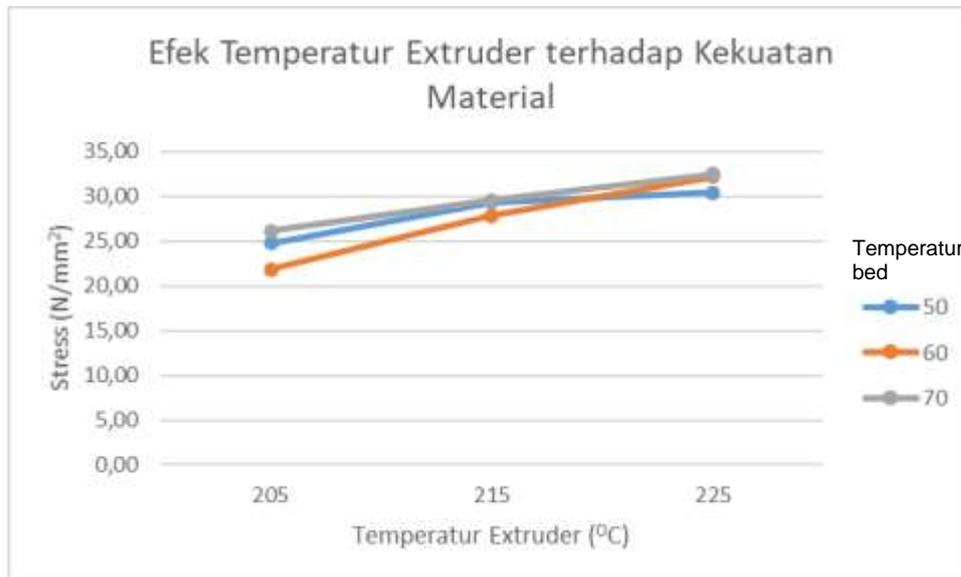
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan disajikan dalam bentuk grafik tegangan regangan yang dikelompokkan dalam parameter yang sama seperti ditunjukkan pada

gambar 3. Untuk memudahkan pembaca dalam memahami hasil penelitian, efek temperatur extruder terhadap kekuatan maksimum produk dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Efek Temperatur Extruder terhadap Kekuatan Material



Gambar 4. Efek Temperatur *Extruder* terhadap Kekuatan Material

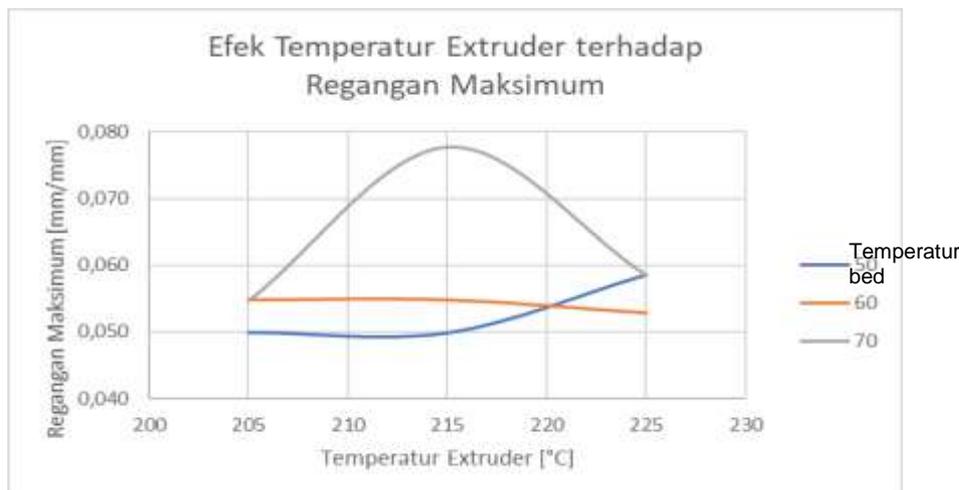
Berdasarkan hasil penelitian seperti pada Gambar 4 di atas dapat diketahui bahwa sampel uji dengan temperature *bed* 70 °C dan temperature *extruder* 225 °C memiliki kekuatan yang paling tinggi dibanding dengan sampel uji lainnya yakni 32.507 N/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa *temperature extruder* 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 4. 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. Namun, *temperature extruder* yang tinggi membutuhkan daya listrik yang lebih besar dan menyebabkan beberapa komponen 3D printer rentan mengalami kegagalan misalnya pada konektor pemanas *extruder* yang mengalami kegagalan.

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 5.



Gambar 5. Efek Temperatur *Extruder* terhadap Regangan Maksimum

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5 di atas dapat diketahui bahwa regangan maksimum tertinggi ditemukan pada sampel dengan temperature *extruder* 215 °C dan emperatur *bed* 70 °C dengan nilai regangan 0,078. Tingginya nilai regangan menunjukkan bahwa sampel uji memiliki keuletan yang tinggi.

SIMPULAN

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.

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. Selain itu, perlu dilakukan pengujian untuk parameter temperatur lainnya untuk mengetahui efek yang ditimbulkan akibat penggunaan temperature diluar temperature yang sudah dilakukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D638-14, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014, www.astm.org
- Kwatwani, J and Vineet Srivastava,. (2019) 'Effect of Process Parameters on Mechanical Properties of Solidified PLA Parts Fabricated by 3D Printing Process', Springer Nature Singapore Pte Ltd., pp. 95-104.
- Pambudi, Arif I., (2017) '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.

Setiawan, Andik A., Bayu Wiro K. dan Nurvita A., (2018) '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.